การใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยเพื่อทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิลแดง

นางสาวจิดาภา มงคลแสง
นายคงกฤช ยิ้มเครือทอง
นางสาวลัทวรรณ พรมกล่ำ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

การใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยเพื่อทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิลแดง

Using of Thai Fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*) of Fermented fish offal powder in Red Tilapia (*Oreochromis niloticusxO. mossambicus*) feed

นางสาวจิดาภา มงคลแสง

นายคงกฤช ยิ้มเครือทอง

นางสาวลัทวรรณ พรมกล่ำ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)

เรื่อง การใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยเพื่อทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิลแดง

Using of Thai Fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*) of Fermented fish offal powder in Red Tilapia (*Oreochromis niloticus×O. mossambicus*) feed

ผู้วิจัย นางสาวจิดาภา มงคลแสง

นายคงกฤช ยิ้มเครือทอง

นางสาวลัทวรรณ พรมกล่ำ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จามรี เครือหงษ์)

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จงดี ศรีนพรัตน์วัฒน)

กรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ สุรภี ประชุมพล)

หัวหน้าสาขาวิชา .....

(อาจารย์ นพดล ชุ่มอินทร์)

วันที่ 3 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2561

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง การใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยเพื่อทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิลแดง

ผู้วิจัย นางสาวจิดาภา มงคลแสง
นายคงกฤช ยิ้มเครือทอง
นางสาวลัทวรรณ พรมกล่ำ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จามรี เครือหงษ์

ปริญญา วิทยาศาตรบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ)

มหาวิทยาลัย ราชภัฏนครสวรรค์

ปีที่พิมพ์ 2561

การทดลอง ศึกษาการใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยเพื่อทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิลแดง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งการทดลองเป็น 5 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม) 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ จาการทดลองพบว่า อัตราการเจริญเติบโต น้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย อัตรารอดตาย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการแลกเนื้อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สีของปลานิลแดงพบว่า ค่าสีแดง (a*) สูตรไรน้ำนางฟ้าไทยเพื่อทดแทนโปรตีน 100 เปอร์เซ็นต์ มีสีแดงเพิ่มมากกว่าในสูตรอื่นๆ ส่วนคุณภาพน้ำมีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จามรี เครือหงษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำเกี่ยวกับการทำปัญหาพิเศษ และให้ความช่วยเหลือด้วยความเอาใจใส่จนจบการทดลอง ตลอดจนตรวจแก้ไขเล่มปัญหาพิเศษจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้กันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการใช้ประโยชน์ต่อไป และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทำปัญหาพิเศษตลอดจนเพื่อนๆ ที่ไม่ได้เอ่ยนามถึง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากปัญหาพิเศษเล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

นางสาวจิดาภา มงคลแสง
นายคงกฤช ยิ้มเครือทอง
นางสาวลัทวรรณ พรมกล่ำ

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ก
บทคัดย่อ		ข
สารบัญ		ค
สารบัญตาราง		ง
สารบัญภาพ		**ฉ**
บทที่ 1	บทนำ	
บทที่ 2	ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3	อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	17
บทที่ 4	ผลการทดลอง	21
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง		49
	ภาคผนวก ก	51
	ภาคผนวก ข	53
	ภาคผนวก ค	58
	ภาคผนวก ง ประวัติผู้วิจัย	105

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	14
2.2	ระดับการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยไรน้ำนางฟ้า	18
4.3	คุณค่าทางโภชนาการอาหารของอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์	22
4.2	น้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น ระยะเวลา 8 สัปดาห์	23
4.3	ความยาวเฉลี่ยของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น ระยะเวลา 8 สัปดาห์	25
4.4	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น ระยะเวลา 8 สัปดาห์	27
4.5	อัตราการรอดตายของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น ระยะเวลา 8 สัปดาห์	29
4.6	อัตราการแลกเนื้อของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น ระยะเวลา 8 สัปดาห์	31
4.7	ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	34
4.8	แอมโมเนีย- ไนโตรเจน (ammonia – nitrogen)ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น ระยะเวลา 8 สัปดาห์	37
4.9	ไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen)ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น ระยะเวลา 8 สัปดาห์	39
4.10	ความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น ระยะเวลา 8 สัปดาห์	42
4.11	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น ระยะเวลา 8 สัปดาห์	44
4.12	อุณหภูมิของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นระยะเวลา 8 สัปดาห์	46

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.13	ต้นทุนการเลี้ยงปลานิลแดง	47

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ปลานิลแดง	5
2.2	ไรน้ำนางฟ้า	10
2.3	น้ำหนักเฉลี่ยปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	24
2.4	ความยาวเฉลี่ยปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	25
2.5	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	27
2.6	อัตราการรอดตายของปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	30
2.7	อัตราการแลกเนื้อของปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็น ระยะเวลา 8 สัปดาห์	32
2.8	ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	35
2.9	ปริมาณแอมโมเนีย (ammonia) น้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงที่เลี้ยงอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	38
2.10	ปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen) น้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	40
2.11	ปริมาณความเป็นด่าง (alkalinity) น้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงด้วย อาหาร ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	43
2.12	ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	44
2.13	ปริมาณอุณหภูมิน้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพภาคผนวกที่

1	ลักษณะพันธุ์ปลานิลแดง	54
2	ถังเลี้ยงพันธุ์ปลานิลแดง	54
3	การชั่งน้ำหนักปลานิลแดง	54
4	การวัดความยาวปลานิลแดง	54
5	วัตถุดิบอาหาร	55
6	การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	56
7	วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหาร	57

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus×O. mossambicus*) เป็นปลาเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ผลิตปลานิลในช่วง 6 เดือนแรกปี 2560 ปริมาณ 94,990 ตัน เพิ่มขึ้น 4.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันปีที่ผ่านมา เนื่องจากช่วงต้นปีมีปริมาณน้ำในเขื่อนสูงกว่าในปีที่ผ่านมา และ ไม่เจอภัยแล้งในช่วงต้นปีอย่างปีที่ผ่านมา ในปีนี้คาดว่ามีปริมาณน้ำเพียงพอสำหรับการเลี้ยง โดยเกษตรกรสามารถขยายเนื้อที่ เลี้ยง เพิ่มอัตราการปล่อยลูกพันธุ์ และเพิ่มรอบของการเลี้ยงปลานิลได้มากขึ้น สำหรับปี 2560 คาดว่ามีปริมาณผลผลิต ปลานิล 185,902 ตัน เพิ่มขึ้น 5.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปี 2559 (เกวลิน, 2560) นอกจากปลานิลสายพันธุ์ทั่วไปแล้ว ยังมีปลาที่มีลักษณะคล้ายปลานิลแต่มีสีแดง ซึ่งปัจจุบันนี้เกษตรกรโดยเฉพาะในภาคกลางและภาคเหนือได้ทำการเพาะเลี้ยงปลานิลควบคู่ไปกับปลานิลสีแดง ต้นกำเนิดปลานิลแดงของไทยนั้นได้มีการพบครั้งแรกในราวปี พ.ศ 2511 ณ จังหวัดอุบลราชธานี (กรมประมง, 2556) ปัจจุบันมีการบริโภคปลานิลแดงมากขึ้นทำให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงปลานิลแดงกันมากขึ้น แต่มีปัญหาสำคัญประการหนึ่ง คือวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำที่มีโปรตีนสูงหลายชนิดขาดแคลนและมีราคาสูงขึ้นจึงได้มีการศึกษาเพื่อนำวัตถุดิบจากพืชและสัตว์ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นมาเป็นวัตถุดิบทดแทน อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำแต่ละชนิดมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากแหล่งโปรตีนทดแทนจากวัตถุดิบจากพืชและสัตว์แตกต่างกันออกไป และยังขึ้นอยู่กับคุณค่าทางอาหารและโภชนาการในอาหาร (นิธี และคณะ, 2557) จึงจะทำให้ประสิทธิภาพของสารอาหารที่ปลาต้องการอย่างครบถ้วน โดยเฉพาะโปรตีนซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญที่สุด แต่แหล่งโปรตีนของสัตว์น้ำส่วนใหญ่ได้มาจากปลาป่น ซึ่งมีราคาสูง การผลิตปลาป่นคุณภาพดีมี โปรตีน 60 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ในประเทศไทยมีไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งการนำวัตถุดิบที่หาง่ายราคาถูกมาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทน เพื่อลดต้นทุนการผลิตอาหารปลานิลแดง จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สำคัญ จะช่วยให้เกษตรกรได้รับผลกำไรตอบแทนจากการเลี้ยงปลานิลแดงเพิ่มขึ้น (เบญจวรรณ และคณะ, 2557) เนื่องจากไรน้ำนางฟ้าไทยมีโปรตีนสูงถึง 64.094 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ไรน้ำนางฟ้าไทยยังประกอบไปด้วยเบต้าแคโรทีน ซึ่งเบต้าแคโรทีน เป็นสารที่สร้างสีสันให้ปลาดูสวยงาม (ละออศรี, 2547) จึงมีแนวคิดในการนำไรน้ำนางฟ้าไทย มาเป็นวัตถุดิบเพื่อเป็นแหล่งโปนตีนทดแทนปลาป่นใช้เลี้ยงปลาทับทิมเพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และคุณภาพสีของปลาทับทิม

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณค่าโภชนาการของอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยทดแทนโปรตีนปลาป่นเพื่อใช้เลี้ยงปลานิลแดง

1.2.2 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ อัตราการรอดตายของปลานิลแดงที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยทดแทนโปรตีนปลาป่น

1.2.3 ศึกษาคุณภาพน้ำของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารจากไรน้ำนางฟ้าไทยทดแทนโปรตีนปลาป่น

1.2.4 ศึกษาต้นทุนของอาหารเมื่อใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยทดแทนปลาป่น

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เพื่อทราบคุณค่าโภชนาการของอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยทดแทนปลาป่น

1.3.2 เพื่อทราบการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ อัตราการรอดตายที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยทดแทนโปรตีนจากปลาป่น

1.3.3 เพื่อทราบคุณภาพน้ำที่เลี้ยงด้วยอาหารจากไรน้ำนางฟ้าไทยทดแทนโปรตีนจากปลาป่น

1.3.4 เพื่อทราบถึงต้นทุนของการใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยทดแทนโปรตีนจากปลาป่น

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตงานวิจัยดังนี้

1.4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหาและระยะเวลา

1) เนื้อหา

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของอาหารการเจริญเติบโตของปลานิลแดง อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอดตาย คุณภาพน้ำ และต้นทุนผลตอบแทน ที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยเป็นส่วนผสมในอาหารเพื่อทดแทนโปรตีนปลาป่นระดับ 0 (ชุดควบคุม) 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์

2) ระยะเวลาการทดลอง

ระยะเวลาในการทดลอง เดือนเมษายน พ.ศ. 2561 - เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561

1.5 ขอบเขตด้านสถานที่

โรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อ.พยุหะคีรี จ.นครสวรรค์

บทที่ 2

ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปลานิลแดง

ประเทศไทยได้กำเนิดปลานิลสีแดงซึ่งเป็นการกลายพันธุ์จากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างปลานิลกับปลาหมอเทศ ซึ่งนอกจากสีภายนอกที่แตกต่างจากปลานิลธรรมดา เรียกว่า ปลานิลแดงหรือปลาทับทิม ซึ่งเป็นลูกปลานิลธรรมดาที่เกิดการกลายพันธุ์โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสีของลำตัว แต่ลูกที่ผิดพ่อผิดแม่ของปลานิลชนิดนี้กลับมีผลในทางบวกหรือมีผลดีแก่ตัวของมันเองคือเป็นปลาที่มีสีสวย เป็นสีชมพูอมแดง ซึ่งปลานิลแดง สามารถนำมาเลี้ยงเป็นปลาสวยงามได้เมื่อนำปลานิลแดงมาประกอบอาหารแล้ว พบว่า ปลานิลแดงกลับให้รสชาติและคุณภาพสูงกว่าปลานิลธรรมดา แต่ในปัจจุบันพบว่า การอนุบาลลูกปลานิลแดงจะมีอัตรารอดต่ำกว่าลูกปลานิลแปลงเพศธรรมดา และพบว่าลูกปลานิลแดงเป็นที่ต้องการของตลาดและมีราคาที่สูงกว่าลูกปลานิลธรรมดา (สถาบันวิจัยและพัฒนาสัตว์น้ำ, 2557)

2.1.1 ลักษณะเด่นของปลานิลแดง

ปลานิลแดงเป็นปลาที่มีเส้นใยเนื้อละเอียดแน่นจึงมีรสชาติดีและปราศจากกลิ่นไขมันต่ำมาก จึงปราศจากกลิ่นที่เกิดจากไขมันในตัวปลา และเป็นไขมันอิ่มตัวทีมีประโยชน์มีปริมาณเนื้อปริโภคได้ได้ต่อน้ำหนักสูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ มีส่วนสันหนามาก ส่วนหัวเล็ก โครงกระดูกเล็ก ก้างน้อย ผิวมีสีแดง อมชมพู (ภาพที่ 2.1) เนื้อทุกส่วนสีขาวทำให้น่ารับประทาน มีการเจริญเติบโตในความเค็มสูงถึง 25 ส่วนในพัน มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว กินอาหารเก่ง และปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี มีความต้านทานต่อโรคสัตว์น้ำต่าง ๆ ได้ดี สามารถเลี้ยงในกระชังมีความหนาแน่นสูงได้โดยไม่มีผลเสียต่อปลาให้ผลผลิตเฉลี่ย 40 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (สถาบันวิจัยและพัฒนาสัตว์น้ำ, 2557)

ภาพที่ 2.1 ปลานิลแดง

2.2 รูปแบบการเลี้ยงปลานิลแดง

2.2.1 การเลือกสถานที่

บ่อควรมีขนาดไม่ต่ำกว่า 1 ไร่ลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บผลผลิต ความลึกไม่ต่ำกว่า 1.5 เมตร อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำธรรมชาติและสภาพ น้ำต้องสะอาด ปราศจาก สารพิษยาฆ่าแมลงหรือของ เสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และมีปริมาณมากเพียงพอ เพื่อใช้ในการเลี้ยงควรมีระบบสาธารณูปโภคเช่น น้ำ ไฟฟ้า และควรอยู่ในจุดที่คมนาคมสะดวก เพื่อให้สามารถ ลำเลียงผลผลิตปลาส่งตลาดได้อย่างรวดเร็ว สถานที่สำหรับการเลี้ยงปลานิลแดงในกระชังควรมีระดับน้ำลึกพอประมาณตลอดระยะเวลาเลี้ยง พื้นกระชังควรอยู่สูงจากพื้นดินใต้น้ำไม่ต่ำกว่า 1 เมตร และควรห่างจากชายตลิ่งพอสมควรเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดมุมอับในการไหลระบายของน้ำจากฝั่งอย่างฉับพลันในขณะที่มีฝนตกหนักและมีการชะล้างจากพื้นดินสู่น้ำ ไม่ควรวางกระชังหลายอันซ้อนกันหลายๆ ใบ ควรมีช่องว่างเพื่อการไหลระบายน้ำและควรวางกระชังในแนวขวางกระแสน้ำ (เบทาโกร, 2560)

2.2.2 การเตรีมบ่อและกระชัง

บ่อใหม่ ใส่ปูนขาวเพื่อปรับสภาพดินในอัตรา 60-100 กิโลกรัมต่อไร่ สาดให้ทั่วพื้นบ่อ ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ โดยโรยให้ทั่วบ่อ กรองน้ำเข้าบ่อโดยใช้ผ้าขาวบางหรือมุ้งฟ้าเพื่อกันแมลงหรือศัตรูของปลาให้ได้ระดับ 1.2-1.5 เมตร ทิ้งไว้ 1-2 วันจนน้ำเริ่มเป็นสีเขียว

บ่อเก่า หลังจากสูบน้ำให้แห้พอหมาดๆ ทิ้งไว้ 1-2 วัน ทำการลงปูนขาวอัตรา 100-150 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ทั่วพื้นก้นบ่อ เพื่อเป็นการปรับสภาพความเป็น กรด-ด่าง ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลชีพในการย่อยสลายของเสียในบ่อ โดยเฉพาะบริเวณที่มีการสะสมของเลนหรือของเสียก้นบ่อ ตากบ่อทิ้งไว้ต่อ 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นพลิกกลับหน้าดินชั้นล่างขึ้นมา โดย

ใช้รถไถรีคลาด สาดปูนขาวในอัตรา 100-150 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ทั่วพื้นที่ก้นบ่ออีกครั้ง หลังจากนั้นตากบ่อต่อไป 1 สัปดาห์ นำน้ำเข้าบ่อเลี้ยง 1-2 วันแล้วทำการปล่อยสัตว์

ขนาดกระชังที่นิยมที่นิยมสร้างและง่ายต่อการจัดการควรมีขนาด 3x3x2.5 เมตร หรือ 4x4x2.5 เมตร หรือ 5x5x2.5 เมตร ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่ ทุ่นลอยน้ำใช้ถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร หรือทุ่นโฟม ตัวโครงกระชังใช่เหล็กหรือไม้ขึ้นอยู่กับต้นทุนของเกษตรกรผู้เลี้ยง เนื้ออวนต้องทำจากวัสดุที่ไม่สร้างความระคายเคืองแก่ผิวหนังปลา ตาอวนขนาด 2-3 เซนติเมตร อาจมีอวนชั้นนอก ขนาดตา 6-7 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการรบกวนจากภายนอกกระชัง (เบทาโกร, 2560)

2.2.3 แหล่งลูกพันธุ์

เลือกซื้อจากฟาร์มเพาะพันธุ์สัตว์น้ำที่ได้มาตรฐาน และไม่ไกลจากบ่อมากนัก ทีการพัฒนาสายพันธุ์ที่ดี ลูกพันธุ์ควรมีความแข็งแรง ว่ายน้ำปราดเปรียว ผิวลำตัว หนวดครีบหางมีลักษณะสมบูรณ์ ไม่กร่อนแหว่ง ไม่มีจุดสีขาว ไม่มีบาดแผล ลูกปลานิลแดงแปลงเพศอายุ 1 เดือน ควรมีน้ำหนักระหว่าง 0.2-0.3 กรัม ความยาว 2-3 เซนติเมตร

2.2.4 การปล่อยและอัตราการปล่อย

บ่อดิน ขนาดลูกปลา 2-3 เซนติเมตร อัตราการปล่อยเลี้ยงอยู่ที่ 400,000-500,000 ตัวต่อไร่ เมื่ออนุบาลลูกปลาได้นาน 30-60 วัน จะได้น้ำหนัก 50-50 กรัมต่อตัว

กระชัง มุ้งฟ้าขนาดตา 16 ช่องต่อตารางนิ้ว กระชังเนื้ออวนตาถี่ ลูกปลาขนาด 1-2 เซนติเมตร ความหนาแน่นประมาณ 200-400 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร เลี้ยงกระชังเป็นเวลาประมาณ 20 วัน หลังจากนั้นให้ลดความหนาแน่นลงเหลือประมาณ 200 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร และเปลี่ยนกระชังอวนปั้มตาพริกไทย หรืออวนส้ม (ขนาดตา 1 เซนติเมตร) ทุกๆ อายุ 20 วัน เมื่ออนุบาลได้นาน 30-60 วัน จะได้ปลาน้ำหนัก 30-50 กรัมต่อตัว (เบทาโกร, 2560)

2.2.5 อาหารและการให้อาหาร

อาหารเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการเลี้ยงปลานิลแดง เพราะปลาอยู่ในที่จำกัด ไม่สามรถไปหาอาหารธรรชาติกินเองได้อย่างเพียงพอ การเจริญเติบโตของปลาจึงขึ้นอยู่กับการจัดการด้านอาหารเป็นทั้งด้านคุณค่า และความต้องการสารอาหารในแต่ละขนาด การให้อาหารที่เหมาะสมกับปลาทำให้ปลาโตเร็วในเวลาเลี้ยงสั้น จะเป็นการประหยัดค่าการลงทุนได้มาก สิ่งสำคัญควรพิจารณาเกี่ยวกับการให้อาหาร ได้แก่

ความต้องการของสารอาหาร ในลูกปลาวัยอ่อนถึงปลานิ้ว ควรมีระดับโปรตีนในอาหารประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ ความต้องการโปรตีนจะลดลงเมื่อปลาโตขึ้น 20-30 เปอร์เซ็นต์ ความถี่ในการให้อาหาร เนื่องจากปลานิลแดงเป็นปลาที่ไม่มีกระเพาะอาหารจริงจึงจึงกินอาการได้ทีละน้อยและย่อยได้ช้า จึงควรให้อาหารครั้งล่ะน้อยแต่บ่อยครั้ง คือ 2-5 ครั้งต่อวัน ปริมาณการให้อาหาร ปลาเล็กควรให้อาหารประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ปลาขนาดวัยรุ่นควร

ให้อาหาร 7-8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ปลาใหญ่อัตราการให้จะลดลงเหลือประมาณ 3-4 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว (เบทาโกร, 2560)

2.2.6 โรคและการป้องกันรักษา

ครัสเตเซียน ที่พบได้แก่ เห็บปลา หมัดปลา หนอนสมอ ปรสิตกลุ่มนี้พบก่อปัญหามาก ที่สุดสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง โดยจะใช้ส่วนอวัยวะที่มีปลายแหลม เพื่อฝังลึกเข้าไปในเนื้อปลา เพื่อยึด เกาะและกินเซลล์หรือเลือดปลาเป็น อาหาร ทำให้ปลาเกิดแผล สูญเสีย เลือด ปลาผอมและถ้าพบมากทำให้ปลาตายอย่างรวดเร็ว การรักษา ใช้ดิพเทอร์เรกซ์ อัตราเข้มข้น 0.25-0.5 กรัมต่อน้ำ 1 ตัน โปรโตซัว พบและเป็น อันตรายในปลาขนาดเล็ก มากกว่าปลาขนาดใหญ่โปรโตซัวที่พบบ่อย คือ เห็บระฆังการรักษา ใช้ฟอร์มาลิน อัตราเข้มข้น 25-50 ppm. 25-50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ตัน ปลิงใส ที่พบได้แก่ *gyrodactylus sp.* และ *dactylogyrus sp.* ส่วนใหญ่ จะพบเกาะตามซี่เหงือก ทำให้ การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน ไม่สะดวก การรักษา ใช้ฟอร์มาลิน อัตราเข้มข้น 25-50 ppm. 25-50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ตัน (เบทาโกร, 2560)

2.3 ไรน้ำนางฟ้าไทย (Thai Fairy Shrimp)

ไรน้ำนางฟ้า (Fairy Shrimps) เป็นสัตว์น้ำจำพวกกุ้งที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืด ซึ่งพบในแหล่งน้ำธรรมชาติมานานแล้ว โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชาวบ้านเรียกสัตว์ชนิดนี้ว่า “ ตัวเหนี่ยว ” หรือ “ แมงอ่อนช้อย ” หรือ “ แมงหางแดง ” หรือ “ แมงแงว ” หรือ “ แมงน้ำฝน ” โดยสามารถนำไรน้ำนางฟ้ามาประกอบอาหารได้ แต่ก็รู้จักกันอยู่ในวงจำกัด เนื่องจากไรน้ำนางฟ้ามีวงชีวิตที่ไม่ต่อเนื่องตลอดทั้งปี และยังเป็นอาหารที่สัตว์น้ำต่าง ๆ ชอบกินรวมทั้งมนุษย์ ทำให้พบเพียงช่วงระยะเวลาสั้นๆในแหล่งน้ำธรรมชาติ นักวิชาการของกรมประมงได้เริ่มดำเนินการศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้ามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 โดยเรียกไรชนิดนี้ ว่า “ อาร์ทีเมียน้ำจืด ” เนื่องจากเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางการประมง คือเป็นอาหารมีชีวิตที่สำคัญต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะการอนุบาลลูกปลาขนาดเล็กและใช้เลี้ยงปลาสวยงาม แต่ไม่ประสบผลสำเร็จในการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าเท่าที่ควร เพราะไข่ของไรน้ำนางฟ้ามีระยะในการพักตัว ทำให้ดำเนินการฟักไข่ค่อนข้างยากมาก ในปี พ.ศ. 2536 ศ.ดร. ละออศรี เสนาะเมือง และ ทีมงานจากภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ค้นพบไรน้ำนางฟ้าชนิดใหม่ของโลก และดำเนินการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับชีววิทยาและวิธีการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าอย่างละเอียดมากขึ้น ทำให้แนวทางการเพาะเลี้ยงไรน้ำนางฟ้าแจ่มใสขึ้น มีเกษตรกรและผู้เลี้ยงปลาสวยงามจำนวนมากให้ความสนใจและทดลองเลี้ยงไรน้ำนางฟ้า แต่ผู้เลี้ยงส่วนใหญ่ยังไม่ประสบผลสำเร็จในการเลี้ยง

ไรน้ำนางฟ้าให้ได้ปริมาณมาก และเลี้ยงอย่างต่อเนื่องได้ เนื่องจากยังมีปัญหาในเรื่องของการฟักตัวของไข่ไรน้ำนางฟ้าที่ยังค่อนข้างต่ำ และการเตรียมอาหารของไรน้ำนางฟ้าให้เกิดอย่างต่อเนื่องได้ (สถาบันวิจัยและพัฒนาสัตว์น้ำ, 2557)

2.3.1 ลักษณะภายนอก

ไรน้ำนางฟ้ามีลำตัวยาวอ่อนนุ่ม แบ่งออกเป็นปล้องๆ ชัดเจน โครงร่างภายนอกเป็นเพียงเนื้อเยื่อบางๆไม่มีเปลือกแข็งหุ้มลำตัวแต่ก็มีการลอกคราบเช่นเดียวกับพวก crustacean เช่นกัน ลำตัวของไรน้ำนางฟ้าแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ หัว อก และท้อง

ส่วนหัว (head) มีลักษณะเด่นชัด มีตารวม (compound eyes) ขนาดใหญ่ที่มีก้านตา 1 คู่ มีหนวด 2 คู่ แบบไม่แตกแขนง (uniramous) คู่ที่ 1 มีขนาดเล็ก ส่วนคู่ที่ 2 ค่อนข้างยาว โดยเพศผู้หนวดคู่นี้จะขยายออกทำให้มีส่วนหัวใหญ่กว่าเพศเมีย

ส่วนอก (thorax) แยกเป็นปล้องชัดเจน และมักมีจำนวน 13 ปล้อง (บางชนิดอาจมีมากกว่านี้) ส่วนของ 11 ปล้องแรกลักษณะคล้ายกันและมีขนาดใกล้เคียงกัน แต่ละปล้องจะมีระยางค์ 1 คู่ มีลักษณะแบนๆคล้ายใบไม้ (leaf-like appendages) ใช้ในการว่ายน้ำ กรองอาหาร และหายใจ เรียกระยางค์นี้ว่า phyllopods หรือ phyllopodia ส่วน 2 ปล้องสุดท้ายจะรวมกัน มีอวัยวะเพศยื่นออกมา คือเพศผู้จะมีท่อส่งน้ำเชื้อ (penis) 1 อัน ส่วนเพศเมียจะมีถุงไข่ 1 ถุง

ส่วนท้อง (abdomen) แยกเป็นปล้องชัดเจนเช่นกัน มีจำนวน 6 ปล้อง แต่ละปล้องจะไม่มีระยางค์ ยกเว้นปล้องสุดท้ายจะมีรยางค์แบนๆ เล็กๆ แยกเป็น 2 แฉก มีสีแดงสด เรียกระยางค์นี้ว่า caudal rami หรือ "cercopods" (สถาบันวิจัยและพัฒนาสัตว์น้ำ, 2557)

2.3.2 นิเวศวิทยาและพฤติกรรม

ไรน้ำนางฟ้าเป็นสัตว์น้ำจืดที่มีถิ่นที่อยู่ค่อนข้างจำกัดและพบเฉพาะในบางฤดูกาล คือจะพบเฉพาะในช่วงต้นฤดูฝนในแหล่งน้ำธรรมชาติตามแหล่งน้ำท่วม โดยเฉพาะในนาข้าว ทั้งนี้เนื่องจากเป็นอาหารที่ชื่นชอบของสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ และไม่มีอวัยวะที่ใช้ในการป้องกันตัว เมื่อเจริญเติบโตจะเคลื่อนที่ในลักษณะหงายท้องว่ายน้ำไปเรื่อยๆ ทำให้ถูกปลาหรือสัตว์น้ำชนิดต่างๆ จับกินได้อย่างง่ายดาย ประกอบกับมีวงชีวิตที่ไม่ต่อเนื่องตลอดทั้งปี ซึ่งไรน้ำนางฟ้าจะมีไข่ระยะพักตัว หรือที่เรียกว่า cyst เหมือนกับไรน้ำส่วนใหญ่ ไข่ระยะพักตัว หรือ cyst นี้จะถูกปล่อยทิ้งให้แห้งอยู่ตามพื้นแหล่งน้ำที่มีการแห้งลงในช่วงฤดูแล้ง เช่นในนาข้าว เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนและมีฝนตกลงมามากพอ

จนทำให้แหล่งน้ำหรือนาข้าวที่แห้งไปแล้วนั้นมีน้ำขังอยู่พอควร ไข่ระยะพักตัว หรือ cyst ที่ตกอยู่ในดินก็จะฟักตัวออกมา และจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยกรองกินแพลงตอนพืชขนาดเล็กที่เกิดขึ้นในน้ำเป็นอาหาร ใช้ระยะเวลาเพียง 7 - 14 วัน ก็จะเจริญเป็นตัวเต็มวัยและมีความสมบูรณ์เพศ จากนั้นไรน้ำนางฟ้าจะสามารถแพร่พันธุ์ได้ 2 แบบ คือ แบบใช้เพศ (sexual reproduction) และแบบไม่ใช้เพศ (asexual reproduction) ซึ่งจากการแพร่พันธุ์ทั้ง 2 แบบ ไรน้ำนางฟ้าเพศเมียสร้างไข่เข้ามาเก็บไว้ในถุงเก็บไข่ที่อยู่บริเวณส่วนท้ายของส่วนอก ไข่ดังกล่าวจะเป็นไข่ที่มีเปลือกหนา และจะถูกปล่อยออกจากถุงเก็บไข่ภายในเวลา 20 - 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นภายในเวลา 4- 6 ชั่วโมง ไรน้ำนางฟ้าเพศเมียจะสร้างไข่ชุดใหม่เข้ามาในถุงฟักไข่ได้อีก แล้วถูกปล่อยออกไปเช่นเดิมเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมีปลา หรือสัตว์น้ำชนิดอื่นๆเข้ามาในแหล่งน้ำแล้วกินไรน้ำนางฟ้าไป แต่ถ้าหากไม่ถูกสัตว์อื่นกินเป็นอาหาร ไรน้ำนางฟ้าจะมีอายุอยู่ได้ประมาณ 40 - 90 วัน แล้วแต่ชนิดของไรน้ำนางฟ้า สำหรับไข่ที่ไรน้ำนางฟ้าเพศเมียปล่อยออกมาจากถุงเก็บไข่นั้น จะตกลงอยู่ที่ก้นแหล่งน้ำโดยจะไม่ฟักตัว แต่ตัวอ่อนที่อยู่ในไข่ที่ยังมีน้ำขังในแหล่งน้ำจะมีการพัฒนาต่อไปจนเป็นตัวอ่อนที่สมบูรณ์ แล้วพักตัวอยู่ภายในไข่ จึงเรียกไข่ดังกล่าวว่า ไข่ระยะพักตัว หรือ cyst ซึ่งไข่ระยะพักตัว หรือ cyst นี้จะต้องพักรอจนแหล่งน้ำนั้นแห้งไปในปีนั้น แล้วรอจนฤดูกาลใหม่ของปีต่อมาเมื่อแหล่งน้ำได้รับน้ำฝนจึงจะฟักตัวออกมา (สถาบันวิจัยและพัฒนาสัตว์น้ำ, 2557)

2.2.3 ชนิดของไรน้ำนางฟ้าในประเทศไทย

นุกูล และ ละออศรี (2547) ได้รายงานเกี่ยวกับไรน้ำนางฟ้าชนิดใหม่ของโลกที่พบในประเทศไทย จำนวน 3 ชนิด ดังนี้

1) ไรน้ำนางฟ้าสิรินธร(*Streptocephalus sirindhornae* Sanoamuang, Murugan, Weekers & Dumont, 2000) ลำตัวใสหรือสีฟ้า หางสีแดง ลำตัวยาวประมาณ 1.5 - 3.0 เซนติเมตร ไข่เป็นรูปทรงกลมคล้ายตะกร้อ เป็นชนิดที่พบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในประเทศไทย ที่สำรวจพบแล้วในแหล่งน้ำจาก 38 จังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น อุดรธานี หนองบัวลำภู มหาสารคาม ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ ยโสธร อำนาจเจริญ อุบลราชธานี สุรินทร์ บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ ชัยภูมิ นครราชสีมา น่าน มุกดาหาร นครพนม สกลนคร หนองคาย เลย ตาก ลำปาง แพร่ อุตรดิตถ์ เชียงราย สระบุรี เพชรบุรี ชัยนาท อุทัยธานี สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ราชบุรี ลพบุรี และประจวบคีรีขันธ์

2) ไรน้ำนางฟ้าไทย (Branchinella thailandensis Sanoamuang, Saengphan & Murugan, 2002) มีลำตัวสีส้มแดงตลอดทั้งตัว ตัวยาวประมาณ 1.7 - 4.0 เซนติเมตร ไข่เป็นรูปทรงกลมคล้ายตะกร้อ แต่มีขนาดใหญ่กว่าไรน้ำนางฟ้าสิรินธร ที่สำรวจพบแล้วอยู่ในเขต 11 จังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด นครราชสีมา ชัยภูมิ ลพบุรี ชัยนาท กาญจนบุรี ราชบุรี สุพรรณบุรี และอุทัยธานี

3) ไรน้ำนางฟ้าสยาม (Streptocephalus siamenesis Sanoamuang & Saengphan, 2006) ลักษณะ ตัวใส สีตัวบางครั้งเป็นสีฟ้าอ่อน หางสีแดง ตัวยาวประมาณ 1.1 - 2.0 เซนติเมตร มีไข่เป็นรูปสามเหลี่ยมคล้ายปิรามิด (tetrahedral eggs)เป็นชนิดที่หายากมาก ปัจจุบันพบที่จังหวัดสุพรรณบุรี และกาญจนบุรี เท่านั้น (ยงยุทธ, 2556)

ภาพที่ 2.2 ไรน้ำนางฟ้า

2.4 คุณค่าและวัตถุดิบอาหาร

อาหารสัตว์น้ำต้องมีโภชนาการ (nutrition) คือสิ่งที่ทำนุบำรุงร่างกายเพื่อให้บรรลุถึงจุดที่ต้องการเพื่อทำกิจกรรมเซลล์ทำการแปลงวัตถุต่าง ๆ มาใช้ให้เป็นประโยชน์ในอดีตเกษตรกรไม่เข้าใจถึงโภชนาการ แต่ปัจจุบันมีการเห็นคุณค่าทางโภชนาการเพราะเห็นถึงประโยชน์ เช่น การป้องกันโรคที่เกิดจากการขาดธาตุอาหารจำเป็นทำให้ร่างกายอ่อนแอ ไม่มีภูมิต้านทานโรค หรือมีสารอาหารบางอย่างในร่างกายมากเกินไป ได้แก่ ไขมัน เป็นต้น สารอาหารสำคัญที่มีความจำเป็นต่อสัตว์น้ำดังต่อไปนี้

1) คาร์โบไฮเดรต ได้แก่ แป้ง น้ำตาล ใยพืช เป็นแหล่งให้พลังงานแก่สิ่งมีชีวิต (แต่น้อยกว่าไขมัน) ที่มีราคาถูกที่สุดหาง่ายเป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด พบมากในพืชเกิดขึ้นจากขบวนการสังเคราะห์แสงพลังงานเหล่านี้ได้สะสมอยู่ในพืช เมื่อสัตว์น้ำกินเข้าไปก็ทำให้ได้พลังงานสำหรับใช้ในการดำรงชีวิตอยู่

2) โปรตีน หรือ body builder

แหล่งที่มาได้แก่ สัตว์พืช และสาหร่าย เป็นอินทรีย์ สารที่มีมากที่สุดในร่างกายของสัตว์น้ำ สัตว์น้ำที่มีชีวิตต้องการโปรตีนตลอดเวลาเพื่อไปสร้างการเจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ สร้างฮอร์โมน เอ็นไซม์ หายใจ ให้พลังงาน และองค์ประกอบที่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์และขยายพันธุ์โดยสัตว์น้ำวัยอ่อนต้องการโปรตีนสูงกว่าสัตว์น้ำที่โตเต็มวัยเพราะพื้นที่สัมผัสของสัตว์น้ำวัยอ่อนมีน้อยกว่าสัตว์น้ำที่โตแล้ว

3) ไขมัน

ไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูงสุด ไขมัน 1 กรัมให้พลังงาน 8-9 กิโลแคลลอรี่ เป็นหนึ่งใน 3 ของสารอาหารหลักที่จำเป็นของอาหารสัตว์น้ำ โปรตีน ไขมัน และ คาร์โบไฮเดรต มีความสำคัญรองจากโปรตีนได้แก่ ไขมัน ขี้ผึ้ง น้ำมัน phospholipid glycolipid และsterols โดยไขมันเป็นของแข็ง ส่วนน้ำมันเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติแหล่งทมาได้แก่ พืช และ สัตว์ ไขมันจากพืชอยู่ในรูปของเหลว เช่น น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง ไขมันในสัตว์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแข็ง ไขมันในสัตว์มีคอเลสเตอรอล แต่ของพืชไม่มี ไขมันไม่ละลายน้ำ ไขมันมีอยู่ในทุกเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เยื่อหุ้มหัวใจ เยื่อหุ้มประสาท ป้องกันไม่ให้ฮอร์โมนและวิตามินซึมออกไปนอกเซลล์ ทำให้ร่างกายอบอุ่น

4) วิตามิน

เป็นสารที่สัตว์น้ำต้องการในปริมาณที่น้อยแต่ขาดไม่ได้ มาจาก vital+amine หมายถึงสารประกอบที่สำคัญเท่าชีวิต สามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจาก การสังเคราะห์ วิตามินที่ความสำคัญต่อสัตว์น้ำ

- วิตามินเอ ช่วยเกี่ยวกับการมองเห็น ช่วยเร่งการเจริญเติบโต รักษาเยื่อบุระบบต่างๆให้แข็งแรงควบคุมการสร้างเซลล์ใหม่ และกระดูกให้เป็นไปอย่างปกติ

- วิตามินดีร่างกายสามารถสร้างได้โดยปฏิกริยากับแสงต่อร่างกาย วิตามินดีมีบทบาทในการใช้ประโยชน์ของแคลเซียม และฟอสฟอรัส ทำหน้าที่ดูดซึมกรดอะมิโนที่อยู่ในไตกลับคืนมามีส่วนร่วมในการสร้างฟัน มีส่วนในการเจริญของกระดูก

- วิตามินอีเป็นวิตามินที่ทนต่อความร้อน มีบทบาทป้องกันสารที่มี double bond ในกล้ามเนื้อเรียบไม่ให้ถูก oxidize ไป (ป้องกันการหืน) หรือเป็น antioxidant ช่วยรักษาคุณสมบัติในการให้สารซึมผ่านเซลล์ของเส้นเลือดฝอย และหัวใจ ควบคุมกล้ามเนื้อหัวใจให้ทำงานได้ปกติช่วยในการฟักไข่ของปลา

5) แร่ธาตุ

เป็นสารอาหารที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของปลาหรือสัตว์น้ำ ให้กิจกรรม ต่าง ๆ ภายในร่างกายดำเนินไปอย่างปกติ เพื่อทำไปสร้างเนื้อเยื้อต่างๆ เพื่อเป็นโครงสร้างของร่างกาย ระบบการจัดสมดุลย์ ปลาได้รับแร่ธาตุหลายชนิดจากน้ำผ่านทางเหงือก และบางส่วนจากวัสดุที่นำมาทำอาหารแต่ก็ยังไม่เพียงพอกับความต้องการ เพราะบางส่วนสูญเสียไประหว่างขั้นนตอนการผลิต หรือ ปลาใช้ประโยชน์ธาตุนั้นๆ จากวัตถุดิบได้น้อย ยากต่อการย่อยและดูดซึมจึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารการสร้างสูตรอาหาร (feed formulation) อาหารสัตว์น้ำโดยทั่วๆ ไปมีส่วนผสมของวัสดุอาหารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เพราะไม่มีวัสดุอาหารใดที่มีโภชนาการครบถ้วน การสร้างสูตรอาหารคือการหาส่วนผสมของอาหารที่ให้ โภชนาการ เช่น โปรตีน หรือพลังงานตามที่ต้องการ การสร้างสูตรอาหารได้เอง สามารถเลือกใช้วัสดุอาหารในท้องถิ่น เช่น กากถั่วเหลือง ปลาป่น ปลายข้าว รำละเอียด

6) ปลาป่น

เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ ให้โปรตีนสูงและมีคุณภาพดี ทำมาจากปลาเป็ดเศษปลา เล็กปลาน้อยหรือหัวปลาที่เหลือจากโรงงานทำปลากระป๋อง ทำให้ปลาป่นที่ผลิตได้มีคุณภาพหลากหลาย ดังนั้นในการซื้อขายปลาป่น จึงมีการแบ่งเกรดตามเปอร์เซ็นต์ โปรตีนในปลาป่น โดยปลาป่นชั้นคุณภาพที่ 1 จะมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ปลาป่น ชั้นคุณภาพที่ 2 มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ และปลาป่นชั้นคุณภาพที่ 3 มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

7) รำละเอียด

โปรตีนประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเป็นรำที่ได้จากโรงสีขนาดกลาง หรือเล็กซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่า รำปิ่นแก้วจะมีโปรตีนต่ำประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีส่วนของแกลบปนอยู่มากมีไขมันสูง 12-13 เปอร์เซ็นต์ ทำให้หืนง่าย เก็บไว้ไม่ได้นานมีไวตามินบี ชนิดต่าง ๆ สูง ยกเว้นไนอะซีน ซึ่งอยู่ในรูปที่สัตว์ใช้ประโยชน์ได้น้อย

8) ปลายข้าว

เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว ซึ่งจะได้ส่วนของปลายข้าวประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ปลายข้าวจัดได้ว่าเป็นวัตถุดิบให้ พลังงานที่มีความสำคัญยิ่ง มีอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทยให้พลังงานสูง มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในสุกรและสัตว์ปีก เท่ากับ 3,596 และ 3,500 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมมีโปรตีน ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ มีไขมัน และเยื่อใยต่ำ เก็บไว้ใช้ได้นานโดยไม่หืน

9) กากถั่วเหลือง

เป็นผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันถั่วเหลือง มี 2 ชนิด คือ กากถั่วเหลืองที่ได้จากขบวนการอัดน้ำมันและกากถั่วเหลือง ที่ได้จากขบวนการสกัดน้ำมันด้วยสารเคมี คุณภาพโปรตีนดีรองจากปลาป่นมีโปรตีนประมาณ 42-48 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับขบวนการสกัดน้ำมันมีไขมันอยู่ประมาณ 1-4 เปอร์เซ็นต์ มีระดับธาตุแคลเซียม และฟอสฟอรัสต่ำ (มิตรเกษตรภัณฑ์, 2556)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	กาก
กากถั่วเหลือง	11.8	46.9	1.3	8.4	6.5
ปลาป่น	9.7	55	6	24.6	2.4
ปลายข้าว	11.6	7.1	1.4	4.2	0.5
รำละเอียด	10.0	12.2	11.8	13.1	12.3

ที่มา: มิตรเกษตรภัณฑ์ (2556)

นพวรรณ และคณะ (2549) ศึกษาระดับที่เหมาะสมของหัวกุ้งป่นในอาหารปลานิลแดง การทดลองใช้หัวกุ้งป่นเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับปลานิลแดงแปลงเพศเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์โดยอาหารทดลองมีทั้งหมด 6 สูตร สูตรที่ 1-5 เป็นอาหารที่มีโปรตีนจากหัวกุ้งป่นทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในปริมาณ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอาหารสูตรที่ 6 เป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาดุก จากข้อมูลการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาที่ได้รับอาหารแต่ละสูตร พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารจากโปรตีนหัวกุ้งป่นเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่น 50 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างทางสถิติ (P> 0.05)

เบญจวรรณ และคณะ (2557) การศึกษาเพื่อลดต้นทุนในการผลิตอาหารเลี้ยงปลานิลแปลงเพศ ด้วยอาหารเม็ดผลิตเองที่ใช้โปรตีนจากเลือดหมูป่นเป็นส่วนผสมทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 4 ระดับ (สูตร) คือ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปลานิลแดงที่ได้รับอาหารที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (P> 0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P> 0.05) กับปลานิลแดงที่ได้รับอาหารที่ระดับ 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของอัตราการรอดตายและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดี ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (P> 0.05) ในทุกชุดการทดลอง แต่จะพบว่า ปลานิลแดงที่ได้รับอาหารที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายสูงสุด และปลานิลแดงที่ได้รับอาหารที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด

นิธี และคณะ (2557) รายงานผลของการใช้ใบมะละกอป่นผสมในอาหารของปลานิลแดงที่ปริมาณแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 7, 14 และ 21 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมใบมะละกอป่นมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงตามปริมาณใบมะละกอที่เพิ่มขึ้นในอาหาร โดยปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมใบมะละกอป่นที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักเพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุด 97.7±1.92, 417.68±16.97 และ 2.94±0.06 กรัมต่อตัว ทั้งนี้ปลาที่ได้รับอาหารผสมใบมะละกอ 21 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำที่สุด 19.43±1.10, 256.59±30.01 และ 2.27±0.15 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่าสูงที่สุด 3.36±0.64 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) สรุปได้ว่าการผสมใบมะละกอในอาหารทำให้การเจริญเติบโตของปลานิลแดงลดลง และ ไม่มีผลในการลดต้นทุนการผลิตปลา

วุฒิพร และคณะ (2557) รายงานผลการใช้เศษเหลือเห็ดนางฟ้าทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิลแดง อาหารทดลองมี 6 สูตร มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน โดยมีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยเศษเหลือเห็ดนางฟ้าที่ระดับ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ระยะเวลาทดลอง 8 สัปดาห์ จากการทดลองพบว่า การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่าต่ำสุด คือโปรตีนเศษเหลือเห็ดนางฟ้าที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่า สามารถใช้โคนเห็ดนางฟ้าเป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิลแดงได้ถึงระดับ 30 เปอร์เซ็นต์

รัตนสุดา (2552) รายงานผลของการใช้วัตถุดิบโปรตีนบางชนิดทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลาโมง ทำการทดลองโดยใช้อาหารที่มีปลาป่นเป็นวัตถุดิบส่วนผสม 5 สูตร คือ ใช้กากถั่วเหลือง 0, 20, 40 เปอร์เซ็นต์ และใช้ใบกระถินป่น 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ (ทุกสูตรมีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์) ทดลองเป็นเวลา 3 เดือนเก็บข้อมูลเมื่อปลาโมงมีอายุ 70, 100 และ 130 วัน ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของปลาโมงอายุ 130 วันโดยใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุด 80.78±0.33 กรัมต่อ อัตราการแลกเนื้อ พบว่าปลาโมงอายุ 100 วันโดยใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการแลกเนื้อต่ำสุด 1.36±0.06 ส่วนอัตราการรอดตาย พบว่า ปลาโมงอายุ 130 วัน โดยมีค่าเฉลี่ย 74.66±1.65 เปอร์เซ็นต์

โฆษิต และละออศรี (2546) ศึกษาการเจริญเติบโตและอัตรารอดของลูกปลานิลแดงและลูกกุ้งก้ามกรามโดยใช้ลูกไรน้ำนางฟ้าไทยเป็นอาหาร โดยใช้อาหาร 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 อาหารสำเร็จรูปโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 2 ลูกไรน้ำนางฟ้าไทยอายุ 5 วัน และ สูตร 3 อาหารสำเร็จรูปและลูกไรน้ำนางฟ้าไทยอายุ 5 วัน ทำการทดลองเป็นเวลา 30 วัน ผลการทดลองพบว่า อาหารสูตรที่ 3 ใช้อาหารสำเร็จรูปและลูกไรน้ำนางฟ้าไทยอายุ 5 วัน มีการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด ส่วนอัตราการรอดตาย พบว่าอาหารสูตรที่ 2 ใช้ลูกไรน้ำนางฟ้าไทยอายุ 5 วัน มีอัตราการรอดตายดีที่สุด ($P > 0.05$) สรุปได้ว่าการอนุบาลลูกปลาทับทิมด้วยลูกไรน้ำนางฟ้ากับอาหารสำเร็จรูปมีเปอร์เซ็นต์ (50 : 50) มีการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด และการอนุบาลด้วยลูกไรน้ำนางฟ้าเพียงอย่างเดียว พบว่ามีอัตรารอดดีที่สุด ($P > 0.05$) และการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกรามด้วยลูกไรน้ำนางฟ้าอาหารสำเร็จรูป (50 : 50) มีการเจริญเติบโต และอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด และการอนุบาลด้วยลูกไรน้ำนางฟ้าอย่างเดียวมีอัตรารอดดีที่สุด ($P<0.05$)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุ และอุปกรณ์

3.1.1 ถังพลาสติก 50 ลิตร

3.1.2 ตะข่ายไนลอน

3.1.3 สายออกซิเจน

3.1.4 ไม้บรรทัด

3.1.5 ถาดอลูมิเนียม

3.1.6 เครื่องชั่งน้ำหนักปลา

3.1.7 ปลานิลแดง

3.1.8 ไรน้ำนางฟ้าอบแห้ง

3.1.9 กากถั่วเหลือง

3.1.10 รำ

3.1.11 ปลายข้าว

3.1.12 ปลาป่น

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งการทดลองเป็น 5 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ โดยใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยทดแทนปลาป่น ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม) 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์

3.2.2 การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำปลานิลแดงขนาด 3 นิ้ว จำนวน 200 ตัว นำมาใส่ในถังพลาสติก 500 ลิตร โดยให้กินอาหารสูตรที่ 1 (ชุดควบคุม) ให้วันละ 2 ครั้ง เวลา 9.00 น. และ 16.00 น. เพื่อฝึกให้ปลาคุ้นเคยกับอาหารทดลอง ระยะเวลา 1 สัปดาห์

3.2.3 การเตรียมน้ำ

ทำการพักน้ำประปาไว้ 3 วัน โดยเปิดน้ำใส่ถังทดลอง 50 ลิตร ปริมาตร 40 ลิตร 15 ถัง วิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ความเป็นด่าง (alkalinity) ไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen), แอมโมเนีย- ไนโตรเจน (ammonia – nitrogen) ตามวิธีของ ชูชาติ (2546)

3.2.4 การเตรียมอาหารทดลอง

นำ ไรน้ำนางฟ้า รำ ปลาป่น กากถั่วเหลือง และปลายข้าว ไปวิเคราะห์โปรตีน เพื่อหาระดับโปรตีน โดยใช้ไรน้ำนางฟ้าไทยทดแทนปลาป่น 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และนำวัตถุดิบอาหารมาสร้างสูตรอาหารให้ได้ระดับเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากัน คือ 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสร้างสูตรอาหารเรียบร้อยแล้วนำไปวิเคราะห์ โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และเยื่อใย ตามวิธีการของ ปรีดา (2555)

ตารางที่ 2.2 ระดับการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยไรน้ำนางฟ้า

วัตถุดิบ	ระดับการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยไรน้ำนางฟ้า (กรัม)				
	0%	25%	50%	75%	100%
ไรน้ำนางฟ้า	0	80	120	130	240
ปลาป่น	240	160	120	110	0
กากถั่วเหลือง	240	240	240	240	240
รำละเอียด	320	320	320	320	320
ปลายข้าว	200	200	200	200	200
รวม	1000	1000	1000	1000	1000

3.2.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1) นำปลาที่เตรียมไว้ในข้อ 3.2.2 มาใส่ในถังทดลองจำนวน 10 ตัวต่อถัง ที่มีระดับน้ำ 40 ลิตร ที่ได้จากการเตรียม ข้อ 3.2.3

2) ให้อาหารตามแผนการทดลองที่ได้จาก ข้อ 3.2.4 เป็นเวลา เวลา 9.00 น. และ 16.00 น.

3) เปลี่ยนถ่ายน้ำวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุก 2 สัปดาห์เช่นเดียวกับ ข้อ 3.2.3 จากนั้นทำการสุ่มวัดขนาดและชั่งน้ำหนักทุก 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

4) เลี้ยงปลานิลแดงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง เก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

3.2.6 การเก็บข้อมูลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) การเจริญเติบโต

1.1) น้ำหนักเฉลี่ย

1.2) ความยาวเฉลี่ย

1.3) อัตราการแลกเนื้อ (FCR)

ทำการประเมินอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยทำการชั่งน้ำหนักปลาและตรวจสอบปริมาณอาหารทดลองที่ปลากินนำข้อมูลที่คำนวณได้โดยสูตร

$$FCR = \frac{\text{น้ำหนักอาหาร (แห้ง) ที่ปลากิน}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่ม}}$$

1.4) อัตราการรอดตาย

$$\text{อัตราการรอดตาย} = \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนปลาที่เริ่มต้นการทดลอง}}$$

1.5) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ specific grow rate (SGR)

$$SGR = \frac{\ln\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln\text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง} \times 100}{\text{จำนวนวันที่ทำการทดลอง}}$$

3.2.7 การวัดสี

สุ่มปลาจากทุกชุดการทดลองชุดการทดลองละ 5 ตัว หลังจากให้อาหารชุดควบคุม 1 อาทิตย์ และ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) บริเวณลำตัวด้านซ้าย และ ด้านขวา อ่านค่าในระบบ CIE L*a*b* (CIELAB) โดยค่า L คือค่าความสว่างสี a* คือ ค่าความเข้มข้นของเฉดสีแดง และ b* คือ ค่าความเข้มข้นเฉดสีเหลือง

3.2.8 การวิเคราะห์ต้นทุน

ต้นทุนทั้งหมด = ต้นทุนผันแปร + ต้นทุนคงที่

ต้นทุนคงที่ = ค่าเสื่อมถัง + ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน

ต้นทุนผันแปร = ค่าพันธุ์ปลา + ค่าอาหารปลา + ค่าแรงงาน + ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน

3.2.9 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ได้แก่ อัตราการแลกเนื้อ น้ำหนักเพิ่ม อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโจจำเพาะ ค่าสี วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี one way analysis of variance เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหาร

คุณค่าทางโภชนาการอาหาร คือ โปรตีน, ไขมัน, เถ้า, เยื่อใย, ความชื้นและ คาร์โบไฮเดรต ของอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า โปรตีนสูตรที่ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกันคือ 31.85±3.91 และ 33.94±2.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันกับสูตรที่ 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ คือ 21.52±0.53, 23.64±0.05 และ 23.40±1.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

ไขมันของอาหารสูตรที่ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกันคือ 12.16±2.67 , 10.45±0.98, 9.53±1.03 และ 9.67±1.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันกับสูตรที่ 0 เปอร์เซ็นต์ คือ 5.11±0.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

เถ้าของอาหารสูตรที่ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกันคือ 8.45±0.28, 7.23±0.67, 10.56±1.05 และ 12.40±2.82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันกับสูตรที่ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 4.65±4.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

เยื่อใยของอาหารสูตรที่ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคือ 11.30±0.60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันกับสูตรที่ 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ คือ 0.64±0.15, 0.97±0.15, 1.36±0.15 และ 1.11±.0.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

ความชื้นของอาหารสูตรที่ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคือ 11.74±2.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันกับสูตรที่ 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 4.17±0.04, 6.87±0.78, 5.12±0.31 และ 8.65±0.08 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

คาร์โบไฮเดรตของอาหารสูตรที่ 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าคือใกล้เคียงกัน 52.52±2.70, 54.37±6.38 และ 50.66±2.47 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันกับสูตรที่ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 41.80±2.90 และ 24.02±5.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณค่าทางโภชนาการอาหารของอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เยื่อใย	ความชื้น	คาร์โบไฮเดรต
0	21.52±0.53[b]	5.11±0.48[b]	8.45±0.28[acb]	0.64±0.15[b]	11.74±2.05 [a]	52.52±2.70 [a]
25	23.64±0.05[b]	12.16±2.67[a]	4.65±4.72[c]	0.97±0.15[c]	4.17±0.04 [b]	54.37±6.38 [a]
50	23.40±1.81[b]	10.45±0.98[a]	7.23±0.67[b]	1.36±0.15[b]	6.87±0.78 [b]	50.66±2.47 [a]
75	31.85±3.91[a]	9.53±1.03[a]	10.56±1.05[ab]	1.11±.0.15[c]	5.12±0.31 [b]	41.80±2.90 [b]
100	33.94±2.90[a]	9.67±1.65[a]	12.40±2.82[a]	11.30±0.60[a]	8.65±0.08 [b]	24.02±5.15 [b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษกับข้อมูลที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$)

4.2 อัตราการเจริญเติบโต

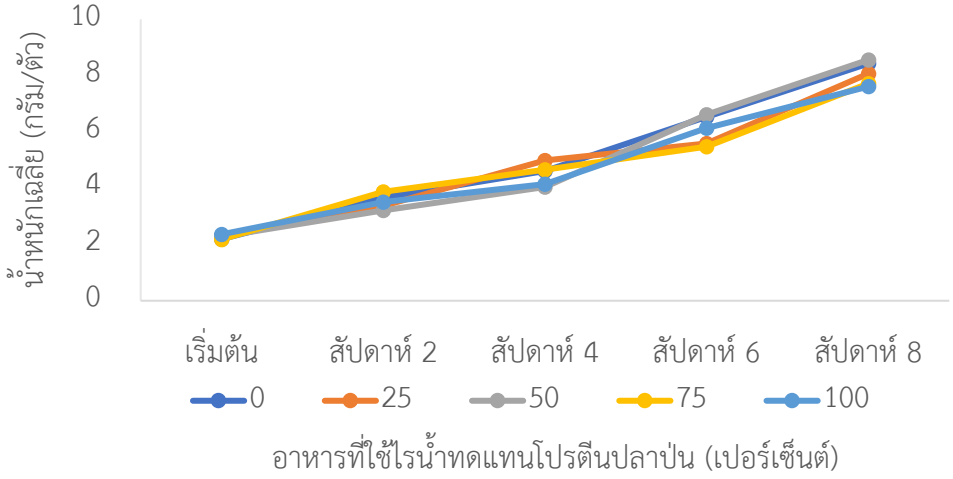
4.2.1 น้ำหนักเฉลี่ย

น้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ในทุกสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อในสัปดาห์ที่ 8 น้ำหนักเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 8.43±0.64, 8.07±0.86, 8.56±1.82, 7.72±0.70 และ 7.61±1.23 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2 และภาพที่ 2.3

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักเฉลี่ยปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัมต่อตัว)				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 6	สัปดาห์ 8
0	2.19±0.06[a]	3.67±0.44 [a]	4.61±1.25[a]	6.53±0.99[a]	8.43±0.64[a]
25	2.31±0.15[a]	3.37±0.15 [a]	4.99±0.83[a]	5.59±1.61[a]	8.07±0.86[a]
50	2.28±0.17[a]	3.21±0.54 [a]	4.04±0.90[a]	6.61±1.19[a]	8.56±1.82[a]
75	2.18±0.06[a]	3.87±0.45 [a]	4.65±0.21[a]	5.48±0.81[a]	7.72±0.70[a]
100	2.36±0.07[a]	3.51±0.29 [a]	4.14±1.37[a]	6.13±0.92[a]	7.61±1.23[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษกับข้อมูลที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)



ภาพที่ 2.3 น้ำหนักเฉลี่ยปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

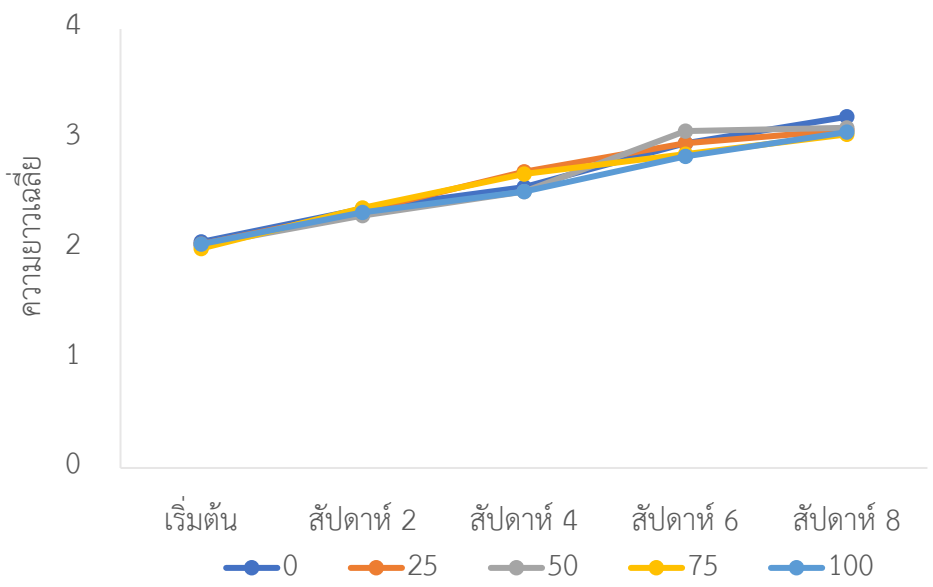
4.2.2 ความยาวเฉลี่ย

ความยาวเฉลี่ยของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ในทุกสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ความยาวเฉลี่ย 3.20±0.72, 3.08±1.33, 3.10±2.55, 3.04±1.03 และ 3.06±3.76 เซนติเมตรต่อตัว ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.3 และภาพที่ 2.4

ตารางที่ 4.3 ความยาวเฉลี่ยปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตรต่อตัว)				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 6	สัปดาห์ 8
0	2.06±0.04[a]	2.36±0.06[a]	2.56±0.24[a]	2.96±3.46[a]	3.20±0.72[a]
25	2.04±0.06[a]	2.34±0.07 [a]	2.70±0.18[a]	2.96±2.25[a]	3.08±1.33[a]
50	2.03±0.06[a]	2.30±0.09[a]	2.52±0.15[a]	3.07±2.10[a]	3.10±2.55[a]
75	2.00±0.02[a]	2.37±0.13[a]	2.68±0.05[a]	2.86±1.40[a]	3.04±1.03[a]
100	2.04±0.03[a]	2.33±0.05[a]	2.52±0.31[a]	2.84±1.56[a]	3.06±3.76[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษกับข้อมูลที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05)



ภาพที่ 2.4 ความยาวเฉลี่ยปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

4.2.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

สัปดาห์ที่ 2 พบว่า อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25 และ 75 เปอร์เซ็นต์ พบ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 2.60±0.86, 2.60±17.66 และ 2.70±0.26 กรัมต่อตัวต่อวัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 1.97±0.64 และ 1.87±1.30 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ

สัปดาห์ที่ 4 พบว่า อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 2.57±0.33 และ 2.50±0.26 กรัมต่อตัวต่อวัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับ 25, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 2.07±0.63 , 2.19±0.36 และ 2.27±0.40 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ

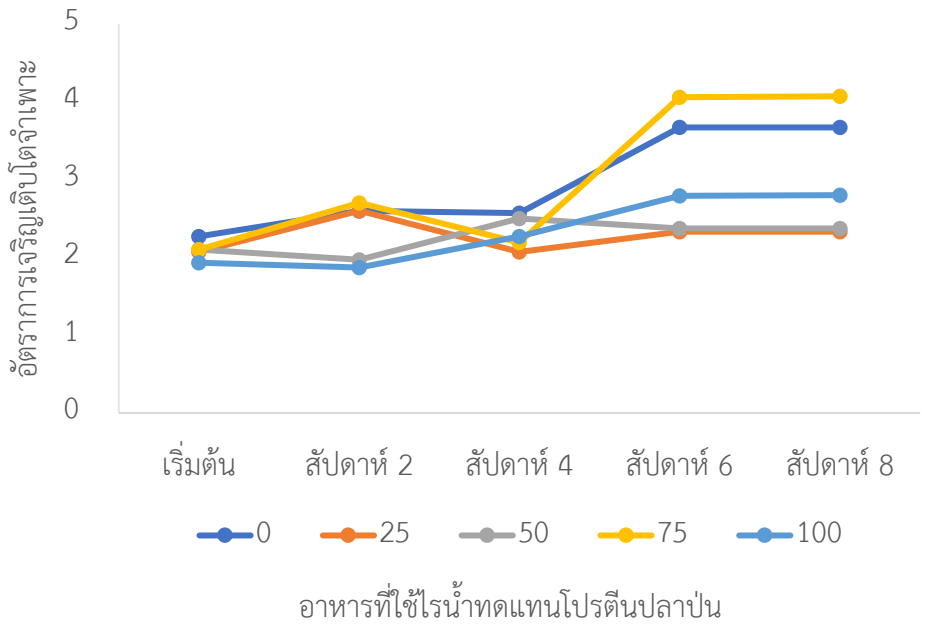
สัปดาห์ที่ 6 พบว่า อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น 75 เปอร์เซ็นต์ พบ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 4.06±0.05 กรัมต่อตัวต่อวัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับ 0, 25, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 3.67±1.06 , 2.33 ±0.20 , 2.37±1.47 และ 2.79 ±0.01 กรัมต่อตัวต่อวันตามลำดับ

สัปดาห์ที่ 8 พบว่า อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 3.67±1.05, 2.33±0.11, 2.37±1.68, 4.07±0.98 และ 2.80±0.62กรัมต่อตัวต่อวัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังตารางที่ 4.4 และภาพที่ 2.5

ตารางที่ 4.4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ(กรัมต่อตัวต่อวัน)				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 6	สัปดาห์ 8
0	2.27±0.11[a]	2.60±0.86[a]	2.57±0.33[a]	3.67±1.06[b]	3.67±1.05[a]
25	2.07±0.32[a]	2.60±17.66[a]	2.07±0.63[c]	2.33 ±0.20[d]	2.33±0.11[a]
50	2.10±0.55[a]	1.97±0.64[b]	2.50±0.26[a]	2.37±1.47[d]	2.37±1.68[a]
75	2.10±0.10[a]	2.70±0.26[a]	2.19±0.36[c]	4.06±0.05[a]	4.07±0.98[a]
100	1.93±0.41[a]	1.87±1.30[b]	2.27±0.40[b]	2.79 ±0.01[c]	2.80±0.62[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษกับข้อมูลที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2.5 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

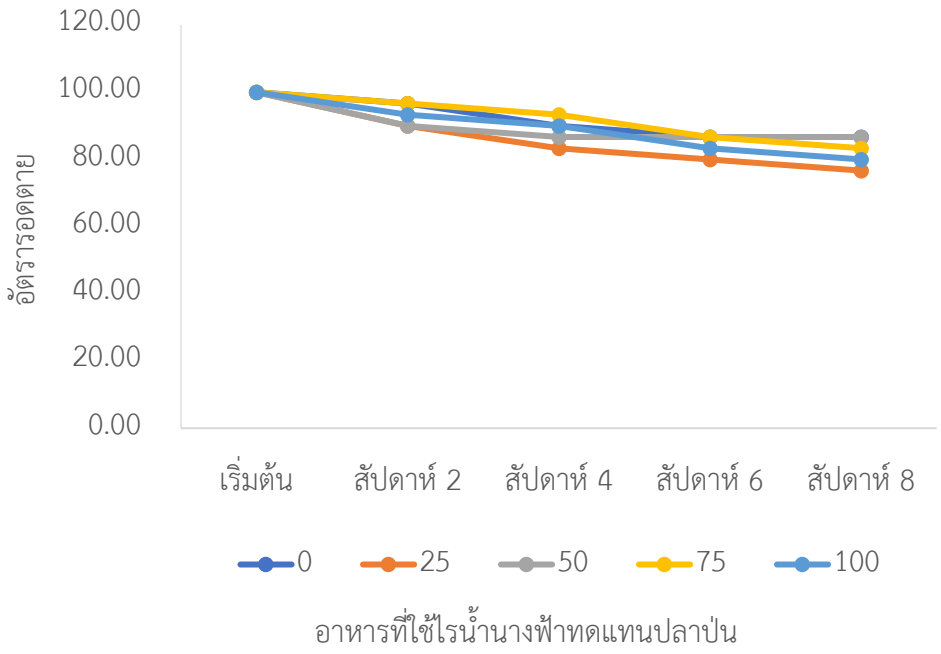
4.2.4 อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายเฉลี่ยของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นที่แตกต่างกันคือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองอัตราการรอดตายในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่า อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นที่แตกต่างกัน 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายใกล้เคียงกันคือ 86.67±00.00 และ 86.67±00.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นที่แตกต่างกัน 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยเพียง 83.33±00.00 และ 80.00±00.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และดีกว่าอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นที่แตกต่างกัน 25 เปอร์เซ็นต์มีค่า 76.67±00.00 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 4.5 และภาพที่ 2.6

ตารางที่ 4.5 อัตราการรอดตายของปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 6	สัปดาห์ 8
0	100.00±00.00[a]	96.67±00.00 [a]	90.00±00.00 [a]	86.67±00.00 [a]	86.67±00.00 [a]
25	100.00±00.00[a]	90.00±00.00 [a]	83.33±00.00[b]	80.00±00.00 [ab]	76.67±00.00 [c]
50	100.00±00.00[a]	90.00±00.00 [a]	86.67±00.00 [b]	86.67±00.00 [a]	86.67±00.00 [a]
75	100.00±00.00[a]	96.67±00.00 [a]	93.33±00.00 [a]	86.67±00.00 [a]	83.33±00.00 [b]
100	100.00±00.00[a]	93.33±00.00 [a]	90.00±00.00 [a]	83.33±00.00 [b]	80.00±00.00 [b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษกับข้อมูลที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2.6 อัตราการรอดตายของปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

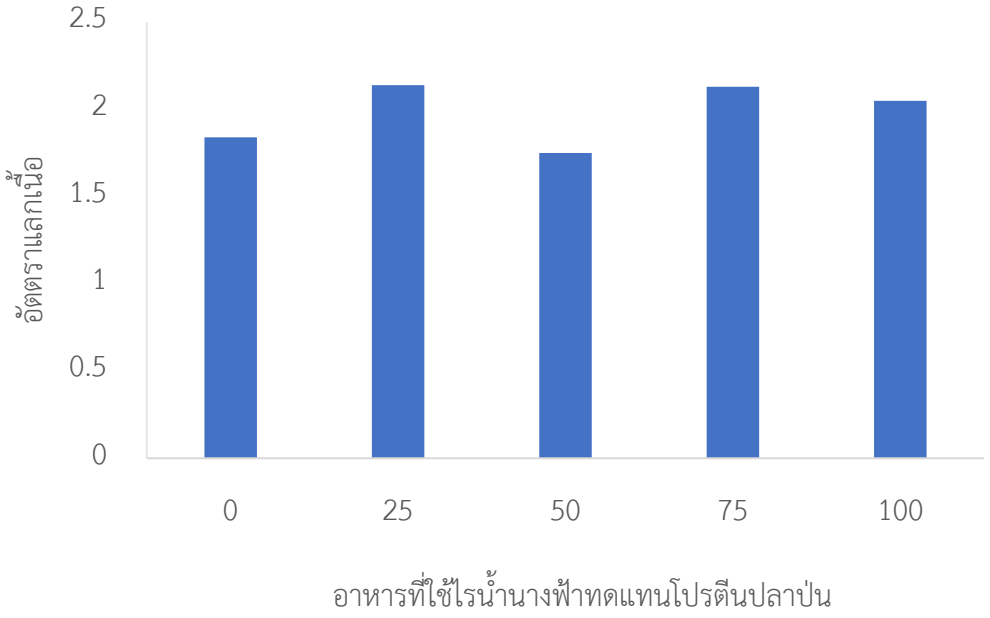
4.2.5 อัตราการแลกเนื้อ

อัตราการแลกเนื้อของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นคือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองอัตราการแลกเนื้อในสูตรที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ค่าอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด 1.75±0.21 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในแต่ละชุดการทดลอง ดังตารางที่ 4.6 และภาพที่ 2.7

ตารางที่ 4.6 อัตราการแลกเนื้อของปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการแลกเนื้อ
0	1.84±0.23[a]
25	2.14±0.26[a]
50	1.75±0.21[a]
75	2.13±0.98[a]
100	2.05±0.18[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษกับข้อมูลที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2.7 อัตราการแลกเนื้อของปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เป็น ระยะเวลา 8 สัปดาห์

4.3 ผลของอาหารที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงสีปลานิลแดง

จากการทดลองปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น 5 สูตร คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยวัดการเปลี่ยนแปลงสีผิวบริเวณส่วนลำตัว ตรวจวัดสีก่อนเริ่มการทดลอง และสิ้นสุดการทดลอง

4.3.1 ค่าความสว่าง (L*)

ค่าความสว่าง (L*) บริเวณส่วนตัวของปลานิลแดง พบว่า ปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นที่ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความสว่างสุดท้ายที่ดีสุดที่มีค่าเท่ากับ 69.88±4.46 ใกล้เคียงกับ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 64.59±1.84 และ 64.80±3.05 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 58.48±4.25 และ 59.41±4.59 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.7 และ ภาพที่ 2.8

4.3.2 ค่าสีแดง (a*)

ค่าสีแดง (a*) บริเวณส่วนตัวของปลานิลแดง พบว่า ปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นที่ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสีแดงสุดท้ายที่ดีสุดที่มีค่าเท่ากับ 2.40±0.84 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกชุดการทดลอง ดังตารางที่ 4.7 และ ภาพที่ 2.8

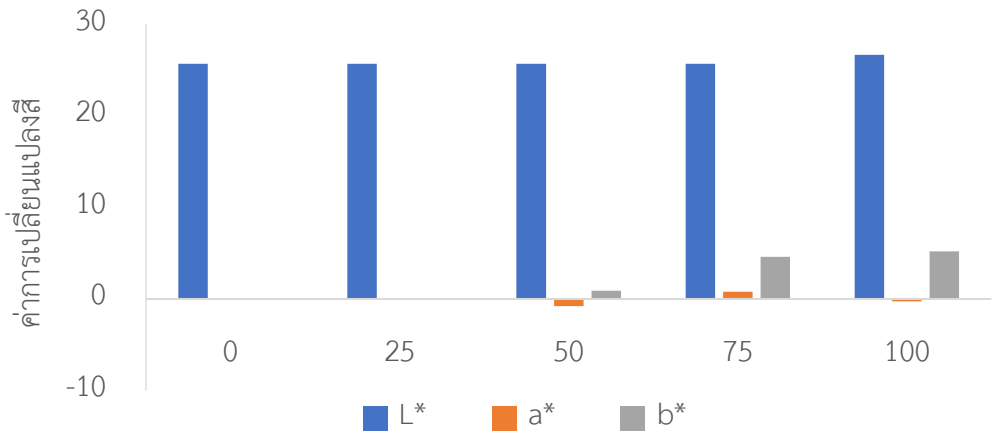
4.3.3 ค่าสีเหลือง (b*)

ค่าสีเหลือง (b*) บริเวณส่วนตัวของปลานิลแดง พบว่า ปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นที่ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสีเหลืองสุดท้ายที่ดีสุดที่มีค่าเท่ากับ 7.34±1.43 ใกล้เคียงกับ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 7.34±1.43 และ 6.41±1.28 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ใกล้เคียงกับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์มีค่าสีเหลืองเท่ากับ 3.32±1.33 และ 2.96±1.49 ดังตารางที่ 4.7 และ ภาพที่ 2.8

ตารางที่ 4.7 ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เมื่อสิ้นสุด การทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

บริเวณวัดสีผิว (ลำตัวซ้าย/ขวา)		อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)				
		0	25	50	75	100
L*	ค่าเริ่มต้น	32.78±3.89[a]	29.74±3.45 [a]	37.79±1.316 [a]	34.29±0.80 [a]	36.64±3.65 [a]
	ค่าสุดท้าย	58.48±4.25[b]	59.41±4.59 [b]	64.59±1.84 [ab]	69.88±4.46 [a]	64.80±3.05 [ab]
a*	ค่าเริ่มต้น	1.57±0.40 [a]	1.51±0.90 [a]	1.47±0.41 [a]	1.31±0.73 [a]	0.70±0.52 [a]
	ค่าสุดท้าย	1.51±2.13 [a]	0.74±0.88 [a]	2.26±1.41 [a]	1.06±0.65 [a]	2.40±0.84 [a]
b*	ค่าเริ่มต้น	3.34±0.51 [a]	2.06±0.69 [a]	2.75±1.00 [a]	2.11±0.90 [a]	1.91±1.32 [a]
	ค่าสุดท้าย	3.32±1.33 [b]	2.96±1.49 [b]	7.34±1.43 [a]	7.32±2.38[a]	6.41±1.28 [a]

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแนวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 2.8 ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

4.5 คุณภาพน้ำ

4.5.1 แอมโมเนีย- ไนโตรเจน (ammonia – nitrogen)

แอมโมเนีย - ไนโตรเจน ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 60 วัน เก็บข้อมูลทุก 2 สัปดาห์มีค่าใกล้เคียงกันคือ 12.16±2.67 , 10.45±0.98, 9.53±1.03 และ 9.67±1.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันกับสูตรที่ 0 เปอร์เซ็นต์ คือ 5.11±0.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)

สัปดาห์ที่ 2 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 50 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าแอมโมเนีย - ไนโตรเจน เท่ากับ 0.01±0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับ 0, 25, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.05±0.04 , 0.04±0.04 , 0.04±0.02 และ 0.10±0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สัปดาห์ที่ 4 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

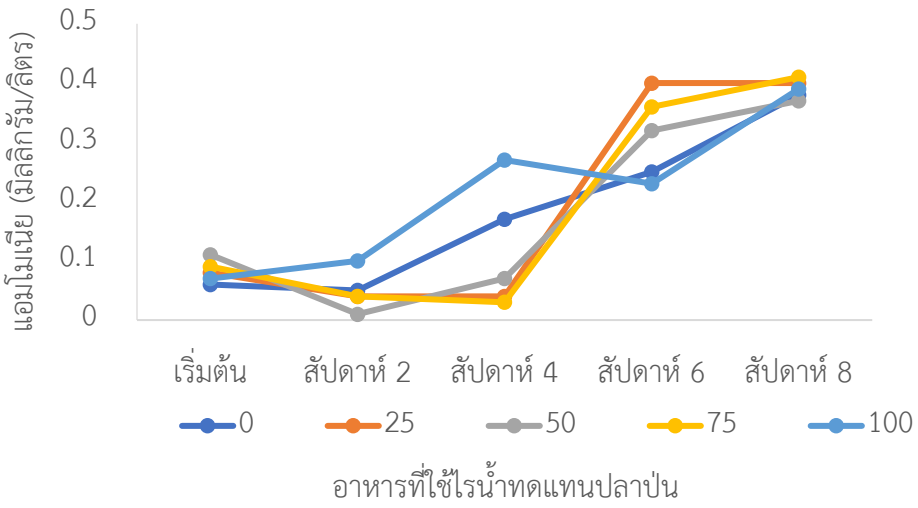
สัปดาห์ที่ 6 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 25 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน เท่ากับ 0.40±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 0.25±0.00, 0.32±0.10, 0.36±0.08 และ 0.23±0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สัปดาห์ที่ 8 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P> 0.05) ดังตารางที่ 4.8 และภาพที่ 2.9

ตารางที่ 4.8 ปริมาณแอมโมเนีย (ammonia) น้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงที่เลี้ยงอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจน (ammonia – nitrogen)				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 6	สัปดาห์ 8
0	0.06±0.00[a]	0.05±0.04[ab]	0.17±0.03[a]	0.25±0.00[ab]	0.38±0.28[a]
25	0.08±0.00[a]	0.04±0.04 [ab]	0.04±0.05[a]	0.40±0.02[a]	0.40±0.05[a]
50	0.11±0.11[a]	0.01±0.00[a]	0.07±0.00[a]	0.32±0.10 [ab]	0.37±0.14 [a]
75	0.09±0.11[a]	0.04±0.02[ab]	0.03±0.03[a]	0.36±0.08 [ab]	0.41±0.23[a]
100	0.07±0.03[a]	0.10±0.10[b]	0.27±0.35[a]	0.23±0.04[b]	0.39±0.14[a]

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)



ตารางที่ 2.9 ปริมาณแอมโมเนีย (ammonia) น้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงที่เลี้ยงอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

4.5.1 ไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen)

ไนไตรท์-ไนโตรเจน ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 60 วัน เก็บข้อมูลทุก 2 สัปดาห์

สัปดาห์ที่ 2 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน เท่ากับ 0.11±0.00, 0.11±0.00 และ0.11±0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.14±0.00 และ 0.12±0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สัปดาห์ที่ 4 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน เท่ากับ 0.47±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับ 25, 50, 75 และ 25 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.14±0.00 และ 0.12±0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

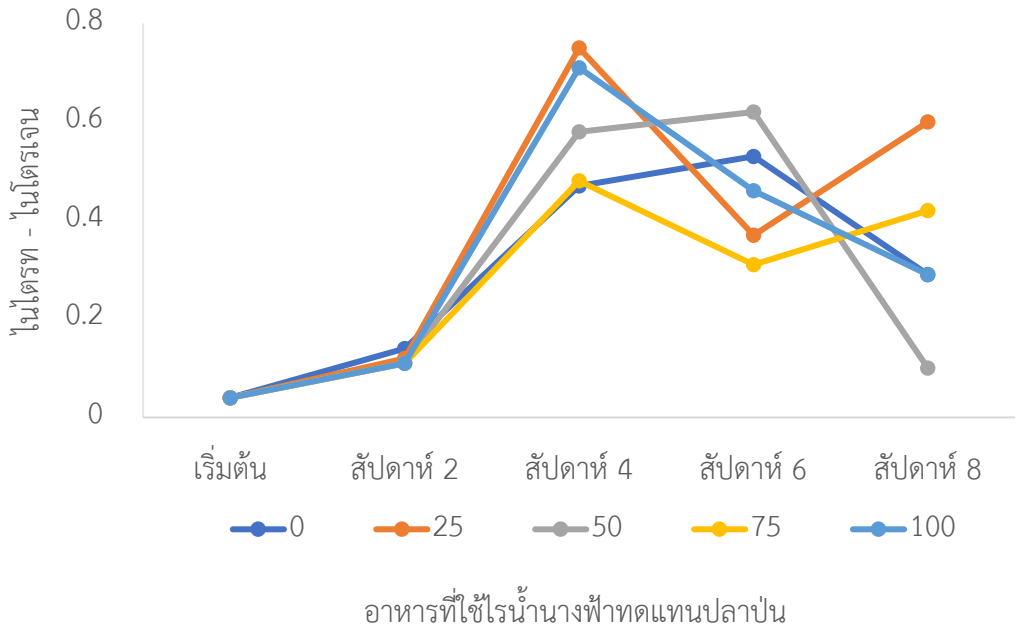
สัปดาห์ที่ 6 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 75 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน เท่ากับ 0.31±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับ 0, 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.53±0.07, 0.37±0.13, 0.62±0.01 และ 0.46±0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สัปดาห์ที่ 8 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 50 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน เท่ากับ 0.10±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับ 0, 25, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าไนไตรท์-ไนโตรเจน 0.29±0.01, 0.60±.0.07, 0.42±0.07 และ 0.29±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.9 และภาพที่ 2.10

ตารางที่ 4.9 ปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen) น้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen)				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 6	สัปดาห์ 8
0	0.04±0.00[a]	0.14±0.00[b]	0.47±0.01 [a]	0.53±0.07[b]	0.29±0.01[b]
25	0.04±0.01[a]	0.12±0.00[b]	0.75±0.00[b]	0.37±0.13[b]	0.60±.0.07[b]
50	0.04±0.01[a]	0.11±0.00 [a]	0.58±0.03[b]	0.62±0.01[b]	0.10±0.03 [a]
75	0.04±0.00[a]	0.11±0.00 [a]	0.48±0.03 [b]	0.31±0.01 [a]	0.42±0.07[b]
100	0.04±0.00[a]	0.11±0.00 [a]	0.71±0.01[b]	0.46±0.00[b]	0.29±0.01[b]

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 2.10 ปริมาณไนไตรท์ - ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen) น้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

4.5.2 ปริมาณความเป็นด่าง (alkalinity)

ปริมาณความเป็นด่าง ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 60 วัน เก็บข้อมูลทุก 2 สัปดาห์

สัปดาห์ที่ 2 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 25 เปอร์เซ็นต์ พบ ความเป็นด่าง เท่ากับ 100.00±00.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับ 0 , 50, 75 และ 25 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าความเป็นด่าง 83.33±28.86, 83.33±28.86, 50.00±00.00 และ 83.33±28.86 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สัปดาห์ที่ 4 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 75 เปอร์เซ็นต์ พบ ความเป็นด่าง เท่ากับ 150.00±00.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับ 0 , 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าความเป็นด่าง 83.33±28.86, 100.00±00.00, 83.33±28.86และ 83.33±28.86 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สัปดาห์ที่ 6 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 50 และ100 เปอร์เซ็นต์ พบ ความเป็นด่าง เท่ากับ 100.00±00.00, 100.00±00.00 และ 100.00±00.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มี

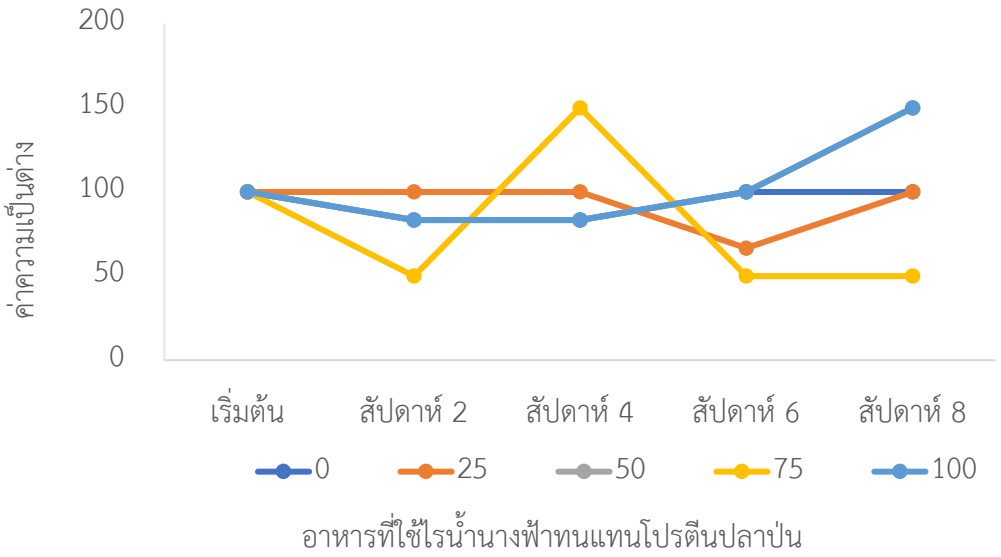
ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับ 25 และ 75 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าความเป็นด่าง 66.66±28.86 และ 50.00±00.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สัปดาห์ที่ 8 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50 และ100 เปอร์เซ็นต์ พบ ความเป็นด่าง เท่ากับ 100.00±00.00, 100.00±00.00, 150.00±00.00 และ 150.00±00.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับ 25 และ 75 เปอร์เซ็นต์ พบ ค่าความเป็นด่าง 66.66±28.86 และ 50.00±00.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.10 และภาพที่ 2.11

ตารางที่ 4.10 ปริมาณความเป็นด่าง (alkalinity) น้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงด้วย อาหารใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็น ระยะเวลา8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณความเป็นด่าง (alkalinity)				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 6	สัปดาห์ 8
0	100.00±00.00 [a]	83.33±28.86 [ab]	83.33±28.86[b]	100.00±00.00 [a]	100.00±00.00[a]
25	100.00±00.00 [a]	100.00±00.00 [a]	100.00±00.00 [b]	66.66±28.86[b]	100.00±00.00 [a]
50	100.00±00.00 [a]	83.33±28.86 [ab]	83.33±28.86[b]	100.00±00.00 [a]	150.00±00.00 [a]
75	100.00±00.00 [a]	50.00±00.00[b]	150.00±00.00 [a]	50.00±00.00[b]	50.00±00.00[b]
100	100.00±00.00 [a]	83.33±28.86 [ab]	83.33±28.86[b]	100.00±00.00 [a]	150.00±00.00[a]

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 2.11 ความเป็นด่าง (alkalinity) น้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหาร ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

4.5.3 ความเป็นกรด - ด่าง (pH)

ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำ นางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 60 วัน เก็บข้อมูลทุก ๆ 2 สัปดาห์ ในทุกสัปดาห์มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05)

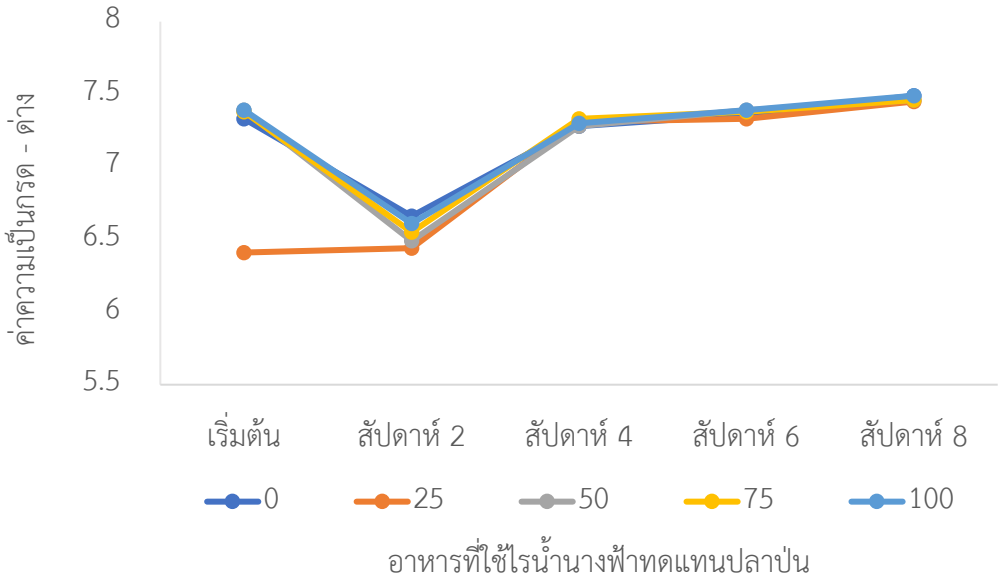
สัปดาห์ที่ 2 เท่ากับ 6.66±0.19, 6.44±0.02, 6.49±0.06, 6.55±0.00 และ 6.61±0.01 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันกับสัปดาห์ เริ่มต้น สัปดาห์ 4 สัปดาห์ 6 และ สัปดาห์ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

สัปดาห์ที่ 8 เท่ากับ 7.49±0.00, 7.45±0.01, 7.46±0.01, 7.46±0.01 และ7.49±0.01 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันกับสัปดาห์ เริ่มต้น สัปดาห์ 2 สัปดาห์ 4 และ สัปดาห์ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ในสัปดาห์ที่ 4 และ 6 มีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ดังตารางที่ 4.11 และภาพที่ 2.12

ตารางที่ 4.11 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ ความเป็นกรด-ด่าง (pH)				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 6	สัปดาห์ 8
0	7.33±0.09[a]	6.66±0.19 [a]	7.28±0.07 [a]	7.36±0.09 [a]	7.49±0.00 [a]
25	7.41±0.02 [a]	6.44±0.02[b]	7.31±0.02 [a]	7.33±0.02 [a]	7.45±0.01[b]
50	7.39±0.00 [a]	6.49±0.06 [ab]	7.28±0.02 [a]	7.39±0.00 [a]	7.46±0.01[b]
75	7.38±0.01 [a]	6.55±0.00 [ab]	7.33±0.04 [a]	7.38±0.01 [a]	7.46±0.01[b]
100	7.39±0.00 [a]	6.61±0.01 [ab]	7.30±0.05 [a]	7.39±0.00 [a]	7.49±0.01 [a]

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแนวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 2.12 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

4.5.4 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นคือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 60 วัน เก็บข้อมูลทุก ๆ 2 สัปดาห์ ในทุกสัปดาห์มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

สัปดาห์ที่ 2 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 25 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกันคือ 27.90±0.00 และ 27.50±0.51 ซึ่งมีความแตกต่างกันกับสูตรที่ 0, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ คือ 27.20±0.60, 26.83±0.05 และ 26.83±0.05 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)

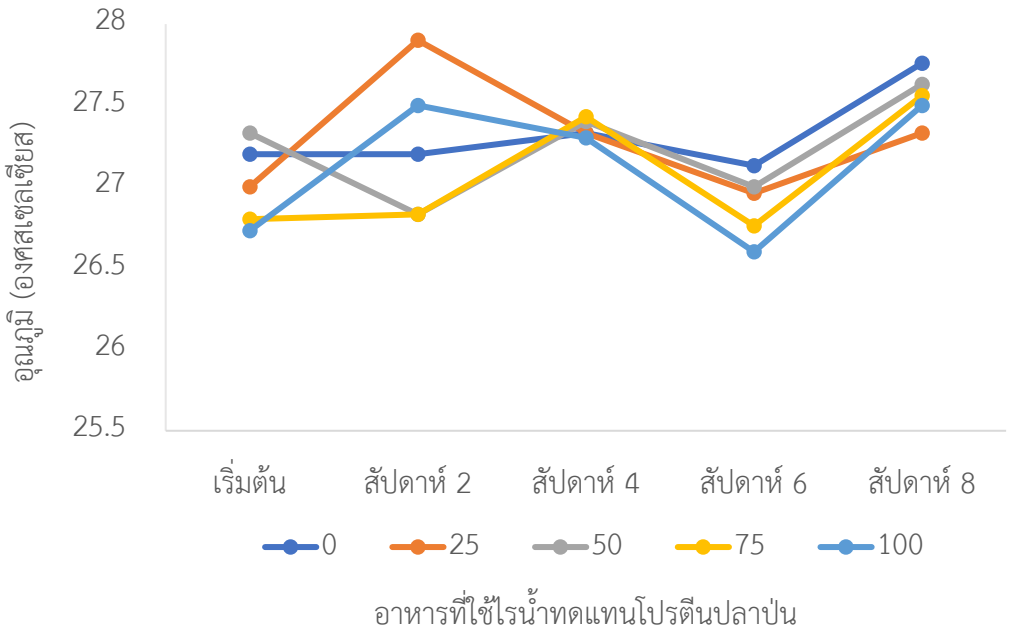
สัปดาห์ที่ 4 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0 , 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกันคือ 27.33±0.05, 27.33±0.05, 27.40±0.00 และ 27.43±0.05 ซึ่งมีความแตกต่างกันกับสูตรที่ 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 27.30±0.00 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)

สัปดาห์ที่ 6 อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกันคือ 27.13±0.05, 26.96±0.25 และ 27.00±0.26 ซึ่งมีความแตกต่างกันกับสูตรที่ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 26.76±0.15 และ 26.60±0.00 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05) แต่ในสัปดาห์ เริ่มต้น และ 8 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05) ดังตารางที่ 4.12 และภาพที่ 2.13

ตารางที่ 4.12 อุณหภูมิน้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)				
	เริ่มต้น	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 6	สัปดาห์ 8
0	27.20±0.60 [a]	27.20±0.60[b]	27.33±0.05 [ab]	27.13±0.05 [a]	27.76±0.05 [a]
25	27.00±0.51 [a]	27.90±0.00[a]	27.33±0.05[ab]	26.96±0.25 [a]	27.33±0.55 [a]
50	27.33±0.46 [a]	26.83±0.05[b]	27.40±0.00[ab]	27.00±0.26[ab]	27.63±0.11 [a]
75	26.80±0.00 [a]	26.83±0.05[b]	27.43±0.05[a]	26.76±0.15[b]	27.56±0.11 [a]
100	26.73±0.05 [a]	27.50±0.51[ab]	27.30±0.00[c]	26.60±0.00[b]	27.50±0.00 [a]

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 2.13 อุณหภูมิน้ำในการเลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

4.6 ต้นทุนการเลี้ยงปลานิลแดง

ต้นทุนอาหารปลานิลแดง ที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนในปลาป่น มีสูตรอาหารทั้งหมด 5 สูตร คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยทุกสูตรมีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ทำอาหารปลานิลแดงทุกสูตร 1 กิโลกรัม สูตรอาหารประกอบไปด้วย ไรน้ำนางฟ้า ปลาป่น กากถั่วเหลือง ปลายข้าว รำละเอียด ต้นที่อาหารที่มีราคาสูงที่สุด คือ ต้นทุนของอาหารสูตรที่ 0 เนื่องจากใช้ปลาป่นเยอะทำให้มีต้นทุนในการผลิตสูงที่สุด ส่วนอาหารที่มีต้นทุนถูกที่สุด คือ 100 เนื่องจากมีส่วนผสมของไรน้ำนางฟ้าเยอะทำให้การผลิตอาหารของสูตรที่ 100 มีราคาต้นทุนที่ถูกที่สุด ไรน้ำนางฟ้าที่มีต้นทุนในผลิตที่ถูกเนื่องจากเพาะเลี้ยงเองแล้วนำมาเป็นวัตถุดิบในการทำอาหาร (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 ต้นทุนการเลี้ยงปลานิลแดง

รายการ	ต้นทุนของสูตรอาหารปลานิลแดง (บาทต่อกิโลกรัม)				
	0	25	50	75	100
ไรน้ำนางฟ้า	0	0	0	0	0
ปลาป่น	8.4	5.6	4.2	3.85	0
กากถั่วเหลือง	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92
รำละเอียด	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
ปลายข้าว	2	2	2	2	2
รวมต้นทุน	15.52	12.72	11.32	10.97	7.12

บทที่ 5
วิจารณ์ผลและสรุปผล

5.1 วิจารณ์ผล

จากการศึกษาการใช้ไรน้ำนางฟ้าเพื่อทดแทนโปรตีนในปลาป่น โดยใช้อาหาร 5 สูตร ระยะเวลา 60 วัน พบว่า การเจริญเติบโตซึ่งได้แก่ น้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย ของปลานิลแดงที่ได้รับอาหารทั้ง 5 สูตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อัตราการเจริญเติบจำเพาะของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วพบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในทุกสัปดาห์ของการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากอาหารทุกสูตรมีโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลแดง อัตราการรอดตายของปลานิลแดงเมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วพบว่า ในสัปดาห์ที่ 2 และ สัปดาห์ที่ 8 มีอัตราการรอดตายมีความแตกต่างกันทางสถิติ อัตราการแลกเนื้อของปลานิลแดงเมื่อสิ้นสุดการทอดลองแล้ว พบว่าอัตราการแลกเนื้อของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร 50 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด อัตราการแลกเนื้อน้อยที่สุดคือปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร 0 เปอร์เซ็นต์ ผลของอาหารที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงสีปลานิลแดง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าค่าความสว่าง (L*) ที่มีค่าความสว่างที่ดีที่สุด คือ สูตรอาหาร 75 เปอร์เซ็นต์ ค่าสีแดง (a*) ที่ดีที่สุด คือ สูตรอาหาร 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าสีแดงที่น้อยที่สุดคืออาหารสูตร 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าสีแดงที่มากที่สุดอยู่ที่สูตรที่ 100 เปอร์เซ็นต์เพราะว่าใส่ไรน้ำนางฟ้าเยอะกว่าทุกสูตรอาหารทำให้ค่าเฉลี่ยสีแดงมีค่ามากที่สุด ค่าสีเหลือง (b*) พบว่า ค่าสีเหลืองที่ดีที่สุดอยู่ที่สูตรอาหาร 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ (จิตรา และคณะ ,2556) ให้เหตุผลว่าแคโรทีนอยด์ในไรน้ำนางฟ้ามีคุณสมบัติเร่งสีแดง-ส้ม ในปลาและยังเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระในร่างกายสัตว์น้ำได้อีกด้วย คุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลแดง โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 2 สัปดาห์ และวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ทุก 2 สัปดาห์ พบว่าความเป็นกรด – ด่าง มีความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพราะว่าอยู่ในช่วง 6.5-9.0 อุณหภูมิมีความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่ในช่วง 25.0-35.0 องศาเซลเซียส แอมโมเนีย- ไนโตรเจนของน้ำที่ใช้เลี้ยงปลานิลแดงมีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลานิลแดงปริมาณแอมโมเนียไม่ควรเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถ้าในน้ำมีแอมโมเนียในปริมาณที่มาก จะรบกวนทำให้สัตว์น้ำสูญเสียพลังงานในการกำจัดแอมโมเนียออกนอกร่างกายมากกว่าปกติอาจทำให้สัตว์น้ำตายได้ ไนไตรท์-

ไนโตรเจน ในทุกสัปดาห์มีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สมชาย (2552) ได้กล่าวไว้ว่า คุณภาพน้ำที่เหมาะสมแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ไนไตรท์ - ไนโตรเจนควรไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร pH หรือความเป็นกรด-เป็นด่าง อยู่ในช่วง 6.5-9.0 และ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25.0-35.0 องศาเซลเซียส การนำไรน้ำนางฟ้ามาเป็นวัตถุดิบในอาหารปลาเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาใส่เป็นส่วนผสมในอาหารปลานิลแดงทำให้สีของปลานิลแดงมีสีสันสวยงามมากขึ้น

5.2 สรุปผล

การใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนในปลาป่นไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต ความยาว น้ำหนัก อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ แต่อัตราการแลกเนื้อ อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น 25 เปอร์เซ็นต์ ให้อัตราการแลกเนื้อได้ดี สามารถใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนปลาป่นได้ทั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ การใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนในปลาป่นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ทำให้สีของปลานิลแดง มีค่าสีแดง เพิ่มมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กมลนาวิน อินทนจิตร. มปป. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. เอกสารประกอบการสอน วิชา การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา .

กรมประมง. 2556. **ปลานิลแดง**. กองวิจัยและพัฒนาพันธุกรรมสัตว์น้ำ. แหล่งที่มา: http://www.fisheries.go.th/genetic/index.php, 4 ตุลาคม 2560.

โฆษิต ศรีภูธร, ละออศรี เสนาะเมือง. 2555. การเจริญเติบโตและอัตรารอดของการอนุบาลลูกปลาทับทิมและลูกกุ้งก้ามกรามที่อนุบาลด้วยไรน้ำนางฟ้าไทย.**วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน** 3(5): 45-50.

ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์. 2546. การวิเคราะหน้ำอาหารและสารพิษทางการแพทย์, ใน **เอกสารคำสอนปฏิบัติการตรวจวิเคราะหน้ำรวบรวม ครั้งที่ 1- 3 ,** 29 กรกฎาคม 2546 - 19 สิงหาคม 2546 .

ธนาภรณ์ จิตตปาลพงศ์. 2557. **การสร้างสูตรอาหารสัตว์น้ำและสูตรอาหารสัตว์น้ำเศรษฐกิจ**. รายงานราชการบริหารส่วนกลางกรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นิธี รีลารัศมี, ตันติพงษ์ เพชรไชยา, ฐานันฎร เจริญรูป และณัฐพล สุวรรณวัฒน์. 2557. การใช้ใบมะละกอป่นผสมในอาหารของปลานิลแดง. **วารสารแก่นเกษตร** 42(1): 728-734.

นฤมล อัศวเกศมณี. 2549. **อาหารและการให้อาหารปลา**. คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. 330 หน้า.

นพวรรณ ฉิ้มสังข์, นิฟารีซา เจ๊ะเล๊าะ, พรพิมล พิมลรัตน์, และชุติมา ตันติกิตติ .2549. **การใช้หัวกุ้งป่นทดแทนปลาป่นในอาหารปลานิลแดงแปลงเพศ**. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์นครศรีธรรมราช.

เบญจวรรณ จั่นรัตน์, กาญจ์รวี กลั่นปาน, นภาวรรณ ปานเขียว และ ธัชพล การะเกตุ. 2557. ศึกษาการใช้เลือดหมูป่นเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารเลี้ยงปลานิลแดงแปลงเพศ. **วารสารสัตวศาสตร์แห่งประเทศไทย** 1(1): 45-52.

บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) .2560. **การเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดง**. คู่มือการเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดง. 32 หน้า.

ปรีดา ภูมี . 2555. **อาหารและการให้อาหารสัตว์น้ำ**. เอกสารประกอบการสอน บทปฏิบัติการอาหารและการให้อาหารสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

ประเสริฐ สีตะสิทธิ์, มะลิ บุณยรัตนผลิน และนันทิยา อุ่นประเสริฐ. 2525. **อาหารปลา.** สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กองประมงน้ำจืด กรมประมง. 88 หน้า.

ยงยุทธ ทักษิญ. 2556. ไรน้ำนางฟ้า (Thai Fairy Shrimp). **วารสารประมง** 66(1):61- 69.

รัตนสุดา ไชยเชษฐ์. 2552. ผลของการใช้วัตถุดิบโปรตีนบางชนิดทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของปลาโมง (*Pangasius bocourti*). **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง** 3(2):15-23.

ละออศรี เสนาะเมือง, โฆษิต ศรีภูธร, นันทิดา โทวรรณา, วิภาวี ดารารัตน์ และสุทธนา ปลอดสมบูรณ์. 2553. ไรน้ำนางฟ้าสัตว์เศรษฐกิจในภาคอีสาน และความก้าวหน้าการวิจัย, *ใน* **เอกสารประกอบการบรรยายการประชุมวิชาการ** มหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 14, 10-12 ตุลาคม 2553

ยงยุทธ ทักษิญ. 2556. ไรน้ำนางฟ้า (Thai Fairy Shrimp). **วารสารประมง** 66(1): 61- 69.

วุฒิพร พรหมขุนทอง, สันติ ยกรัตน์, สุภัทรา อินทศร ยุทธวัฒน์, รัตนกาล และนัทท์ นันทพงศ์. 2557. การใช้เศษเหลือจากการแปรรูปเห็ดนางฟ้าเพื่อทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus x O. mossambicus*). **วารสารเกษตรพระวรุณ** 11(1): 56-60.

สถานบันวิจัยและพัฒนาสัตว์น้ำ. 2557. **ปลานิลแดงและไรน้ำนางฟ้า**. แหล่งที่มา: www.fisheries.go.th, 17 พฤศจิกายน 2560.

ไทยเกษตรศาสตร์. 2556. **ปลานิลแดง**. แหล่งที่มา: http://www.thaikasetsart.com/ ,30 กันยายน 2561

มิตรเกษตรภัณฑ์ 2556. **กากถั่วเหลือง ปลาป่น ปลายข้าว รำละเอียด**. แหล่งที่มา https://www.mitrkasetphand.com/ ,12 ตุลาคม 2561 .

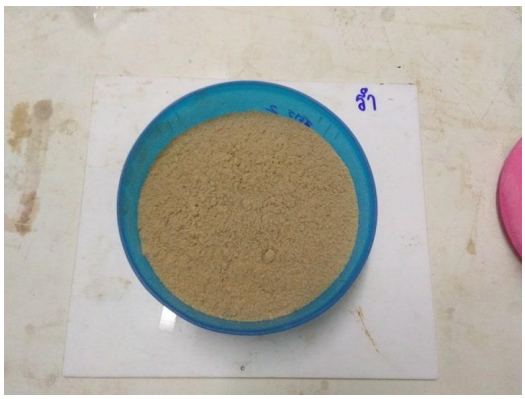
ภาคผนวก ก

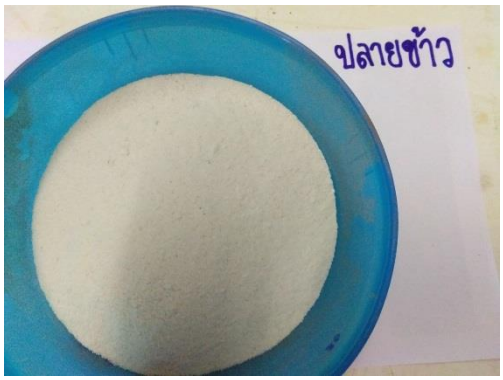
ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะพันธุ์ปลานิลแดง

ภาพผนวกที่ 2 บ่อเลี้ยงพันธุ์ปลานิลแดง

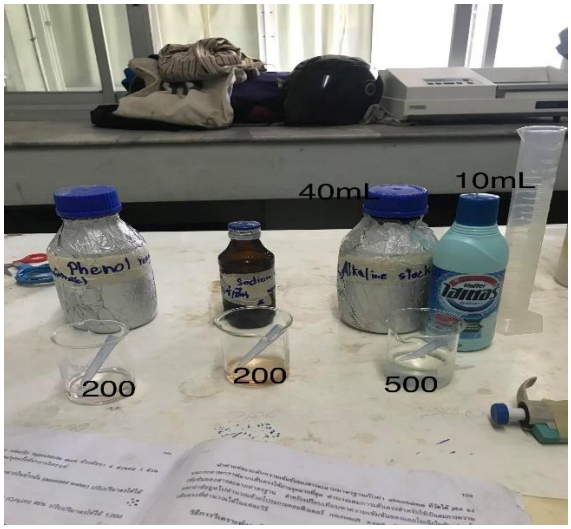
ภาพผนวกที่ 3 การชั่งน้ำหนักลูกปลา

ภาพผนวกที่ 4 การวัดความยาวลูกปลา





ภาพผนวกที่ 5 วัตถุดิบอาหาร



ภาพผนวกที่ 6 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ภาพผนวกที่ 7 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหาร

ภาคผนวก ข

ตารางข้อมูล

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)		โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เยื่อใย	ความชื้น	คาร์โบไฮเดรต
0	ซ้ำที่ 1	21.04	4.61	8.62	0.66	9.79	55.28
	ซ้ำที่ 2	22.10	5.17	8.13	0.63	9.16	54.81
	ซ้ำที่ 3	21.42	5.57	8.61	0.65	13.21	50.54
25	ซ้ำที่ 1	23.26	11.17	0.77	0.99	4.18	61.16
	ซ้ำที่ 2	23.37	10.13	7.90	0.98	4.22	53.39
	ซ้ำที่ 3	24.32	15.19	6.84	0.96	4.22	48.48
50	ซ้ำที่ 1	24.31	9.32	6.46	1.38	6.46	52.07
	ซ้ำที่ 2	24.60	10.94	7.52	1.35	7.77	47.81
	ซ้ำที่ 3	21.32	11.11	7.71	1.37	6.38	52.12
75	ซ้ำที่ 1	35.94	8.35	9.97	1.13	4.93	39.69
	ซ้ำที่ 2	31.49	10.05	11.78	1.12	4.95	40.60
	ซ้ำที่ 3	28.14	10.21	9.95	1.10	5.00	45.61
100	ซ้ำที่ 1	30.59	7.77	13.54	11.01	8.60	28.49
	ซ้ำที่ 2	35.42	10.54	9.19	10.90	8.75	25.20
	ซ้ำที่ 3	35.83	10.71	14.48	12.00	8.60	18.39

ตารางที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)		สัปดาห์				
		เริ่มต้น	2	4	6	8
0	ซ้ำที่ 1	2.12	4.06	3.82	5.63	7.97
	ซ้ำที่ 2	2.22	3.19	6.06	6.38	8.15
	ซ้ำที่ 3	2.23	3.77	3.97	7.60	9.17
25	ซ้ำที่ 1	2.28	3.20	5.83	7.42	8.59
	ซ้ำที่ 2	2.48	3.50	4.97	5.01	7.08
	ซ้ำที่ 3	2.18	3.41	4.17	4.35	8.55
50	ซ้ำที่ 1	2.39	2.84	3.63	7.92	9.21
	ซ้ำที่ 2	2.38	2.95	5.08	6.41	6.02
	ซ้ำที่ 3	2.09	3.84	3.41	5.55	9.99
75	ซ้ำที่ 1	2.13	4.39	4.85	6.06	7.72
	ซ้ำที่ 2	2.16	3.52	4.69	4.56	7.03
	ซ้ำที่ 3	2.26	3.71	4.42	5.84	8.43
100	ซ้ำที่ 1	2.28	3.48	4.33	6.48	6.53
	ซ้ำที่ 2	2.41	3.82	5.42	6.84	10.08
	ซ้ำที่ 3	2.40	3.23	2.69	5.10	6.24

ตารางที่ 3 ความยาวเฉลี่ยของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)		สัปดาห์				
		เริ่มต้น	2	4	6	8
0	ซ้ำที่ 1	2.06	2.44	2.38	2.92	3.14
	ซ้ำที่ 2	2.02	2.32	2.84	2.98	3.18
	ซ้ำที่ 3	2.02	2.32	2.84	2.98	3.18
25	ซ้ำที่ 1	2.02	2.32	2.84	2.98	3.18
	ซ้ำที่ 2	2.02	2.32	2.84	2.98	3.18
	ซ้ำที่ 3	1.98	2.42	2.52	2.82	3.12
50	ซ้ำที่ 1	2.06	2.34	2.4	3.28	3.16
	ซ้ำที่ 2	2.08	2.38	2.7	3.08	2.82
	ซ้ำที่ 3	1.96	2.2	2.48	2.86	3.32
75	ซ้ำที่ 1	2	2.52	2.72	3	2.98
	ซ้ำที่ 2	1.98	2.34	2.7	2.72	2.98
	ซ้ำที่ 3	2.02	2.26	2.62	2.88	3.16
100	ซ้ำที่ 1	2.08	2.34	2.58	2.74	2.82
	ซ้ำที่ 2	2.02	2.28	2.8	3.02	3.5
	ซ้ำที่ 3	2.04	2.38	2.18	2.76	2.88

ตารางที่ 4 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)		สัปดาห์				
		เริ่มต้น	2	4	6	8
0	ซ้ำที่ 1	2.28	2.55	2.52	3.60	3.60
	ซ้ำที่ 2	2.21	2.60	2.83	3.70	3.70
	ซ้ำที่ 3	2.31	2.70	2.36	3.71	3.71
25	ซ้ำที่ 1	2.10	2.57	2.21	2.31	2.31
	ซ้ำที่ 2	2.08	2.71	2.01	2.35	2.35
	ซ้ำที่ 3	2.01	2.53	2.01	2.33	2.33
50	ซ้ำที่ 1	2.15	1.81	2.51	2.21	2.21
	ซ้ำที่ 2	2.10	2.51	2.50	2.40	2.40
	ซ้ำที่ 3	2.08	1.55	2.50	2.50	2.50
75	ซ้ำที่ 1	2.15	2.94	2.18	4.00	4.10
	ซ้ำที่ 2	2.10	2.80	2.20	4.10	4.12
	ซ้ำที่ 3	2.10	2.37	2.20	4.10	4.00
100	ซ้ำที่ 1	2.20	1.83	2.35	2.70	2.80
	ซ้ำที่ 2	2.31	1.91	2.21	2.70	2.80
	ซ้ำที่ 3	1.38	1.91	2.30	2.70	2.80

ตารางที่ 5 อัตราการรอดตายของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)		สัปดาห์				
		เริ่มต้น	2	4	6	8
0	ซ้ำที่ 1	100.00	96.67	90.00	86.67	86.67
	ซ้ำที่ 2	100.00	96.67	90.00	86.67	86.67
	ซ้ำที่ 3	100.00	96.67	90.00	86.67	86.67
25	ซ้ำที่ 1	100.00	90.00	83.33	80.00	76.67
	ซ้ำที่ 2	100.00	90.00	83.33	80.00	76.67
	ซ้ำที่ 3	100.00	90.00	83.33	80.00	76.67
50	ซ้ำที่ 1	100.00	90.00	86.67	86.67	86.67
	ซ้ำที่ 2	100.00	90.00	86.67	86.67	86.67
	ซ้ำที่ 3	100.00	90.00	86.67	86.67	86.67
75	ซ้ำที่ 1	100.00	96.67	93.33	86.67	83.33
	ซ้ำที่ 2	100.00	96.67	93.33	86.67	83.33
	ซ้ำที่ 3	100.00	96.67	93.33	86.67	83.33
100	ซ้ำที่ 1	100.00	93.33	90.00	83.33	80.00
	ซ้ำที่ 2	100.00	93.33	90.00	83.33	80.00
	ซ้ำที่ 3	100.00	93.33	90.00	83.33	80.00

ตารางที่ 6 อัตราการแลกเนื้อของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการแลกเนื้อ		
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
0	1.65	2.11	1.77
25	1.91	2.08	2.43
50	1.55	1.98	1.72
75	3.23	1.32	1.85
100	2.18	2.14	1.84

ตารางที่ 7 ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)		เริ่มต้น			สุดท้าย		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	ซ้ำที่ 1	30.77	1.13	2.84	58.21	0.23	2.38
	ซ้ำที่ 2	37.27	1.68	3.87	62.87	0.33	2.74
	ซ้ำที่ 3	30.31	1.92	3.33	54.37	3.98	4.85
25	ซ้ำที่ 1	33.39	2.22	2.86	63.53	1.02	3.36
	ซ้ำที่ 2	26.53	1.83	1.75	60.26	1.45	4.23
	ซ้ำที่ 3	29.32	0.49	1.58	54.45	-0.25	1.32
50	ซ้ำที่ 1	36.31	1.35	1.75	66.36	0.64	6.72
	ซ้ำที่ 2	38.27	1.94	3.77	62.69	3.23	6.33
	ซ้ำที่ 3	38.81	1.13	2.74	64.75	2.94	8.98
75	ซ้ำที่ 1	33.86	0.56	1.16	75.03	0.88	9.67
	ซ้ำที่ 2	33.81	2.03	2.95	67.62	1.79	7.39
	ซ้ำที่ 3	35.23	1.34	2.24	67.00	0.52	4.91
100	ซ้ำที่ 1	34.56	0.56	2.45	68.19	1.44	7.70
	ซ้ำที่ 2	40.86	1.29	2.89	63.96	2.82	5.13
	ซ้ำที่ 3	34.51	0.26	0.41	62.25	2.96	6.43

ตารางที่ 8 แอมโมเนีย- ไนโตรเจน (ammonia – nitrogen)ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)		สัปดาห์				
		เริ่มต้น	2	4	6	8
0	ซ้ำที่ 1	0.57	0.48	0.40	0.34	0.17
	ซ้ำที่ 2	0.68	0.97	0.30	1.34	0.38
	ซ้ำที่ 3	0.98	0.21	0.36	0.72	0.42
25	ซ้ำที่ 1	1.09	0.46	0.45	0.96	0.42
	ซ้ำที่ 2	1.9	0.64	0.31	1.43	0.29
	ซ้ำที่ 3	1.27	0.57	0.17	0.53	0.16
50	ซ้ำที่ 1	0.75	0.18	0.43	0.43	0.21
	ซ้ำที่ 2	0.46	0.19	0.49	0.56	0.19
	ซ้ำที่ 3	0.20	0.58	0.43	0.75	0.20
75	ซ้ำที่ 1	1.17	0.51	4.50	0.86	0.32
	ซ้ำที่ 2	2.81	0.46	4.38	0.95	0.21
	ซ้ำที่ 3	2.68	0.62	0.51	1.08	2.04
100	ซ้ำที่ 1	0.58	1.52	0.99	0.51	0.43
	ซ้ำที่ 2	1.56	0.40	1.45	1.00	0.46
	ซ้ำที่ 3	1.87	0.45	1.78	0.81	0.5

ตารางที่ 9 ไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen)ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)		สัปดาห์				
		เริ่มต้น	2	4	6	8
0	ซ้ำที่ 1	6.70	4.77	0.44	4.59	1.90
	ซ้ำที่ 2	5.61	4.77	0.58	2.57	2.20
	ซ้ำที่ 3	4.34	4.93	0.56	2.40	3.08
25	ซ้ำที่ 1	6.69	5.04	1.16	3.16	0.33
	ซ้ำที่ 2	4.83	5.00	0.77	2.11	2.07
	ซ้ำที่ 3	7.27	5.00	0.75	1.3	1.95
50	ซ้ำที่ 1	4.75	7.41	1.36	1.83	3.13
	ซ้ำที่ 2	6.38	7.90	1.49	1.72	2.59
	ซ้ำที่ 3	6.20	7.76	1.55	2.38	1.83
75	ซ้ำที่ 1	4.17	7.20	2.15	3.53	5.58
	ซ้ำที่ 2	2.81	6.80	2.34	1.87	5.26
	ซ้ำที่ 3	2.68	6.63	2.28	4.63	1.37
100	ซ้ำที่ 1	3.59	7.84	1.64	2.93	2.22
	ซ้ำที่ 2	4.64	7.62	1.61	2.89	2.98
	ซ้ำที่ 3	4.87	7.59	1.68	2.11	5.03

ตารางที่ 10 ความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)		สัปดาห์				
		เริ่มต้น	2	4	6	8
0	ซ้ำที่ 1	100	50	50	100	100
	ซ้ำที่ 2	100	100	100	100	100
	ซ้ำที่ 3	100	100	100	100	100
25	ซ้ำที่ 1	100	100	100	50	100
	ซ้ำที่ 2	100	100	100	100	100
	ซ้ำที่ 3	100	100	100	50	100
50	ซ้ำที่ 1	100	50	50	100	150
	ซ้ำที่ 2	100	100	100	100	150
	ซ้ำที่ 3	100	100	100	100	150
75	ซ้ำที่ 1	100	50	150	50	50
	ซ้ำที่ 2	100	50	150	50	50
	ซ้ำที่ 3	100	50	150	50	50
100	ซ้ำที่ 1	100	50	50	100	150
	ซ้ำที่ 2	100	100	100	100	150
	ซ้ำที่ 3	100	100	100	100	150

ตารางที่ 11 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)		สัปดาห์				
		เริ่มต้น	2	4	6	8
0	ซ้ำที่ 1	7.25	6.88	7.20	7.46	7.49
	ซ้ำที่ 2	7.33	6.59	7.30	7.34	7.50
	ซ้ำที่ 3	7.43	6.52	7.34	7.28	7.49
25	ซ้ำที่ 1	7.43	6.47	7.30	7.3	7.44
	ซ้ำที่ 2	7.43	6.44	7.30	7.35	7.46
	ซ้ำที่ 3	7.39	6.42	7.35	7.34	7.45
50	ซ้ำที่ 1	7.39	6.45	7.25	7.39	7.45
	ซ้ำที่ 2	7.39	6.46	7.30	7.39	7.47
	ซ้ำที่ 3	7.39	6.57	7.30	7.39	7.48
75	ซ้ำที่ 1	7.38	6.55	7.35	7.39	7.45
	ซ้ำที่ 2	7.37	6.55	7.37	7.38	7.46
	ซ้ำที่ 3	7.39	6.56	7.28	7.37	7.47
100	ซ้ำที่ 1	7.39	6.6	7.30	7.39	7.50
	ซ้ำที่ 2	7.40	6.62	7.25	7.40	7.48
	ซ้ำที่ 3	7.40	6.63	7.35	7.40	7.50

ตารางที่ 12 อุณหภูมิ ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

อาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น (เปอร์เซ็นต์)		สัปดาห์				
		เริ่มต้น	2	4	6	8
0	ซ้ำที่ 1	26.9	27.9	27.3	27.2	27.8
	ซ้ำที่ 2	26.8	26.9	27.4	27.1	27.8
	ซ้ำที่ 3	27.9	26.8	27.3	27.1	27.7
25	ซ้ำที่ 1	27.9	26.7	27.3	27.0	27.7
	ซ้ำที่ 2	27.9	26.7	27.3	26.7	27.6
	ซ้ำที่ 3	27.9	27.6	27.4	27.2	26.7
50	ซ้ำที่ 1	26.9	27.6	27.4	27.2	27.5
	ซ้ำที่ 2	26.8	27.6	27.4	27.1	27.7
	ซ้ำที่ 3	26.8	26.8	27.4	26.7	27.7
75	ซ้ำที่ 1	26.8	26.8	27.4	26.8	27.5
	ซ้ำที่ 2	26.8	26.8	27.5	26.9	27.5
	ซ้ำที่ 3	26.9	26.8	27.4	26.6	27.7
100	ซ้ำที่ 1	26.9	26.7	27.3	6.6	27.5
	ซ้ำที่ 2	27.8	26.8	27.3	6.62	27.5
	ซ้ำที่ 3	27.8	26.7	27.3	6.63	27.5

ภาคผนวก ค

ตารางวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 13 วิเคราะห์ทางสถิติคุณค่าทางโภชนาการอาหารของอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
โปรตีน	Between Groups	377.725	4	94.431	17.028	.000
	Within Groups	55.457	10	5.546		
	Total	433.182	14			
ไขมัน	Between Groups	81.577	4	20.394	8.402	.003
	Within Groups	24.273	10	2.427		
	Total	105.850	14			
เถ้า	Between Groups	107.287	4	26.822	4.195	.030
	Within Groups	63.938	10	6.394		
	Total	171.224	14			
เยื่อใย	Between Groups	254.276	4	63.569	863.786	.000
	Within Groups	.736	10	.074		
	Total	255.011	14			
คาร์โบไฮเดรต	Between Groups	1869.584	4	467.396	28.847	.000
	Within Groups	162.028	10	16.203		
	Total	2031.612	14			

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบสถิติคุณค่าทางโภชนาการอาหารของอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์

โปรตีน

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	3	21.5200	
3.00	3	23.4100	
2.00	3	23.6500	
4.00	3		31.8567
5.00	3		33.9467
Sig.		.315	.303

ไขมัน

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1.00	3	5.1167	
3.00	3		9.5367
2.00	3		9.6733
4.00	3		10.4567
5.00	3		12.1633
Sig.		1.000	.083

เถ้า

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	3	4.6567		
3.00	3	7.2300	7.2300	
2.00	3	8.4533	8.4533	8.4533
4.00	3		10.5667	10.5667
5.00	3			12.4033
Sig.		.109	.154	.097

เยื่อใย

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	3	.6467		
3.00	3	.9767	.9767	
2.00	3	1.1167	1.1167	
4.00	3		1.3667	
5.00	3			11.3033
Sig.		.070	.123	1.000

คาร์โบไฮเดรต

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1.00	3	135.7333		
3.00	3	141.4500		
2.00	3	142.4600		
4.00	3		153.0733	
5.00	3			167.3233
Sig.		.079	1.000	1.000

ตารางที่ 15 วิเคราะห์ทางสถิติน้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ANOVA

น้ำหนักเฉลี่ย		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สัปดาห์เริ่มต้น	Between Groups	.075	4	.019	1.403	.302
	Within Groups	.134	10	.013		
	Total	.210	14			
สัปดาห์ 2	Between Groups	.800	4	.200	1.232	.357
	Within Groups	1.624	10	.162		
	Total	2.424	14			
สัปดาห์ 4	Between Groups	1.824	4	.456	.455	.767
	Within Groups	10.031	10	1.003		
	Total	11.856	14			
สัปดาห์ 6	Between Groups	3.291	4	.823	.630	.652
	Within Groups	13.067	10	1.307		
	Total	16.359	14			
สัปดาห์ 8	Between Groups	1.703	4	.426	.200	.933
	Within Groups	21.287	10	2.129		
	Total	22.990	14			

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบสถิติน้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

สัปดาห์เริ่มต้น

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
4.00	3	2.1827
1.00	3	2.1893
3.00	3	2.2867
2.00	3	2.3140
5.00	3	2.3640
Sig.		.109

สัปดาห์ 2

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	2.1827
2.00	3	2.1893
5.00	3	2.2867
1.00	3	2.3140
4.00	3	2.3640
Sig.		.109

สัปดาห์ 4

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	4.0420
2.00	3	4.1487
5.00	3	4.6147
1.00	3	4.6533
4.00	3	4.9887
Sig.		.310

สัปดาห์ 6

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	5.4873
2.00	3	5.5933
5.00	3	6.1387
1.00	3	6.5387
4.00	3	6.6233
Sig.		.288

สัปดาห์ 8

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	7.6160
2.00	3	7.7273
5.00	3	8.0747
1.00	3	8.4073
4.00	3	8.4333
Sig.		.540

ตารางที่ 17 วิเคราะห์ทางสถิติความยาวเฉลี่ยของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นคือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ANOVA

ความยาวเฉลี่ย		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สัปดาห์เริ่มต้น	Between Groups	.006	4	.002	.728	.593
	Within Groups	.022	10	.002		
	Total	.028	14			
สัปดาห์ 2	Between Groups	.009	4	.002	.282	.883
	Within Groups	.077	10	.008		
	Total	.086	14			
สัปดาห์ 4	Between Groups	.092	4	.023	.530	.716
	Within Groups	.434	10	.043		
	Total	.526	14			
สัปดาห์ 6	Between Groups	.102	4	.025	.908	.496
	Within Groups	.281	10	.028		
	Total	.382	14			
สัปดาห์ 8	Between Groups	.045	4	.011	.232	.914
	Within Groups	.481	10	.048		
	Total	.526	14			

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบสถิติความยาวเฉลี่ยของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่นคือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

สัปดาห์ เริ่มต้น

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	2.0000
2.00	3	2.0333
5.00	3	2.0467
1.00	3	2.0467
4.00	3	2.0600
Sig.		.176

สัปดาห์ 2

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	2.0000
2.00	3	2.0333
5.00	3	2.0467
1.00	3	2.0467
4.00	3	2.0600
Sig.		.176

สัปดาห์ 4

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	2.5200
2.00	3	2.5267
5.00	3	2.5667
1.00	3	2.6800
4.00	3	2.7067
Sig.		.335

สัปดาห์ 6

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	2.8400
2.00	3	2.8667
5.00	3	2.9600
1.00	3	2.9600
4.00	3	3.0733
Sig.		.147

สัปดาห์ 8

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	3.0400
2.00	3	3.0667
5.00	3	3.0867
1.00	3	3.1000
4.00	3	3.2000
Sig.		.428

ตารางที่ 19 วิเคราะห์ทางสถิติอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ANOVA

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สัปดาห์ 2	Between Groups	.144	4	.036	.680	.621
	Within Groups	.530	10	.053		
	Total	.675	14			
สัปดาห์ 4	Between Groups	1.898	4	.474	6.746	.007
	Within Groups	.703	10	.070		
	Total	2.601	14			
สัปดาห์ 6	Between Groups	.517	4	.129	8.543	.003
	Within Groups	.151	10	.015		
	Total	.668	14			
สัปดาห์ 8	Between Groups	7.556	4	1.889	324.209	.000
	Within Groups	.058	10	.006		
	Total	7.614	14			

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบสถิติอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

สัปดาห์ เริ่มต้น

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	1.9633
2.00	3	2.0633
5.00	3	2.1100
1.00	3	2.1167
4.00	3	2.2667
Sig.		.168

สัปดาห์ 2

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	1.8833	
2.00	3	1.9567	
5.00	3		2.6033
1.00	3		2.6167
4.00	3		2.7033
Sig.		.742	.669

สัปดาห์ 4

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3.00	3	2.0767		
2.00	3	2.1933		
5.00	3	2.2867	2.2867	
1.00	3		2.5033	2.5033
4.00	3			2.5700
Sig.		.073	.056	.522

สัปดาห์ 6

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
3.00	3	2.3300			
2.00	3	2.3700			
5.00	3		2.7000		
1.00	3			3.6700	
4.00	3				4.0667
Sig.		.535	1.000	1.000	1.000

สัปดาห์ 8

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
3.00	3	2.3300			
2.00	3	2.3700			
5.00	3		2.7000		
1.00	3			3.6700	
4.00	3				4.0667

ตารางที่ 21 วิเคราะห์ทางสถิติอัตราการรอดตายของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ANOVA

อัตราการรอดตาย		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สัปดาห์เริ่มต้น	Between Groups	.000	4	.000	.	.
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	.000	14			
สัปดาห์ 2	Between Groups	133.467	4	33.367	.	.
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	133.467	14			
สัปดาห์ 4	Between Groups	173.307	4	43.327	.	.
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	173.307	14			
สัปดาห์ 6	Between Groups	106.813	4	26.703	.	.
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	106.813	14			
สัปดาห์ 8	Between Groups	226.693	4	56.673	.	.
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	226.693	14			

ตารางที่ 22 วิเคราะห์ทางสถิติอัตราการแลกเนื้อของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ANOVA

อัตราการแลกเนื้อ	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.378	4	.094	.400	.804
Within Groups	2.362	10	.236		
Total	2.740	14			

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบสถิติอัตราการแลกเนื้อของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

Duncan[a]

		Subset for alpha = 0.05
VAR00001	N	1
3.00	3	1.7500
2.00	3	1.8433
5.00	3	2.0533
1.00	3	2.1333
4.00	3	2.1400
Sig.		.385

ตารางที่ 24 วิเคราะห์ทางสถิติค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L* (ค่าเริ่มต้น)	Between Groups	180.000	4	45.000	2.733	.090
	Within Groups	164.653	10	16.465		
	Total	344.653	14			
a* (ค่าเริ่มต้น)	Between Groups	11.361	4	2.840	2.171	.146
	Within Groups	13.082	10	1.308		
	Total	24.443	14			
b* (ค่าเริ่มต้น)	Between Groups	69.623	4	17.406	4.275	.028
	Within Groups	40.717	10	4.072		
	Total	110.341	14			
L* (สุดท้าย)	Between Groups	256.335	4	64.084	4.452	.025
	Within Groups	143.951	10	14.395		
	Total	400.286	14			
a* (สุดท้าย)	Between Groups	6.381	4	1.595	.939	.480
	Within Groups	16.985	10	1.698		
	Total	23.366	14			
b* (สุดท้าย)	Between Groups	56.176	4	14.044	5.247	.015
	Within Groups	26.767	10	2.677		
	Total	82.943	14			

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบสถิติสถิติค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ค่าเริ่มต้นค่าความสว่าง (L*)

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	23.1994	
2.00	3	32.7837	32.7837
5.00	3	34.2994	34.2994
1.00	3		36.6422
4.00	3		37.7939
Sig.		.055	.362

ค่าเริ่มต้น ค่าสีแดง (a*)

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	.7028
2.00	3	1.3117
5.00	3	1.3883
1.00	3	1.4706
4.00	3	1.5728
Sig.		.188

ค่าเริ่มต้น ค่าสีเหลือง (b*)

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	1.9006
2.00	3	1.9156
5.00	3	2.1150
1.00	3	2.7533
4.00	3	3.3461
Sig.		.122

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบสถิติค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ของปลานิลแดงที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ค่าสุดท้ายค่าความสว่าง (L*)

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	57.5194	
2.00	3	58.4861	
5.00	3	64.5978	64.5978
1.00	3	64.8011	64.8011
4.00	3		69.8811
Sig.		.108	.219

ค่าสุดท้ายค่าสีแดง (a*)

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	1.0611
2.00	3	1.1550
5.00	3	1.5117
1.00	3	2.2683
4.00	3	2.4028
Sig.		.252

ค่าสุดท้ายค่าสีเหลือง (b*)

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3.00	3	2.5161		
2.00	3	3.3211	3.3211	
5.00	3		6.4183	6.4183
1.00	3			7.3211
4.00	3			7.3456
Sig.		.596	.061	.561

ตารางที่ 27 วิเคราะห์ทางสถิติแอมโมเนีย- ไนโตรเจน (ammonia – nitrogen) ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8สัปดาห์

ANOVA

แอมโมเนีย- ไนโตรเจน (Ammonia – nitrogen)		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สัปดาห์เริ่มต้น	Between Groups	.004	4	.001	.406	.800
	Within Groups	.027	10	.003		
	Total	.032	14			
สัปดาห์ 2	Between Groups	.013	4	.003	3.479	.050
	Within Groups	.009	10	.001		
	Total	.022	14			
สัปดาห์ 4	Between Groups	.131	4	.033	1.255	.349
	Within Groups	.261	10	.026		
	Total	.392	14			
สัปดาห์ 6	Between Groups	.061	4	.015	2.432	.116
	Within Groups	.063	10	.006		
	Total	.123	14			
สัปดาห์ 8	Between Groups	.002	4	.001	1.557	.259
	Within Groups	.004	10	.000		
	Total	.006	14			

ตารางที่ 27 เปรียบเทียบสถิติแอมโมเนีย- ไนโตรเจน (ammonia – nitrogen) ของน้ำที่เลี้ยงปลานิล แดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8สัปดาห์

สัปดาห์เริ่มต้น

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	.0633
2.00	3	.0733
5.00	3	.0833
1.00	3	.0933
4.00	3	.1133
Sig.		.305

สัปดาห์ 2

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	.0100	
2.00	3	.0433	.0433
5.00	3	.0433	.0433
1.00	3	.0550	.0550
4.00	3		.1000
Sig.		.119	.057

สัปดาห์ 4

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	.0333
2.00	3	.0433
5.00	3	.0700
1.00	3	.1767
4.00	3	.2767
Sig.		.121

สัปดาห์ 6

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	.2367	
2.00	3	.2500	.2500
5.00	3	.3200	.3200
1.00	3	.3667	.3667
4.00	3		.4000
Sig.		.090	.055

สัปดาห์ 8

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	.3760
2.00	3	.3867
5.00	3	.3925
1.00	3	.4033
4.00	3	.4112
Sig.		.066

ตารางที่ 28 วิเคราะห์ทางสถิติไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen) ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำ นางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ANOVA

ไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen)		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สัปดาห์เริ่มต้น	Between Groups	.000	4	.000	.167	.951
	Within Groups	.001	10	.000		
	Total	.001	14			
สัปดาห์ 2	Between Groups	.002	4	.000	71.500	.000
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	.002	14			
สัปดาห์ 4	Between Groups	.193	4	.048	90.688	.000
	Within Groups	.005	10	.001		
	Total	.199	14			
สัปดาห์ 6	Between Groups	.179	4	.045	8.901	.002
	Within Groups	.050	10	.005		
	Total	.229	14			
สัปดาห์ 8	Between Groups	.407	4	.102	41.017	.000
	Within Groups	.025	10	.002		
	Total	.432	14			

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบสถิติไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen) ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำ นางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

สัปดาห์เริ่มต้น

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	.0400
2.00	3	.0400
5.00	3	.0433
1.00	3	.0433
4.00	3	.0433
Sig.		.636

สัปดาห์ 2

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3.00	3	.1100		
2.00	3	.1100		
5.00	3	.1133		
1.00	3		.1200	
4.00	3			.1400
Sig.		.162	1.000	1.000

สัปดาห์ 4

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3.00	3	.4767		
2.00	3	.4800		
5.00	3		.5833	
1.00	3			.7100
4.00	3			.7500
Sig.		.863	1.000	.060

สัปดาห์ 6

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
3.00	3	.3167			
2.00	3	.3733	.3733		
5.00	3		.4667	.4667	
1.00	3			.5300	.5300
4.00	3				.6233
Sig.		.351	.138	.300	.138

สัปดาห์ 8

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
3.00	3	.1033			
2.00	3		.2933		
5.00	3			.3900	
1.00	3			.4200	
4.00	3				.6067

ตารางที่ 30 วิเคราะห์ทางสถิติความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ANOVA

ความเป็นด่าง (alkalinity)		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สัปดาห์เริ่มต้น	Between Groups	.000	4	.000	.	.
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	.000	14			
สัปดาห์ 2	Between Groups	4000.000	4	1000.000	2.000	.171
	Within Groups	5000.000	10	500.000		
	Total	9000.000	14			
สัปดาห์ 4	Between Groups	10000.000	4	2500.000	5.000	.018
	Within Groups	5000.000	10	500.000		
	Total	15000.000	14			
สัปดาห์ 6	Between Groups	6666.667	4	1666.667	10.000	.002
	Within Groups	1666.667	10	166.667		
	Total	8333.333	14			
สัปดาห์ 8	Between Groups	21000.000	4	5250.000	.	.
	Within Groups	.000	10	.000		
	Total	21000.000	14			

ตารางที่ 31 เปรียบเทียบสถิติความเป็นด่าง (alkalinity) ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

สัปดาห์ 2

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	50.0000	
2.00	3	83.3333	83.3333
5.00	3	83.3333	83.3333
1.00	3	83.3333	83.3333
4.00	3		100.0000
Sig.		.119	.414

สัปดาห์ 4

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	83.3333	
2.00	3	83.3333	
5.00	3	83.3333	
1.00	3	100.0000	
4.00	3		150.0000
Sig.		.414	1.000

สัปดาห์ 6

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	83.3333	
2.00	3	83.3333	
5.00	3	83.3333	
1.00	3	100.0000	
4.00	3		150.0000
Sig.		.414	1.000

ตารางที่ 32 วิเคราะห์ทางสถิติความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ANOVA

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สัปดาห์เริ่มต้น	Between Groups	.011	4	.003	1.500	.274
	Within Groups	.018	10	.002		
	Total	.028	14			
สัปดาห์ 2	Between Groups	.095	4	.024	2.856	.081
	Within Groups	.084	10	.008		
	Total	.179	14			
สัปดาห์ 4	Between Groups	.006	4	.002	.657	.636
	Within Groups	.023	10	.002		
	Total	.029	14			
สัปดาห์ 6	Between Groups	.009	4	.002	1.179	.377
	Within Groups	.018	10	.002		
	Total	.027	14			
สัปดาห์ 8	Between Groups	.005	4	.001	9.778	.002
	Within Groups	.001	10	.000		
	Total	.006	14			

ตารางที่ 33 เปรียบเทียบสถิติความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

สัปดาห์ เริ่มต้น

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	7.3367
2.00	3	7.3800
5.00	3	7.3900
1.00	3	7.3967
4.00	3	7.4167
Sig.		.057

สัปดาห์ 2

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	6.4433	
2.00	3	6.4933	6.4933
5.00	3	6.5533	6.5533
1.00	3	6.6167	6.6167
4.00	3		6.6633
Sig.		.055	.059

สัปดาห์ 4

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	7.2800
2.00	3	7.2833
5.00	3	7.3000
1.00	3	7.3167
4.00	3	7.3333
Sig.		.240

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	7.3300
2.00	3	7.3600
5.00	3	7.3800
1.00	3	7.3900
4.00	3	7.3967
Sig.		.111

สัปดาห์ 8

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	7.4500	
2.00	3	7.4600	
5.00	3	7.4667	
1.00	3		7.4933
4.00	3		7.4933
Sig.		.105	1.000

ตารางที่ 34 วิเคราะห์ทางสถิติอุณหภูมิของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ANOVA

อุณหภูมิ		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สัปดาห์เริ่มต้น	Between Groups	2.504	4	.626	4.840	.020
	Within Groups	1.293	10	.129		
	Total	3.797	14			
สัปดาห์ 2	Between Groups	.784	4	.196	1.144	.391
	Within Groups	1.713	10	.171		
	Total	2.497	14			
สัปดาห์ 4	Between Groups	.036	4	.009	4.500	.024
	Within Groups	.020	10	.002		
	Total	.056	14			
สัปดาห์ 6	Between Groups	.529	4	.132	4.135	.031
	Within Groups	.320	10	.032		
	Total	.849	14			
สัปดาห์ 8	Between Groups	.309	4	.077	1.160	.384
	Within Groups	.667	10	.067		
	Total	.976	14			

ตารางที่ 33 เปรียบเทียบสถิติอุณหภูมิของน้ำที่เลี้ยงปลานิลแดงด้วยอาหารที่ใช้ไรน้ำนางฟ้าทดแทนโปรตีนปลาป่น คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

สัปดาห์ เริ่มต้น

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3.00	3	26.8333	
2.00	3	26.8333	
5.00	3	27.2000	
1.00	3	27.5000	27.5000
4.00	3		27.9000
Sig.		.060	.203

สัปดาห์ 2

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	26.7333
2.00	3	26.8000
5.00	3	27.0000
1.00	3	27.2000
4.00	3	27.3333
Sig.		.133

สัปดาห์ 4

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3.00	3	27.3000		
2.00	3	27.3333	27.3333	
5.00	3	27.3333	27.3333	
1.00	3		27.4000	27.4000
4.00	3			27.4333
Sig.		.404	.112	.383

สัปดาห์ 6

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3.00	3	26.6000		
2.00	3	26.7667	26.7667	
5.00	3		26.9667	26.9667
1.00	3		27.0000	27.0000
4.00	3			27.1333
Sig.		.280	.158	.302

สัปดาห์ 8

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3.00	3	27.3333
2.00	3	27.5000
5.00	3	27.5667
1.00	3	27.6333
4.00	3	27.7667

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ (ปรีดา, 2555)

1. ความชื้น

วิธีการ

1) นำครูซิเบิลเข้าตู้อบที่อุณภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง
2) นำครูซิเบิลที่อบแล้ว ใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น
3) นำครูซิเบิลมาชั่ง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนไว้
4) ชั่วตัวอย่างอาหารใส่ครูซิเบิล ให้ได้ประมาณ 1-2 กรัม
5) นำตัวอย่างอาหารเข้าตู้อบ อบอุณภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง
6) นำตัวอย่างอาหารที่อบแล้วใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น นำมาชั่งบันทึกน้ำหนักไว้ จากนั้นนำเข้าตู้ อบอีกครั้ง จนได้เวลาตามที่ต้องการ ใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นลงแล้วจึงนำมาชั่ง ทำซ้ำหลายครั้งจนได้น้ำหนักคงที่ ซึ่งน้ำหนักที่หายไปเป็นน้ำหนักของความชื้น

การคำนวณ

$$\%\text{ความชื้น} = \frac{(a-b) \times 100}{W}$$

a = น้ำหนักของอาหารก่อนอบแห้ง

b = น้ำหนักของอารหารหลังอบแห้ง

w = น้ำหนักของอาหารก่อนอบแห้ง

หรือ % ของวัตถุแห้ง (DM) = 100 - %ความชื้น

2. เถ้า

วิธีการ

1) อบถ้วยกระเบื้องเคลือบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก บันทึกไว้
2) ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 2 กรัม ใส่ถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน
3) นำไปเผาในเตาเผาที่อุณภูมิ 600 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จนเถ้าเป็นสีขาว

4) นำเข้าโถอบแห้ง เมื่อตัวอย่างอาหารเย็นลงแล้ว นำออกมาชั่ง บันทึกผล

การคำนวณ

$$\%\text{เถ้า} = \frac{(b-a) \times 100}{W}$$

a = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบ

b = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบกับน้ำหนักของเถ้าภายหลังการเผา

w = น้ำหนักของอาหารก่อนเผา

3. ไขมัน

วิธีการ

1) อบบีกเกอร์สำหรับหาไขมัน ในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2) ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ถ้าตัวอย่างมีไขมันมาก ให้ชั่ง 1-2 กรัม ถ้าตัวอย่างมีไขมันน้อย ให้ชั่ง 3-5 กรัม ห่อให้มิดชิด แล้วใส่หลดสำหรับใส่ตัวอย่าง (Thimble) คลุมด้วยสำลี เพื่อให้ตัวทำละลายมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ
3) นำหลอดใส่ตัวอย่างใส่ในบีกเกอร์
4) เติมตัวทำละลาย (ปิโตรเลียม อิเทอร์) ในบีกเกอร์ประมาณ 150 มิลลิลิตร หรือจนท่วมตัวอย่าง
5) ประกอบชุดสกัดไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำเย็นหล่ออุปกรณ์ควบแน่น เปิดเครื่องปั๊มลม และเปิดเครื่องควบคุมความร้อน
6) ใช้เวลาในการสกัดไขมัน ประมาณ 1 ชั่วโมง (ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับ ชนิด และปริมาณไขมันในตัวอย่าง)
7) ทำการ ล้าง (Rinse) โดยปรับปุ่มที่ด้านข้าง (ขวามือ) ให้อยู่ในตำแหน่ง Recovery จนตัวทำละลายลดต่ำกว่าตัวอย่าง แล้วปรับปุ่มที่ด้านข้างมาที่ตำแหน่ง Criculation นาน 30 นาที
8) ระเหยตัวทำละลายออก โดยปรับปุ่มที่ด้านข้างให้อยู่ในตำแหน่ง Recovery จนตัวทำละลายระเหยหมด
9) นำบีกเกอร์ มาอบที่อุณภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

10) ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ แล้วอบซ้ำนาน 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนัก 2 ครั้งติดกัน ไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\%\text{ไขมัน} = \frac{(b-a) \times 100}{W}$$

b = น้ำหนักบีกเกอร์รวมไขมัน

a = น้ำหนักบีกเกอร์

w = น้ำหนักตัวอย่าง

4. โปรตีน

วิธีการ

1) ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนักประมาณ 0.1 กรัม (ถ้าตัวอย่างมีโปรตีนน้อย ให้ใช้ตัวอย่างปริมาณมากขึ้น) โดยชั่งกระดาษกรองที่ไม่มีสารไนโตรเจน (ใช้กระดาษกรอง Whatman 541) ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ในหลอดย่อยโปรตีน
2) หาปริมาณไนโตรเจน ตามขั้นตอนดังนี้

2.1 ขั้นตอนการย่อย

1. เติมสาร 5 กรัม เพื่อเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาการย่อย ตามปกติ เมื่อเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไปแล้ว จุดเดือด ของสารละลายจะเป็น 330 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเติมสารเร่งจะทำให้จุดเดือด ของสารละลายเพิ่มเป็น 400 องศาเซลเซียส

2. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร (ถ้าใช้ตัวอย่างมากกว่า 2 กรัมขึ้นไป ให้เพิ่มกรดซัลฟูริกเข้มข้น โดยเพิ่ม 10 มิลลิลิตร ต่อ กรัมของตัวอย่างที่เพิ่มขึ้น)

3. นำไปต้มบนเครื่องย่อย โดยในครั้งแรกให้ใช้ความร้อนต่ำ (350 องศาเซลเซียส) จนกระทั่งเดือด แล้วจึงเพิ่มความร้อนให้สูงขึ้น (370 องศาเซลเซียส) ถ้าสารละลายเดือดเร็วเกินไป ให้ปิดไฟสัก 5 นาที แล้วค่อยเปิดใหม่ จนกระทั่งสารละลายในหลอดย่อยโปรตีน มีสีเขียวใส ปิดไฟเอาหลอดย่อยออกจากเครื่องย่อย แล้วทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเติมน้ำกลั่นอีกเล็กน้อย ต้มต่อไปอีก 2 นาที เพื่อทำลายกรดซัลฟูริกที่อาจเกิดขึ้น

2.2 ขั้นตอนการกลั่น

1. เตรียมกรดบอริค โดยใส่กรดบอริคในขวดรูปชมพู ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 40 มิลิลิตร ต่อจากนั้นนำไปวางที่เครื่องกลั่นโปรตีน โดยให้ปลายของหลอดแก้วที่ต่อจากกระบอกแก้วควบแน่นของเครื่องกลั่นโปรตีน จุ่มอยู่ในกรดบอริค 2 ต่อหลอดย่อยโปรตีนเข้ากับเครื่องกลั่น

2.3 ขั้นตอนการไตเตรท

1. นำขวดรูปชมพู่ (จากขั้นตอนการกลั่น) ไปไตเตรทด้วยกรดเกลือมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น (0.1 นอร์มอล) จนถึงจุดยุติ (end point) หากใช้ เมทธิลเรด เป็นอินดิเคเตอร์ สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน แต่หากใช้อินดิเคเตอร์รวม สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินอ่อน หรือใช้ด่างมารตฐานที่ทราบความเข้มข้น (0.1 นอร์มอล) ไตเตรท แต่ควรใช้อินดิเคเตอร์รวม ดูจุดยุติ จะสังเกตสีได้ชัดเจน

2. จดปริมาตรกรดหรือด่างไว้คำนวณต่อไป

การคำนวณ

$$\%\text{โปรตีน} = \frac{1.4\,(V_1 - V_2)\,N \times 6.25}{W}$$

V_1 = ปริมาตรของกรดมาตรฐานที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

V_2 = ปริมาณของกรดมาตรฐานที่ใช้ไตเตรทตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบ

N = เป็นความเข้มข้นของกรดเกลือเป็นนอร์มอล

W = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร (กรัม)

5. เยื่อใย

วิธีการ

1) อบถ้วย Crucible ในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ และปล่อยให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก (W1)
2) ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้ว 1.02 กรัม บันทึกน้ำหนัก (W2)
3) นำถ้วย Crucible ที่มีตัวอย่างเข้าเครื่อง Hot Extraction Unt 1020
4) ใส่สารละลายกรดซัลฟูริคความเข้มข้น 1.25 %
5) เมื่อครบเวลาย่อย ให้ล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อน จนหมดฟอง
6) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25 % ลงใน Column ปริมาตร 150 มิลิลิตร ใช้เวลาในการย่อยตัวอย่าง 30 นาที
7) เมื่อครบระยะเวลาการย่อย ให้ล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อน จนหมดฟอง
8) นำถ้วย Crucible ที่มีตัวอย่าง ล้างด้วย Acetone ประมาณ 3 ครั้ง ครั้งละ 25 มิลลิลิตร
9) อบตัวอย่างที่ผ่านการย่อยในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นลงในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก (W3)
10) เผาตัวอย่างที่ผ่านการอบในเครื่องเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก (W4)
11) คำนวณหาปริมาณเยื่อใยหยาบ

คำนวณ

$$\%\text{เยื่อใยหยาบ} = \frac{\text{นน. ถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังเผา (W4) - นน.ถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังอบ(W3)}\times 100}{\text{นน.ตัวอย่าง (W2)}}$$

6. การคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต = น้ำหนักแห้ง – (โปรตีน + ไขมัน + เถ้า)

หรือ% NFE = % วัตถุแห้ง - % เถ้า - % โปรตีน - % ไขมัน - % เยื่อใย

วิเคราะห์ คุณภาพน้ำ (วิธีการตาม ชูชาติ 2546**)**

1) **แอมโมเนีย- ไนโตรเจน (Ammonia – nitrogen)**

สารเคมี

1) ammonium chloride
2) ammonium free water
3) ethyl alcohol
4) phenol
5) sodium citrate
6) sodium hydroxide
7) sodium hypochlorite
8) sodium nitroprusside

การเตรียมสารละลาย

1) น้ำกลั่นบริสุทธิ์แอมโมเนียกรองน้ำกรองน้ำกลั่นผ่านเครื่องกรองหรือใช้วิธีกลั่นน้ำกลั่นที่เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น 0.1 มิลลิลิตรต่อน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร
2) hypochloriter stock ใช้ sodium hypochlorite หรือใช้น้ำยาฟอกสีซึ่งมีคลอรีนประมาณ 5 % เก็บสารละลาย hypochloriter stock ไว้ในภาชนะทึบแสงและปิดผาให้แน่น
3) alkailine stock solution ชั่ง sodium citrate 100 กรัม กับ sodium hydroxide 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตราให้ได้น้ำได้ 500 มิลลิลิตร
4) oxidizing reagent ใช้ alkailine stock solution ผสมกับ hypochloriter stock ด้วยอัตราส่วน 4 ต่อ 1 ส่วน เตรียมสารละลาย oxidizing reagent ใหม่ทุกครั้งเมื่อทำการวิเคราะห์
5) sodium nitroprusside reagent ชั่ง sodium nitroprusside 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตราให้ได้น้ำได้ 200 มิลลิลิตร
6) phenol reagent ชั่ง phenol 100 กรัม ละลายใน ethyl alcohol 95% ปรับปริมาตราให้ได้น้ำได้ 1,000 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) นำสารละลายมาตราฐานแต่ละความเข้มข้น 50 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ใช้เป็นค่า blank
2) เติม phenol reagent 2 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน
3) เติม sodium nitroprusside reagent 2 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน
4) เติม oxidizing reagent 5 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ตั้งทิ้งไว้ 1 – 24 ชั่วโมง
5) วัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง spectrophotomeret ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร
6) บันทึกผล

2) **ไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen)**

สารเคมี

1) ammonium chloride (NH4CL)
2) buffer solution
3) EDTA (disodium dehydrate)
4) hydrochloric (HCL)
5) NNED (N-1-(naphthyl) ethylenediamine dithydrochloride)
6) sodium tetraborate
7) sodium nitrite ($NaNO_2$)
8) sulphanilamide

การเตรียมสารละลาย

1) buffer solution ชั่ง ammonium chloride 100 กรัม sodium tetraborate และ EDTA (disodium dehydrate) 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตราให้ได้น้ำได้ 1,000 มิลลิลิตร
2) sulphanilamide ตวงกรด hydrochloric (HCL) เข้มข้น 100 มิลลิลิตร ค่อยๆเทลงในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ผสมให้เท่ากัน ชั่ง sulphanilamide 5 กรัม นำมาละลายในสารละลายกรด hydrochloric ที่เตรียมไว้และปรับปริมาตราให้ได้น้ำได้ 500 มิลลิลิตร
3) NNED (N-1-(naphthyl) ethylenediamine dithydrochloride) ชั่ง NNED 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตราให้ได้น้ำได้ 500 มิลลิลิตร สารลายจะไม่มีสีเก็บ

สารละลายในขวดสีน้ำตาล ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูหรือน้ำตาลเข้ม จะต้องเตรียมสารละลายใหม่

4) Standard nitrite-nitrogen อบ sodium nitrite ($NaNO_2$) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเป็น 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่ง sodium nitrite ($NaNO_2$) 0.4926 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตราให้ได้น้ำได้ 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลาย sodium nitrite มีความเข้มข้น 100 มิลลิลิตรต่อลิตร

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) นำสารละลายมาตราฐานแต่ละความเข้มข้น 50 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ใช้เป็นค่า blank
2) เติม buffer solution 2 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน
3) เติม sulphanilamide solution 1 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ 2 นาที
4) เติม NNED solution 1 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีบานเย็นหรือสีชมพู ตั้งทิ้งไว้ 10 – 2 ชั่วโมง
5) วัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง spectrophotomeret ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร
6) บันทึกผล

3) **ปริมาณความเป็นด่าง(Alkalinity)**

สารเคมี

1) methyl orange
2) methyl red
3) phenolphttalein
4) sodium carbonate
5) sulfuric acid

การเตรียมสารละลาย

1) อบ sodium carbonate ในตู้อบ 200 องศา เป็นเวลา 30 นาที หรือที่อุณหภูมิ 130 องศา เป็นเวลา 90 นาที และทำให้เย็นในโถตู้ความชื้น หลังจากนั้นชั่ง sodium carbonate 10.600 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดและทำให้เย็น ปรับปริมาตรา 1,000 มิลลิลิตร
2) standard sulfuric acid ตวง sulfuric acid เข้มข้น 6.00 มิลลิลิตร เติมในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดและทำให้เย็น ปรับปริมาตรา 1,000 มิลลิลิตร
3) methyl red indicator ชั่ง methyl red 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรา 100 มิลลิลิตร
4) phenolphttalein indicator 0.5 กรัม ละลายในน้ำเอทธิลแอลกอฮอล์ 95% ปรับปริมาตรา 100 มิลลิลิตร
5) methyl orange indicator ชั่ง methyl red 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรา 100 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) หยด methyl red indicator 5 หยด เขย่าให้ผสมกันจนได้สารละลายสีเหลือง
2) ติเตรทด้วยสารละลาย standard sulfuric acid 0.02 N จนได้สารละลายสีชมพู
3) นำสารละลายไปต้มจนเดือดประมาณ 3 นาที เพื่อไล่ CO_2 สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอีกครั้ง
4) ติเตรทด้วยสารละลาย standard sulfuric acid 0.02 N จนได้สารละลายสีชมพู บันทึกปริมาตราสารละลาย standard sulfuric acid 0.02 N ทั้งหมดที่ใช้
5) บันทึกผล

การคำนวณ

$$\text{Alkalinity(mg /L as } CaCO_3) = \frac{A \times N \times 50{,}000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ(ml)}}$$

A = ปริมาณสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถันที่ใช้การไทเทรต

N= Normality ของสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถัน

4) **ความเป็นกรด – ด่าง และอุณหภูมิน้ำ**

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) น้ำที่นำมาวิเคราะห์ความเป็นกรดด่างไม่จำเป็นต้องผ่านการกรอง และควรตรวจวัดตัวอย่างน้ำทันที
2) ปรับปุ่มอุณหภูมิของ ph meter แล้วนำน้ำตัวอย่างที่ต้องการวัดมาใส่บีกเกอร์ควรให้ส่วนปลาย electrode สามารถจุ่มลงไปในน้ำตัวอย่างได้ไม่น้อย 1 ใน 3 ของความยาว electrode และอ่านค่าความเป็นกรด - ด่าง จากเครื่องวัดโดยตรงหลังจากนั้นให้ทำความสะอาด electrode ด้วยน้ำกลั่นสะอาด และซับให้แห้ง
3) บันทึกผล

ภาคผนวก ง
ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล นางสาวจิดาภา มงคลแสง

วันที่เกิด วันที่ 8 ธันวาคม พ.ศ.2538

ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 74/1 หมู่ที่ 2 ตำบลหาดอาษา อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท 17150

การศึกษา พ.ศ.2553 จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนชัยนาทพิทยาคม อำเภอเมืองชัยนาท จังหวัดชัยนาท

พ.ศ.2556 จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนชัยนาทพิทยคม อำเภอเมืองชัยนาท จังหวัดชัยนาท

ชื่อ – สกุล นายคงกฤช ยิ้มเครือทอง

วันที่เกิด วันที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ.2538

ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 57/1 หมู่ที่ 6 ตำบลลาดยาว อำเภอลาดยาว จังหวัดนครสวรรค์ 60150

การศึกษา พ.ศ.2553 จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนลาซาลโชติรวี อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์

พ.ศ.2556 จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนวมินทราชูทิศ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

ชื่อ – สกุล นางสาวลัทวรรณ พรมกล่ำ

วันที่เกิด วันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2538

ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 21/2 หมู่ที่ 4 ตำบลน้ำทรง อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์ 60130

การศึกษา พ.ศ.2553 จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนอุทัยวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี

พ.ศ.2556 จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนอุทัยวิทยาคม