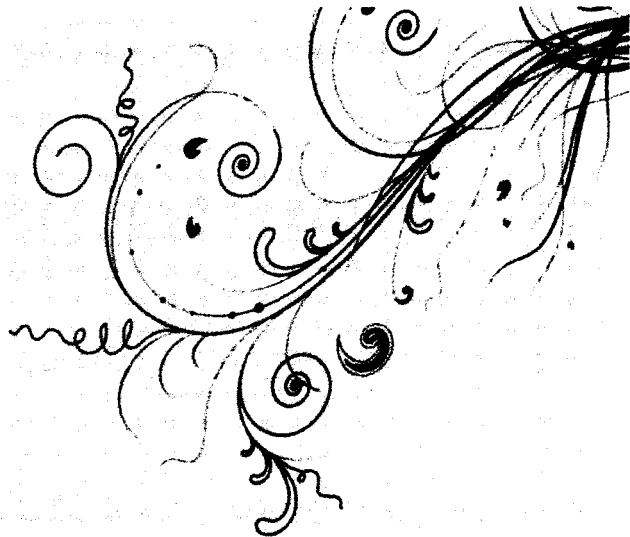
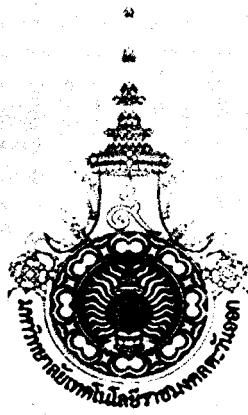
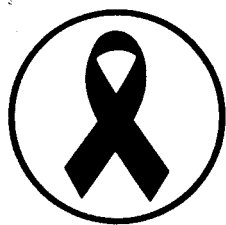




การประชุมสัมมนาทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ครั้งที่ 10

ระหว่างวันที่ 29-31 พฤษภาคม 2560

ณ โรงแรม ดิวารี รามเกียนบีช พัทยา จังหวัดชลบุรี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก



การเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล

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

พรทิส ทงสนิทกานจน์ ธนภัทร วรปัสสุ และ ณัฐรินทร์ ศิริรัตนันท์

Porntisa Thongsanitkan, Thanaput Worapussu and Nuttarin Sirirustananun

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (การจัดการการเกษตร) คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

E-mail: aiko_vs@hotmail.com โทร. 089-4613395

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ที่ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่ อาหารที่ไม่มีการเสริมเมล็ดมะขาม (ชุดควบคุม), อาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ (T2), อาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ (T3) และอาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ (T4) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพเม็ดอาหาร ผลของการเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล และต้นทุนการผลิตอาหาร การศึกษาคุณภาพเม็ดอาหาร ทำได้โดยการวิเคราะห์ความคงทนของอาหารในน้ำ และวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์ฝุ่น ศึกษาผลของการเสริมเมล็ดมะขาม โดยใช้ปลานิลขนาด 0.6 ± 1 กรัม ให้อาหารปลานิลที่อัตรา 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว จำนวน 3 มื้อต่อวัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อศึกษาผลการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน อัตราแลกเนื้อ อัตราการรอดตาย เมื่อสิ้นสุดการทดลอง บันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป พบว่าอาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ (T2) มีค่าคุณภาพเม็ดอาหาร และมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลดีกว่าทุกชุดการทดลอง การเสริมเมล็ดมะขามช่วยลดต้นทุนค่าอาหารของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้

คำสำคัญ: ปลานิล เมล็ดมะขาม

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.

Keywords: Nile tilapia, Tamarind seed

1. บทนำ

ปลานิลเป็นปลาที่มีถิ่นกำเนิดในแถบกลุ่มแม่น้ำไนล์ 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 และการเลือกใช้อัตราการให้อาหารที่ทำได้ง่ายตามท้องถื่นของตน หรือสิ่งของเหลือทิ้ง นำมาประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำ โดยนำมาเข้ากระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำอย่างง่ายภายในครัวเรือน แทนการใช้อาหารสำเร็จรูปตามท้องตลาดที่มีจะมีราคาสูงกว่า เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำลง ซึ่งวัตถุดิบหรือสิ่งเหลือทิ้ง ที่จัดหาได้ง่ายของท้องถื่น เช่น ใบมันสำปะหลัง ข้าวโพดอาหารสัตว์ เมล็ดมะขาม เป็นต้น โดยจังหวัดเพชรบูรณ์มี

ต้นไม้และผลไม้ประจำถิ่น ที่ช่วยสร้างชื่อเสียง และรายได้ให้กับท้องถิ่นจังหวัดเพชรบูรณ์เป็นจำนวนมาก อย่างต่อเนื่องและยาวนาน คือ มะขามหวาน จนเป็นเอกลักษณ์หนึ่งที่อยู่คู่จังหวัดเพชรบูรณ์ เห็นได้จากเป็นข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในวรรณกรรมของคำขวัญประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ “เมืองมะขามหวาน อุทยานน้ำหนาว ศรีเทพเมืองเก่า เขาค้ออนุสรณ์ นครพ่อขุนผาเมือง” (อนุสร, ม.ป.ป.) มะขามหวานจึงถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้และเป็นของขวัญ ของฝากขึ้นชื่อสำหรับท้องถิ่นจังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งการที่มะขามหวานเป็นที่นิยมบริโภค และถูกนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆมากมาย ย่อมมีส่วนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการแปรรูปมะขามหวานเป็นจำนวนมากเช่นกัน ซึ่งของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการแปรรูปมะขามหวานนั้น มักจะมีเปลือกมะขาม เส้นรอมมะขาม และเมล็ดมะขาม เมื่อค้นคว้าหาข้อมูลแล้วพบว่า ในเมล็ดมะขามนั้น มีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย คือ เมล็ดมะขามประกอบไปด้วยเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) ร้อยละ 20-30 และเนื้อเมล็ดร้อยละ 70-80 นอกจากนี้เมล็ดมะขามยังเป็นแหล่งสำคัญของโปรตีน ไขมัน กรดอะมิโนที่จำเป็น และคาร์โบไฮเดรต เมล็ดมะขามประกอบไปด้วยสารพอลิแซ็กคาไรด์มากกว่าร้อยละ 65 โปรตีนร้อยละ 15-21 และไขมันร้อยละ 3-8 โดยประมาณ รวมถึงเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ (สิริการและวรางคณา, 2558)

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

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพเม็ดอาหารของการเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล
2. เพื่อศึกษาผลของการเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล
3. เพื่อศึกษาดัชนีและผลตอบแทน

1.2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

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 ที่กระดูกแก้มมีจุดเข็ม 1 จุด (กรมประมง, 2549)

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

เมล็ดมะขามเป็นของเหลือทิ้ง (by product) ของอุตสาหกรรมแปรรูปมะขาม เช่น มะขามเปียก หรือผลิตภัณฑ์จากมะขามต่างๆ ได้แก่ มะขามคูลูก มะขามกวน มะขามช่อส้ม ขอส้มมะขาม มะขามจี๊ดจ๊าด เป็นต้น ซึ่งปริมาณของเมล็ดมะขามที่เหลือทิ้ง มีเป็นจำนวนมาก เช่น การแปรรูปมะขามเปียก จำนวน 1 กิโลกรัม จะได้เมล็ดประมาณ 200 – 300 กรัม ซึ่งปริมาณเมล็ดมะขามจะแปรผันตรงกับความต้องการของตลาด และปริมาณการแปรรูปมะขามที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ทั้งที่จำหน่ายภายในประเทศ และส่งออกไปยังต่างประเทศ (ชุมพล, 2544) โดยประเทศไทยถือเป็นประเทศที่มีการส่งออกมะขามและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะขาม เป็นอันดับที่สองของทวีปเอเชีย ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ทำรายได้ให้กับประเทศเป็นอย่างมาก ซึ่งตลาดต่างประเทศ หรือประเทศคู่ค้ามะขามทั้งในรูปของฝักสด และ

ผลิตภัณฑ์แปรรูปต่างๆ ที่สำคัญของไทย คือ สหรัฐอเมริกา มาเลเซีย สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ กัมพูชา เป็นต้น และในปัจจุบันจากปริมาณเมล็ดมะขามเหลือทิ้งที่มาก จึงเกิดการซื้อขายเพื่อนำมาวิจัยต่อยอด โดยมีการซื้อขายกันในราคากิโลกรัมละ 2 – 3 บาท (กรวิวัฒน์, 2559)

เมล็ดมะขาม ประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ คือส่วนที่เป็นเปลือกเมล็ด คิดเป็นร้อยละ 30 – 35 และส่วนที่เป็นเนื้อในเมล็ด คิดเป็นร้อยละ 65 – 70 (ภักดีศิริ, 2556) ซึ่งโครงสร้างองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเนื้อในเมล็ดมะขามจะประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรต ถึงร้อยละ 60 – 65 (ศิริรัตน์, 2539) และคาร์โบไฮเดรตในเนื้อในเมล็ดมะขามมีคุณสมบัติเป็นเจลโลส (Jellose) เป็นสารให้ความเหนียว และช่วยเป็นตัวประสานให้น้ำกับน้ำมันเข้ากันได้ดี

2. วิธีการทดลองหรือวิธีการศึกษา

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

2.1 วิธีการดำเนินการวิจัยการศึกษาคุณภาพเม็ตอาหารทางกายภาพ

นำอาหารปลาทั้ง 4 สูตรชุดการทดลอง ที่ผ่านการขึ้นรูปอัดเม็ดและทำให้แห้งเรียบร้อยแล้ว มาทำการวิเคราะห์คุณภาพเม็ตอาหารทางกายภาพ ดังนี้

2.1.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารด้วยสายตา

นำตัวอย่างอาหารทั้ง 4 ชุดการทดลอง มาเปรียบเทียบกัน โดยอาศัยการสังเกตลักษณะทางกายภาพภายนอกจากการประเมินผลด้วยสายตา ทำการบันทึกภาพ และบันทึกผลที่ได้

2.1.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารในน้ำด้วยสายตา

นำตัวอย่างอาหารทั้ง 4 ชุดการทดลอง มาทำการสุ่มเม็ตอาหารชุดการทดลองละ 10 เม็ด ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีน้ำอยู่ในปริมาตร 100 มิลลิลิตร บันทึกภาพและสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเม็ตอาหารในน้ำด้วยสายตา ที่เวลาเริ่มต้น 15, 30 และ 60 นาที บันทึกผลที่ได้

2.1.3 ศึกษาความคงทนของอาหารในน้ำ

วิเคราะห์ค่าความคงทนของอาหารในน้ำ โดยวิธี Shaking method

2.1.4 ศึกษาค่าความเป็นฝุ่น หรือค่าเปอร์เซ็นต์ฝุ่น

โดยใช้วิธีการร่อนอาหารผ่านตะแกรง 500 ไมครอน ให้อาหารเกิดการแตกหัก คิดคำนวณค่าความเป็นฝุ่นได้จากน้ำหนักอาหารเริ่มต้น และน้ำหนักอาหารหลังร่อนผ่านตะแกรง

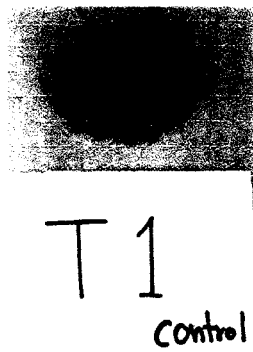
2.2 วิธีการดำเนินการวิจัยการศึกษาผลของการเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลา

ใช้ปลาชนิดขนาด 0.6 ± 1 กรัม เป็นสัตว์ทดลอง ทำการเสริมเมล็ดมะขามบดในปริมาณที่แตกต่างกันตามชุดการทดลอง ลงในอาหารปลานิล ให้อาหารปลานิลที่อัตรา 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว จำนวน 3 ครั้งต่อวัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักปลาทุก 2 สัปดาห์ เพื่อทำการปรับปริมาณอาหาร และนับอัตราการรอดตายของปลาด้วย บันทึกผลค่าปริมาณอาหารที่ปลากินตลอดการทดลอง ข้อมูลอัตราการรอดตาย และข้อมูลน้ำหนักปลา ไว้เป็นข้อมูลแนวโน้มนำมาใช้ในการเจริญเติบโตของปลานิล หลังได้รับอาหารที่มีการเสริมเมล็ดมะขาม นำข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าความแตกต่าง โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผ่านโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติสำเร็จรูป

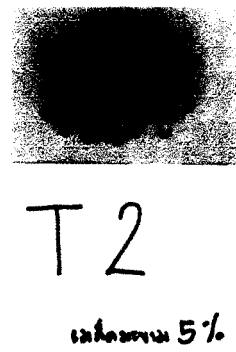
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล หรือผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลของการศึกษาคุณภาพเม็ตอาหารทางกายภาพ

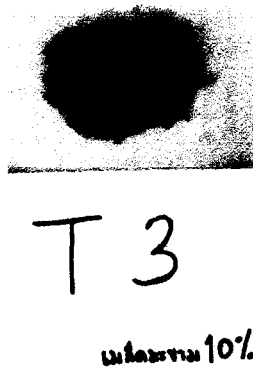
3.1.1 จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารด้วยสายตา พบว่า ลักษณะที่สังเกตได้จากรูปลักษณะภายนอกของเม็ตอาหารในทุกชุดการทดลองนั้น ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก เม็ตอาหารในทุกชุดการทดลองมีความเป็นเม็ดหรือท่อนเท่าๆ กัน โดยเฉพาะอาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) มีเม็ตอาหารที่มีขนาดเม็ดเท่าๆ กันดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ส่วนอาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T3) นั้น ได้เม็ตอาหารที่มีขนาดไม่ค่อยเท่ากัน บ้างมีความเหนียวติดกันเป็นก้อน ทำให้มีคุณภาพของอาหารจากลักษณะทางกายภาพโดยการประเมินด้วยสายตาดีกว่าอาหารในชุดการทดลองอื่นๆ ดังภาพที่ 1 ถึง ภาพที่ 4



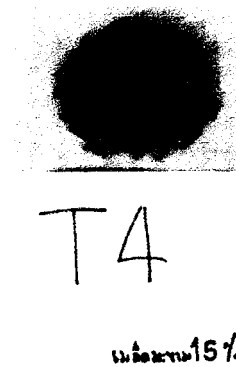
ภาพที่ 1 อาหารที่ไม่มีการเสริมเมล็ดมะขาม



ภาพที่ 2 อาหารเสริมเมล็ดมะขาม 5 เปอร์เซ็นต์

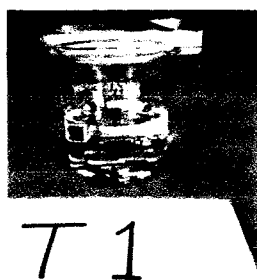


ภาพที่ 3 อาหารเสริมเมล็ดมะขาม 10 เปอร์เซ็นต์

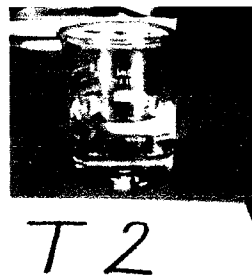


ภาพที่ 4 อาหารเสริมเมล็ดมะขาม 15 เปอร์เซ็นต์

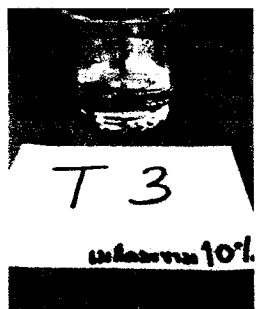
3.1.2 จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารในน้ำด้วยสายตา พบว่า เมื่อเวลาเริ่มต้นใส่อาหารทุกชุดการทดลองลงในน้ำ อาหารยังมีความคงรูป คงตัว เป็นเม็ดเช่นเดิม เม็ดอาหารยังมีความแน่น แข็ง บ้างมีฟองอากาศเกิดขึ้นรอบๆเม็ดอาหาร ซึ่งจากการประเมินอาหารในน้ำด้วยสายตาที่เวลาเริ่มต้น อาหารทุกชุดการทดลองให้ผลเช่นเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกัน ดังภาพที่ 5 ถึงภาพที่ 8 เมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที พบว่า เม็ดอาหารมีความอ่อนนุ่มลง มีน้ำเข้าไปแทนที่อากาศในเม็ดอาหารมากขึ้น ทำให้เม็ดอาหารมีลักษณะบวมขึ้น แต่ยังคงมีการคงรูปของความเป็นเม็ดอาหารอยู่ บริเวณผิวภายนอกมีความเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย ซึ่งประเมินด้วยสายตาสังเกตได้ว่า อาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) ผิวเม็ดอาหารด้านนอกมีความเปื่อยยุ่ยน้อยที่สุด และอาหารที่ไม่ได้เสริมเมล็ดมะขาม (ชุดควบคุม) ผิวเม็ดอาหารด้านนอกมีความเปื่อยยุ่ยมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ เมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที พบว่า เม็ดอาหารมีความอ่อนนุ่มลง มากกว่าที่เวลา 15 นาที เม็ดอาหารมีลักษณะบวมขึ้นมากขึ้น แต่ยังสังเกตเห็นความเป็นเม็ดของอาหารอยู่ บริเวณผิวภายนอกมีความเปื่อยยุ่ยเพิ่มมากขึ้น เริ่มมีเศษอาหารจากการเปื่อยยุ่ยหลุดลอยขึ้นมาที่บริเวณผิวน้ำ ยกเว้นอาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) ที่ยังไม่มีเศษอาหารจากการเปื่อยยุ่ยของผิวภายนอกเม็ดอาหารที่สัมผัสกับน้ำหลุดลอยขึ้นมาที่บริเวณผิวน้ำ ส่วนอาหารที่ไม่ได้เสริมเมล็ดมะขาม (ชุดควบคุม) มีการเปื่อยยุ่ย เม็ดอาหารมีความพองตัว บวมขึ้น และมีเศษอาหารหลุดลอยขึ้นมาที่บริเวณผิวน้ำมากที่สุด และเมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที พบว่า เม็ดอาหารมีความนิ่มมากกว่าที่เวลา 30 นาที เม็ดอาหารมีลักษณะบวมขึ้น พองตัวมากขึ้น แกนกลางของเม็ดอาหารยังมีความเป็นเม็ดของอาหารอยู่บ้าง บริเวณผิวภายนอกมีความเปื่อยยุ่ยเพิ่มมากขึ้น เริ่มมีเศษอาหารจากการเปื่อยยุ่ยหลุดลอยขึ้นมาที่บริเวณผิวน้ำในปริมาณที่มากขึ้น อาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) มีเศษอาหารที่เปื่อยยุ่ยหลุดลอยขึ้นมาที่บริเวณผิวน้ำน้อยที่สุด ส่วนอาหารที่ไม่ได้เสริมเมล็ดมะขาม (ชุดควบคุม) มีเศษอาหารหลุดลอยขึ้นมาที่บริเวณผิวน้ำมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ดังภาพที่ 9 ถึง ภาพที่ 12



ภาพที่ 5 อาหารในน้ำที่เวลาเริ่มต้น (T1)



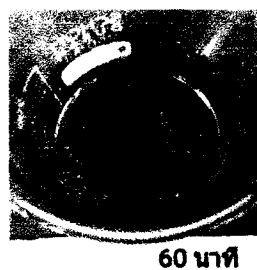
ภาพที่ 6 อาหารในน้ำที่เวลาเริ่มต้น (T2)



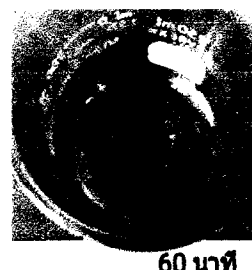
ภาพที่ 7 อาหารในน้ำที่เวลาเริ่มต้น (T3)



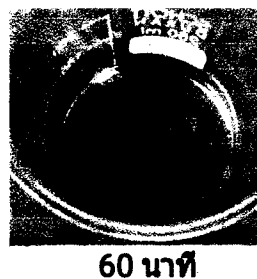
ภาพที่ 8 อาหารในน้ำที่เวลาเริ่มต้น (T4)



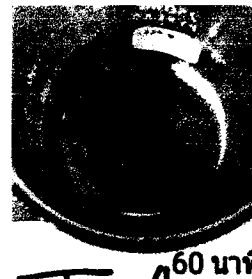
ภาพที่ 9 อาหารในน้ำที่ 60 นาที (T1)



ภาพที่ 10 อาหารในน้ำที่ 60 นาที (T2)



ภาพที่ 11 อาหารในน้ำที่ 60 นาที (T-3)



ภาพที่ 12 อาหารในน้ำที่ 60 นาที (T4)

3.1.3 จากการศึกษาค่าความคงทนของอาหารในน้ำ และค่าความเป็นพิษ ได้ค่าแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความคงทนของอาหารในน้ำและค่าความเป็นพิษ

ชุดการทดลอง	ค่าความคงทนของอาหารในน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความเป็นพิษ (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 ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≤ 0.05)

3.2 ผลของการเสริมเมล็ดมะขามต่อการเจริญเติบโตของปลานิล

ตารางที่ 2 ค่าการเจริญเติบโตของปลานิล

ชุดการทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	น้ำหนักเฉลี่ยสิ้นสุด (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

ตารางที่ 3 ค่าการใช้ประโยชน์ได้จากอาหารและอัตราการรอด

ชุดการทดลอง	ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน)	อัตราแลกเนื้อ	อัตราการรอด (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

3.3 ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตอาหารปลานิลเสริมเมล็ดมะขาม

พบว่า มีต้นทุนการผลิตอาหารปลานิลเท่ากับ 17.10, 16.71, 16.81 และ 16.34 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับชุดการทดลอง ซึ่งต้นทุนการผลิตอาหารปลานิลตามสูตรที่ได้คำนวณไว้ และใช้ทำการทดลองนี้ อยู่ในช่วง 16 – 17 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ เมล็ดมะขามที่นำมาเสริมในอาหารทดลองนั้น ได้มาโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดใด แต่เมื่อนำไปคำนวณตามราคาการซื้อขายของตลาด จะมีราคาการซื้อขายเมล็ดมะขามเหลือทั้งที่กิโลกรัมละ 2 – 3 บาท ฉะนั้นต้นทุนการผลิตอาหารเสริมเมล็ดมะขามจะปรับราคาสูงขึ้น แต่ปรับขึ้นเพียงเล็กน้อย ประมาณ 0.3 – 0.5 บาทต่อกิโลกรัมเท่านั้น ซึ่งก็ยังมีราคาต่ำกว่าราคาของอาหารสำเร็จรูปที่ขายตามท้องตลาด

3.4 วิจัยรณผลการทดลอง

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาหารในน้ำด้วยสายตา พบว่า อาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร (T2) มีแนวโน้มดีกว่าชุดการทดลอง จากการประเมินด้วยสายตา สังเกตเห็นได้ว่า เมื่อเวลาผ่านไป 0, 15, 30 และ 60 นาที เม็ดอาหารที่แช่อยู่ในน้ำ จะมีการพองตัว บวมขึ้น และเปื่อยยุ่ย ตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสิ่งนี้ช่วยให้เม็ดอาหารมี

ลักษณะทางกายภาพที่คงรูปในน้ำได้นาน คือ สารเหนียว ในชุดควบคุมมีเพียงปลายข้าวหุงสุกที่ทำหน้าที่เป็นสารเหนียวในสูตรอาหาร ส่วนชุดการทดลองอื่นๆ จะมีทั้งปลายข้าวหุงสุกและเจลาตินจากเมล็ดมะขาม ที่เป็นสารเหนียวในสูตรอาหาร เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ปรีตนา (2545) ที่ได้ประเมินลักษณะทางกายภาพของอาหารกึ่งที่แช่ในน้ำเป็นเวลา 15, 30, 60 และ 120 นาที ของอาหารทดลองที่ไม่ได้เติมสารยึดเกาะ กับอาหารทดลองที่มีการเสริมสารยึดเกาะ หรือสารเหนียวลงไป พบว่า อาหารกึ่งที่ไม่ได้เติมสารยึดเกาะคงสภาพในน้ำได้น้อยกว่าอาหารที่เติมสารยึดเกาะ เพราะอาหารกึ่งที่ไม่ได้เติมสารยึดเกาะมีเพียงกลูเตนจากแป้งสาลีที่ทำหน้าที่เป็นสารเหนียวในสูตรอาหารเท่านั้น ในอาหารสัตว์น้ำจึงควรเติมสารเหนียวให้เพียงพอ เพื่อช่วยยึดเกาะวัตถุดิบเข้าด้วยกัน ทำให้เม็ดอาหารมีความแน่น คงรูปในน้ำได้นาน (บุญชัย, 2530)

ค่าความคงทนของอาหารในน้ำ จากการวิจัยพบว่า อาหารที่เสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) มีค่าความคงทนของอาหารในน้ำดีกว่าชุดการทดลอง และชุดการทดลองที่มีการเสริมเมล็ดมะขามในสูตรอาหาร มีค่าความคงทนของอาหารในน้ำมากกว่าชุดควบคุม ซึ่งเนื้อในเมล็ดมะขามจะประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรต ถึงร้อยละ 60 – 65 (ศิริรัตน์, 2539) และคาร์โบไฮเดรตในเนื้อเมล็ดมะขามมีคุณสมบัติเป็นเจลาติน (Jellöse) เป็นสารให้ความเหนียว และช่วยเป็นตัวประสานให้น้ำกับน้ำมันเข้ากันได้ดี ประกอบกับ อาหารชุดควบคุมที่มีเพียงปลายข้าวเป็นสารเหนียว มีค่าความคงทนของอาหารในน้ำด้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุทิน (2549) ที่ได้ทำการศึกษาความคงทนของอาหารปลานิลที่ใช้มันสำปะหลัง ข้าวโพดบด และปลายข้าวเหนียว ในการผลิตอาหารเม็ดลอยน้ำเลี้ยงปลานิล พบว่า อาหารที่มีการใช้แป้งมันสำปะหลังมีค่าความคงทนของอาหารในน้ำดีกว่าอาหารที่ใช้ข้าวโพดบด และปลายข้าวเหนียว ($P \leq 0.05$) โดยอาหารที่ใช้ปลายข้าวเหนียวมีค่าความคงทนของอาหารในน้ำต่ำที่สุด ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้อาหารที่มีการเสริมเมล็ดมะขามมีค่าความคงทนของอาหารในน้ำดีกว่าอาหารที่ไม่มีการเสริมเมล็ดมะขามในสูตรอาหาร

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

จากการศึกษาผลของการเสริมเมล็ดมะขามต่อการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (T2) มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยสิ้นสุด, น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย, น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน และค่าอัตราแลกเนื้อ ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ เนื่องจากได้รับอาหารที่มีคุณภาพดี มีความคงทนในน้ำสูง เป็นฝุ่นน้อย ทำให้อาหารเมื่ออยู่ในน้ำมีการสูญเสียการใช้ประโยชน์น้อย อาหารคงรูปอยู่ในน้ำได้นาน จึงส่งผลต่อการเจริญเติบโต การกินอาหาร และประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิล มีคุณภาพมากขึ้น อีกทั้งการเสริมเมล็ดมะขามที่ภายในเนื้อเมล็ดประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ ที่เป็นโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตประเภทหนึ่ง ซึ่งให้พลังงานเป็นอย่างดี (วันแข็ง, 2553) นอกจากนี้เมล็ดมะขามยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็น ได้แก่ ไลซีน (Lysine) และ ลิวซีน (Luecine) (Sila และคณะ, 1994) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลอีกด้วย ส่วนการเสริมเมล็ดมะขามในปริมาณมากถึง 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร แต่ได้ผลการเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์ได้จากอาหารของปลานิล มีค่าด้อยกว่าการเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร อาจเนื่องมาจากการเตรียมเมล็ดมะขามก่อนการนำมาผสมในอาหารทดลอง ได้ผ่านการคั่วและบดทั้งเปลือกเมล็ดมะขาม ซึ่งในเปลือกเมล็ดมะขามมีรายงานว่า ประกอบไปด้วยสารจำพวกแทนนิน ซึ่งการบริโภคแทนนินในปริมาณสูงจะไปรบกวนการใช้ประโยชน์จากโปรตีน โดยแทนนินจะไปจับตัวกับเอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร ส่งผลยับยั้งการดูดซึมธาตุหลัก ยับยั้งการเจริญเติบโตในสัตว์ทดลองได้ (ภคสิริ, 2554) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวีศิลป์ และพิศาล (2549) ซึ่งได้ใช้เนื้อในเมล็ดมะขามที่เอาเปลือกออก ก่อนนำมาคั่วบด เสริมให้กับลูกกระบือ ที่ระดับ 10 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยผสมน้ำให้ลูกกระบือกิน พบว่า สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของลูกกระบือได้ และงานวิจัยของ Aengwanish and Suttajit (2010) ได้ทำการศึกษาการใช้เปลือกเมล็ดมะขามที่กำจัดแทนนินออกแล้ว นำไปให้ไก่กิน พบว่า มีค่าปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการบริโภคในไก่ คือ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

4. สรุปผล

การเสริมเมล็ดมะขามคั่วบดทั้งเมล็ด รวมถึงเปลือกหุ้มเมล็ดด้วยในอาหารปลานิล มีผลต่อคุณภาพเม็ดอาหาร และลักษณะทางกายภาพของอาหาร อาหารที่เสริมเมล็ดมะขามจะมีลักษณะทางกายภาพของเม็ดอาหารดีกว่าอาหารที่ไม่มีการเสริมเมล็ดมะขาม โดยอาหารที่เสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิลที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะทางกายภาพของเม็ดอาหารดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ แสดงถึงอาหารมีคุณภาพดีกว่า และการเสริมเมล็ดมะขามที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิล โดยทำให้ค่าการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และอาหารที่มีการเสริมเมล็ดมะขามมีต้นทุนการผลิตที่ถูกกว่าอาหารที่ไม่ได้เสริมเมล็ดมะขาม ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนด้านอาหารของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่เปิดโอกาสให้ได้กระทำประโยชน์ สร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ คอยช่วยเหลือและมอบทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงผู้ร่วมวิจัยทุกท่าน และบุคลากรหลากหลายฝ่ายในคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จนรายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

6. เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2549. **ปลาพระราชทานเพื่อปวงชนชาวไทย**. ส่วนโครงการอันเนื่องมาจาก พระราชดำริและกิจกรรมพิเศษ กรุงเทพฯ.
- กรวัฒน์ วีนิล. (2559. 30 พฤศจิกายน). การเกษตร : เม็ดมะขามไม่ไร้ค่า กิโลละห้าพัน. ไทยรัฐออนไลน์.
- กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ. (2559). **หลักการเลือกซื้ออาหารสัตว์น้ำสำเร็จรูป**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_activities/82/174 (สืบค้นเมื่อ 11 มกราคม 2560).
- ชุมพล วิวัชรวงศ์. 2544. **มะขามเปรี้ยวพืชอุตสาหกรรมใหม่ที่มีอนาคต**. เคหการเกษตร. 25 (9) : 80 – 84.
- ทวีศิลป์ จินตวง และพิศาล จังศิริพรกรณ์. 2549. **ประสิทธิภาพของพืชสมุนไพรมะขามที่มีต่อพยาธิตัวกลมในลูกกระป๋อง**. ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุราษฎร์ธานี.
- บุญชัย กิจสัมฤทธิ์โรจน์. 2530. **อาหารปลา-กุ้ง**. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม กรุงเทพฯ. 103 หน้า.
- ปริศนา สุวรรณภรณ์ นที สังค์บุญลือ และ ธงชัย สุวรรณสิขณ. 2545. **การวัดค่าความคงทนในน้ำของอาหารกุ้ง : เปรียบเทียบวิธีของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและวิธีวิเคราะห์ทางเนื้อสัมผัส**. เอกสารวิชาการ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภักสิริ สินไชยกิจ และไมตรีสุทนต์. **คุณสมบัติชีวเคมีและการประยุกต์ใช้ของเมล็ดมะขาม**. วารสารนเรศวรพะเยา ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม- สิงหาคม 2554. หน้า 5-16.
- วันแข็ง สิทธิกิจโยธิน. 2553. **ทามารินด์จากเมล็ดมะขาม**. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2553. หน้า 173-180.
- ศิริรัตน์ วรรณศิริ. 2539. **การผลิตกัมจากเมล็ดมะขาม**. รายงานสัมมนา ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิริการ หนูสิงห์ และ วรางคณา สมพงษ์. 2558. **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดและการทำแห้งต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของกัมเมล็ดมะขาม**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 23 (1) : 43-58.
- สุทิน สมบูรณ์ และ วิจิต เสงี่ยมชัย. 2549. **ระดับที่เหมาะสมของไขมันสำหรับปลาดุก ข้าวโพดบด และปลายข้าวเหนียวในการผลิตอาหารเม็ดลอยน้ำเลี้ยงปลานิล**. เอกสารวิชาการ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนุสร ขวัญสุข. ม.ป.ป. **เมืองมะขามหวาน**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://ammanutsara.weebly.com/> (วันที่ค้นข้อมูล : 20 ธันวาคม 2559).
- อมรรัตน์ เสริมวัฒนกุล. 2548. **การผลิตอาหารสัตว์น้ำเพื่อจำหน่าย**. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 114หน้า.
- 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, heterophily/lymphocyte ratio, oxidative stress and body weight of broilers (*Gallus domesticus*) under chronic heat stress**. Animal science journal. 81 (2) : 264-70.
- Sila B. et. al. 1994. **Functional and nutritional properties of Tamarind (*Tamarindus indica*) kernel protein**. Food chem. 49 (1994) : 1-9.