



รายงานการวิจัย

การเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล

Supplementation of Tamarind Seed in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Diets

พรทิตา ทองสนิทกาญจน์ และคณะ

สาขาการจัดการการเกษตร
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล

Supplementation of Tamarind Seed in Nile Tilapia
(*Oreochromis niloticus*) Diets

พรทิตา ทองสนิทกาญจน์

ธนภัทร วรปัสสุ

ณัฐรินทร์ ศิริรัตนันท์

สาขาการจัดการการเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ทุนอุดหนุนโดย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2559

(ก)

ชื่องานวิจัย	การเสริมเมลิคมะขามในอาหารปลานิล
ผู้วิจัย	พรทิสา ทองสนิทกาญจน์
ผู้ร่วมวิจัย/ที่ปรึกษา	ฉัฐรินทร์ ศิริรัตนันท์, ธนภัทร วรปัสสุ
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์ (การจัดการการเกษตร) มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ที่ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่ อาหารที่ไม่มีการเสริมเมลิคมะขาม (ชุดควบคุม), อาหารเสริมเมลิคมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ (T2), อาหารเสริมเมลิคมะขามที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ (T3) และอาหารเสริมเมลิคมะขามที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ (T4) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพเม็คอาหาร ผลของการเสริมเมลิคมะขามในอาหารปลานิล และต้นทุนการผลิตอาหาร การศึกษาคุณภาพเม็คอาหาร ทำได้โดยการวิเคราะห์ความคงทนของอาหารในน้ำ และวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ฟูน ศึกษาผลของการเสริมเมลิคมะขาม โดยใช้ปลานิลขนาด 0.6 ± 1 กรัม ให้อาหารปลานิลที่อัตรา 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว จำนวน 3 มื้อต่อวัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อศึกษาผลการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน อัตราแลกเนื้อ อัตราการรอดตาย เมื่อสิ้นสุดการทดลอง บันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป

ผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ พบว่า อาหารเสริมเมลิคมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ (T2) มีค่าคุณภาพเม็คอาหาร และมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลดีกว่าทุกชุดการทดลอง การเสริมเมลิคมะขามช่วยลดต้นทุนค่าอาหารของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้

คำสำคัญ : ปลานิล, เมลิคมะขาม

Title	Supplementation of Tamarind Seed in Nile Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) Diets
Researcher	Porntisa Thongsanitkan
Co-researcher	Nuttarin Sirirustananun, Thanaput Worapussu
Major Field	Agriculture (Agricultural Management) Phetchabun Rajabhat University 2017

Abstract

This research was assigned in Completely Randomize Design (CRD) with 4 treatments and 3 replicates. The treatments were control group with Nile tilapia diets (T1) and other three treatments were supplemented tamarind seed meal at 5, 10 and 15 percentage. Objective of this research was study quality diets by water stability analysis and percent dust, study effect of supplementation tamarind seed in Nile tilapia diets and production cost. Used Nile tilapia with average weight of 0.6 g. and fed at 5% of body weight per day for 8 weeks. The result show that growth performance, survival rate, total feed intake and feed conversion ratio. Save data and statistical analysis with statistical analysis program.

Therefore, The treatment was supplemented tamarind seed meal at 5 percentage have quality diets and effect of growth performance in Nile tilapia better than other three treatments. Supplementation of tamarind seed reduces the cost of aquaculture.

Key words : Nile tilapia, Tamarind seed

(ค)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผู้ร่วมวิจัยทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ รวมไปถึงการร่วมมือร่วมใจกัน สรรค์สร้างผลงานวิจัยในครั้งนี้ ให้มีความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจต่อไป และขอขอบคุณบุคลากรหลากหลายฝ่ายในคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ผู้วิจัย จึงขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่เปิดโอกาสให้ได้กระทำประโยชน์ สร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ คอยช่วยเหลือและมอบทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้ มา ณ ที่นี้ด้วย

พรทิตา ทองสนิทกาญจน์และคณะ

24 กุมภาพันธ์ 2560

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของ โครงการวิจัย.....	2
1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย.....	3
1.5 คำสำคัญ (keywords) ของโครงการวิจัย.....	3
1.6 ประโยชน์ของการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ชีวิตวิทยาของปลานิล.....	4
2.2 การเพาะเลี้ยงปลานิล.....	5
2.3 สายพันธุ์ปลานิล.....	8
2.4 ความต้องการสารอาหารของสัตว์น้ำ	10
2.5 โรคปลาและการป้องกันรักษา	14
2.6 อาหารสัตว์น้ำ	15
2.7 มะขาม.....	17
2.8 เมล็ดมะขาม.....	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	24
3.1 อุปกรณ์.....	24
3.2 การเตรียมหน่วยทดลอง.....	25
3.3 การเตรียมอาหารทดลอง.....	25
3.4 ระเบียบวิธีวิจัย	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	26
3.6 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ.....	28
3.7 สถานที่ทำการวิจัย	28
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	29
4.1 ผลของการศึกษาคุณภาพเมล็ดอาหารทางกายภาพ	29
4.2 ผลของการเสริมเมล็ดมะขามต่อการเจริญเติบโตของปลานิล	36
4.3 ต้นทุนการผลิตอาหารปลานิลเสริมเมล็ดมะขาม	38
บทที่ 5 วิจัยผล สรุปผล และข้อเสนอแนะ	39
5.1 วิจัยผลการศึกษาวิจัย	39
5.2 สรุปผลการวิจัย.....	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	46
ภาคผนวก ก (ภาพประกอบงานวิจัย)	47
ประวัติคณะผู้วิจัย	51

(จ)

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำ..... 11
2.2	ชนิดกรดอะมิโน..... 12
2.3	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อในเมล็ดมะขาม 22
2.4	องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดมะขามคั่ว ในปริมาณ 100 กรัม..... 23
3.1	สูตรอาหารปลานิลที่เสริมเมล็ดมะขาม คำนวณจากอาหาร 100 กิโลกรัม..... 25
4.1	ค่าความคงทนของอาหารในน้ำและค่าความเป็นฝุ่น 35
4.2	ค่าการเจริญเติบโตของปลานิล 36
4.3	ค่าการใช้ประโยชน์ได้จากอาหารและอัตราการรอด..... 37
4.4	ต้นทุนการผลิตอาหารปลานิลเสริมเมล็ดมะขาม..... 38

(จ)

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 1..... 8
2.2	ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 2..... 9
2.3	ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 3..... 9
2.4	ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 4..... 10
2.5	ลักษณะลำตัวของมะขาม..... 18
2.6	ลักษณะใบของมะขาม..... 18
2.7	ใบอ่อนของมะขาม..... 18
2.8	ลักษณะดอกของมะขาม..... 18
2.9	ลักษณะฝักของมะขาม..... 18
2.10	ลักษณะเมล็ดมะขาม..... 18
4.1	อาหารที่ไม่มีการเสริมเมล็ดมะขาม..... 29
4.2	อาหารเสริมเมล็ดมะขาม 5 เปอร์เซ็นต์..... 29
4.3	อาหารเสริมเมล็ดมะขาม 10 เปอร์เซ็นต์..... 30
4.4	อาหารเสริมเมล็ดมะขาม 15 เปอร์เซ็นต์..... 30
4.5	อาหารในน้ำที่เวลาเริ่มต้น (T1)..... 30
4.6	อาหารในน้ำที่เวลาเริ่มต้น (T2)..... 30
4.7	อาหารในน้ำที่เวลาเริ่มต้น (T3)..... 31
4.8	อาหารในน้ำที่เวลาเริ่มต้น (T4)..... 31
4.9	อาหารในน้ำที่ 15 นาที (T1)..... 31
4.10	อาหารในน้ำที่ 15 นาที (T2)..... 31
4.11	อาหารในน้ำที่ 15 นาที (T3)..... 32
4.12	อาหารในน้ำที่ 15 นาที (T4)..... 32
4.13	อาหารในน้ำที่ 30 นาที (T1)..... 33
4.14	อาหารในน้ำที่ 30 นาที (T2)..... 33
4.15	อาหารในน้ำที่ 30 นาที (T3)..... 33
4.16	อาหารในน้ำที่ 30 นาที (T4)..... 33
4.17	อาหารในน้ำที่ 60 นาที (T1)..... 34

4.18	อาหารในน้ำที่ 60 นาที (T2).....	34
4.19	อาหารในน้ำที่ 60 นาที (T3).....	34
4.20	อาหารในน้ำที่ 60 นาที (T4).....	34
4.21	ปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์.....	38
ก-1	เมล็ดมะขามที่ผ่านการคั่วบด.....	48
ก-2	วัตถุดิบอาหารทดลอง.....	48
ก-3	หน่วยทดลอง.....	49
ก-4	การวิเคราะห์ความคงทนของอาหารในน้ำ.....	49
ก-5	การวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษ.....	50
ก-6	การชั่งน้ำหนักปลาเพื่อเก็บข้อมูล.....	50

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปลานิลเป็นปลาที่มีถิ่นกำเนิดในแถบลุ่มแม่น้ำไนล์ ซึ่งในปัจจุบันถือว่าเป็นปลาที่ได้รับความนิยมบริโภคเป็นอย่างมาก เนื่องจากราคาไม่แพง มีเนื้อ และรสชาติดี นำไปประกอบอาหารได้หลากหลายประเภท เพาะเลี้ยงได้ง่าย โตเร็ว ปลานิลจึงกลายเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยมีแนวโน้มผลผลิตในประเทศและส่งออกที่ปรับตัวสูงขึ้น ฉะนั้นการทำให้ปลานิลเจริญเติบโตเร็ว มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี ได้ผลผลิตปลานิลออกสู่ตลาดจำนวนมาก ในเวลาอันสั้น เป็นสิ่งที่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลานิลพึงปรารถนา ซึ่งการเพาะเลี้ยงปลานิลให้มีคุณภาพโตเร็ว ต้องอาศัยหลักการจัดการระบบฟาร์ม หรือการจัดการการเลี้ยง อาทิเช่น การจัดการคุณภาพน้ำ การคัดสรรลูกพันธุ์ที่ดี การจัดการป้องกันและกำจัดโรค และอีกด้านหนึ่งที่สำคัญมาก คือ การจัดการด้านอาหาร เนื่องจากต้นทุนค่าอาหาร คิดเป็น 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด (อรพินท์, 2553) ซึ่งถ้ามีการจัดการด้านอาหารที่ดี หรือสามารถลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ ก็จะส่งผลทำให้ต้นทุนการเพาะเลี้ยงปลานิลต่ำลงด้วย ซึ่งวิธีการที่จะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารลงได้นั้น ก็มีด้วยกันหลากหลายวิธี อาทิเช่น การเลือกใช้อาหารให้เหมาะสมกับชนิด ช่วงวัย ขนาดของปลา การให้อาหารในปริมาณที่เหมาะสมรวมถึงความถี่ในการให้อาหารที่เหมาะสมด้วย และการเลือกใช้อัตุติบที่หาได้ง่ายตามท้องถิ่นของตน หรือสิ่งของเหลือทิ้ง นำมาประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำ โดยนำมาเข้ากระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำอย่างง่ายภายในครัวเรือน แทนการใช้อาหารสำเร็จรูปตามท้องตลาดที่มักจะมีราคาสูงกว่า เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำลง ซึ่งวัตถุดิบ หรือสิ่งเหลือทิ้ง ที่จัดหาได้ง่ายของท้องถิ่น เช่น ใบมันสำปะหลัง ข้าวโพดอาหารสัตว์ เมล็ดมะขาม เป็นต้น โดยจังหวัดเพชรบูรณ์มีต้นไม้มะขามและผลไม้ประจำถิ่น ที่ช่วยสร้างชื่อเสียง และรายได้ให้กับท้องถิ่นจังหวัดเพชรบูรณ์เป็นจำนวนมากอย่างต่อเนื่องและยาวนาน คือ มะขามหวาน จนเป็นเอกลักษณ์หนึ่งที่อยู่คู่จังหวัดเพชรบูรณ์ เห็นได้จากเป็นข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในวรรณกรรมแรกของคำขวัญประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ “เมืองมะขามหวาน อุทยานน้ำหนาว ศรีเทพเมืองเก่า เขาค้ออนุสรณ์ นครพ่อขุนผาเมือง” (อนุสร, ม.ป.ป.) มะขามหวานจึงถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้และเป็นของขวัญ ของฝากขึ้นชื่อสำหรับท้องถิ่นจังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งการที่มะขามหวานเป็นที่นิยมบริโภค และถูกนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆมากมาย ย่อมมีส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการแปรรูปมะขามหวานเป็นจำนวนมากเช่นกัน ซึ่งของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการแปรรูปมะขามหวานนั้น มักจะมีเปลือกมะขาม เส้นรมะขาม และเมล็ดมะขาม เมื่อค้นคว้าหาข้อมูลแล้วพบว่า ใน

เมล็ดมะขามนั้น มีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย คือ เมล็ดมะขามประกอบไปด้วยเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) ร้อยละ 20-30 และเนื้อเมล็ดร้อยละ 70-80 นอกจากนี้เมล็ดมะขามยังเป็นแหล่งสำคัญของ โปรตีน ไขมัน กรดอะมิโนที่จำเป็น และคาร์โบไฮเดรต เมล็ดมะขามประกอบไปด้วยสารพอลิแซ็กคาไรด์มากกว่าร้อยละ 65 โปรตีนร้อยละ 15-21 และไขมันร้อยละ 3-8 โดยประมาณ รวมถึงเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ (สิริการและวรางคณา, 2558)

การศึกษานี้จึงมีแนวความคิดที่จะนำเมล็ดมะขามมาเสริมในอาหารปลานิลที่ระดับแตกต่างกัน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพเมื่อดำอาหาร และศึกษาผลของเมล็ดมะขามต่อการเจริญเติบโตของปลานิล โดยผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ อาจใช้เป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์น้ำ โดยการเลือกใช้วัตถุดิบที่จัดหาได้ง่าย มีอยู่ในท้องถิ่นของตน หรือเป็นการนำของเหลือทิ้งกลับมาเพิ่มมูลค่าและใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพิ่มโอกาสแก่เกษตรกรผู้เพาะปลูกมะขามหวาน หรือผู้แปรรูปมะขามหวาน ให้ได้มีรายได้เสริมจากการขายเมล็ดมะขามเหลือทิ้งให้แก่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ผลิตอาหารสัตว์น้ำด้วยตนเอง ถือเป็นประโยชน์ร่วมกันของทั้งสองฝ่ายอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคูณภาพเมื่อดำอาหารของการเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล
2. เพื่อศึกษาผลของการเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล
3. เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตเนื้อหา

ทำการศึกษาคุณภาพเมื่อดำอาหารและผลของการเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล

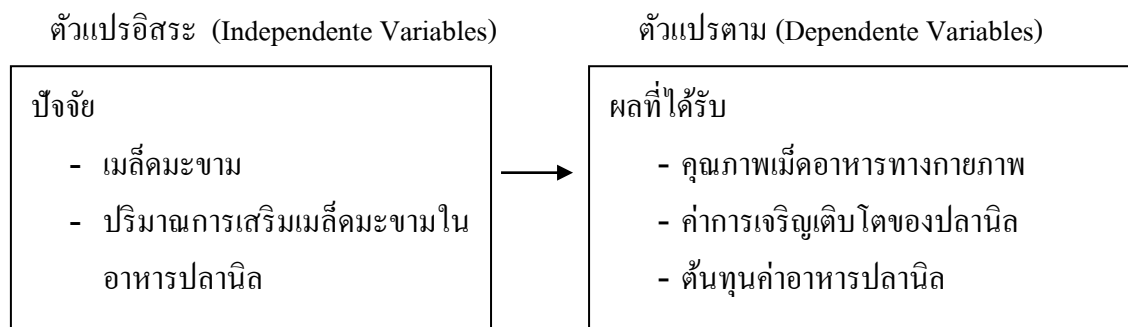
1.3.2 ขอบเขตเวลา

ดำเนินการศึกษาวิจัยในช่วงเวลาปีงบประมาณ 2559

1.3.3 ขอบเขตเป้าหมาย

เกษตรกรผู้แปรรูปมะขามหวาน และเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาเศรษฐกิจ

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย



จากกรอบแนวคิดข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่า จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากปัจจัยเริ่มต้นตัวแปรอิสระ คือ เมล็ดมะขามที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการแปรรูปมะขามหวาน และยังเป็นวัตถุดิบท้องถิ่น หาได้ง่าย ที่มีสรรพคุณมากมาย สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้โดยการเสริมลงไปให้อาหารปลานิลในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน จะทำให้เกิดผลลัพธ์หรือตัวแปรตามที่แตกต่างกัน ทั้งค่าคุณภาพเม็คออาหารทางกายภาพ ค่าการเจริญเติบโตของปลานิลหลังได้รับอาหารเสริมเมล็ดมะขาม และค่าต้นทุนอาหารปลานิล

1.5 คำสำคัญ (keywords) ของโครงการวิจัย

เมล็ดมะขาม, ปลานิล

1.6 ประโยชน์ของการวิจัย

- 1.6.1 เพื่อนำของเหลือทิ้งในท้องถิ่นมาสร้างมูลค่าเพิ่มในด้านการเกษตร ประมง
- 1.6.2 เพื่อเป็นประโยชน์สร้างรายได้เพิ่มต่อเกษตรกร และอุตสาหกรรมท้องถิ่นในการกำจัดของเหลือทิ้งจากการบริโภคและแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม
- 1.6.3 เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการต่อยอดทำวิจัยต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีวิตวิทยาของปลานิล

ปลานิล ถือเป็นปลาน้ำจืดเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากเป็นที่นิยมรับประทาน สามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย โตเร็ว เป็นที่ต้องการของตลาด ซึ่งตามข้อมูลสถิติด้านผลผลิตปลานิลในปี พ.ศ. 2559 มีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าปี พ.ศ. 2557 – 2558 ที่ผ่านมา

ปลานิลมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oreochromis niloticus* (Linn.) ชื่อสามัญว่า Nile Tilapia เป็นพันธุ์ปลาที่มีถิ่นฐานดั้งเดิมแถบบริเวณลุ่มน้ำไนล์ มีลักษณะลำตัวแบนข้าง มีริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาล มีลายพาดขวาง 9-10 แถบ ครีบหลังประกอบด้วย ก้านครีบแข็ง 15-18 อัน และก้านครีบอ่อน 12-14 อัน ครีบกันมีก้านครีบแข็ง 3 อัน ก้านครีบอ่อน 9-10 อัน มีเกล็ดบนเส้นข้างลำตัว 33 เกล็ด เกล็ดข้างลำตัวจากครีบหลัง ถึงเส้นข้างลำตัว 5 เกล็ด และเกล็ดจากเส้นข้างลำตัวลงมาถึงส่วนหน้าของครีบกัน 13 เกล็ด ที่กระดูกแก้มมีจุดเขี้ยว 1 จุด (กรมประมง, 2549)

ปลานิลจัดอยู่ในไฟลัม Chordata ซึ่งเป็นไฟลัมที่รวมสัตว์ไว้มากมายหลากหลายชนิด ได้แก่ ปลา สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม และรวมถึงมนุษย์ด้วย นอกจากนี้ปลานิลยังถูกจัดอยู่ในกลุ่มปลากระดูกแข็ง ซึ่งสามารถจัดอนุกรมวิธานได้ตามลำดับ ดังนี้ (Trewavas, 1983)

Phylum Chordata

Class Actinopterygii

Order Perciforms

Family Cichlidae

Genus *Oreochromis*

Species *niloticus*

2.2 การเพาะเลี้ยงปลานิล

รูปร่างภายนอกของปลานิลตัวผู้และตัวเมีย จะมีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก แต่สามารถแยกได้โดยการสังเกตลักษณะอวัยวะเพศที่บริเวณใกล้กับช่องทวาร โดยตัวผู้จะมีอวัยวะเพศที่มีลักษณะเรียวยาวยื่นออกมา แต่สำหรับตัวเมียจะมีลักษณะเป็นรูค่อนข้างใหญ่และกลม ขนาดปลาที่สามารถแยกเพศได้ชัดเจนจากการสังเกตลักษณะภายนอกนี้ ต้องเป็นปลาที่มีขนาดความยาวตั้งแต่ 10 เซนติเมตรขึ้นไป สำหรับปลาที่โตเต็มวัยแล้ว สามารถแยกเพศได้โดยการสังเกตสีของลำตัว ซึ่งปลาค้าวผู้ที่ได้คางและลำตัวจะมีสีเข้มต่างกับตัวเมีย โดยเฉพาะในช่วงฤดูผสมพันธุ์ สีจะยิ่งเข้มขึ้น

ปลานิลสามารถผสมพันธุ์ได้ตลอดปีโดยใช้เวลา 2-3 เดือนต่อครั้ง แต่ถ้ามีการจัดการที่ดี ได้รับอาหารที่เพียงพอและเหมาะสม ในระยะเวลา 1 ปี จะผสมพันธุ์ได้ 5-6 ครั้ง ขนาดอายุและช่วงการสืบพันธุ์ของปลาแต่ละตัวจะแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม โดยปกติแล้ว ปลานิลขนาดเล็กช่วงระยะวัยรุ่น จะอาศัยรวมกันอยู่เป็นฝูง แต่ภายหลังที่ปลาโตมีขนาด และช่วงวัยที่พร้อมผสมพันธุ์ได้ ปลาค้าวผู้จะแยกออกจากฝูง แล้วเริ่มสร้างรัง โดยเลือกเอาบริเวณเชิงลาดหรือก้นบ่อที่มีระดับน้ำลึกระหว่าง 0.5 – 1 เมตร ปลาจะปักหัวลง โดยที่ตัวของมันอยู่ในระดับที่ตั้งฉากกับพื้นดิน แล้วใช้ปากพร้อมกับการเคลื่อนไหวของลำตัว เพื่อเขี่ยดินตะกอนออก จากนั้นจะอมดินตะกอน จับเศษสิ่งของต่างๆออกไปทิ้งนอกรัง ทำเช่นนี้ จนกว่าจะได้รังที่มีลักษณะค่อนข้างกลมเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 – 35 เซนติเมตร ลึกประมาณ 3-6 เซนติเมตร หลังจากสร้างรังเสร็จเรียบร้อยแล้ว พ่อแม่พันธุ์ปลาจะสร้างอาณาเขต โดยการไล่ปลาตัวอื่นๆให้ออกไปนอกรังมีของรังไข่ประมาณ 2-3 เมตร ขณะเดียวกันพ่อปลาจะแผ่ครีบทหางและอ้าปากกว้าง ในขณะที่ปลาค้าวเมียจะว่ายน้ำอยู่ใกล้ๆรัง และเมื่อเลือกตัวเมีย ได้ถูกใจแล้วก็แสดงอาการจับคู่ โดยว่ายน้ำเคล้าคู่กันไปโดยใช้หางคืบและกอดกันเบาๆ การเคล้าเคลียดังกล่าวใช้เวลาไม่นานนัก ปลาค้าวผู้ก็จะใช้บริเวณหน้าผากคุนที่ได้ท้องของตัวเมียเพื่อเป็นการกระตุ้นเร่งเร้าให้ตัวเมียวางไข่ ซึ่งตัวเมียจะวางไข่ครั้งละ 10-15 ฟอง ปริมาณไข่รวมกันแต่ละครั้งมีปริมาณ 50-600 ฟอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของแม่ปลา เมื่อปลาวางไข่แต่ละครั้ง ปลาค้าวผู้จะว่ายน้ำไปเหนือไข่พร้อมกับปล่อยน้ำเชื้อลงไป ทำเช่นนี้จนกว่าการผสมพันธุ์แล้วเสร็จโดยใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ปลาค้าวเมียจะเก็บไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว โดยการอมไว้ในปาก และว่ายน้ำออกจากรัง ไข่ปลาที่อมไว้โดยปลาค้าวเมียจะพัฒนาการขึ้นตามลำดับ แม่ปลาจะขยับปากให้น้ำไหล เข้าออกในช่องปากอยู่เสมอ เพื่อช่วยให้ไข่ที่อมไว้ได้รับน้ำที่สะอาด ทั้งยังเป็นการป้องกันศัตรูที่จะมากินไข่ ระยะเวลาฟักไข่ที่ใช้แตกต่างกันตามอุณหภูมิของน้ำ สำหรับน้ำที่มีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ไข่จะมีวิวัฒนาการเป็นลูกปลาวัยอ่อนภายใน 8 วัน ปลาแรกฟักจะว่ายวนเวียนรวมฝูงอยู่บริเวณหัวและปากของแม่ปลา และจะมีถุงอาหารติดตัวมาด้วย ซึ่งลูกปลาในระยะนี้จะยังไม่กินอาหาร จะรับสารอาหารผ่านถุงอาหารหรือถุงไข่แดง (yolk sac) จนกว่าถุงไข่แดงจะยุบ เมื่อลูกปลา

มีอายุครบ 13–14 วัน นับจากวันที่แม่ปลาวางไข่ ลูกปลานิลจะเริ่มกินอาหารจำพวกแพลงก์ตอนพืช พืชน้ำ และไรน้ำขนาดเล็กได้ หลังจากนั้นไปประมาณ 3 สัปดาห์ ลูกปลาจะกระจายตัวแตกฝูง ออกไปหากินด้วยตนเอง (กิตติพงศ์, 2553)

การเตรียมบ่อเพาะพันธุ์ ทำได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่

การเพาะเลี้ยงในบ่อดิน ควรเป็นบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีเนื้อที่ตั้งแต่ 50–1,600 ตารางเมตร สามารถกักเก็บน้ำได้สูง 1 เมตร บ่อควรมีเชิงลาดตามความเหมาะสม การเตรียมสภาพ บ่อให้เหมาะสมแก่การเพาะเลี้ยงปลา ทำได้โดยโรยปูนขาวให้ทั่วบ่อในอัตราส่วน 1 กิโลกรัมต่อพื้นที่บ่อ 10 ตารางเมตร ใส่ปุ๋ยคอกแห้ง 300 กิโลกรัมต่อไร่ ตากบ่อทิ้งไว้ประมาณ 2–3 วัน เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินพื้นบ่อ และเพื่อฆ่าเชื้อและป้องกันโรค แล้วจึงทำการสูบน้ำเข้า บ่อผ่านผ้ากรองหรือตะแกรงตาถี่ให้มีระดับสูงประมาณ 1 เมตร การใช้บ่อดินเพาะปลานิล จะมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีอื่น เพราะเป็นบ่อที่มีลักษณะคล้ายคลึงตามธรรมชาติ ได้ผลผลิตสูง ต้นทุนต่ำกว่าการเพาะพันธุ์ด้วยวิธีอื่น

การเพาะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ บ่อจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือทรงกลมก็ได้ มีความลึกประมาณ 1 เมตร พื้นที่ผิวน้ำตั้งแต่ 10 ตารางเมตรขึ้นไป ทำความสะอาดบ่อและเติมน้ำที่กรองด้วยผ้าไนลอนหรือมุ้งลวดตาถี่ให้มีระดับความสูงประมาณ 80 เซนติเมตร ควรมีการใช้เครื่องปั๊มลม ช่วยเพิ่มออกซิเจนในน้ำ การให้อาหารควรให้แค่พออิ่ม ไม่ควรปล่อยให้อาหารเหลือมากนัก เพราะจะเป็นทำให้น้ำเน่าเสีย เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อยครั้ง

การเพาะเลี้ยงในกระชัง ขนาดของกระชังที่ใช้ประมาณ 5 x 8 x 2 เมตร วางกระชังในบ่อดินหรือในแหล่งน้ำธรรมชาติ ให้พื้นกระชังอยู่ต่ำกว่าระดับผิวน้ำประมาณ 1 เมตร ใช้หลักไม้ 4 หลัก ผูกตรงมุม 4 มุม ยึดปากและพื้นกระชังให้แน่น เพื่อให้กระชังจึงตั้ง ปล่อยลูกพันธุ์ปลาโดยคิดเป็นหน่วย ตัวต่อตารางเมตร

การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ โดยการสังเกตลักษณะภายนอกของปลาที่มีความสมบูรณ์เพศแล้ว ปราศจากเชื้อโรคและบาดแผล สำหรับพ่อแม่ปลาที่พร้อมจะวางไข่นั้น สังเกตได้จากอวัยวะเพศ ถ้าเป็นปลาตัวเมียจะมีสีชมพูระเรื่อ ส่วนปลาตัวผู้สังเกตได้จากสีของลำตัว และขนาดของพ่อแม่พันธุ์ ควรมีขนาดใกล้เคียงกัน คือมีความยาวตั้งแต่ 15 – 25 เซนติเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 150–200 กรัม ปริมาณพ่อแม่ปลาที่จะนำไปปล่อยในบ่อเพาะ อัตราส่วน 1 ตัวต่อ 4 ตารางเมตร หรือไร่ละ 400 ตัว ควรปล่อยในอัตราส่วนพ่อพันธุ์ ต่อ แม่พันธุ์ เท่ากับ 2 ต่อ 3 ตัว ส่วนการเพาะปลานิลในกระชังใช้ อัตราส่วนปลา 6 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้พ่อพันธุ์ ต่อ แม่พันธุ์ เท่ากับ 1 ต่อ 3–5 ตัว และใช้พ่อแม่พันธุ์ปลานิลรุ่นใหม่ทุกๆ 2 เดือน เมื่อพ่อแม่พันธุ์ผสมพันธุ์วางไข่แล้ว สังเกตการณ์เพาะฟักของลูกปลา ลูกปลาแรกฟักจะไม่กินอาหารจนกว่าถุงไข่แดงจะยุบ เมื่อถุงไข่แดงของลูกปลายุบลงแล้ว ทำ

การย้ายลูกปลาไปเลี้ยงในบ่ออนุบาลต่อไป โดยให้อาหารธรรมชาติ เช่น พืชน้ำขนาดเล็ก หรือให้อาหารสำเร็จรูปชนิดผงหรือชนิดเกล็ดก็ได้

การเลี้ยงปลานิล นวลมณี (2547) ได้แนะนำแนวทางการเลี้ยงปลานิลในรูปแบบต่างๆที่ได้ผลผลิตสูงมีหลายรูปแบบ ได้แก่

การเลี้ยงในบ่อแบบกึ่งพัฒนา เป็นการเลี้ยงปลานิลในบ่อดินโดยใส่ปุ๋ยเพื่อสร้างอาหารธรรมชาติและมีการให้อาหารสมทบ บ่อเลี้ยงควรเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีขนาดไม่ต่ำกว่า 1 ไร่ มีระดับความลึกประมาณ 1.5 เมตร ซึ่งอาหารธรรมชาติในบ่อนั้นเกิดจากการทำน้ำเขียว ให้เกิดแพลงก์ตอนพืช พืชน้ำขึ้นตามธรรมชาติ ทำได้โดยการเติมน้ำเข้าบ่อให้มีความลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยขาวในอัตราส่วน 200 กิโลกรัมต่อไร่ และเติมปุ๋ยทั้งไว้ประมาณ 7-8 วัน จนน้ำเปลี่ยนสีเป็นสีเขียว จากนั้นเติมน้ำจนได้ระดับ 1-1.2 เมตร เลี้ยงลูกปลานิลแปลงเพศขนาด 2-3 เซนติเมตร อัตราปล่อย 5,000 ตัวต่อไร่ ในระหว่างการเลี้ยง ควรรักษาระดับน้ำในบ่อปลาอย่างสม่ำเสมอ เมื่อเลี้ยงครบ 5 เดือน จะได้ปลานิลขนาดประมาณ 300 กรัม เริ่มให้ปลากินอาหารสำเร็จรูปที่มีปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีน 25-30 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ในอัตรา 3-4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน ให้อาหารวันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 1 เดือน จะได้ผลผลิตปลานิลขนาด 2-3 ตัวต่อกิโลกรัม

การเลี้ยงในบ่อดินแบบพัฒนา เป็นการเลี้ยงปลาในบ่อดินโดยให้ปลากินอาหารสำเร็จรูป บ่อเลี้ยงควรเป็นบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดต่ำกว่า 1 ไร่ มีความลึกประมาณ 1.5 เมตร ควรเติมน้ำเข้าบ่อให้มีความลึกประมาณ 1-1.2 เมตร ใส่ปุ๋ยขาว 200 กิโลกรัมต่อไร่ เลี้ยงลูกปลานิลแปลงเพศขนาด 20-50 กรัม อัตราปล่อย 8,000-10,000 ตัวต่อไร่ ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีน 25-30 เปอร์เซ็นต์ ในอัตรา 3-4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน วันละ 3 ครั้ง ปรับปริมาณอาหารตามขนาดน้ำหนักตัวปลาที่เพิ่มขึ้นในทุกๆเดือน และมีการให้อาการอย่างเพียงพอ โดยเฉพาะช่วงเช้ามืด ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ มีปริมาณต่ำ เมื่อเลี้ยงนาน 5-6 เดือน จะได้ผลผลิตปลานิลขนาด 1-2 ตัวต่อกิโลกรัม

การเลี้ยงในกระชัง เป็นการเลี้ยงปลานิลในกระชังที่อยู่ในบ่อดิน หรือแหล่งน้ำธรรมชาติที่ไม่กีดขวางการสัญจรทางน้ำ โดยกระชังควรมีขนาด 3 x 3 x 2 เมตร หรือ 3 x 5 x 2 เมตร หรือ 4 x 4 x 2 เมตร ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่ ซึ่งสามารถติดตั้งได้โดยการผูกติดอยู่กับที่ หรือติดกับทุ่นลอยน้ำ เลี้ยงลูกปลานิลแปลงเพศขนาด 30-50 กรัม อัตราปล่อย 30-50 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร โดยให้อาหารสำเร็จรูปที่มีปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีน 30-40 เปอร์เซ็นต์ ในอัตรา 3-4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน วันละ 3 ครั้ง และควรมีการเสริมวิตามินซี โดยนำมาคลุกกับอาหารให้ปลากินเป็นช่วงๆ เพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันโรคและลดภาวะเครียด

โดยให้ในอัตรา 2-5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เมื่อเลี้ยงนาน 90-100 วัน จะได้ผลผลิตปลานิลขนาด 1-2 ตัวต่อกิโลกรัม

2.3 สายพันธุ์

ปลานิลได้ถูกนำเข้ามาในประเทศไทยครั้งแรกโดยสมเด็จพระจักรพรรดิอากิฮิโตะ แห่งประเทศญี่ปุ่น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้ทรงเลี้ยงไว้ในบริเวณสวนจิตรลดา และได้พระราชทานพันธุ์ปลานิลที่เพาะพันธุ์ภายในสวนจิตรลดาแก่เกษตรกร ไปขยายพันธุ์ทั่วราชอาณาจักร (รพีพร, 2549) จนในปัจจุบันนี้ทางกรมประมงได้มีการพัฒนาสายพันธุ์ปลานิลให้มีความต้านทานโรค เลี้ยงง่าย โตเร็ว มีปริมาณเนื้อมาก โดยสถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ ได้นำปลานิลสายพันธุ์แท้ ที่มีชื่อว่า ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา ไปดำเนินการปรับปรุงพันธุ์จนได้ปลานิลสายพันธุ์ใหม่ ดังนี้

1. ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 1 เป็นปลานิลที่ปรับปรุงพันธุ์มาจากปลานิลที่มีการคัดพันธุ์แบบคัดเลือกภายในครอบครัว (within family selection) เริ่มดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 จนถึงปัจจุบันเป็นชั่วอายุที่ 7 ซึ่งทดสอบพันธุ์แล้วพบว่า มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลานิลสายพันธุ์ดั้งเดิม



รูปที่ 2-1 ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 1

2. ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 2 (Genetically Male Tilapia; GMT) เป็นปลานิลที่พัฒนาพันธุ์มาจากปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา โดยการปรับเปลี่ยนพันธุกรรมในพ่อพันธุ์ให้มีโครโมโซมเป็น "YY" ที่เรียกว่า "YY - Male" หรือซูเปอร์เมล ซึ่งเมื่อนำพ่อพันธุ์ดังกล่าวไปผสมพันธุ์กับแม่พันธุ์ปกติจะได้ลูกปลานิล เพศผู้ที่เรียกว่า "ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 2 " ซึ่งมีลักษณะเด่นคือเป็นเพศผู้ที่มี

โครโมโซมเพศเป็น "XY" ส่วนหัวเล็กลำตัวกว้าง สีขาวนวล เนื้อหนาและแน่น รสชาติดี ในช่วงอายุ 6–8 เดือน สามารถเจริญเติบโตได้ขนาด 2–3 ตัวต่อกิโลกรัม



รูปที่ 2-2 ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 2

3. ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 3 (Genetically Improved Farmed Tilapia Line: GIFT) เป็นปลานิลที่ปรับปรุงพันธุ์มาจากการผสมพันธุ์ระหว่างปลานิลสายพันธุ์จิตรลดากับปลานิลสายพันธุ์อื่นๆ อีก 7 สายพันธุ์ ได้แก่ อียิปต์ กานา เคนยา สิงคโปร์ เซเนกัล อิสราเอล และได้หวัน จากนั้นจึงดำเนินการคัดพันธุ์ และจึงนำลูกปลาอายุที่ 5 เข้ามาในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2538 สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ จึงดำเนินการปรับปรุงปลานิลสายพันธุ์ดังกล่าวต่อไป ปลานิลสายพันธุ์นี้มีลักษณะเด่นคือ ส่วนหัวเล็ก ลำตัวกว้าง สีเหลืองนวล เนื้อหนาและแน่น รสชาติดี ช่วงอายุ 6–8 เดือน สามารถเจริญเติบโตได้ขนาด 3–4 ตัวต่อกิโลกรัม



รูปที่ 2-3 ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 3

4. ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 4 ได้จากการคัดปลานิลสายพันธุ์ GIFT ของหน่วยงาน WorldFish แล้วนำมาคัดลักษณะเด่นอีกครั้ง จนได้ปลาสีเทาคล้ายปลานิลทั่วไป แต่ส่วนหัวเล็ก ลำตัวกว้าง สันหนา เนื้อมาก เจริญเติบโตเร็วกว่าปลานิลทั่วไป สามารถเลี้ยงได้ในน้ำจืดและน้ำกร่อยไม่เกิน 5 ppt (ส่วนในพื้นส่วน)



รูปที่ 2-4 ปลานิลสายพันธุ์จิตรลดา 4

อ้างอิงข้อมูลจาก : สำนักงานประมงจังหวัดสระบุรี

2.4 ความต้องการสารอาหารของสัตว์น้ำ

อาหาร คือ สิ่งที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยการกิน ดื่มน้ำ แล้วเกิดประโยชน์ต่อร่างกาย ไม่เกิดโทษ เป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิต ใช้ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ให้พลังงานใช้ในการเจริญเติบโต สร้างเซลล์สืบพันธุ์ มีความต้านทานต่อโรค และทำให้กระบวนการต่างๆ ในร่างกายดำเนินไปได้ อย่างปกติ (อรพินท์, 2553)

อาหารถือเป็นแหล่งรวมโภชนะหรือสารอาหาร (nutrients) ต่างๆ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ และน้ำต่างๆ ที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการสร้างภูมิคุ้มกันเพื่อต้านทานโรค ซึ่งสัตว์น้ำจะมีความต้องการโภชนะที่แตกต่างกันไปตามชนิด ช่วงอายุ และขนาดของสัตว์น้ำ (อรพินท์, 2553)

ความต้องการโปรตีน

โปรตีน ถือเป็นสารอินทรีย์ที่มีจำนวนมากที่สุด ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่สุด ที่เรียกว่า กรดอะมิโน (amino acid) ซึ่งแถวของกรดอะมิโนที่มาเรียงกันเป็นสาย และเชื่อมติดต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ จนเป็นโครงสร้างสำคัญในเนื้อเยื่อและอวัยวะของสัตว์น้ำ ในร่างกายของสัตว์ต้องการโปรตีนตลอดช่วงชีวิตในระดับที่ต่างกันไปตามขนาด ช่วงอายุ และชนิดของสัตว์น้ำ โดย

สัตว์น้ำวัยอ่อนจะมีความต้องการโปรตีนในระดับปริมาณที่สูงกว่าสัตว์น้ำที่เติบโตเจริญวัยแล้ว สัตว์น้ำมีความต้องการโปรตีนเช่นเดียวกับสัตว์บกทั่วไป เพื่อซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย เป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการสร้างฮอร์โมน สร้างเอนไซม์ในระบบต่างๆ ของร่างกาย ตลอดจนสร้างองค์ประกอบที่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ โดยสารอาหารโปรตีนนั้น สัตว์น้ำจะได้รับจากอาหาร ทั้งอาหารธรรมชาติ และอาหารสำเร็จรูป ซึ่งวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนของอาหารสำเร็จรูปนั้นมาจากหลายแหล่งที่มา เช่น แหล่งโปรตีนจากพืชมาจาก กากถั่วเหลือง แหล่งโปรตีนจากสัตว์มาจาก ปลาป่น เป็นต้น ความต้องการโปรตีน (%) ในอาหารของสัตว์น้ำบางชนิด (ศรีสกุลและธณชัย, 2539)

ตารางที่ 2-1 ความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำ

ชนิดสัตว์น้ำ	เปอร์เซ็นต์โปรตีน วัยอ่อน - วัยรุ่น	เปอร์เซ็นต์โปรตีน วัยรุ่น - เจริญวัย	เปอร์เซ็นต์โปรตีน โตเต็มวัย - แม่พันธุ์
ปลาดุก	35 - 40	25 - 35	28 - 32
ปลานิล	35 - 40	28 - 35	20 - 30
กุ้งน้ำจืด	25 - 35	-	-
กุ้งทะเล	35 - 40	30 - 35	-

อ้างอิงข้อมูลจาก : วีรพงศ์, 2536

กรดอะมิโนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ กรดอะมิโนที่จำเป็น (Essential amion acid) ซึ่งก็คือกรดอะมิโนที่ร่างกายมีความต้องการ แต่ไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (Non essential amino acid) คือ กรดอะมิโนที่ร่างกายมีความต้องการ แต่สามารถสังเคราะห์เองได้ และมีปริมาณเพียงพอ ไม่จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร สามารถจำแนกให้เห็นได้ชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ชนิดกรดอะมิโน

กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (Essential amino acid)	กรดอะมิโนที่จำเป็น (Non essential amino acid)
Alanine	Arginine
Asparagine	Histidine
Aspartate	Isoleucine
Cysteine	Leucine
Glutamate	Lysine
Glutamine	Methionine
Glycine	Phenylalanine
Proline	Threonine
Serine	Tryptophan
Tyrosine	Valine

ที่มา : <http://themedicalbiochemistrypage.org/amino-acid-metabolism.html>

ความต้องการคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารที่มีไฮโดรเจน (H) คาร์บอน (C) และออกซิเจน (O) เป็นองค์ประกอบ คาร์โบไฮเดรตนั้นถือเป็นแหล่งของพลังงาน เพื่อใช้ในการประกอบกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ และกระดูกของสัตว์บางชนิด เช่น ปู และหอยทาก เป็นต้น

คาร์โบไฮเดรต เรียกอีกอย่างว่า แซ็กคาไรด์ (saccharide) มีทั้งที่มีขนาดของโมเลกุลเล็ก ได้แก่ โมโนแซ็กคาไรด์ (monosaccharide) และไดแซ็กคาไรด์ (disaccharide) ที่มีขนาดใหญ่กว่า เรียกว่า พอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide)

รูปแบบโดยทั่วไปของคาร์โบไฮเดรต มีดังนี้ คือ

1. น้ำตาล (Sugar) เป็นรูปแบบที่ง่ายที่สุดของคาร์โบไฮเดรตและย่อยได้ง่าย พบในนม ผลไม้ น้ำผึ้ง และผักบางชนิด
2. แป้ง (Starch) เป็นรูปแบบที่ค่อนข้างสลับซับซ้อนและย่อยยาก พบมากในข้าว ข้าวโพด มันชนิดต่างๆ และพืชอื่นๆ
3. เซลลูโลส (Cellulose) เป็นรูปแบบที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนมากที่สุดของคาร์โบไฮเดรต พบในลำต้นของหญ้า เนื้อไม้ เปลือกของผลไม้ สัตว์ที่จะใช้ประโยชน์ ได้แก่ พวก

สัตว์กินพืช โดยที่อาศัยแบคทีเรียช่วยย่อยเซลลูโลสให้แตกตัวเป็นคาร์โบไฮเดรตในรูปแบบง่ายๆ ที่สามารถย่อยและดูดซึมได้ดีขึ้น จากนั้นก็จะถูกเอนไซม์ภายในร่างกายนำเข้าสู่ร่างกายไปใช้ประโยชน์ต่อไป (<http://www.vcharkarn.com/lesson/1046>)

ความต้องการคาร์โบไฮเดรตของสัตว์น้ำนั้น พบว่าสัตว์กินพืชจะใช้ประโยชน์จากแป้งได้มากกว่าสัตว์กินพืชและสัตว์กินเนื้อ เนื่องจากมีเอนไซม์ย่อยแป้งในปริมาณที่มากกว่า และมีความยาวของลำไส้ที่ยาวกว่า มีพื้นที่ในการย่อยแป้งได้มากกว่า ทำให้สูตรอาหารสำหรับปลากินพืชจะมีปริมาณแป้งเป็นส่วนผสมในปริมาณที่มากกว่าสูตรอาหารสำหรับปลาประเภทอื่นๆ เพื่อลดต้นทุนการผลิตอาหารปลา จากการศึกษาพบว่าปลากินพืชจะมีเอนไซม์ย่อยแป้งมากกว่าปลากินเนื้อถึง 80 เท่าด้วยกัน

Anderson et al. (1984) รายงานว่าปลานิลที่ได้รับдекซ์ทริน และแป้งข้าวโพดที่ระดับปริมาณต่างกันคือ 10 เปอร์เซ็นต์, 25 เปอร์เซ็นต์ และ 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับдекซ์ทรินและแป้งข้าวโพดที่ระดับปริมาณเพิ่มขึ้น โดยปลานิลจะเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อได้รับдекซ์ทรินและแป้งข้าวโพดที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์

ความต้องการไขมัน

ไขมัน เป็นสารอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในสารละลายแอลกอฮอล์ อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม และเบนซิน ไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูงสุดต่อหน่วย เมื่อเทียบกับสารอาหารชนิดอื่น และเป็นพลังงานที่ร่างกายสามารถเก็บสะสมไว้ได้ สำหรับหน้าที่ของไขมันนั้นมีดังนี้

1. เป็นแหล่งของพลังงาน โดยเป็นแหล่งพลังงานสูงสุด ซึ่งไขมัน 1 กรัม สามารถให้พลังงานได้ถึง 9 กิโลแคลอรี และสัตว์น้ำสามารถย่อย และดูดซึมไขมันไปใช้ได้

2. เป็นสื่อ ช่วยนำ และดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ, ดี, อี และเค ไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย

3. เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้สารที่ละลายได้ในไขมัน เช่น พวกฮอร์โมนและวิตามินซึมออกสู่ภายนอกเซลล์ และยังป้องกันน้ำจากภายนอกเซลล์ไม่ให้ซึมเข้ามาภายในเซลล์

4. เป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งเป็นหน่วยย่อยที่เป็นสารตั้งต้นในการผลิตฮอร์โมนหรือสารสำคัญ ที่นำมาใช้ประโยชน์ต่อกิจกรรมต่างๆ ของร่างกาย

5. เป็นแหล่งของกรดฟอสโฟลิปิด ซึ่งนอกจากจะเป็นส่วนประกอบหลักของผนังเซลล์แล้ว ฟอสโฟลิปิดยังทำหน้าที่เป็นสื่อ ช่วยนำกรดไขมันชนิดต่างๆ จากลำไส้ไปยังตับ และส่วนอื่นๆ ของร่างกาย

ไขมันประกอบด้วยหน่วยย่อย คือ กรดไขมัน และกรดไขมันสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acid) เป็นกรดไขมันที่มีสายโมเลกุลสั้น และพันธะที่เชื่อมต่อแต่ละโมเลกุลเข้าด้วยกัน เป็นพันธะเดี่ยว จึงทำให้มีจุดหลอมเหลวสูง (มากกว่า 60 องศาเซลเซียส) ดังนั้นกรดไขมันชนิดนี้จึงมีความแข็ง และสามารถแข็งตัวได้ที่อุณหภูมิห้อง น้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น น้ำมันหมู น้ำมันวัว เหล่านี้จะอยู่ในสภาพที่เป็นไข และมีสภาพแข็งตัวเมื่ออยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acid) เป็นกรดไขมันที่ประกอบด้วยสายโซ่ที่มีคาร์บอนเป็นสายยาวประมาณ 18 – 22 คาร์บอน และมีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุลตั้งแต่ 1 - 6 พันธะคู่ กรดไขมันชนิดนี้จึงมีจุดหลอมเหลวต่ำ และไม่เป็นไข

กรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 6 และ โอเมก้า 3 จัดเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อสัตว์น้ำ เพราะสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมันสองกลุ่มนี้ขึ้นได้เองภายในร่างกาย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหาร ปริมาณความต้องการกรดไขมันที่จำเป็นนี้ของสัตว์น้ำนั้น ทั้งชนิดและปริมาณของกรดไขมัน สัตว์น้ำจะมีความต้องการแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด และช่วงอายุของสัตว์น้ำ

2.5 โรคปลาและการป้องกันรักษา

สาเหตุการเกิดโรคของปลามีอยู่หลายสาเหตุด้วยกัน การเลี้ยงปลาในปัจจุบันเกิดความจากปัญหาปลาเป็นโรค ติดเชื้อมาก่อนเกิดโรคระบาด ซึ่งเชื้อมาก่อนโรคที่สำคัญมีอยู่ 4 ชนิด ได้แก่ ไวรัส แบคทีเรีย เชื้อรา และปรสิต ที่เข้าทำอันตรายต่อปลาโดยตรง โดยเข้าทำลายอวัยวะภายในของปลา เช่น ไต ตับ และยังทำลายอวัยวะภายนอก เช่น เหงือก ผิวหนัง เกล็ด และลำตัวของปลาอีกด้วย

โรคที่เกิดจากปรสิต มีหลายชนิด ซึ่งปรสิตจะเกาะตามลำตัว ซอกเกล็ด หรือผิวหนังของปลา พบได้ทั้งภายนอกและภายในตัวปลา บางชนิดทำให้ปลาดายได้ บางชนิดทำให้ปลาเกิดอาการระคายเคือง ทำให้เกิดบาดแผล อ่อนแอ กินอาหารน้อยลง ว่ายน้ำผิดปกติ เสียการทรงตัว ปรสิตก่อโรคที่พบบ่อย เช่น เห็บปลา หนอนสมอ เห็บระฆัง ปลิงใส เป็นต้น

โรคที่เกิดจากเชื้อรา ส่วนใหญ่เกิดขึ้นเฉพาะปลาที่ได้รับความบอบช้ำมาก่อน หรือปลาที่มีอาการอ่อนแอ ภูมิคุ้มกันต่ำ โรคค้ำ เช่น ปลาที่มีบาดแผล หรือรอยขีดข่วน มีอาการตกเลือด ครีบกร่อนฉีกขาด หรือบอบช้ำจากการขนส่ง มักจะติดเชื้อจากเชื้อราเป็นภาวะแทรกซ้อน

โรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรียถือเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคในปลาและสร้างความเสียหายมากที่สุด เช่น ทำให้เกิดโรคตัวดำ เมื่อเป็นแล้วรักษาไม่ได้ เมื่อปลาได้รับเชื้อแบคทีเรียก่อโรคแล้ว จะแสดงอาการตกเลือด มีแผลตามลำตัว ครีบกร่อน ท้องบวม ตาโปน

โรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส จะมีความจำเพาะเจาะจงในการเข้าทำลาย และก่อโรค แต่ละชนิด แต่ละสายพันธุ์จะเข้าทำลาย และมีการก่อโรคที่แตกต่างกันออกไป เมื่อมีการติดเชื้อหรือได้รับเชื้อไวรัสแล้ว รักษาได้ยาก เนื่องจากเชื้อมีความจำเพาะสูง แพ้ระบาดเร็ว การใช้ยาจำเป็นต้องมีความจำเพาะเจาะจงตามการก่อโรค เชื้อไวรัสจึงทำให้เกิดความเสียหายต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นอย่างมาก เพราะบางชนิดอาจแสดงอาการชัดเจน แต่บางชนิดอาจไม่แสดงอาการ หรือได้รับเชื้อเพียงไม่กี่วัน ก็ทำให้เกิดการตายในสัตว์น้ำได้เลย เช่น โรคหัวเหลือง, โรคตัวแดงดวงขาว, โรคตายด่วน (EMS) ในกุ้งทะเล เป็นต้น

การป้องกันและรักษา (นฤชยา, 2553)

1. มีการเตรียมบ่อ เตรียมกระชังและอุปกรณ์อย่างถูกวิธีเพื่อป้องกัน โรคที่จะเกิดกับสัตว์น้ำ
2. มีการเฝ้าระวัง เมื่อสัตว์น้ำมีอาการผิดปกติไม่ควรใช้ยาและสารเคมีทันที ควรพิจารณาด้านการจัดการ เช่น การเปลี่ยนถ่ายน้ำ เพิ่มอากาศ ก่อนใช้ยาและสารเคมี
3. ในกรณีที่สัตว์น้ำป่วย จำเป็นต้องใช้ยาและสารเคมี ให้ใช้ยาและสารเคมีที่ขึ้นทะเบียนถูกต้อง และปฏิบัติตามฉลากอย่างเคร่งครัด
4. มีการทำความสะอาดบ่อเลี้ยง หรือกระชังอย่างสม่ำเสมอ ตลอดการเลี้ยง
5. ไม่ใช้ยาและสารเคมีต้องห้ามตามประกาศทางราชการ
6. เมื่อสัตว์น้ำป่วยหรือมีการระบาดของโรค ต้องแจ้งเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ มีวิธีการจัดการซาก และน้ำทิ้งที่เหมาะสม

2.6 อาหารสัตว์น้ำ

อาหารสัตว์น้ำ ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจาก การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะประสบผลสำเร็จได้นั้น ต้องอาศัยปัจจัยหลักๆ สามปัจจัย ได้แก่ พันธุ์สัตว์น้ำที่ดี โตเร็ว เลี้ยงและจัดการได้ง่าย ปลอดโรคและมีความต้านทานโรค ปัจจัยที่สองได้แก่ อาหารที่ดี มีคุณภาพ มีปริมาณสารอาหารเพียงพอ และครบถ้วนตามความต้องการโภชนาของสัตว์น้ำชนิดนั้นๆ และปัจจัยที่สามได้แก่ การจัดการด้านการเลี้ยงที่ดี รวมถึงการเตรียมบ่อ การจัดการคุณภาพน้ำ การป้องกันและรักษาโรค (อรพินท์, 2553)

สัตว์น้ำจะมีการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ ขยายพันธุ์และดำรงชีวิตอยู่ได้นั้น จำเป็นต้องได้รับพลังงาน สารอาหารที่เพียงพอและครบถ้วนตามความต้องการของสัตว์น้ำแต่ละชนิด ซึ่งพลังงานและสารอาหารนั้น จะได้รับจากอาหาร ซึ่งในปัจจุบันมีการคิดค้นสูตรอาหาร และผลิตออกมาเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูป ที่มีสูตรเฉพาะกับชนิดของสัตว์น้ำ ช่วงวัย หรือขนาดของสัตว์น้ำ ซึ่งการเลือกใช้อาหารที่เหมาะสมกับสัตว์น้ำ จะช่วยให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตและมีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้น ต้นทุนการผลิตถูกลง ผลผลิตตอบแทนที่สูงขึ้น (อมรรัตน์, 2548) ซึ่งโดยปกติแล้ว ต้นทุนค่าอาหาร คิดเป็น 60-80 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด ถ้ามีความรู้ในการจัดการด้านอาหาร ก็จะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ หรือรู้จักประยุกต์ใช้เศษวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ของเหลือทิ้งจากพืชผลทางการเกษตร หรือวัตถุดิบที่หาได้ง่าย ราคาถูก ตามท้องถิ่น นำมาประยุกต์ใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำ เป็นการลดต้นทุนค่าอาหารในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอีกทางหนึ่งด้วย (อรพินท์, 2553)

ชนิดของอาหารสัตว์น้ำ (เวียง, 2543)

อาหารธรรมชาติ คือ อาหารของสัตว์น้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ สัตว์น้ำสามารถหากินได้เองตามแหล่งน้ำ เช่น พืชน้ำ สาหร่าย แพลงก์ตอน ไรแดง ไรน้ำเค็ม และตัวอ่อนของแมลง

อาหารผสมสำเร็จหรืออาหารสำเร็จรูป คือ อาหารที่ผ่านการคำนวณสูตรอาหารโดยคำนวณตามความต้องการสารอาหารหรือโภชนะสำหรับสัตว์น้ำชนิดนั้นๆเป็นหลัก โดยเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด ปลาขี้ขาว ข้าวโพด เป็นต้น มาผ่านกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำสำเร็จรูป ออกมาเป็นรูปแบบต่างๆ ให้สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดพันธุ์ ขนาด และช่วงวัยของสัตว์น้ำ ได้แก่

อาหารผง ประกอบด้วยวัตถุดิบอาหารชนิดต่างๆ ที่มีลักษณะแห้งและเป็นผงละเอียดมาผสมรวมกัน และโรยให้ปลากิน หรือผสมน้ำปั่นเป็นก้อนให้ปลากิน เหมาะสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อน

อาหารเม็ดจมน้ำ ทำมาจากวัตถุดิบอาหารชนิดต่างๆ ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันนำมาผ่านเครื่องอัดเม็ด ที่มีอุณหภูมิและความดันภายในเครื่องไม่สูงมากนัก อาหารจะอัดออกมาในลักษณะเป็นท่อนๆ แล้วจึงนำไปผึ่งลมให้แห้ง จึงจะเก็บรักษาไว้ได้นาน

อาหารเม็ดลอยน้ำ เป็นอาหารที่ผ่านกรรมวิธีคล้ายกับการผลิตอาหารเม็ดจมน้ำ แต่ผ่านเครื่องอัดเม็ดที่มีความดัน และอุณหภูมิสูง ทำให้เม็ดอาหารที่ได้มีลักษณะพองตัว เบา และลอยน้ำได้

กระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำ (อรพินท์, 2553)

กระบวนการในการผลิตอาหารสัตว์น้ำนั้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

การบด เป็นขั้นตอนของการลดขนาดของวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำ ให้มีความละเอียด เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอาหารให้ดีขึ้น อาหารสำเร็จรูปที่ได้ จะมีความแน่น และมีความคงทนของอาหารสูง

การชั่งน้ำหนัก เป็นการนำวัตถุดิบที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว มาชั่งน้ำหนักให้ได้ ตามสูตรอาหารที่คำนวณไว้

การผสม เป็นขั้นตอนของการนำเอาวัตถุดิบที่ชั่งน้ำหนักตามสูตรอาหารแล้ว มาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ทำให้วัตถุดิบทุกชนิดผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

การอัดเม็ด เป็นกระบวนการขึ้นรูปอัดเม็ด ผ่านเครื่องอัดอาหาร โดยการนำวัตถุดิบ ที่ผสมเข้ากันดีแล้ว เทใส่เครื่องอัด และจะผ่านความร้อน ความดันของเครื่องอัดอาหาร มายังหน้า เป็นอัดอาหารที่มีอยู่หลายขนาด สามารถเลือกใส่ได้ตามความต้องการของขนาดเม็ดอาหาร และจะมีใบมีด คอยตัดอาหารให้ออกมาเป็นเม็ดสำเร็จรูป

การทำให้แห้งและเย็น เป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยการนำเม็ดอาหารที่ผ่านเครื่องอัดอาหารแล้ว มาผึ่งลมในที่ร่ม หรืออบให้แห้ง เพื่อไล่ความชื้น ป้องกันการเกิดเชื้อรา ยืดอายุการเก็บรักษา ทำให้เก็บรักษาได้ง่ายขึ้นด้วย

2.7 มะขาม

ชื่อสามัญภาษาไทย : มะขาม

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Tamarindus indica* Linn.

ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ : Tamarind

ชื่ออื่นๆ : ขาม, ตะลูน, ม่องโคลัง, อำเปยล, หมากราง และส้มอเกล (ศิริพร, 2545)

มะขาม เป็นไม้เขตร้อน ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกาแถบประเทศซูดาน และได้มีการนำเข้ามาในประเทศแถบทวีปเอเชียและประเทศแถบลาตินอเมริกา และในปัจจุบันมีมากในประเทศเม็กซิโก (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2558) จัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ สูงประมาณ 15 – 25 เมตร ลำต้นมีความแข็งแรง แตกกิ่งก้านสาขาตรงส่วนยอดของต้น เปลือกลำต้นมีสีน้ำตาลอ่อนและมีผิวสัมผัสที่มีความขรุขระ มีลักษณะเป็นร่องเล็กๆ ส่วนของใบนั้น จะจัดเป็นใบประกอบแบบขนนก มีสีเขียวแก่ ใบออกเป็นคู่ แยกออกจากก้าน 2 ข้าง แต่ละก้านมีใบอยู่ประมาณ 10-18 คู่ ลักษณะใบย่อยเป็นรูปขอบขนานปลายและโคนใบโค้งมน ขนาดกว้าง 2-5 มิลลิเมตร ยาว 1-2 เซนติเมตร ช่อดอกออกบริเวณซอกใบหรือปลายกิ่ง ดอกย่อยมีขนาดเล็ก กลีบดอกสีเหลืองและมีจุด

ประติแดงอยู่กลางดอกและมีกลิ่นหอม เมื่อดอกร่วงแล้วจะติดผล ซึ่งผลมีลักษณะเป็นฝักคล้ายทรงกระบอกยาวประมาณ 3-20 เซนติเมตร ฝักอ่อนมีเปลือกสีเขียวอมเทา เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เปลือกของฝักจะแข็งขึ้นและกรอบหักง่าย เนื้อมะขามมีรสเปรี้ยว และหวานเป็นผลไม้ที่คนส่วนใหญ่ชอบรับประทาน เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีแสงแดดส่องถึง ขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด หรือการตอนกิ่งก็ได้ (แหล่งเรียนรู้ข้อมูลสมุนไพร, 2557)



รูปที่ 2-5 ลักษณะลำต้นของมะขาม
ที่มา : สถาบันวิจัยและพัฒนาที่สูง, 2553



รูปที่ 2-6 ลักษณะใบของมะขาม
ที่มา : สถาบันวิจัยและพัฒนาที่สูง, 2553



รูปที่ 2-7 ใบอ่อนของมะขาม
ที่มา : แหล่งเรียนรู้ข้อมูลสมุนไพร, 2557

รูปที่ 2-8 ลักษณะดอกของมะขาม
ที่มา : แหล่งเรียนรู้ข้อมูลสมุนไพร, 2557



รูปที่ 2-9 ลักษณะฝักของมะขาม

ที่มา : แหล่งเรียนรู้ข้อมูลสมุนไพร, 2557



รูปที่ 2-10 ลักษณะเมล็ดมะขาม

ที่มา : แหล่งเรียนรู้ข้อมูลสมุนไพร, 2557

มะขาม เป็นพันธุ์ไม้มงคลพระราชทานและเป็นต้นไม้ประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งในประเทศไทยจะมีด้วยกันสองชนิด คือ มะขามเปรี้ยวและมะขามหวาน โดยมะขามหวานก็จะมีหลากหลายสายพันธุ์แยกย่อยไปอีก ในบางครั้งก็มีการเรียกมะขามตามลักษณะของฝัก เช่น มะขามขี้แมว คือ มะขามฝักกลม มะขามกระดาน คือมะขามฝักแบน มะขามข้อเดียวคือมะขามที่ฝักมีข้อเดียวออกกลมป้อม (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2558)

มะขามหวานถือเป็นพืชเอกลักษณ์ และพืชเศรษฐกิจของจังหวัดเพชรบูรณ์มาแต่ดั้งเดิมจนได้ชื่อว่า เมืองมะขามหวาน ซึ่งมะขามหวานของจังหวัดเพชรบูรณ์ก็มีหลายสายพันธุ์ เช่น พันธุ์หมื่นจง พันธุ์สีทอง (พันธุ์นายหยัด) พันธุ์อินทผลัม พันธุ์สีชมพู พันธุ์ปากคูก พันธุ์นายเบื่อง พันธุ์หลังเตก พันธุ์น้ำผึ้ง พันธุ์โป่งคูน พันธุ์ผู้ใหญ่มาก เป็นต้น

พันธุ์หมื่นจง เป็นต้นพันธุ์ที่มีชื่อตามบุคคลที่ทำการปลูก คือ หมื่นจงประชากิจ (ฉิม พุทธสิมมา) แต่ไม่มีหลักฐานว่าหมื่นจงประชากิจได้นำพันธุ์มาจากที่ใด เป็นพันธุ์ที่ให้ผลอย่างสม่ำเสมอ ลักษณะฝักมีความโค้งเกือบครึ่งวงกลม รสชาติหวานจัด มีน้ำตาลร้อยละ 42 และมีกรดทาทาริคร้อยละ 1.90

พันธุ์สีทอง หรือพันธุ์นายหยัด เป็นพันธุ์ที่กลายมาจากพันธุ์หมื่นจง ลักษณะใบใหญ่มีความหนา ถ้าสมบูรณ์เต็มทีขนาดใหญเทียบเท่าใบต้นแค ยอดอ่อนออกใหม่มีสีชมพูอมแดง ฝักมีลักษณะกลม มีขนาดใหญ่มากโค้งเล็กน้อย ลักษณะเนื้อค่อนข้างหนา ล่อนออกจากเปลือก มีสีเหลืองอมน้ำตาล รสชาติหวานสนิท มีน้ำตาลร้อยละ 42 - 44 จำนวนฝักต่อกิโลกรัม 30 - 35 ฝัก

พันธุ์อินทผลัม เป็นมะขามพันธุ์เบา ฝักมีลักษณะตรง อาจจะมีมีความโค้งบ้างเล็กน้อย รสชาติอมเปรี้ยวอมหวาน ฝักจะสุกดีในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม – มกราคม

พันธุ์ประกายทอง ซึ่งมีชื่อเดิมว่า พันธุ์ตาเป๊ะ ปลูกครั้งแรกอำเภอชนแดน จังหวัด เพชรบูรณ์ ลักษณะประจำพันธุ์ คือเป็นพันธุ์กลาง ออกดอกและติดผลในเดือนพฤษภาคม และผลจะ สุกในเดือนมกราคม ผลมีลักษณะยาว มีขนาดใหญ่ โค้งงอ ไม่มีเหลี่ยม เมื่อผลสุกเปลือกจะบางเป็น สีน้ำตาล เนื้อมีความหนารสชาติหวานฉ่ำ เนื้อสัมผัสเป็นทรายๆ เหมือนการตกทราย มีสีน้ำตาล เมล็ด มีขนาดเล็กเล็ก

พันธุ์ศรีชมภู หรือที่เรียกกันว่า ศรีชมภูทองปลิง มีนายอุดม ศรีชมภู เป็นผู้ตั้งชื่อ มะขามพันธุ์นี้ ลักษณะประจำพันธุ์ คือเป็นพันธุ์เบา ผลมีลักษณะตรง กลม บริเวณท้องผลจะแบน เหมือนท้องปลิง เริ่มออกผลในเดือนพฤษภาคม และผลจะสุกในเดือนธันวาคม ผลที่สุกแล้วจะมี เปลือกบาง สีน้ำตาล เนื้อของผลมีความหนา และล่อนออกจากเปลือก เมล็ดมีขนาดเล็ก รสชาติ หวานกรอบ

พันธุ์ปากดุก ตั้งชื่อตามถิ่นฐานเดิมที่มีการปลูก คือที่บ้านคลองปากดุก มะขาม หวานพันธุ์นี้เป็นพันธุ์กลาง ติดผลในเดือนพฤษภาคม ผลสุกในเดือนธันวาคม ลักษณะผลมีความ โค้งแบนเล็กน้อย หรือโค้งปานกลาง ผลที่สุกแล้วจะมีสีน้ำตาล เนื้อหนาหวานฉ่ำ

พันธุ์น้ำผึ้ง มะขามหวานพันธุ์นี้เป็นพันธุ์เบา ติดผลในเดือนพฤษภาคม ผลสุกใน เดือนธันวาคม ลักษณะผลมีขนาดเล็กยาว โค้งงอมาก ผลสุกแล้วจะมีเนื้อหนา รสชาติหอมหวาน คล้ายน้ำผึ้ง แต่จะมีรสฝาดปนอยู่ด้วย (อนุสรฯ, มปป.)

พันธุ์ขันติ เป็นพันธุ์ที่ตั้งชื่อตามผู้ที่นำมาปลูกคนแรก คือ นายขันติ แก้ววงศ์ ดันมี ขนาดเล็กกว่าพันธุ์อื่นๆ เปลือกของลำต้นเป็นสีเทา เกือบของเปลือกเรียบเล็กใบเล็กกว่าทุกพันธุ์ ยอดอ่อนสีเขียวอมชมพูเล็กน้อย ทรงพุ่มกว้าง มีกิ่งแขนงมาก ผลใหญ่กลมตรงคล้ายพันธุ์ศรีชมภู แต่ท้องผลไม่แบน เปลือกผลหนาสีน้ำตาลเข้ม และเปลือกหนากว่าพันธุ์ศรีชมภู เนื้อสีน้ำตาลแดง เยื่อหุ้มเมล็ดหนาและเหนียว รสสัมผัสเนื้อนุ่มกว่าพันธุ์ศรีชมภู รสชาติหวานหอม การติดผลดี ผล ตกสม่ำเสมอทุกปี ติดผลเร็ว จะเก็บผลได้ เดือนมกราคม

พันธุ์ประกายเพชร ทรงต้นกว้างคล้ายพันธุ์สีทอง แตกกิ่งใหม่ๆกิ่งค่อนข้างโตแล้ว กิ่งจะย่อยลงทำให้ทรงพุ่มไม่สูงมาก สีของดอกมีสีส้มอมเหลือง มีลักษณะของคล้ายผลพันธุ์สีทอง แต่โค้งไม่เท่าพันธุ์สีทอง ผลใหญ่กว่ามะขามหวานพันธุ์อื่นๆ อีกทั้งมีรูปของผลโค้งแบนคล้ายกับรูป ตัวซี (C) และมีเปลือกหนาแข็งแรง สีของเนื้อมีสีน้ำตาล น้ำหนักผลเฉลี่ยประมาณ 400 กรัมต่อผล รสชาติหวาน (สถาบันมะขามหวาน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, มปป.)

สรรพคุณและการนำไปใช้ประโยชน์

สรรพคุณทางยา (แหล่งเรียนรู้ข้อมูลสมุนไพร, 2557 และ สมพร, 2551)

ใบสด มีรสเปรี้ยวฝาด ใช้เป็นยาระบาย ขับลม แก้โรคมืด แก้ไอ รักษาหวัด ขับเสมหะ หรือใช้เป็นยาภายนอกเพื่อหยอดตา รักษาอาการเยื่อตาอักเสบ หรือแก้อาการตาพร่ามัวได้

ดอกสด ช่วยลดความดันสำหรับผู้ที่มีความดันโลหิตสูง

เนื้อหุ้มเมล็ด ใช้เป็นยาระบายหรือยาถ่าย แก้อาการท้องผูก ขับเสมหะ แก้ไอ หรือขับกระหาย

ฝักดิบ นิยมใช้พอกเลือด และใช้เป็นยาระบาย ช่วยลดอุณหภูมิในร่างกายได้

เนื้อในฝักแก่ของมะขามเปียก ช่วยแก้อาการไอและขับเสมหะ

เมล็ดในสีขาว เป็นยาถ่ายพยาธิ

เปลือกต้น ช่วยลดไข้ แก้อาการร้อน

แก่น ช่วยขับโลหิต และเสมหะ ช่วยให้มีคลุกเข้าอยู่

ราก ช่วยแก้อาการท้องร่วง รักษาโรคริม และโรคนิ่วได้ดี

เปลือกเมล็ด ช่วยสมานแผลที่ปาก คอ ลิ้นและตามร่างกาย หรือใช้เพื่อรักษาแผลสด แผลไฟลวก หรือแผลจากโรคเบาหวาน

การนำไปใช้ประโยชน์

1. ยาถ่ายพยาธิ ให้กะเทาะเปลือกเมล็ดแล้วเอาเนื้อในเมล็ดมาแช่น้ำเกลือจนเนื้อนุ่มรับประทานครั้งละ 20-30 เมล็ด

2. ยาระบายและยาถ่าย ให้แกะเนื้อที่หุ้มเมล็ดมะขามเปียกประมาณ 15-30 กรัม รับประทานจิ้มเกลือและดื่มน้ำตามมากๆ

3. แก้อาการท้องร่วง นำเมล็ดมะขามมาคั่วจนเกรียม แล้วกะเทาะเปลือกรับประทาน หรือนำเปลือกสดหรือแห้ง ประมาณ 15-30 กรัม ต้มน้ำหรือน้ำปูนใส เพื่อดื่มรับประทาน

4. รักษาแผล นำเมล็ดมากะเทาะเปลือกต้มให้เดือดแล้วนำมาพอกที่แผล

5. แก้ไอและขับเสมหะ นำเนื้อในฝักแก่หรือมะขามเปียก รับประทานจิ้มเกลือ

6. ลดความดันโลหิต นำดอกสดมาปรุงอาหาร เช่น แกงส้ม เป็นต้น

2.8 เมล็ดมะขาม

เมล็ดมะขามเป็นของเหลือทิ้ง (by product) ของอุตสาหกรรมการแปรรูปมะขาม เช่น มะขามเปียก หรือผลิตภัณฑ์จากมะขามต่างๆ ได้แก่ มะขามคลุก มะขามกวน มะขามแช่อิ่ม ซอสมะขาม มะขามจี๊ดจ๊าด เป็นต้น ซึ่งปริมาณของเมล็ดมะขามที่เหลือทิ้ง มีเป็นจำนวนมาก เช่น การ

แปรรูปมะขามเปียก จำนวน 1 กิโลกรัม จะได้เมล็ดประมาณ 200 – 300 กรัม ซึ่งปริมาณเมล็ดมะขามจะแปรผันตรงกับความต้องการของตลาด และปริมาณการแปรรูปมะขามที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ทั้งที่จำหน่ายภายในประเทศ และส่งออกไปยังต่างประเทศ (ชุมพล, 2544) โดยประเทศไทยถือเป็นประเทศที่มีการส่งออกมะขามและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะขาม เป็นอันดับที่สองของทวีปเอเชีย ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ทำรายได้ให้กับประเทศเป็นอย่างมาก ซึ่งตลาดต่างประเทศ หรือประเทศคู่ค้ามะขามทั้งในรูปของฝักสด และผลิตภัณฑ์แปรรูปต่างๆ ที่สำคัญของไทย คือ สหรัฐอเมริกา มาเลเซีย สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ กัมพูชา เป็นต้น และในปัจจุบันจากปริมาณเมล็ดมะขามเหลือทิ้งที่มาก จึงเกิดการซื้อขายเพื่อนำมาวิจัยต่อยอด โดยมีการซื้อขายกันในราคา กิโลกรัมละ 2 – 3 บาท (กรวัฒน์, 2559)

เมล็ดมะขาม ประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ คือส่วนที่เป็นเปลือกเมล็ด คิดเป็นร้อยละ 30 - 35 และส่วนที่เป็นเนื้อในเมล็ด คิดเป็นร้อยละ 65 – 70 (ภักศิริ, 2556) ซึ่งโครงสร้างองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเนื้อในเมล็ดมะขามจะประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรต ถึงร้อยละ 60 – 65 (ศิริรัตน์, 2539) และคาร์โบไฮเดรตในเนื้อในเมล็ดมะขามมีคุณสมบัติเป็นเจลโลส (Jellöse) เป็นสารให้ความเหนียว และช่วยเป็นตัวประสานให้น้ำกับน้ำมันเข้ากันได้ดี ปัจจุบันจึงมีการสกัด นำเนื้อในเมล็ดมะขามมาบดให้เป็นผง จนได้เป็นผงเนื้อในเมล็ดมะขาม (Tamarind Kernel Powder : TKP) ใช้ในอุตสาหกรรมเส้นใย อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น (พวงเพ็ชร, 2521)

เนื้อในของเมล็ดมะขาม มีคุณประโยชน์มากมาย โดยมีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

ตารางที่ 2-3 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อในเมล็ดมะขาม

องค์ประกอบ	ค่าปริมาณ (ร้อยละ)
โปรตีน	15 - 21
ไขมัน	4 - 8
โพลีแซคคาไรด์	65 - 72
เยื่อใย	2.5 - 8
ความชื้น	11.5 – 22.5

ดัดแปลงจาก : วันแข็ง (2553)

ตารางที่ 2-4 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดมะขามคั่ว ในปริมาณ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ค่าปริมาณ (กรัมต่อ 100 กรัม)
โปรตีน	14.5
ไขมัน	7.7
โพลีแซคคาไรด์	66
เยื่อใย	1.7
ความชื้น	10.2

ดัดแปลงจาก : กองโภชนาการ (2530)

กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนในผงเนื้อเมล็ดมะขาม (Tamarind Kernel Powder : TKP) ชนิดที่สำคัญๆ ได้แก่ ไลซีน (Lysine) ไกลซีน (Glycine) ลิวซีน (Leucine) (Sila และคณะ, 1994)

เปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม ประกอบไปด้วยสารจำพวกแทนนิน ซึ่งมีรสขาคีฬาค มีสรรพคุณในการแก้ท้องเสีย ท้องร่วง ใช้ชะล้างบาดแผล และสมานแผล นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยพบว่า เปลือกเมล็ดมะขามมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง แต่การรับประทานเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามจะต้องรับประทานในปริมาณที่เหมาะสม เนื่องจากการรับประทานสารจำพวกแทนนินในปริมาณสูงจะไปรบกวนการใช้ประโยชน์จากโปรตีน โดยแทนนินจะไปจับตัวกับเอ็นไซม์ในระบบย่อยอาหาร ส่งผลยับยั้งการดูดซึมธาตุเหล็ก ยับยั้งการเจริญเติบโตในสัตว์ทดลองได้ (ภักศิริ, 2554)

จากการทดลองของ ทวีศิลป์ และพิศาล (2549) ซึ่งได้ใช้เนื้อในเมล็ดมะขามที่เอาเปลือกออกก่อนนำมาคั่วบด เสริมให้กับลูกกระบือ ที่ระดับ 10 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยผสมน้ำให้ลูกกระบือกิน พบว่า สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของลูกกระบือได้

Aengwanish, W. and Suttajit, M. (2010) ได้ทำการศึกษาการใช้เปลือกเมล็ดมะขามที่กำจัดแทนนินออกแล้ว นำไปให้ไก่กิน พบว่า มีค่าปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการบริโภคในไก่ คือ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 การทดลองศึกษาคุณภาพเมล็ดอาหารทางกายภาพ

- 3.1.1.1 อาหารทดลอง
- 3.1.1.2 ถาดอะลูมิเนียม
- 3.1.1.3 ถ้วยอบอาหารทดลอง จำนวน 12 ถ้วย
- 3.1.1.4 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง จำนวน 1 เครื่อง
- 3.1.1.5 ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 12 ขวด
- 3.1.1.6 บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบ
- 3.1.1.7 เครื่องเขย่า
- 3.1.1.8 ตะแกรงร่อนขนาด 500 ไมครอน
- 3.1.1.9 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
- 3.1.1.10 กระดาษกรอง

3.1.2 การทดลองศึกษาผลของการเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล

- 3.1.2.1 สัตว์ทดลอง
ใช้ปลานิลขนาด 0.6 ± 1 กรัม จากศูนย์วิจัยประมงน้ำจืด จ.เพชรบูรณ์
- 3.1.2.2 ถังไฟเบอร์กลาสขนาด 700 ลิตร จำนวน 12 ถัง
- 3.1.1.3 อาหารทดลอง
- 3.1.1.4 เครื่องชั่งขนาด 2 กิโลกรัม จำนวน 1 เครื่อง
เครื่องชั่งขนาด 500 กรัม จำนวน 1 เครื่อง
เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 1 ตำแหน่ง จำนวน 1 เครื่อง
- 3.1.1.5 กะละมัง
- 3.1.1.6 กระชอนตักปลา
- 3.1.1.7 อุปกรณ์ให้อาหารและหั่วทราย

3.2 การเตรียมหน่วยทดลอง

ล้างทำความสะอาดถังไฟเบอร์กลาสขนาด 700 ลิตร จำนวน 12 ถัง กว่าไว้ให้แห้ง หางขึ้น และปิดฝาจากทางเดินน้ำออกให้แน่น เพื่อไม่ให้น้ำซึมออกได้ เติมน้ำให้ได้ปริมาตร 400 ลิตร ให้ครบทั้ง 12 ถัง จากนั้นใช้อุปกรณ์ให้อากาศต่อกับเครื่องปั๊มลมและหัวทราย ถึงละ 1 อัน ปรับแรงดันลมเพื่อเติมอากาศให้เหมาะสม

3.3 การเตรียมอาหารทดลอง

นำเมล็ดมะขามเหลือง ที่ได้จากอุตสาหกรรมท้องถิ่น อ.น้ำหนาว จ.เพชรบูรณ์ มาทำการคั่ว และนำมาบดให้ละเอียด หลังจากนั้นทำการชั่งวัตถุดิบต่างๆ ให้น้ำหนักตามที่คำนวณไว้ตามสูตรอาหารดังตารางที่ 3-1 โดยมีการปรับสูตรอาหารที่มีการเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ให้ได้อาหาร 28 เปอร์เซ็นต์โปรตีน จากการนำเมล็ดมะขามทดแทนปริมาณรำละเอียดที่ใส่ในสูตรอาหาร เนื่องจากรำละเอียดเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณโปรตีนเทียบเท่ากับปริมาณโปรตีนในเมล็ดมะขาม การปรับปริมาณรำละเอียดในสูตรอาหาร จึงไม่กระทบกับปริมาณเปอร์เซ็นต์รวมของโปรตีนในสูตรอาหารมากนัก แล้วนำมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันดี เติมน้ำประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเพิ่มความชื้น และการเกาะตัวที่ดีขึ้น นำเข้าเครื่องขึ้นรูปอัดเม็ด (mincer) เมื่อได้เม็ดอาหารออกมาแล้ว นำไปผึ่งลม ในที่ร่ม หรือนำไปอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 - 8 ชั่วโมง แล้วนำมาบรรจุภัณฑ์ พร้อมเขียนระบุสูตรอาหารบนบรรจุภัณฑ์ให้ชัดเจน

ตารางที่ 3-1 สูตรอาหารปลานิลที่เสริมเมล็ดมะขาม คำนวณจากอาหาร 100 กิโลกรัม

วัตถุดิบ	สูตรการทดลองที่ 1	สูตรการทดลองที่ 2	สูตรการทดลองที่ 3	สูตรการทดลองที่ 4
ปลายข้าว	18	18	17.5	16
รำละเอียด	30	25	20	16
กากถั่วเหลือง				
(44%)	33	33	33	33
ปลาป่น(60%)	15	15	15	15
น้ำมันพืช	4	4	4.5	5
เมล็ดมะขาม	0	5	10	15
รวม	100	100	100	100

3.4 ระเบียบวิธีวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบไปด้วย 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ตัว ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 : ชุดควบคุม (อาหารไม่มีการเสริมเมล็ดมะขาม)

ชุดการทดลองที่ 2 : อาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร

ชุดการทดลองที่ 3 : อาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร

ชุดการทดลองที่ 4 : อาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร

3.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.5.1 วิธีการดำเนินการวิจัยการศึกษาคุณภาพเมล็ดอาหารทางกายภาพ

นำอาหารปลาทั้ง 4 สูตรชุดการทดลอง ที่ผ่านการขึ้นรูปอัดเม็ดและทำให้แห้งเรียบร้อยแล้ว มาทำการวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดอาหารทางกายภาพ ดังนี้

3.5.1.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารด้วยสายตา

นำตัวอย่างอาหารทั้ง 4 ชุดการทดลอง มาเปรียบเทียบกัน โดยอาศัยการสังเกต ลักษณะทางกายภาพภายนอก จากการประเมินผลด้วยสายตา ทำการบันทึกภาพ และบันทึกผลที่ได้

3.5.1.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารในน้ำด้วยสายตา

นำตัวอย่างอาหารทั้ง 4 ชุดการทดลอง มาทำการสุ่มเม็ดอาหารชุดการทดลองละ 10 เม็ด ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิตร ที่มีน้ำอยู่ในปริมาตร 100 มิลลิตร บันทึกภาพและสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเม็ดอาหารในน้ำด้วยสายตา ที่เวลาเริ่มต้น 15, 30 และ 60 นาที บันทึกผลที่ได้

3.5.1.3 ศึกษาความคงทนของอาหารในน้ำ

วิเคราะห์ค่าความคงทนของอาหารในน้ำ โดยวิธี Shaking method (Heihen, 1981) คำนวณค่าได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\% \text{ water stability} = (W2 / W1) \times 100$$

โดยการแทนค่า $W1$ = น้ำหนักเริ่มต้นของอาหารตัวอย่าง (กรัม)

$W2$ = น้ำหนักของอาหารตัวอย่างหลังจากอบแห้งแล้ว (กรัม)

3.5.1.4 ศึกษาค่าความเป็นฝุ่น หรือค่าเปอร์เซ็นต์ฝุ่น

คือ ค่าการแตกหักของอาหาร โดยใช้วิธีการร่อนอาหารผ่านตะแกรง 500 ไมครอน และใส่เครื่องเหวี่ยงอาหาร ให้อาหารเกิดการแตกหัก หรือใช้ลมเป่าให้เกิดการกระแทก ถ้าความคงทนต่อการกระแทกมีต่ำ อาหารจะเกิดการแตกมาก ค่าความเป็นฝุ่นจะมาก อาหารมีความน่ากินน้อย คิดคำนวณค่าได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ฝุ่น} = (W1 - W2) / W1 \times 100$$

โดยการแทนค่า $W1$ = น้ำหนักเริ่มต้นของอาหารตัวอย่าง (กรัม)

$W2$ = น้ำหนักของอาหารตัวอย่างหลังผ่านการร่อนด้วยตะแกรง (กรัม)

3.5.2 วิธีการดำเนินการวิจัยการศึกษาผลของการเสริมเมลิคมะขามในอาหารปลานิล

ใช้ปลานิลขนาด 0.6 ± 1 กรัม เป็นสัตว์ทดลอง ทำการเสริมเมลิคมะขามบดในปริมาณที่แตกต่างกันตามชุดการทดลอง ลงในอาหารปลานิล ให้อาหารปลานิลที่อัตรา 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว จำนวน 3 ครั้งต่อวัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักปลาทุก 2 สัปดาห์ เพื่อทำการปรับปริมาณอาหาร และนับอัตราการรอดตายของปลาด้วย บันทึกผลค่าปริมาณอาหารที่ปลากินตลอดการทดลอง ข้อมูลอัตราการรอดตาย และข้อมูลน้ำหนักปลา ไว้เป็นข้อมูลแนวโน้มด้านการเจริญเติบโตของปลานิล หลังได้รับอาหารที่มีการเสริมเมลิคมะขาม เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าดังต่อไปนี้

3.5.2.1 น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (weight gain; กรัม/ตัว)

$$= \text{น้ำหนักที่เฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}$$

3.5.2.2 น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (daily weight gain, DWG; กรัม/ตัว/วัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักที่เฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาการทดลอง (วัน)}}$$

3.5.2.3 อัตรารอด (survival rate; เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนสัตว์ทดลองที่เหลือรอด}}{\text{จำนวนสัตว์ทดลองที่เริ่มทดลอง}} \times 100$$

3.5.2.4 ปริมาณอาหารที่สัตว์ทดลองกิน (feed intake, FI; กรัม/ตัว/วัน)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ปลากิน}}{\text{ระยะเวลาในการเลี้ยง}}$$

3.5.2.5 อัตราแลกเนื้อ (feed conversion ratio, FCR)

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

3.6 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

นำข้อมูลที่บันทึกได้ มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าความแตกต่าง โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผ่านโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติสำเร็จรูป

3.7 สถานที่ทำการวิจัย

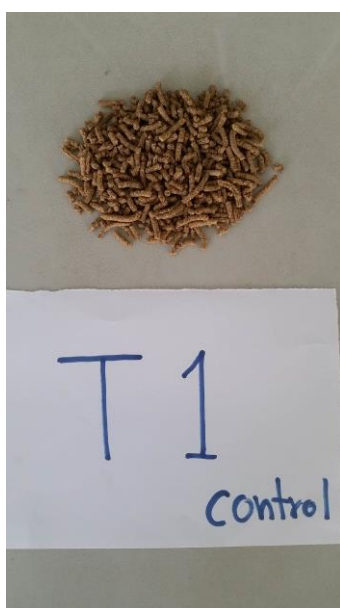
อาคารปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และ โรงเรือนเพาะฟักสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

บทที่ 4

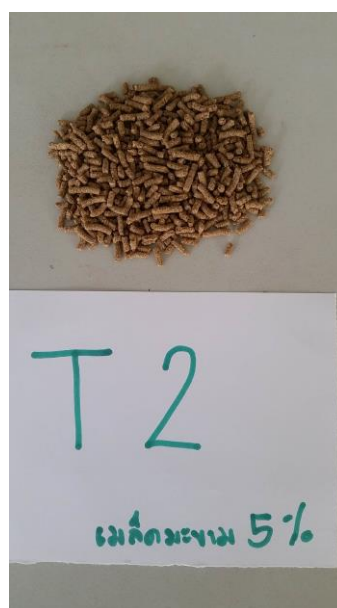
ผลการวิจัย

4.1 ผลของการศึกษาคุณภาพเม็ดอาหารทางกายภาพ

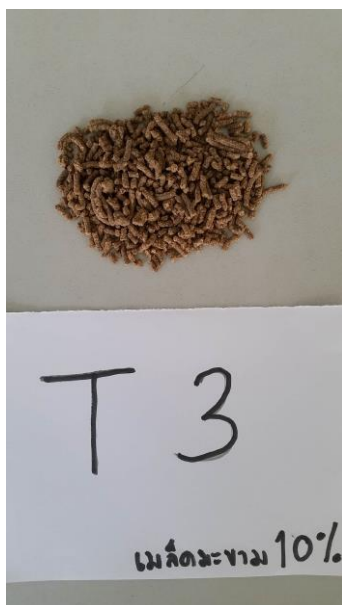
4.1.1 จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารด้วยสายตา พบว่า ลักษณะที่สังเกตได้จากรูปลักษณะภายนอกของเม็ดอาหารในทุกชุดการทดลองนั้น ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก เม็ดอาหารในทุกชุดการทดลองมีความเป็นเม็ดหรือท่อนเท่าๆกัน โดยเฉพาะอาหารที่เสริมเม็ลลัดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) มีเม็ดอาหารที่มีขนาดเม็ดเท่าๆกันดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ส่วนอาหารที่เสริมเม็ลลัดมะขามที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T3) นั้น ได้เม็ดอาหารที่มีขนาดไม่ค่อยเท่ากัน บ้างมีความเหนียวติดกันเป็นก้อน ทำให้มีคุณภาพของอาหารจากลักษณะทางกายภาพโดยการประเมินด้วยสายตาดีกว่าอาหารในชุดการทดลองอื่นๆ ดังรูปที่ 4-1 ถึง รูปที่ 4-4



รูปที่ 4-1 อาหารที่ไม่มีการเสริมเม็ลลัดมะขาม



รูปที่ 4-2 อาหารเสริมเม็ลลัดมะขาม 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4-3 อาหารเสริมเมล็ดมะขาม
10 เปอร์เซ็นต์

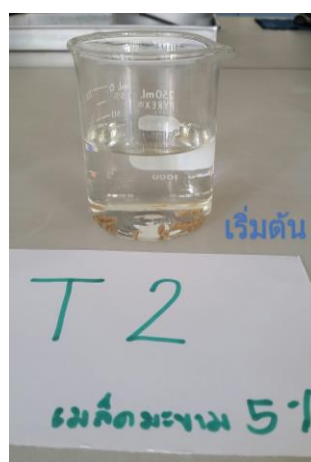


รูปที่ 4-4 อาหารเสริมเมล็ดมะขาม
15 เปอร์เซ็นต์

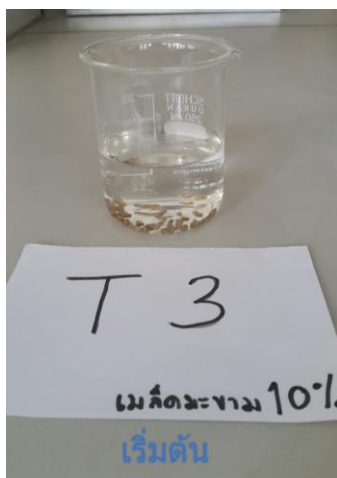
4.1.2 จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารในน้ำด้วยสายตา พบว่า ลักษณะที่สังเกตได้ทีเวลาเริ่มต้นใส่อาหารทุกชุดการทดลองลงในน้ำ อาหารยังมีความคงรูป คงตัว เป็นเม็ดเช่นเดิม เม็ดอาหารยังมีความแน่น แข็ง บ้างมีฟองอากาศเกิดขึ้นรอบๆเม็ดอาหาร ซึ่งจากการประเมินอาหารในน้ำด้วยสายตาที่เวลาเริ่มต้น อาหารทุกชุดการทดลองให้ผลเช่นเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกัน ดังรูปที่ 4-5 ถึง รูปที่ 4-8



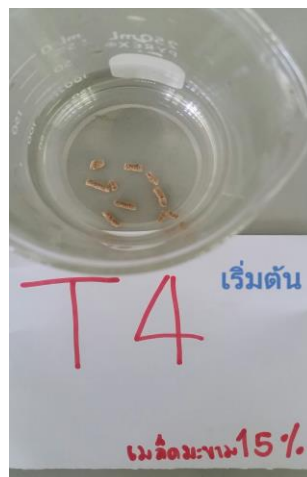
รูปที่ 4-5 อาหารในน้ำที่เวลาเริ่มต้น (T1)



รูปที่ 4-6 อาหารในน้ำที่เวลาเริ่มต้น (T2)

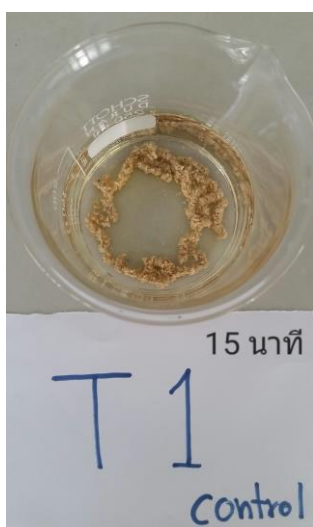


รูปที่ 4-7 อาหารในน้ำที่เวลาเริ่มต้น (T3)



รูปที่ 4-8 อาหารในน้ำที่เวลาเริ่มต้น (T4)

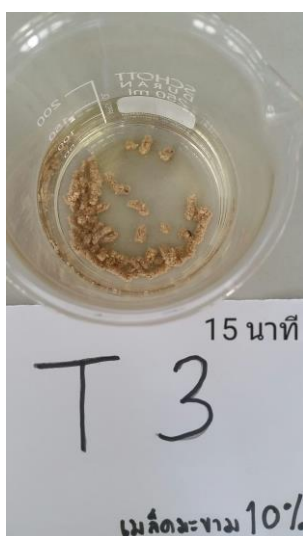
จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารในน้ำด้วยสายตาที่เวลาผ่านไป 15 นาที พบว่า เม็ดอาหารมีความอ่อนนุ่มลง มีน้ำเข้าไปแทนที่อากาศในเม็ดอาหารมากขึ้น ทำให้เม็ดอาหารมีลักษณะบวมขึ้น แต่ยังคงรูปร่างของความเป็นเม็ดอาหารอยู่ บริเวณผิวภายนอกมีความเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย ซึ่งจากการประเมินด้วยสายตาสังเกตได้ว่า อาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร (T2) ผิวเม็ดอาหารด้านนอกมีความเปื่อยยุ่ยน้อยที่สุด และอาหารที่ไม่ได้เสริมเมล็ดมะขาม (ชุดควบคุม) ผิวเม็ดอาหารด้านนอกมีความเปื่อยยุ่ยมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ดังรูปที่ 4-9 ถึง รูปที่ 4-12



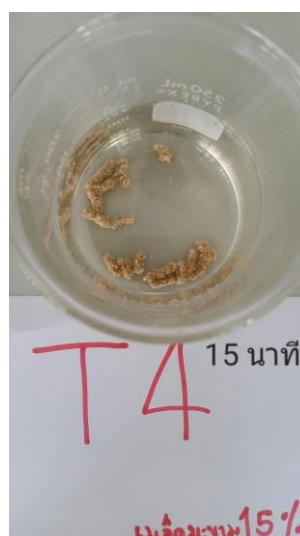
รูปที่ 4-9 อาหารในน้ำที่ 15 นาที (T1)



รูปที่ 4-10 อาหารในน้ำที่ 15 นาที (T2)



รูปที่ 4-11 อาหารในน้ำที่ 15 นาที (T3)

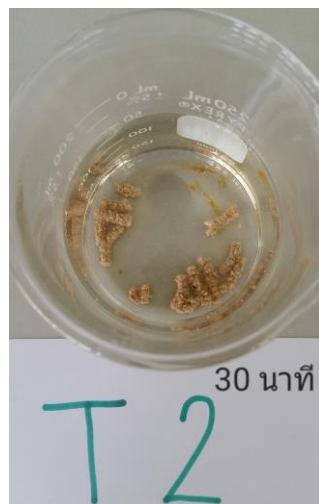


รูปที่ 4-12 อาหารในน้ำที่ 15 นาที (T4)

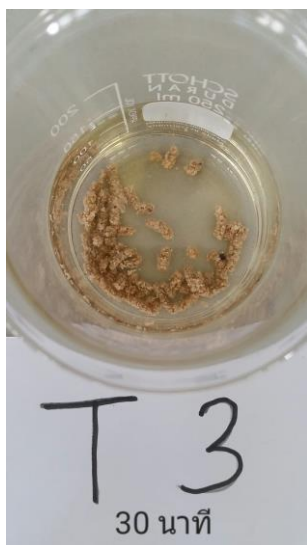
จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารในน้ำด้วยสายตาที่เวลาผ่านไป 30 นาที พบว่า เม็ดอาหารมีความอ่อนนุ่มลง มากกว่าที่เวลา 15 นาที เม็ดอาหารมีลักษณะบวมน้ำมากขึ้น แต่ยังสังเกตเห็นความเป็นเม็ดของอาหารอยู่ บริเวณผิวหนังนอกมีความเปื่อยยุ่ยเพิ่มมากขึ้น เริ่มมีเศษอาหารจากการเปื่อยยุ่ยหลุดลอยขึ้นมาที่บริเวณผิวน้ำ ยกเว้นอาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) ที่ยังไม่มีเศษอาหารจากการเปื่อยยุ่ยของผิวหนังนอกเม็ดอาหารที่สัมผัสกับน้ำหลุดลอยขึ้นมาที่บริเวณผิวน้ำ ส่วนอาหารที่ไม่ได้เสริมเมล็ดมะขาม (ชุดควบคุม) มีการเปื่อยยุ่ย เม็ดอาหารมีความพองตัว บวมน้ำ และมีเศษอาหารหลุดลอยขึ้นมาที่บริเวณผิวน้ำมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ดังรูปที่ 4-13 ถึง รูปที่ 4-16



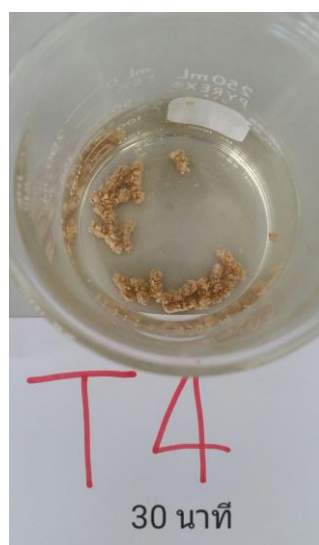
รูปที่ 4-13 อาหารในน้ำที่ 30 นาที (T1)



รูปที่ 4-14 อาหารในน้ำที่ 30 นาที (T2)

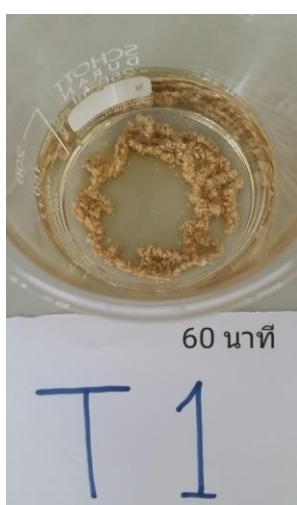


รูปที่ 4-15 อาหารในน้ำที่ 30 นาที (T3)



รูปที่ 4-16 อาหารในน้ำที่ 30 นาที (T4)

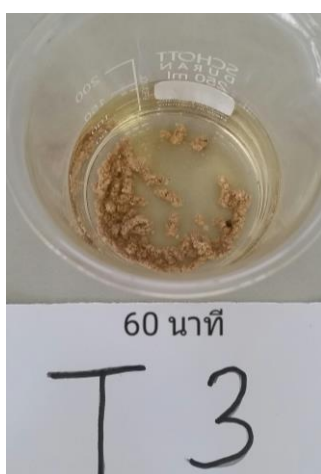
จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารในน้ำด้วยสายตาที่เวลาผ่านไป 60 นาที พบว่า เม็ดอาหารมีความนิ่ม มากกว่าที่เวลา 30 นาที เม็ดอาหารมีลักษณะบวมน้ำมากขึ้น พองตัวมากขึ้น แกนกลางของเม็ดอาหารยังมีความเป็นเม็ดของอาหารอยู่บ้าง บริเวณผิวภายนอกมีความเปื่อยยุ่ยเพิ่มมากขึ้น เริ่มมีเศษอาหารจากการเปื่อยยุ่ยหลุดลอยขึ้นมาที่บริเวณผิวน้ำในปริมาณที่มากขึ้น อาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) มีเศษอาหารที่เปื่อยยุ่ยหลุดลอยขึ้นมาที่บริเวณผิวน้ำน้อยที่สุด ส่วนอาหารที่ไม่ได้เสริมเมล็ดมะขาม (ชุดควบคุม) มีเศษอาหารหลุดลอยขึ้นมาที่บริเวณผิวน้ำมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ดังรูปที่ 4-17 ถึง รูปที่ 4-20



รูปที่ 4-17 อาหารในน้ำที่ 60 นาที (T1)



รูปที่ 4-18 อาหารในน้ำที่ 60 นาที (T2)



รูปที่ 4-19 อาหารในน้ำที่ 60 นาที (T3)



รูปที่ 4-20 อาหารในน้ำที่ 60 นาที (T4)

4.1.3 จากการศึกษาค่าความคงทนของอาหารในน้ำ (Water stability) พบว่า มีค่าเท่ากับ 49.95 ± 9.81 , 64.00 ± 1.38 , 53.54 ± 12.38 และ 59.11 ± 4.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับชุดการทดลอง ซึ่งอาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) ให้ค่าความคงทนของอาหารในน้ำดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4-1

4.1.4 จากการศึกษาค่าความเป็นฝุ่น หรือค่าเปอร์เซ็นต์ฝุ่น พบว่า มีค่าเท่ากับ 2.34 ± 0.17 , 1.29 ± 0.79 , 1.54 ± 0.28 และ 1.41 ± 0.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับชุดการทดลอง ซึ่งอาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) มีค่าความเป็นฝุ่นในปริมาณน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับอาหารที่ไม่ได้เสริมเมล็ดมะขาม (ชุดควบคุม) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับอาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T3) และอาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T4) ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ค่าความคงทนของอาหารในน้ำและค่าความเป็นฝุ่น

ชุดการทดลอง	ค่าความคงทนของอาหาร ในน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความเป็นฝุ่น (เปอร์เซ็นต์)
ไม่มีการเสริมเมล็ดมะขาม	49.95 ± 9.81	2.34 ± 0.17^a
เสริมเมล็ดมะขาม 5 เปอร์เซ็นต์	64.00 ± 1.38	1.29 ± 0.79^b
เสริมเมล็ดมะขาม 10 เปอร์เซ็นต์	53.54 ± 12.38	1.54 ± 0.28^{ab}
เสริมเมล็ดมะขาม 15 เปอร์เซ็นต์	59.11 ± 4.56	1.41 ± 0.57^{ab}
P - value	0.247	0.036

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน
ในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.2 ผลของการเสริมเมล็ดมะขามต่อการเจริญเติบโตของปลานิล

จากการศึกษาผลของการเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับแตกต่างกันในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่า มีค่าน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 0.64 ± 0.02 , 0.64 ± 0.02 , 0.64 ± 0.01 และ 0.64 ± 0.01 กรัมต่อตัว ตามลำดับชุดการทดลอง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าน้ำหนักเฉลี่ยสิ้นสุดเท่ากับ 3.93 ± 0.74 , 4.17 ± 0.46 , 4.01 ± 0.35 และ 3.75 ± 0.16 กรัมต่อตัว ตามลำดับชุดการทดลอง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ในปลาที่ได้รับอาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) ให้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยสิ้นสุดที่มีแนวโน้มดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยนี้มีค่าเท่ากับ 3.27 ± 0.76 , 3.50 ± 0.46 , 3.37 ± 0.38 และ 3.10 ± 0.20 กรัมต่อตัว ตามลำดับชุดการทดลอง โดยที่ค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ในปลาที่ได้รับอาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) ให้ค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยที่มีแนวโน้มดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันมีค่าเท่ากับ 0.05 ± 0.02 , 0.06 ± 0.01 , 0.05 ± 0.01 และ 0.05 ± 0.00 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับชุดการทดลอง โดยที่ค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันของทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ในปลาที่ได้รับอาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) ให้ค่าน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวันที่มีแนวโน้มดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ค่าการเจริญเติบโตของปลานิล

ชุดการทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ย เริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักเฉลี่ย สิ้นสุด (กรัม/ตัว)	น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย (กรัม/ตัว)	น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)
ไม่มีการเสริมเมล็ดมะขาม	0.64 ± 0.02	3.93 ± 0.74	3.27 ± 0.76	0.05 ± 0.02
เสริมเมล็ดมะขาม 5 เปอร์เซ็นต์	0.64 ± 0.02	4.17 ± 0.46	3.50 ± 0.46	0.06 ± 0.01
เสริมเมล็ดมะขาม 10 เปอร์เซ็นต์	0.64 ± 0.01	4.01 ± 0.35	3.37 ± 0.38	0.05 ± 0.01
เสริมเมล็ดมะขาม 15 เปอร์เซ็นต์	0.64 ± 0.01	3.75 ± 0.16	3.10 ± 0.20	0.05 ± 0.00
P - value	0.944	0.762	0.791	0.647

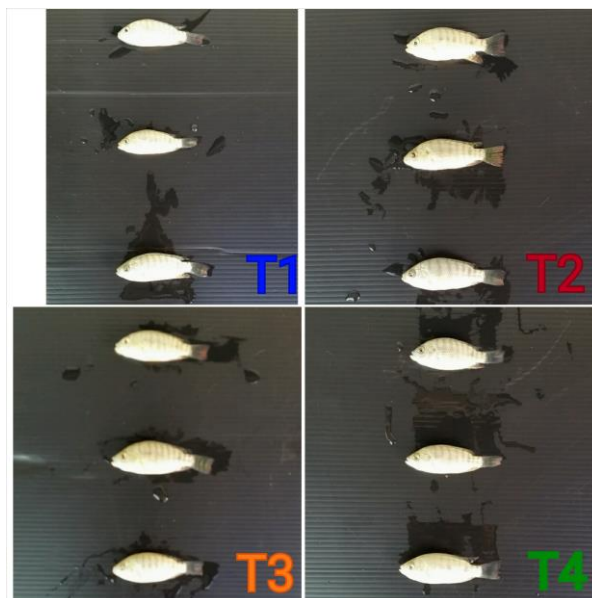
หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน
ในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการศึกษาผลของการเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับแตกต่างกันในอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่า ค่าปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 0.11 ± 0.01 , 0.11 ± 0.01 , 0.11 ± 0.01 และ 0.10 ± 0.01 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับชุดการทดลอง โดยค่าปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันของทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งในทุกชุดการทดลองมีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันของปลานิลเทียบเท่ากับชุดควบคุม ส่วนค่าอัตราแลกเนื้อนั้นมีค่าเท่ากับ 2.02 ± 0.21 , 1.86 ± 0.10 , 1.89 ± 0.06 และ 1.95 ± 0.04 ตามลำดับชุดการทดลอง โดยที่ค่าอัตราแลกเนื้อของทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ในปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) ให้ค่าอัตราแลกเนื้อที่มีแนวโน้มดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และค่าอัตราการรอดตายของปลานิลมีค่าเท่ากับ 98.33 ± 2.87 , 98.33 ± 2.87 , 100 ± 0.00 และ 100 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับชุดการทดลอง โดยที่ค่าอัตราการรอดตายของทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ค่าการใช้ประโยชน์ได้จากอาหารและอัตรารอด

ชุดการทดลอง	ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย ต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	อัตราแลกเนื้อ	อัตรารอด (เปอร์เซ็นต์)
ไม่มีการเสริมเมล็ดมะขาม	0.11 ± 0.01	2.02 ± 0.21	98.33 ± 2.87
เสริมเมล็ดมะขาม 5 เปอร์เซ็นต์	0.11 ± 0.01	1.86 ± 0.10	98.33 ± 2.87
เสริมเมล็ดมะขาม 10 เปอร์เซ็นต์	0.11 ± 0.01	1.89 ± 0.06	100 ± 0.00
เสริมเมล็ดมะขาม 15 เปอร์เซ็นต์	0.10 ± 0.01	1.95 ± 0.04	100 ± 0.00
P – value	0.757	0.414	0.596

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



รูปที่ 4-21 ปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์

4.3 ต้นทุนการผลิตอาหารปลานิลเสริมเมล็ดมะขาม

จากการศึกษาต้นทุนการผลิตอาหารปลานิลที่เสริมเมล็ดมะขาม เมื่อคำนวณต้นทุนตามวัตถุดิบในสูตรอาหารแล้ว พบว่า มีต้นทุนการผลิตอาหารปลานิลเท่ากับ 17.10, 16.71, 16.81 และ 16.34 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับชุดการทดลอง ซึ่งต้นทุนการผลิตอาหารปลานิลตามสูตรที่ได้คำนวณไว้ และใช้ทำการทดลองนี้ อยู่ในช่วง 16 – 17 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้เมล็ดมะขามที่นำมาเสริมในอาหารทดลองนั้น ได้มาโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใด แต่เมื่อนำไปคำนวณตามราคาระซื้อขายของตลาด จะมีราคาระซื้อขายเมล็ดมะขามเหลือทิ้งที่กิโลกรัมละ 2 – 3 บาท ฉะนั้นต้นทุนการผลิตอาหารเสริมเมล็ดมะขามจะปรับราคาสูงขึ้น แต่ปรับขึ้นเพียงเล็กน้อย ประมาณ 0.3 – 0.5 บาทต่อกิโลกรัมเท่านั้น ซึ่งก็ยังมีความต่ำกว่าราคาของอาหารสำเร็จรูปที่ขายตามท้องตลาด

ตารางที่ 4-4 ต้นทุนการผลิตอาหารปลานิลเสริมเมล็ดมะขาม

ชุดการทดลอง	ต้นทุนการผลิตอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม)
ไม่มีการเสริมเมล็ดมะขาม	17.10
เสริมเมล็ดมะขาม 5 เปอร์เซ็นต์	16.71
เสริมเมล็ดมะขาม 10 เปอร์เซ็นต์	16.81
เสริมเมล็ดมะขาม 15 เปอร์เซ็นต์	16.34

บทที่ 5

วิจารณ์ผล สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1.1 ผลของการศึกษาคุณภาพเมล็ดอาหารทางกายภาพ

พบว่า อาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) มีลักษณะทางกายภาพของเมล็ดอาหารโดยการประเมินด้วยสายตา เป็นอาหารที่มีแนวโน้มที่ดีของลักษณะทางกายภาพ และคุณภาพของเมล็ดอาหารที่ดีกว่าอาหารทดลองชุดอื่นๆ ซึ่งทุกชุดการทดลองมีลักษณะทางกายภาพของเมล็ดอาหารค่อนข้างใกล้เคียงกัน ทั้งขนาดของเมล็ดอาหาร หรือสีของเมล็ดอาหาร แต่ในอาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T3) จะมีลักษณะรูปลักษณะภายนอกของเมล็ดอาหารค่อนข้างจะแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นๆ คือ สีเข้มกว่า เม็ดอาหารมีความทับถมกัน ติดกันเป็นก้อน อาจเนื่องมาจากข้อผิดพลาดในการเพิ่มความชื้นระหว่างกระบวนการผลิตอาหาร ซึ่งอาจจะเพิ่มความชื้นในปริมาณที่มากเกินไป และการนำเอาอาหารเม็ดที่เพิ่งออกจากเครื่องอัดเม็ด ทบอบไปผึ่งลม ชั่วเกินไป ทำให้เมล็ดอาหารที่ยังมีความชื้น เปียก เหนียว ทับถมกัน และติดกันเป็นก้อน วิธีการตากอาหาร หรือผึ่งอาหารให้แห้งนั้นก็ต้องใช้การเกลี่ยอาหารให้เป็นชั้นบางๆ บนพื้นซีเมนต์ หรือตะแกรงแล้วใช้พัดลม หรือผึ่งลมไว้เพื่อให้ความชื้นในอาหารได้ระเหยออกไป (พิสมัย, ม.ป.ป.) ส่วนผลของการศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารในน้ำด้วยสายตาพบว่า อาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) มีแนวโน้มดีกว่าทุกชุดการทดลอง จากการประเมินด้วยสายตา สังเกตเห็นได้ว่า เมื่อเวลาผ่านไป 0, 15, 30 และ 60 นาที เม็ดอาหารที่แช่อยู่ในน้ำ จะมีการพองตัว บวมขึ้น และเปื่อยยุ่ย ตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสิ่งนี้ช่วยให้เมล็ดอาหารมีลักษณะทางกายภาพที่คงรูปในน้ำได้นาน คือ สารเหนียว ในชุดควบคุมมีเพียงปลายข้าวหุงสุกที่ทำหน้าที่เป็นสารเหนียวในสูตรอาหาร ส่วนชุดการทดลองอื่นๆ จะมีทั้งปลายข้าวหุงสุกและเจลโลสจากเมล็ดมะขาม ที่เป็นสารเหนียวในสูตรอาหาร เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ปริศนา (2545) ที่ได้ประเมินลักษณะทางกายภาพของอาหารกึ่งที่แช่ในน้ำเป็นเวลา 15, 30, 60 และ 120 นาที ของอาหารทดลองที่ไม่ได้เติมสารยึดเกาะ กับอาหารทดลองที่มีการเติมสารยึดเกาะ หรือสารเหนียวลงไป พบว่า อาหารกึ่งที่ไม่ได้เติมสารยึดเกาะคงสภาพในน้ำได้น้อยกว่าอาหารที่เติมสารยึดเกาะ เพราะอาหารกึ่งที่ไม่ได้เติมสารยึดเกาะมีเพียงกลูเตนจากแป้งสาลีที่ทำหน้าที่เป็นสารเหนียวในสูตรอาหารเท่านั้น ในอาหารสัตว์น้ำจึงควรเติมสารเหนียวให้เพียงพอ เพื่อช่วยยึดเกาะวัตถุดิบเข้าด้วยกัน ทำให้เม็ดอาหารมีความแน่น คงรูปในน้ำได้นาน (บุญชัย, 2530)

ค่าความคงทนของอาหารในน้ำ จากการวิจัยพบว่า อาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) มีค่าความคงทนของอาหารในน้ำดีกว่าทุกชุดการทดลอง และในชุดการทดลองที่มีการเสริมเมล็ดมะขามลงไปสูตรอาหาร มีค่าความคงทนของอาหารในน้ำมากกว่าชุดควบคุม ที่ไม่มีการเสริมเมล็ดมะขาม ซึ่งเนื้อในเมล็ดมะขามจะประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตถึงร้อยละ 60 – 65 (ศิริรัตน์, 2539) และคาร์โบไฮเดรตในเนื้อเมล็ดมะขามมีคุณสมบัติเป็นเจลโลส (Jellose) เป็นสารให้ความเหนียว และช่วยเป็นตัวประสานให้น้ำกับน้ำมันเข้ากันได้ดี ปัจจุบันจึงมีการสกัด นำเนื้อในเมล็ดมะขามมาบดให้เป็นผง จนได้เป็นผงเนื้อในเมล็ดมะขาม (Tamarind Kernel Powder : TKP) ใช้ในอุตสาหกรรมเส้นใย อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และอุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น (พวงเพ็ชร, 2521) และอาหารชุดควบคุม ที่มีเพียงปลายข้าวเป็นสารเหนียวมีค่าความคงทนของอาหารในน้ำต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุทิน (2549) ที่ได้ทำการศึกษาค่าความคงทนของอาหารปลานิลที่ใช้มันสำปะหลัง ข้าวโพดบด และปลายข้าวเหนียว ในการผลิตอาหารเม็ดลอยน้ำเลี้ยงปลานิล พบว่า อาหารที่มีการใช้แป้งมันสำปะหลังมีค่าความคงทนของอาหารในน้ำดีกว่าอาหารที่ใช้ข้าวโพดบด และปลายข้าวเหนียว ($P \leq 0.05$) โดยอาหารที่ใช้ปลายข้าวเหนียวมีค่าความคงทนของอาหารในน้ำต่ำที่สุด ด้วยเหตุนี้เอง จึงทำให้อาหารที่มีการเสริมเมล็ดมะขามมีค่าความคงทนของอาหารในน้ำดีกว่าอาหารที่ไม่มีการเสริมเมล็ดมะขามในสูตรอาหาร

ค่าความเป็นฝุ่น จากการวิจัยพบว่า อาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) มีค่าความเป็นฝุ่นน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เป็นอาหารที่มีคุณภาพ มีการแตกหักของเม็ดอาหารน้อย อาหารที่มีปริมาณฝุ่นมาก จะทำให้อาหารนั้นสูญเสียการใช้ประโยชน์ไปเมื่ออยู่ในน้ำ และทำให้น้ำเน่าเสียได้ง่าย อาหารที่ดีควรมีปริมาณฝุ่น หรือค่าความเป็นฝุ่นไม่เกินร้อยละ 2 (กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ, 2559)

5.1.2 ผลของการเสริมเมล็ดมะขามต่อการเจริญเติบโตของปลานิล

พบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) มีน้ำหนักเฉลี่ยสิ้นสุด, น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย, น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และค่าอัตราแลกเนื้อ ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ เนื่องจากได้รับอาหารที่มีคุณภาพดี มีความคงทนในน้ำสูง เป็นฝุ่นน้อย ทำให้อาหารเมื่ออยู่ในน้ำมีการสูญเสียการใช้ประโยชน์น้อย อาหารคงรูปอยู่ในน้ำได้นาน จึงส่งผลต่อการเจริญเติบโต การกินอาหาร และประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล มีคุณภาพมากขึ้น อีกทั้งการเสริมเมล็ดมะขามที่ภายในเนื้อเมล็ดประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ ที่เป็นโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตประเภทหนึ่ง ซึ่งให้พลังงานเป็นอย่างดี (วันแข็ง, 2553) นอกจากนี้เมล็ดมะขามยังมีกรดอะมิโนที่

จำเป็น คือ ไลซีน (Lysine) และ ลิวซีน (Leucine) (Sila และคณะ, 1994) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลอีกด้วย ส่วนการเสริมเมล็ดมะขามในปริมาณมากถึง 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร แต่ได้ผลการเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์ได้จากอาหารของปลานิล มีค่าดีกว่าการเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร อาจเนื่องมาจากการเตรียมเมล็ดมะขามก่อนการนำมาผสมในอาหารทดลอง ได้ผ่านการคั่วและบดทั้งเปลือกเมล็ดมะขาม ซึ่งในเปลือกเมล็ดมะขามมีรายงานว่า ประกอบไปด้วยสารจำพวกแทนนิน ซึ่งมีรสชาติฝาด มีสรรพคุณในการแก้ท้องเสีย ท้องร่วง ใช้ชะล้างบาดแผล และสมานแผล นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยพบว่า เปลือกเมล็ดมะขามมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง แต่การรับประทานเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามจะต้องรับประทานในปริมาณที่เหมาะสม เนื่องจากการรับประทานสารจำพวกแทนนินในปริมาณสูงจะไปรบกวนการใช้ประโยชน์จากโปรตีน โดยแทนนินจะไปจับตัวกับเอ็นไซม์ในระบบย่อยอาหาร ส่งผลยับยั้งการดูดซึมธาตุเหล็ก ยับยั้งการเจริญเติบโตในสัตว์ทดลองได้ (ภักศิริ, 2554) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวีศิลป์ และพิศาล (2549) ซึ่งได้ใช้เนื้อในเมล็ดมะขามที่เอาเปลือกออก ก่อนนำมาคั่วบด เสริมให้กับลูกกระป๋อง ที่ระดับ 10 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยผสมน้ำให้ลูกกระป๋องกิน พบว่าสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของลูกกระป๋องได้ และงานวิจัยของ Aengwanish and Suttajit (2010) ได้ทำการศึกษาการใช้เปลือกเมล็ดมะขามที่กำจัดแทนนินออกแล้ว นำไปให้ไก่กิน พบว่า มีค่าปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการบริโภคในไก่ คือ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5.2 สรุปผลการวิจัย

การเสริมเมล็ดมะขามคั่วบดทั้งเมล็ด รวมถึงเปลือกหุ้มเมล็ดด้วยในอาหารปลานิล มีผลต่อคุณภาพเนื้ออาหาร และลักษณะทางกายภาพของอาหาร อาหารที่เสริมเมล็ดมะขามจะมีลักษณะทางกายภาพของเนื้ออาหารดีกว่าอาหารที่ไม่มีการเสริมเมล็ดมะขาม โดยอาหารที่เสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิลที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะทางกายภาพของเนื้ออาหารดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ แสดงถึงอาหารมีคุณภาพดีกว่า และการเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิล โดยทำให้ค่าการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และอาหารที่มีการเสริมเมล็ดมะขามมีต้นทุนการผลิตที่ถูกกว่าอาหารที่ไม่ได้เสริมเมล็ดมะขาม ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนด้านอาหารของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรเพิ่มการศึกษาการใช้วัตถุดิบอื่นมาเป็นสารแทนที่แทนการใช้ปลายข้าว ที่ให้ค่าความคงทนของอาหารในน้ำค่อนข้างต่ำ เพื่อต่อยอดงานวิจัยต่อไป

5.3.2 ควรทดลองต่อยอดงานวิจัย โดยการใช้เมล็ดมะขามที่มีการสกัดเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก

บรรณานุกรม

- กรมประมง. 2549. **ปลานิล : ปลาพระราชทานเพื่อปวงชนชาวไทย**. ส่วนโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริและกิจกรรมพิเศษ กรุงเทพฯ.
- กรวิวัฒน์ วีนิล. (2559. 30 พฤศจิกายน). การเกษตร : เม็ดมะขามไม่ไร้ค่า กิโลละห้าพัน. ไทยรัฐออนไลน์.
- กิตติพงศ์ คำคง. 2553. **ปัจจัยที่สัมพันธ์กับความสำเร็จในการเลี้ยงปลานิลของเกษตรกรในอำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชา ส่งเสริมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ. (2559). **หลักการเลือกซื้ออาหารสัตว์น้ำสำเร็จรูป**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_activities/82/174 (วันที่ค้นข้อมูล : 11 มกราคม 2560).
- กองโภชนาการ. 2530. **ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม**. กรมอนามัย. กรุงเทพมหานคร.
- ชุมพล วิวัชรวงศ์. 2544. **มะขามเปรี้ยวพืชอุตสาหกรรมใหม่ที่มีอนาคต**. เกษตรเกษตร. 25 (9) : 80 – 84.
- ทวีศิลป์ จินตวง และพิศาล จังศิริพรกรณ์. 2549. **ประสิทธิภาพของพืชสมุนไพรมะขามที่มีต่อพยาธิตัวกลมในลูกกระบือ**. ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุราษฎร์ธานี.
- นวลมณี พงศ์ธนา สายฝน เสี่ยงหวาน และ จินตนา นิธธรรม. 2547. **ผลของการใช้ฮอร์โมนแอนโดรเจนในการแปลงเพศปลานิล**. เอกสารวิชาการ. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ กรมประมง. ปทุมธานี. 37 หน้า.
- นฤชา ไกรเนตร. 2553. **การเพาะเลี้ยงปลานิล**. สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการ ประมง กรุงเทพฯ.
- บุญชัย กิจสัมฤทธิ์โรจน์. 2530. **อาหารปลา-กุ้ง**. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม กรุงเทพฯ. 103 หน้า.
- ปริศนา สุวรรณภรณ์ นที สังข์บุญลือ และ ธงชัย สุวรรณลิขิต. 2545. **การวัดค่าความคงทนในน้ำของอาหารกุ้ง : เปรียบเทียบวิธีของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และ วิธีวิเคราะห์ทางเนื้อสัมผัส**. เอกสารวิชาการ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

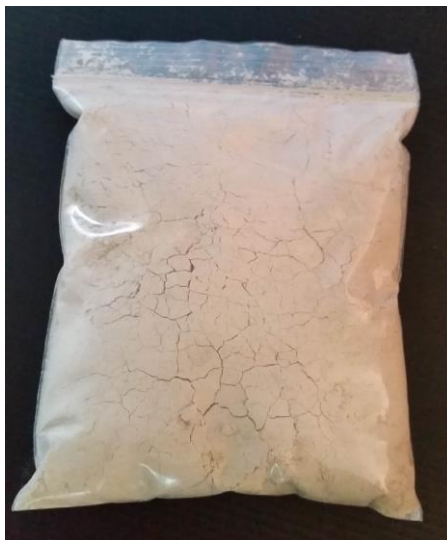
- พวงเพ็ชร นิธิยานนท์. 2521. การผลิตและการใช้ประโยชน์ของกัมจากเมล็ดมะขาม. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิสมัย สมสืบ. 2547. การทำอาหารสัตว์น้ำสำเร็จรูปแบบพื้บ้าน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
http://www.fisheries.go.th/if-inland_feed/distribute/product.htm
(วันที่ค้นข้อมูล : 11 ธันวาคม 2559).
- ภักศิริ สินไชยกิจ และ ไมตรีสุทธจิตต์. คุณสมบัติชีวเคมีและการประยุกต์ใช้ของเมล็ดมะขาม
วารสารนเรศวรพะเยา ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม- สิงหาคม 2554. หน้า 5-16.
- วันแข็ง สิทธิกิจโยธิน. 2553. ทามารีนกัมจากเมล็ดมะขาม. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนคร
เหนือ ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2553. หน้า 173-180.
- วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ. 129 หน้า.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. โภชนศาสตร์สัตว์น้ำ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- ศิริพร เหลืองกอบกิจ. มะขาม (Tamarind). จุลสารข้อมูลสมุนไพร. 2545; 19(2): 4-13.
- ศิริรัตน์ วรรณะศิริ. 2539. การผลิตกัมจากเมล็ดมะขาม. รายงานสัมมนา ภาควิชา
เทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศรีสกุล วรจันทรา และ รณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2539. โภชนศาสตร์สัตว์. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
กรุงเทพฯ.
- สิริการ หนูสิงห์ และ วราภรณ์ สมพงษ์. 2558. การศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการสกัดและการ
ทำแห้งต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของกัมเมล็ดมะขาม. วารสารวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 23 (1) : 43-58.
- สุทิน สมบูรณ์ และ วิจิต เตมาชัย. 2549. ระดับที่เหมาะสมของไขมันปลาหลัง ข้าวโพดบด และ
ปลายข้าวเหนียวในการผลิตอาหารเม็ดลอยน้ำเลี้ยงปลานิล. เอกสารวิชาการ.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมพร ภูติยานนท์. 2551. สมุนไพรใกล้ตัว เล่มที่ 13 ว่าด้วยสมุนไพรแต่งสี กลิ่น รส. พิมพ์ครั้งที่ 4.
เอราวัณการพิมพ์. เชียงใหม่. 502 หน้า.
- อนุสรณ์ขวัญสุข. ม.ป.ป. เมืองมะขามหวาน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://amm-anutsara.weebly.com/> (วันที่ค้นข้อมูล : 20 ธันวาคม 2559).
- อมรรัตน์ เสริมวัฒนกุล. 2548. การผลิตอาหารสัตว์น้ำเพื่อจำหน่าย. กรมประมง กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 114 หน้า.
- อรพินท์ จินตสถาพร. 2553. วิชาอาหารสัตว์น้ำ (01251371). บทเรียนที่ 3. 21 หน้า.

- Aengwanish, W. and Suttajit, M. 2010. Effect of polyphenols extracted from Tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed coat on physiological changes, heterophil/lymphocyte ratio, oxidative stress and body weight of broilers (*Gallus domesticus*) under chronic heat stress. **Animal science journal**. 81 (2) : 264-70.
- Anderson J., A.J. Jackson, A.J. Matty and B.C. Capper. 1984. Effect of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia *Oreochromis niloticus* (Lin). **Aquaculture** 36 : 303-314.
- Sila B. et. al. 1994. Functional and nutritional propoties of Tamarind (*Tamarindus indica*) kernel protein. **Food chem**. 49 (1994) : 1-9.
- Trewavas, E. 1983. Tilapiine fishes of the genera Sarotherodon, Oreochromis and Danakilia. **Bulletin of the British Museum (Natural History)**. London, UK.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพประกอบงานวิจัย



รูปที่ ก-1 เมล็ดมะขามที่ผ่านการคั่วบด



รูปที่ ก-2 วัตถุดิบอาหารทดลอง



รูปที่ ก-3 หน่วยทดลอง



รูปที่ ก-4 การวิเคราะห์ความคงทนของอาหารในน้ำ



รูปที่ ก-5 การวิเคราะห์ค่าความเป็นฝุ่น



รูปที่ ก-6 การชั่งน้ำหนักปลาเพื่อเก็บข้อมูล

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล นางสาวพรทิสาทองสนิทกาญจน์
Miss. Porn-tisa Thongsanitkan
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1659900321840
3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ (อาจารย์)
เงินเดือน 24,600 บาท
เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์) 15 ชั่วโมง : สัปดาห์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ต.สระเตี้ย อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์
โทรศัพท์ 089-461-3395 e-mail : aiko_vs@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับ	ปริญญา	สาขา	วิชาเอก	สถาบัน	ประเทศ
2553	ตรี	วท.บ.	ประมง	-	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน	ไทย
2556	โท	วท.ม.	เพาะเลี้ยง สัตว์น้ำ	-	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
-
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ
สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการ โครงการวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัย
ในแต่ละผลงานวิจัย
 - 7.1 ผู้อำนวยการ โครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 - 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 - ผลของการเสริมโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกุ้งไหมอีรี่ในอาหารกุ้งขาว ต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกัน
 - การเสริมโปรตีนเชรีซินในอาหารปลานิลต่อระบบภูมิคุ้มกัน

- 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน
 - พรทิสา ทองสนิทกาญจน์ อรพินท์ จินตสถาพร และเรืองวิชัย ยืนพันธุ์. 2556.
 ผลของการเสริมโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกุ้งไหมอีรีในอาหารกุ้งขาว ต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 72 หน้า.
- การเสริมโปรตีนเชรีซินในอาหารปลานิลต่อระบบภูมิคุ้มกัน
- 7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยคล่องแล้วประมาณร้อยละเท่าใด
- 7.4.1- ชื่อเรื่อง : การเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล
- แหล่งทุน : เสนอวิจัยและได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัย ประเภทบแบ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล นายธนภัทร วรปัสสุ
 Mr.Thanaput Worapussu
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1420400042066
3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ
 เงินเดือน 27,060 บาท
 เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์) 24 ชั่วโมง : สัปดาห์
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก
 คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ต.สระเตือง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์
 โทรศัพท์ 085-740-9718 e-mail : thanaput_07@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับ	ปริญญา	สาขา	วิชาเอก	สถาบัน	ประเทศ
2552	ตรี	วท.บ.	การประมง	-	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	ไทย
2555	โท	วท.ม.	เทคโนโลยีการประมง	-	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

-

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการ โครงการวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

- 7.1 ผู้อำนวยการโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
- 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 - ผลของ 17 beta estradiol ต่อการแปลงเพศปลาหมอ
 - ผลของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอ
 - ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอ
- 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัยปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน
 - ธนภัทร วรปัสสุ เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ ประจวบ ฉายบุญ เกียรติศักดิ์ เม่งอำพัน และจอมสุตา ดวงวงษา. 2554. ผลของพรีไบโอติกและโพรไบโอติกต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกันของปลานิลแปลงเพศ (*Oreochromis niloticus*). น. 249-256 ใน งานประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ 5. โรงแรมสุโขทัยแกรนด์ แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างวันที่ 4-5 สิงหาคม 2554. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (ผู้ร่วมวิจัย)
 - เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ ทิพสุคนธ์ พิมพ์พิมล และ ธนภัทร วรปัสสุ. 2554. การอนุบาลลูกปลาหมอในกระชังด้วยสูตรอาหารและความหนาแน่นที่ต่างกัน. วารสารเทคโนโลยีการประมง 5(2): 1-11 (ผู้ร่วมวิจัย)
- 7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำการวิจัยว่าได้ทำการวิจัยคล่องแล้วประมาณร้อยละเท่าใด
 - ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของปลาหมอ แหล่งทุนมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ คล่องร้อยละ 70

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล นางสาวนัฐรินทร์ ศิริรัตนันท์
Miss.Nuttarin Sirirustananun
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 5670100015358
3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ
เงินเดือน 27,060 บาท
เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์) 4 ชั่วโมง : สัปดาห์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ต.สระเตย อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์
โทรศัพท์ 091-8414743 e-mail : snuttarin@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับ	ปริญญา	สาขา	วิชาเอก	สถาบัน	ประเทศ
2548	ตรี	วท.บ.	การประมง	-	มหาวิทยาลัย นเรศวร วิทยา เขต สารสนเทศ พะเยา	ไทย
2551	โท	วท.ม.	วิทยาศาสตร์การ ประมง	-	สถาบัน เทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

-

7. ประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการ โครงการวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

- 7.1 ผู้อำนวยการโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
- 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 - ความหลากหลายของปลาในอ่างเก็บน้ำห้วยป่าแดง ต.สะเตียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ ระหว่างเดือนมิถุนายน 2555 ถึง กันยายน 2555
 - สัตว์ที่เหมาะสมของการใช้เห็ดสดร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปในการเลี้ยงลูกปลานิล
 - ความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเตา และความสามารถในการดูดซึมปริมาณแอมโมเนียที่ละลายในน้ำ
- 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัยปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน
 - Genmanee, M., Sirirustananun, N. and Jarayabhand. 2010. Energy budget of the Thai abalone *Haliotis sinensis* reared in a semiclosed recirculating land-based system. **Journal of Shellfish Research**. 29 (3) : 637-642. (ผู้ร่วมวิจัย)
 - Sirirustananun, N., Chen, J.-C., Lin, Y.-C., Yeh, S.-T., Liou, C.-H., Chen, L.-L., Sim, S.-S. and Chiew, S.-L. 2011. Dietary administration of a *Gracilariatenuistipitata* extract enhances the immune response and resistance against *Vibrio alginolyticus* and white spot syndrome virus in the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Fish & Shellfish Immunology**. 31 : 848-855. (ผู้ร่วมวิจัย)
 - ญัฐรินทร์ ศิริรัตนันท์ ชีรภาพ หมู่เจริญทรัพย์ และเกรียงยศ ไทยช้อย. 2555. ความหลากหลายของปลาในอ่างเก็บน้ำห้วยป่าแดง ต.สะเตียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ ระหว่างเดือนมิถุนายน 2555 ถึง กันยายน 2555. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สาขาวิชาการจัดการการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. ทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประเภททั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2555. 46 หน้า. (หัวหน้าโครงการวิจัย)
 - ญัฐรินทร์ ศิริรัตนันท์. 2556. สัตว์ที่เหมาะสมของการใช้เห็ดสดร่วมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปในการเลี้ยงลูกปลานิล. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สาขาวิชาการจัดการการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏ

- เพชรบูรณ์. ทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ประเภทนักวิจัย
 หน้าใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2556. 40 หน้า.(หัวหน้าโครงการวิจัย)
- พิพัฒน์ ชนาเทพาพร และณัฐรินทร์ ศิริรัตนันท์. 2557. ความแปรปรวนของ
 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเตาและสาหร่าย
 ลอนในแหล่งน้ำธรรมชาติของจังหวัดเพชรบูรณ์. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.ทุนสนับสนุนจาก
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ประเภทงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี
 งบประมาณ 2556. 49 หน้า. (ผู้ร่วมวิจัย)
 - ณัฐรินทร์ ศิริรัตนันท์ และพิพัฒน์ ชนาเทพาพร. 2558. ปริมาณสารอาหารใน
 น้ำ และการเจริญเติบโตของสาหร่ายเตาในแหล่งน้ำจังหวัดเพชรบูรณ์.วารสาร
 วิจัย และส่งเสริมวิชาการเกษตร. 32(1): 58 – 66. (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- 7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้
 ทำการวิจัยคล่องแล้วประมาณร้อยละเท่าใด
- ความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเตา และ
 ความสามารถในการดูดซึมปริมาณแอมโมเนียที่ละลายในน้ำ
 แหล่งทุนมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สถานภาพในการทำวิจัยคล่องร้อยละ 80