รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus*) โดยพิจารณาจากขนาดและระดับโปรตีน

Development on pellet feed for blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) culture in consideration of size and protein level in feed.

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ
นายสกนธ์ แสงประดับ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๘

รหัสโครงการ 2558A10802263
สัญญาเลขที่ 42/2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus*) โดยพิจารณาจากขนาดและระดับโปรตีน

Development on pellet feed for blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) culture in consideration of size and protein level in feed.

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ *
นายสกนธ์ แสงประดับ**

***ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เมือง จังหวัดชลบุรี**
****สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่ง ถนนสุขุมวิท บางพระ ศรีราชา จังหวัดชลบุรี**

ตุลาคม 2557 (โครงการต่อเนื่องปีที่ 1)

บทคัดย่อ

ทำการทดลองเพื่อหาขนาดเม็ดอาหารที่เหมาะสมสำหรับปูม้า (*Portunus pelagicus*) อายุ 40 วัน น้ำหนัก 15.6±0.6 กรัม และปูม้าอายุ 100 วัน น้ำหนักตัว 82.5±0.9 กรัม ด้วยการใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปท่อนกลม 3 ขนาด ได้แก่ ความยาว 1, 2.5 และ 4 มิลลิเมตร โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร ซึ่งใช้อาหารที่มีโปรตีน 40.32% สำหรับปูม้าอายุ 40 วัน และอาหารมีโปรตีน 30.15% ปูม้าอายุ 100 วัน เพื่อทำการตรวจสอบการเข้าหาอาหารของปูม้า ในถังไฟเบอร์กลาสกลมขนาด 200 ลิตร บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ส่วนในพัน ปริมาตร 100 ลิตร คำนวณอาหารให้ 20% ของน้ำหนักปูทดลองทั้งหมด ใส่อาหารในถาดและวางไว้ 2 จุดต่ออาหาร 1 ขนาด สลับกันรวม 6 จุดรอบบ่อ ที่น้ำหนักเท่ากัน บันทึกจำนวนปูม้าและระยะเวลาที่ใช้เข้าจับและกินอาหาร ระยะเวลาที่ปูม้ากินอาหาร ของช่วงทดสอบนาน 60 นาที และการทดสอบความน่ากินของอาหารกับปูม้า 2 ขนาด โดยนำปูม้าแต่ละตัวลงใส่ในถังไฟเบอร์กลาสกลมขนาด 50 ลิตร บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ส่วนในพัน ปริมาตร 30 ลิตร ให้อาหารทดสอบ 30% จากน้ำหนักปูม้า บันทึกอาหารทดลองที่เหลือหลังเวลาผ่านไป 120 นาที ทำการทดลอง 6 ซ้ำต่อหน่วยทดลอง ของทั้ง 2 การทดลอง

จากการทดลองพบว่า จำนวนปูม้าที่เข้าหาและกินอาหาร ระยะเวลาเฉลี่ยที่ปูม้าจับและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปทั้ง 3 ขนาด ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ทั้งการทดลองกับปูม้าอายุ 40 วัน และ 100 วัน ระยะเวลาเฉลี่ยที่ปูม้าครองกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 1 และ 2.5 มิลลิเมตร นานกว่าการกินอาหารเม็ดขนาด 4 มิลลิเมตร ($p<0.05$) สำหรับปูม้าอายุ 40 วัน ตรงกันข้ามกับปูม้าอายุ 100 วัน ซึ่งจับและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตร นานที่สุด (20.4 ± 1.2 นาที) ($p<0.05$) อาหารที่เหลือน้อยที่สุด ($p<0.05$) พบที่ขนาด 1 มิลลิเมตร (10.5 ± 2.4%) สำหรับปูม้าอายุ 40 วัน ขณะที่ขนาด 4 มิลลิเมตร (6.5 ± 2.5%) สำหรับปูม้าอายุ 100 วัน

Abstract

The optimal size of pellet feed for 40 days-old (15.6±0.6 g) and 100 days-old (82.5±0.9 g) crab (*Portunus pelagicus*) was investigated in this experiment. Three sizes of pellet in cylinder form as 1, 2.5 and 4 mm in length with 0.8, 1.5 and 2 mm in diameter respectively at 40.32% protein for 40 days-old crab and 30.15% for 100 days-old crab were used. The attractiveness test was operated in 200L circular fiberglass tank with 100 L of 30 ppt water. Three sizes of experimental feed with rations of 20% body weight of crab were applied in feeding tray. Two trays for each pellet size in total of six trays were alternately placed surrounding the experimental tank. Number of crab and starting time at capturing and eating feed and feeding period were recorded for 60 minutes. Palatability test for both sizes of crab, individual crab was held in 50L circular fiberglass tank with 30 L of 30 ppt water. Three size of experimental feed with rations of 30% body weight of crab were individually applied in each tank. The residual feed was checked at 120 minutes for feeding. Six replications for each treatment were designed for the experiments.

The results found that number of crab and starting time at capturing and eating feed were not significant different ($p>0.05$) among the three pellet sizes which occurred in both 40 and 100 day-olds crabs. The longer feeding period of 40 day-old crab found in 1 and 2.5 mm pellet which was significantly longer ($p<0.05$) than that of 4 mm pellet. On the contrary the significant ($p<0.05$) longest feeding period (20.4 ± 1.2 min) was occurred in 4 mm pellet for 100 days-old crab. The least residual feed ($p<0.05$) was found in 1 mm pellet (10.5 ± 2.4%) for 40 days-old crab while 4 mm pellet (6.5 ± 2.5%) for 100 days-old crab.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทนำ	1
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
วิธีดำเนินการวิจัย	7
ผลการวิจัย	17
อภิปรายผลการทดลอง	23
สรุปและข้อเสนอแนะ	24
ผลผลิต	24
เอกสารอ้างอิง	25

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 องค์ประกอบทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารในการผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปูม้า..... 10

2 ปริมาณวัตถุดิบอาหารใน 100% น้ำหนักแห้งรวมของอาหารสำเร็จรูป..... 11

3 คุณค่าทางโภชนาการและพลังงานของอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปูม้า 40 วัน และ 100 วัน..... 11

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ลักษณะของแม่พันธุ์ปูม้าที่มีไข่แก่นอกกระดองสมบูรณ์.....	8
2	ปูม้าวัยรุ่นเลี้ยงในบ่อคอนกรีตและในตะกร้า.....	9
3	อาหารเม็ด 3 ขนาด เพื่อใช้ทดสอบการเลี้ยงปูม้า.....	14
4	การทดสอบการเข้าหาอาหารและความน่ากินของอาหารสำหรับปูม้า ในถังไฟเบอร์กลาสกลมขนาด 200 ลิตร.....	14
5	การทดสอบความน่ากินของอาหารสำหรับปูม้าในถังไฟเบอร์กลาสกลมขนาด 50 ลิตร..	15
6	จำนวนปูม้าอายุ 40 วัน ที่จับและกินอาหาร 3 ขนาด ช่วงทำการทดสอบนาน 60 นาที....	17
7	ระยะเวลาที่ปูม้าอายุ 40 วัน เข้าจับและกินอาหารของช่วงเวลาทดสอบนาน 60 นาที.....	18
8	ระยะเวลาที่ปูม้าอายุ 40 วัน กินอาหารภายใต้การทดสอบนาน 60 นาที.....	18
9	ปริมาณอาหารที่เหลือภายหลังทดสอบความน่ากินอาหารทดลองเป็นเวลานาน 120 นาที สำหรับปูม้าอายุ 40 วัน.....	19
10	จำนวนปูม้าอายุ 100 วัน ที่จับอาหารของอาหารช่วงทำการทดสอบนาน 60 นาที.....	20
11	ระยะเวลาที่ปูม้าอายุ 100 วัน จับและกินอาหารของช่วงเวลาทดสอบนาน 60 นาที.....	20
12	ระยะเวลาที่ปูม้าอายุ 100 วัน กินอาหารภายใต้การทดสอบนาน 60 นาที.....	21
13	ปริมาณอาหารที่เหลือภายหลังทดสอบความน่ากินอาหารทดลองเป็นเวลานาน 120 นาที สำหรับปูม้าอายุ 100 วัน.....	22

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๘ มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 42/2558

บทนำ

ปูม้าจัดได้ว่าเป็นปูขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในหลายประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งในประเทศไทยปัจจุบันมีการเลี้ยงปูม้าเชิงพาณิชย์ทั้งฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย เนื่องจากเป็นสัตว์น้ำที่ประชาชนหันมาบริโภคกันมากขึ้นจนทำให้ในปัจจุบันราคาปูม้ามีค่าสูงขึ้นมาก รวมไปถึงเครื่องมือประมงยังมีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้แนวโน้มการทำประมงมีมากขึ้นตามมา และการเสื่อมลงของทรัพยากรป่าชายเลน การทำลายชายฝั่ง ตลอดจนผลกระทบที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ส่งผลให้แหล่งอนุบาลลดน้อยลง จนทำให้ปูม้าในธรรมชาติลดลงอย่างน่าเป็นห่วง ทรัพยากรปูม้าในทะเลของประเทศไทยในปี 2528 ฝั่งอ่าวไทยมีผลผลิตจากการจับปูม้าประมาณ 18,708 ตัน ต่อมาในปี 2541 มีผลผลิตเพิ่มขึ้นและสูงสุดถึง 37,281 ตัน จากนั้นปริมาณผลผลิตมีแนวโน้มลดลงเหลือ 14,262 ในปี 2553 (กรมประมง, 2553) โดยที่ราคาขายในปัจจุบันอยู่ระหว่าง 230-340 บาทต่อกิโลกรัม (ตลาดไท, 2550) อีกทั้งยังพบว่ามีการจับปูม้าขนาดเล็กก่อนถึงขนาดเจริญพันธุ์ขึ้นมาใช้ประโยชน์เป็นจำนวนมากทำให้ปูม้าที่จะเติบโตเป็นพ่อแม่พันธุ์มีจำนวนลดลง หากปริมาณทรัพยากรปูม้าของไทยมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง อาจส่งผลให้ปูม้าสูญพันธุ์ไปจากทะเลของไทยได้ในอนาคต

จากวิกฤติราคากุ้งกุลาดำตกต่ำในปี 2543 และวิกฤติการเกิดโรคในกุ้งขาวในปี 2545 ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาดทุนและการขาดแคลนรายได้จึงทำให้เกิดปัญหาหนี้สินตามมา ทำให้พื้นที่ ๆ เคยใช้สำหรับเลี้ยงกุ้งถูกปล่อยทิ้งร้างโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์และการทำประมงพื้นบ้านไม่เพียงพอต่อรายได้ภายในครอบครัว แต่จากการที่ปูม้าในธรรมชาติเริ่มลดลงและมีความต้องการของตลาดเพิ่มมากขึ้นทำให้ปูม้ามีราคาสูงขึ้นมาก จึงทำให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงปูม้าโดยใช้บ่อกุ้งร้างแปรสภาพให้เป็นบ่อเลี้ยงปูม้าและปูนิ่ม (บรรจง เทียนส่งรัศมี, 2545) แต่ก็ยังประสบปัญหาในเรื่องพฤติกรรมการกินกันเองขณะลอกคราบของลูกปูม้า ทำให้มีอัตราการรอดตายต่ำ จึงยังมีผลผลิตไม่ได้มากตามที่ตลาดต้องการ

การเลี้ยงปูม้าในปัจจุบันมีความเป็นไปได้สูง แต่ต้องแก้ปัญหาเรื่องพฤติกรรมการกินกันเอง (Cannibalism) ของปูม้าขณะลอกคราบในทุกระยะของการเจริญเติบโต เพื่อเพิ่มการรอดตายให้สูงขึ้น โดยการหาวัสดุหลบซ่อนที่เหมาะสม (บุญรัตน์ ประทุมชาติ และ สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ, 2548) แต่ก็ยังมีหลายปัจจัยเกี่ยวข้องที่ช่วยให้การรอดตายสูงขึ้น โดยเฉพาะอาหารที่เหมาะสมในการอนุบาล ระดับโปรตีน รวมไปถึงขนาดของอาหารของปูม้าในช่วงอายุที่แตกต่างกันอีกด้วย ซึ่งปัจจัยดังกล่าวนับว่าเป็นประเด็นที่ควรจะให้ความสำคัญในการเลี้ยงปูม้าเป็นอันดับแรก จากการสนับสนุนจากทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ทำให้การเลี้ยงปูม้าในประเทศไทยดำเนินงานวิจัยพัฒนาด้านการผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูป โดยคำนึงถึงวัตถุดิบอาหารที่มีความเหมาะสมทางด้านโภชนาการมาใช้เป็นองค์ประกอบของอาหารและยังคำนึงถึงระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับปูม้าในช่วงอายุที่แตกต่างกัน จากงานวิจัยของสุพิศ ทองรอด และคณะ (2548) พบว่าวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารเสริมโดยใช้ปลาป่น ร่วมกับกากถั่วเหลือง มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปูม้ายังไม่ดีเท่ากับอาหารเม็ดสำเร็จรูปของกุ้งกุลาดำและปูม้ายอมรับอาหารเม็ดได้ดีกว่าอาหารสด แสดงให้เห็นว่าคุณภาพของอาหารที่ผลิตขึ้นเองยังมีประสิทธิภาพได้ไม่ดีเท่ากับอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับกุ้งกุลาดำ และวัตถุดิบที่มีโปรตีนเหมาะสมสามารถนำมาใช้ทดแทนปลาป่นได้ดีคือ หอยแมลงภู่เพราะสามารถหา

ซื้อได้ง่ายกว่า จากงานวิจัยเกี่ยวกับระดับโปรตีนที่เหมาะสมกับปูขนวัยอ่อน *Eriocheir sinensis* พบว่าที่โปรตีนที่ระดับ 39.0% ให้น้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตของลูกปูขนได้ดีที่สุด (Mu *et al*., 1998) การศึกษาระดับโปรตีนสำหรับการเลี้ยงปูทะเลวัยอ่อน *Scylla serrata* พบว่าการเลี้ยงปูทะเลที่ระดับโปรตีน 32% และ 40% ร่วมกับไขมัน 6% และ 12% สามารถให้อัตราการเจริญเติบโตของปูทะเลวัยอ่อนได้ดีที่สุด (Catacutan, 2002) และการศึกษาทดลองระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมสำหรับปูม้าพบว่า การเลี้ยงปูม้าด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่พัฒนาสูตรจากสูตรอาหารกุ้งที่ระดับโปรตีนสูง 46% มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีนต่ำ 34 % ในระยะเวลา 1 เดือน โดยปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารกุ้ง (โปรตีน 42 %) มีการเจริญเติบโตต่ำสุด (สุพิศ ทองรอด และคณะ, 2548) และจากการศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารต่อการเจริญเติบโตของลูกปูม้า โดยใช้ระดับโปรตีนที่แตกต่างกัน 2 ระดับ 34.3 และ 42.8% เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงระยะเวลาในการเลี้ยงและเปลี่ยนระดับโปรตีนที่ให้แก่ปูม้าใน 4 สัปดาห์แรก และ 8 สัปดาห์หลัง พบว่าช่วงเวลาในการทดลองที่ใช้ในการเปลี่ยนระดับโปรตีนมีผลต่อการเจริญเติบโตของปูม้าเป็นอย่างมาก โดยที่ปูม้าที่เลี้ยงด้วยโปรตีน 34.3 % ใน 4 สัปดาห์แรก และให้โปรตีน 42.8% ใน 8 สัปดาห์หลังให้การเจริญเติบโตดีที่สุด (มนทกานติ ท้ามติ้น และคณะ, 2551) แต่โดยทั่วไปสัตว์น้ำมีความต้องการโปรตีนลดลงเมื่อมีอายุหรือขนาดเพิ่มมากขึ้น (Akiyama *et al*., 1992) แสดงให้เห็นว่าการทดลองเปลี่ยนระดับโปรตีนให้กับลูกปูม้าในสัปดาห์ที่ 4 ยังไม่ใช่ช่วงอายุของปูม้าที่เหมาะสมในการลดระดับโปรตีนในอาหารและการเลี้ยงปูม้าต่อเนื่องนาน 12 สัปดาห์ที่ระดับโปรตีนต่ำยังส่งผลให้ปูม้ามีความถี่ในการลอกคราบต่ำสุด และการศึกษาของสุพิศ ทองรอด (2548) พบว่าโปรตีนที่ให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีมีค่าอยู่ในช่วง 34-46% และมีแนวโน้มความต้องการโปรตีนลดลงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ขนาดของอาหารที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงปูม้าก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้าเช่นกัน งานวิจัยขนาดของอาหารในปูม้าธรรมชาติพบว่าขนาดของเหยื่อจะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของก้ามปูม้าที่ใหญ่ขึ้นและขนาดความกว้างของกระดองปูม้าหลังจากที่ปูม้าลอกคราบครั้งแรกจนมีขนาดของความกว้างของกระดองถึง 29 มิลลิเมตร จะเลือกกินเหยื่อที่มีขนาดเล็กเช่น หอยสองฝาขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ และจับเหยื่อสัตว์ทะเลหน้าดินในกลุ่มแกมมาริดแอมฟิพอด (Gammarid amphipod) และ โพลิคีต (Polycheate) รองลงมาตามลำดับ เมื่อปูม้ามีขนาดของความกว้างของกระดองประมาณ 30-59 มิลลิเมตร จึงจับเหยื่อที่เป็นแกมมาริดแอมฟิพอดเป็นส่วนใหญ่ และจะเปลี่ยนเหยื่อไปเป็นโพลิคีตเมื่อมีขนาดของความกว้างของกระดองประมาณ 90-159 มิลลิเมตร (Potter *et al*., 2000) แต่ก็ยังไม่มีงานวิจัยรองรับแน่ชัดถึงขนาดของอาหารเม็ดที่เหมาะสมต่อปูม้าขนาดต่าง ๆปัจจุบันเกษตรกรยังนิยมใช้อาหารสดในการเลี้ยงปูม้าเพราะสามารถหาได้จากการทำประมงพื้นบ้าน แต่ราคาอาหารสดในตลาดมีราคาสูงขึ้นมาก อีกทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการไม่แน่นอนและไม่สามารถรักษาคุณภาพของอาหารสดไว้ได้นาน รวมถึงเป็นการเพิ่มต้นทุนในการจัดการระบบถ่ายน้ำเสียภายในบ่อเลี้ยง ด้วยเหตุนี้จึงควรผลิตอาหารสำเร็จรูปที่เหมาะสมเพื่อการเลี้ยงปูม้า ทำให้ปูม้าได้รับสารอาหารที่ดี สามารถเก็บไว้ได้นาน และรักษาคุณภาพน้ำได้ดีเหมือนกับการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ อย่างไรก็ดีเนื่องจากโครงสร้างทางร่างกายของปูม้ามีลักษณะที่แตกต่างไปจากกุ้ง ซึ่งปูจะใช้ก้ามซึ่งมีโครงสร้างที่ใหญ่ตามขนาดของตัวปูหยิบอาหารเข้าปากและประคองอาหารตลอดเวลา ดังนั้นเชื่อว่าขนาดเม็ดอาหารต้องมีบทบาทสำคัญต่อการเลือกจับของปูม้า กล่าวคือปูม้าขนาดใหญ่

กว่าก็น่าที่จะเลือกจับขนาดเม็ดอาหารที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งก็น่าที่จะมีขนาดที่เหมาะสมขนาดใดขนาดหนึ่ง หรือปูม้าทุกขนาดอาจจะเลือกขนาดใหญ่สุดทั้งหมดก็มีความเป็นไปได้เช่นเดียวกัน เมื่อทราบขนาดที่เหมาะสมแล้วจึงทำการทดสอบถึงระดับโปรตีนที่เหมาะสมกับปูม้าในแต่ละช่วงวัย ซึ่งระดับที่เหมาะสมนั้นจะสะท้อนถึงการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ และการรอดตาย ดังนั้นจากการทดลองที่ผ่านมารวมทั้งการวิจัยเบื้องต้นของบุญรัตน์ ประทุมชาติ และคณะ (2552) เกี่ยวกับชนิดและประสิทธิภาพของเอนไซม์ต่าง ๆของปูม้า จะได้นำมาประยุกต์ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้ได้บรรลุเป้าหมายและนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มผลิตผลปูม้าจากการเลี้ยงต่อไป

เอกสารการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเลี้ยงปูม้า

ในปัจจุบันการเลี้ยงปูม้ามีความเป็นไปได้สูง แต่ต้องแก้ปัญหาเรื่องพฤติกรรมการกินกันเองของปูม้าขณะลอกคราบในระยะเมกาโลปาและระยะแครบ เพื่อเพิ่มอัตราการรอดตาย โดยการหาวัสดุหลบซ่อนที่เหมาะสม (บุญรัตน์ ประทุมชาติ และสุริยัน ธัญกิจจานุกิจ, 2548) ปัจจุบันมีการเพาะฟักลูกปูม้าหลายวิธี ด้วยกันส่วนมากจะนิยมเลือกใช้แม่ปูม้าที่มีไข่แก่นอกกระดองซึ่งหาซื้อได้จากท้องตลาด หรือตับปิ้งที่มีไข่จากโรงงานปูกระป๋อง (บรรจง เทียนส่งรัศมี, 2545) มาเพาะฟักที่ความเค็ม 24-27 ppt ซึ่งระดับความเค็มดังกล่าวทำให้ลูกปูม้ามีการเจริญเติบโตสูงกว่าปูม้าที่เลี้ยงในระดับความเค็มมากกว่า 30 ppt ขึ้นไป (บุญรัตน์ ประทุมชาติ และสุริยัน ธัญกิจจานุกิจ, 2548) ซึ่งยังมีปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกปูม้าวัยอ่อน เช่น แสงสว่าง ปริมาณความหนาแน่นในการเลี้ยง อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนในน้ำ ที่กำบังหรือแหล่งหลบซ่อน ปริมาณความหนาแน่นของอาหาร การให้อาหาร และชนิดของอาหาร ซึ่งในส่วนอาหารที่ใช้เลี้ยงลูกปูม้าเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของลูกปูม้าเป็นอย่างมาก โดยส่วนใหญ่แล้วยังคงยึดถือรูปแบบและวิธีการเลี้ยงกุ้งทะเลเป็นส่วนใหญ่ จึงมีการศึกษาทดลองปรับเปลี่ยนชนิดของอาหารเพื่อเปรียบเทียบเชิงปริมาณ และคุณภาพของลูกปู โดยให้ความสัมพันธ์กับระบบนิเวศที่ปูอาศัยอยู่จริง หรือศึกษาองค์ประกอบอาหารจากกระเพาะอาหาร (Stomach content) รวมไปถึงประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปูม้า เพื่อที่จะสามารถหาอาหารที่เหมาะสมมาใช้เลี้ยงลูกปูม้าได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งยังต้องให้ความสำคัญกับวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงปูม้าโดยคำนึงถึง แหล่งโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของลูกปูม้าอีกด้วย

ขนาดอาหารต่อการเจริญโตของปูม้า

จากงานวิจัยขนาดและชนิดอาหารของปูม้าในธรรมชาติแสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตของปูม้าในแต่ละระยะที่แตกต่างกัน ซึ่งขนาดของเหยื่อจะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของความกว้างของกระดองปูม้าและขนาดของก้ามปูม้าที่ใหญ่ขึ้น เช่น หลังจากปูม้าลอกคราบครั้งแรกจนมีขนาดของความกว้างของกระดองถึง 29 มิลลิเมตร พบว่าลูกปูม้าวัยอ่อนจะเลือกกินเหยื่อที่มีขนาดเล็กเช่น หอยสองฝาขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ และจับเหยื่อในกลุ่ม แกมมาริดแอมฟิพอด (Gammarid amphipod) และ โพลิคีต (Polychate) รองลงมาตามลำดับ เป็นต้น เมื่อปูม้ามีขนาดของความกว้างของกระดองประมาณ 30-59 มิลลิเมตร จะจับเหยื่อที่เป็นแกมมาริดแอมฟิปอด เป็นส่วนใหญ่ และจะเปลี่ยนเหยื่อไปเป็น โพลิคีตเมื่อมีขนาดของความกว้างของกระดองประมาณ 90-159 มิลลิเมตร (Potter *et al*., 2000)

ระดับโปรตีนต่อการเจริญเติบโตของปูม้า

ในการอนุบาลลูกปูม้าวัยอ่อนหลังจากพัฒนาการทางร่างกายจากระยะเมกาโลปา (Megalopa) สู่ระยะปูม้าระยะแรก (1st Crab) อาหารที่นำมาใช้ในการอนุบาลลูกปูม้ามีทั้งแบบอาหารสด และอาหารสำเร็จรูปหลากหลายชนิดรวมไปถึงรูปร่างและกลิ่นที่เหมาะสมอีกด้วย โดยให้ความสำคัญกับโปรตีนที่มีอยู่ใน

อาหารเป็นหลัก ซึ่งโปรตีนนับว่าเป็นส่วนประกอบหลักในอาหารสัตว์น้ำ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโต และเป็นองค์ประกอบในการสร้างฮอร์โมนและภูมิคุ้มกันในกลุ่มครัสเตเชียน แต่ในปัจจุบันโปรตีนมีราคาแพง จึงทำให้นักวิจัยหันมาทำการศึกษาทางด้านโภชนาทางเลือก โดยใช้วัตถุดิบที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันผสมกับวัตถุดิบที่มีแร่ธาตุที่เหมาะสมชนิดอื่น ๆ ผลิตออกมาในรูปอาหารเม็ดสำเร็จรูป เพื่อนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงลูกปูม้าวัยอ่อนซึ่งช่วยในการลดต้นทุนการผลิตอาหารและศึกษาเกี่ยวกับระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำหรับปูม้า

Mu *et al.* (1998) ศึกษาผลของระดับโปรตีนในอาหารสำเร็จรูปไอโซคาโรลิก (Isocarolic diet - อาหารที่มีการลดไขมันและทดแทนด้วยคาร์โบไฮเดรตโดยที่มีแคลลอรี่ในอาหารเท่าเดิม) ต่อการเจริญเติบโตของลูกปูขนวัยอ่อน *Eriocheir sinensis* โดยให้เนื้อกุ้งที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 6 ระดับ (29.8, 34.1, 39.0, 44.2, 48.7 และ 54.8 %) เป็นอาหารระยะเวลา 35 วัน พบว่าที่โปรตีนที่ระดับ 39.0% ให้น้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด และแต่ละระดับของโปรตีนที่ใช้ในการทดลองไม่มีผลกับอัตราการรอดชีวิตและความถี่ในการลอกคราบ

Catacutan (2002) ทดลองให้อาหารที่มีโปรตีน 3 ระดับ (32, 40 และ 48%) ร่วมกับไขมัน 2 ระดับ (6 และ 12%) ในลูกปูทะเลวัยอ่อน *Scylla serrata* เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า ที่ระดับโปรตีน 32% ร่วมกับไขมัน 6 % และ ที่ระดับโปรตีน 40% ร่วมกับไขมัน 6% และ12% ให้อัตราการเจริญเติบโตของปูทะเลได้ดีที่สุด และที่ระดับโปรตีน 48% ร่วมกันไขมัน 6% ให้น้ำหนักตัวของปูทะเลต่ำที่สุด

Zeng *et al.* (2008) ทดลองให้อาหารเม็ดที่มีขนาดในระดับอนุภาค (Microbound diet, 100-300 μm) โดยผลิตอาหารเม็ดจากวัตถุดิบที่แหล่งโปรตีนที่แตกต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ ปลาป่น กุ้งป่น กากถั่วเหลือง และหมึกป่น เปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียมีชีวิต (*Artemia* nauplii) ให้กับลูกปูม้า (*P. pelagicus*) ในระยะเมกาโลปาจนถึงระยะแครบ พบว่าการเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดที่มีขนาดในระดับอนุภาคที่ผลิตจาก ปลาป่น มีการรอดตายสูงที่สุด มากกว่าการเลี้ยงด้วยอาร์ทีเมีย และมีการเจริญเติบโตดีกว่า กากถั่วเหลือง และหมึกป่น แต่การเจริญเติบโตน้อยกว่าการเลี้ยงด้วยอาร์ทีเมีย

วารินทร์ ธนาสมหวัง และคณะ (2548) พัฒนาอาหารสำเร็จรูปสำหรับปูม้า (*P. pelagicus*) โดยครอบคลุมถึงชนิดอาหารและแหล่งโปรตีนสะสมรวมไปถึงระดับของโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า ในการศึกษาเบื้องต้นอาหารมี 2 รูปแบบ คือไข่ตุ๋นร่วมกับปลาป่น หอยแมลงภู่ และปลาหมึกป่น เป็นแหล่งโปรตีนร่วมกับกากถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปกุ้งกุลาดำ พบว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนร่วมกับกากถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตต่ำสุด ในขณะที่การเจริญเติบโตของปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารกุ้งมีการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่มีความแตกต่างกับปูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้หอยแมลงภู่เป็นแหล่งโปรตีน และจากการศึกษาแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า โดยมีแหล่งของโปรตีนที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ ปลาป่น หอยแมลงภู่ หมึกป่น และกุ้งป่น โดยมีปริมาณโปรตีนในอาหารเท่ากับ 39-40.5% เทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปกุ้งกุลาดำเบอร์ 0 โปรตีน 44.98% พบว่าปูม้าสามารถยอมรับอาหารเม็ดแห้งได้ดี ซึ่งทำให้อาหารเม็ดสำหรับกุ้งกุลาดำมีผลต่อการเจริญเติบโตของปูม้าดีที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแหล่งโปรตีนชนิดอื่นที่นำมาทดลอง แต่อย่างไรก็ตามการใช้หอยแมลงภู่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารมีผลการ

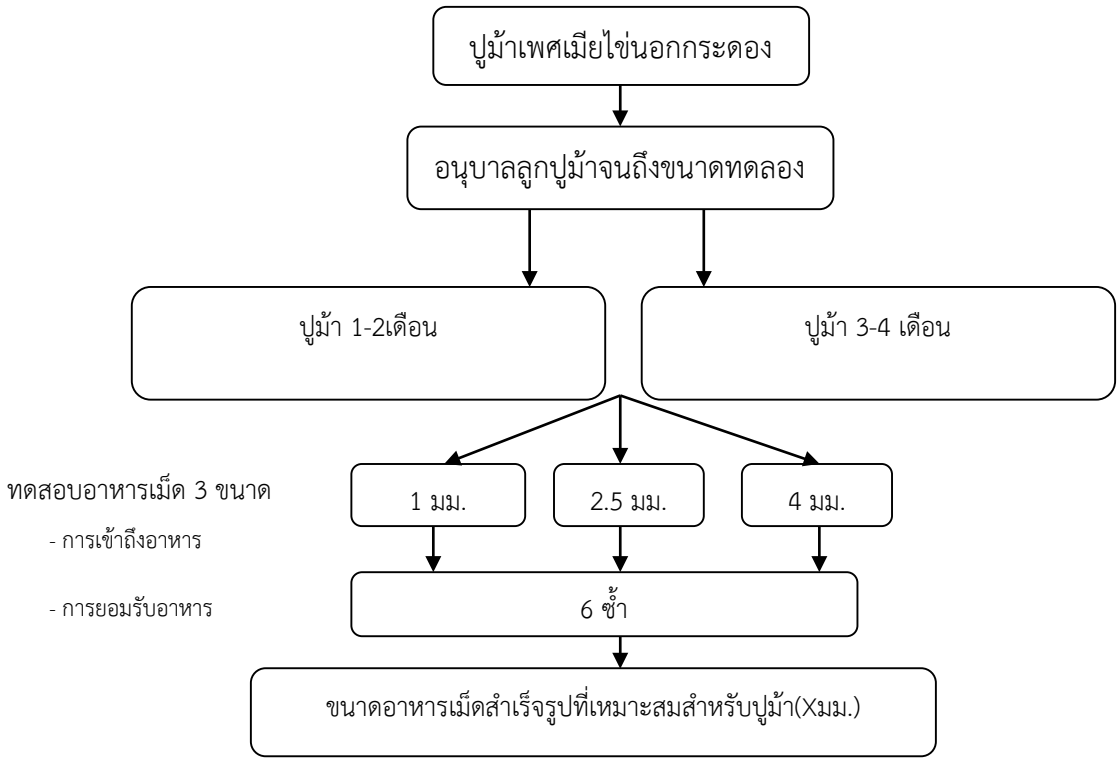
เจริญเติบโตมากกว่าปลาป่นหรือหมึกป่นร่วมกับกากถั่วเหลือง และจากการหาระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของลูกปูม้าวัยอ่อน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยผลิตอาหารทดลองในรูปแบบอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 4 ระดับคือ 28.0, 34.5, 40.4, 46.5% เทียบกับอาหารกุ้งสำเร็จรูประดับโปรตีน 42.4% พบว่าในสัปดาห์ที่สองที่ระดับโปรตีน 46.5% ให้อัตราการเจริญเติบโตและขนาดตัวที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารกุ้งสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในสัปดาห์ที่สี่พบว่าที่ระดับโปรตีน 46.5, 34.5 และ 40.4% ให้ขนาดตัวที่เพิ่มขึ้นดีที่สุดเมื่อเทียบกับระดับโปรตีน 28.0% จึงสรุปได้ว่าการเลี้ยงปูม้าด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ระดับโปรตีนสูง 46% มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีนต่ำ 34% ในระยะเวลา 1 เดือน โดยที่ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารกุ้ง (โปรตีน 42%) มีการเจริญเติบโตต่ำสุด

มนทกานติ ท้ามติ้น และคณะ (2551) ศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารต่อการเจริญเติบโตของลูกปูม้า (*P. pelagicus*) โดยใช้ระดับโปรตีนที่แตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 34.3 และ 42.8% โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุด คือ ในการทดลองที่ 1 และ 2 เลี้ยงปูม้าโดยโปรตีน 34.3% และ 42.8% ตามลำดับตลอดช่วง 12 สัปดาห์ การทดลองที่ 3 เลี้ยงปูม้าโดยให้อาหารโปรตีน 42.8% ใน 4 สัปดาห์แรก และ ให้โปรตีน 34.3% ในช่วง 8 สัปดาห์หลัง และการทดลองที่ 4 เลี้ยงปูม้าโดยให้อาหารโปรตีน 34.3% ใน 4 สัปดาห์แรก และให้โปรตีน 42.8% ในช่วง 8 สัปดาห์หลัง พบว่าการเจริญเติบโตของปูม้าดีที่สุดในการทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 4 แต่โดยทั่วไปสัตว์น้ำมีความต้องการโปรตีนลดลงเมื่อมีอายุหรือขนาดเพิ่มมากขึ้น (Akiyama *et al*., 1992) ซึ่งผลการทดลองของมนทกานติ ท้ามติ้น และคณะนั้นออกมาทิศทางตรงกันข้าม อีกทั้งยังให้เหตุผลว่าในสัปดาห์ที่ 4 ยังไม่ใช่ช่วงอายุของปูม้าที่เหมาะสมในการลดระดับโปรตีนในอาหาร เพราะจากการทดลองพบว่าในสัปดาห์ที่ 10 เริ่มมีผลต่อการเจริญเติบโตของปูม้าในทุกทุกชุดการทดลอง และที่ระดับโปรตีน 34.3 % ไม่เหมาะสมต่อการใช้เลี้ยงปูม้าต่อเนื่องนาน 12 สัปดาห์ ซึ่งทำให้ปูม้ามีความถี่ในการลอกคราบต่ำสุด

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขอบเขตของโครงการวิจัย

คัดเลือกปูม้าเพศเมียขนาดความกว้างของกระดองประมาณ 10-12 เซนติเมตร ที่มีไข่นอกกระดอง ระยะหัวใจเต้น (Heart beating stage) มาเพื่อเพาะฟักให้ได้ลูกปูม้าระยะแครป (Crab stage) และเลี้ยงต่อจนได้ขนาดความกว้างของกระดอง 3-5 เซนติเมตร (ปูม้าอายุ 1-2 เดือน) และ7-8 เซนติเมตร (ปูม้าอายุ 3-4 เดือน) จึงนำมาใช้ทำการทดลอง นำปูม้าทั้ง 2 ขนาดมาเลี้ยงทดสอบด้วยเม็ดอาหารต่างกัน 3 ขนาด ได้แก่ 0.5-1, 2-3 และ 4 มิลลิเมตร ด้วยการจึงนำปูม้ามาทดสอบการยอมรับอาหารและการเข้าถึงอาหารของปูม้า (Palatability & Attractability) ทำการทดลอง 6 ซ้ำ ดังแผนภาพด้านล่าง



การเตรียมสัตว์ทดลอง

คัดเลือกปูม้าเพศเมียขนาดความกว้างของกระดองประมาณ 10-12 เซนติเมตร ที่มีไข่นอกกระดอง ระยะหัวใจเต้น (Heart beating stage) (รูปที่ 1) มาทำการล้างด้วยน้ำทะเลที่ผ่านการกรองผสมโพวิดีนไอโอดีนนานประมาณ 1 นาที จากนั้นย้ายแม่ปูลงยังบ่อเพาะฟักในถังพลาสติกขนาด 500 ลิตร กำจัดสิ่งรบกวนและรอจนกว่าไข่ฟักเป็นตัวในระยะซูเอีย 1 (Zoea 1) จึงทำการแยกลูกปูที่มีสภาพสมบูรณ์แข็งแรงออกเพื่อนำไปอนุบาลต่อโดยให้อาหารด้วย คลอเรลลา (Chlorella) และโรติเฟอร์ (Rotifer) ในระยะที่เป็นวัยอ่อน และเปลี่ยนเป็นไรน้ำเค็มเมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้นจนปูม้ามีขนาดประมาณ 3-5 เซนติเมตร (ปูม้าอายุ 1-2

เดือน) และ7-8 เซนติเมตร (ปูม้าอายุ 3-4 เดือน) จึงนำมาทำการทดลอง โดยที่ให้อาหารปูม้าประมาณ 5% ของน้ำหนักตัวปู วันละ 4 ครั้ง คือ 8.00 12.00 16.00 และ 20.00 นาฬิกา และเตรียมถังทดลองสำหรับการเลี้ยงปูม้าในถังพลาสติกขนาด 500 ลิตร โดยบรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ที่ระดับน้ำสูง 60 เซนติเมตรใส่หัวทราย 2 จุดรอบ ๆ ถัง และ 1 จุด บริเวณกลางบ่อ ในการทดลองครั้งนี้เพื่อป้องกันการกินกันเองของปูม้าในระยะแครบ และตัวเต็มวัย จึงมีการนำปูม้าบางส่วนมาแยกเลี้ยงในกระชังที่สร้างขึ้นจากแผ่น PVC เป็นช่องขนาด 10x15x8 เซนติเมตร พื้นล่างเป็นตาข่ายพลาสติกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร แต่ละช่องจะบรรจุปูม้า 1 ตัว ภายในช่องดังกล่าวมีระดับความสูงของน้ำประมาณ 6 เซนติเมตร โดยระบบดังกล่าวนี้จะลอยอยู่ภายในบ่อซีเมนต์ขนาด 5 ลูกบาศก์เมตร ปูม้าที่ถูกแยกออกมาเลี้ยงภายในกระชังจะนำมาทดสอบในการทดลองเพื่อหาความถี่ในการลอกคราบของปูม้า การเพาะฟักและการทดลองจะใช้พื้นที่ภายในโรงเพาะเลี้ยง ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตลอดระยะเวลาในการทดลอง

รูปที่ 1 ลักษณะของแม่พันธุ์ปูม้าที่มีไข่แก่นอกกระดองสมบูรณ์

การอนุบาลลูกปูม้า

1 การอนุบาลลูกปูม้าระยะซูเอีย (Zoea) 1 (อายุ 1-3 วัน) ให้ *Chlorella* sp. ร่วมกับโรติเฟอร์ (*Brachionus* sp.) 20 ตัว/ml

2 การอนุบาลลูกปูม้าระยะซูเอีย 2 (อายุ 4-6 วัน) ให้ *Chlorella* sp. โรติเฟอร์ 20 ตัว/ml ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อน 5 ตัว/ml

3 การอนุบาลลูกปูม้าระยะซูเอีย 3 (อายุ 7-8 วัน) ให้ *Chlorella* sp. โรติเฟอร์ 5 ตัว/ml ร่วมกับอาร์ทีเมียวัยอ่อน 15 ตัว/ml

4 การอนุบาลลูกปูม้าระยะซูเอีย 4 (อายุ 8-10 วัน) ให้ *Chlorella* sp. อาร์ทีเมียวัยอ่อน 7-10 ตัว/ml

5 การอนุบาลลูกปูม้าระยะเมกาโลปา (Megalopa) (อายุ 11-14 วัน) ให้อาร์ทีเมียตัวเต็มวัย 5 ตัว/ ml เฟลกอาร์ทีเมีย และสาหร่าย *Chlorella* sp.

6 การเลี้ยงลูกปูม้าระยะแครบ (1^{st} crab อายุ 14-16 วัน) ให้อาร์ทีเมียตัวเต็มวัย 5 ตัว/ml เฟลกอาร์ทีเมีย และอาหารสำเร็จรูปในระบบเลี้ยงที่ผู้จัดทำสร้างขึ้น

7 เลี้ยงต่อในบ่อซิเมนต์และในตะกร้าจนได้ขนาดความกว้างของกระดองด้านนอก (External carapace length) 3-5 เซนติเมตร และ7-8 เซนติเมตร (รูปที่ 2 ก-ค)

ก ข ค

รูปที่ 2 ปูม้าวัยรุ่นเลี้ยงในบ่อคอนกรีตและในตะกร้า

การจัดการคุณภาพน้ำ

ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุก ๆ 5 วัน เพื่อรักษาให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับการอยู่รอดของลูกปูม้าดังต่อไปนี้

1 pH ด้วย pH meter

2 Alkalinity ด้วยวิธีการไตเตรท (Tritration)

3 อุณหภูมิด้วย ปรอท Thermometer

4 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ด้วย D.O. meter

5 แอมโมเนีย (Ammonia) และ ไนไตรท์ (Nitrite) ใช้ชุด Test Kits

โดยทำการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำให้มีค่า > 5 ppm pH มีค่า 7.9-8./ ไนไตรท์มีค่า < 0.02 ppm แอมโมเนียมีค่า <0.2 อุณหภูมิน้ำ 28.5-30.0 ^{O}C และอัลคาไลนิตี้ (Alkalinity) มีค่า 120-150 ppm ตลอดระยะเวลาในการทดลอง

การเตรียมสูตรอาหารในการวิจัย

ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหาร (AOAC, 1984) ก่อนที่จะนำวัตถุดิบมาผลิตในรูปอาหารเม็ด (ตารางที่ 1) และออกแบบสูตรอาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดจมที่มีระดับโปรตีน 2 ระดับ ได้แก่ 30 และ 40% ซึ่งใช้วัตถุดิบตามตารางที่ 2 ที่มีการประมาณคุณค่าทางโภชนาการและพลังงานใกล้เคียงให้กันมากที่สุด (ตารางที่ 3) ขนาดของเม็ดอาหารจะถูกกำหนดจากผลการวิจัย เก็บรักษาอาหารเม็ดสำเร็จรูปไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ -20 ^{O}C ตลอดช่วงเวลาในการทดลอง

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารในการผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปูม้า

วัตถุดิบอาหาร	**องค์ประกอบทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหาร (%)**					**ความชื้น**
	โปรตีน	**ไขมัน**	**ไฟเบอร์**	**เถ้า**	**คาร์โบไฮเดรต**	**(%)**
ไก่ป่น	64.0±0.04	13.0±0.1	2.2±0.04	14.4±0.02	6.4±0.02	5.5±0.1
ปลาป่น	61.0±0.01	8.6±0.1	1.0±0.01	21.0±0.01	8.4±0.04	4.8±0.1
มันสำปะหลังป่น	2.0±0.01	0.3±0.1	1.7±0.01	1.5±0.04	94.5±0.01	10.0±0.1
คอร์นกลูเท่น	62.0±0.01	1.6±0.1	3.4±0.02	1.6±0.01	31.4±0.04	8.6±0.2
วีทกลูเท่น	46.2±0.04	1.3±0.1	2.5±0.04	0.7±0.02	49.3±0.04	9.7±0.1
ปลายข้าว	6.6±0.02	1.6±0.1	0.7±0.01	0.3±0.04	90.8±0.01	12.0±0.2
รำข้าว	12.0±0.04	15.0±0.1	7.1±0.04	7.1±0.01	58.8±0.01	10.6±0.1
ถั่วเหลืองป่น	46.0±0.02	6.2±0.02	6.2±0.02	6.3±0.01	3503±0.04	12.0±0.1
ยีสต์โปรตีน*	42.2±0.01	0.6±0.1	0.6±0.04	4.6±0.04	5101±0.02	9.1±0.1

*ยีสต์โปรตีน ได้จากผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการหมัก (Fermentation) ในอุตสาหกรรมเบียร์

ตารางที่ 2 ปริมาณวัตถุดิบอาหารใน 100% น้ำหนักแห้งรวมของอาหารสำเร็จรูป

วัตถุดิบอาหาร	ระดับโปรตีน	
	30%	40%
ปลาป่น	36.0	54.7
ไก่ป่น	0.8	1.2
ยีสต์โปรตีน	0.16	0.24
ถั่วเหลืองป่น	0.47	0.73
วีทกลูเท่น	0.24	0.36
คอร์นกลูเท่น	0.23	0.36
รำข้าว	44.90	23.0
ปลายข้าว	2.0	1.3
มันสำปะหลังป่น	0.6	0.9
เปลือกกุ้งป่น	4.0	6.22
น้ำมันถั่วเหลือง	1.2	2.5
น้ำมันปลา	3.9	2.9
วิตามิน	2.0	2.0
เกลือแร่	3.0	3.0
เลซิทิน	0.5	0.5

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการและพลังงานของอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปูม้า 40 วัน และ 100 วัน

สูตรโปรตีน	องค์ประกอบทางโภชนาการ (% น้ำหนักแห้ง)					ความชื้น (%)	พลังงาน (กิโลแคลอรี่/100 กรัม)
	โปรตีน	ไขมัน	ไฟเบอร์	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต		
30%	30.15	15.71	3.92	12.40	32.54	7.97	452.19
40%	40.32	14.55	2.75	15.67	21.27	6.66	452.47

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

1 ชั่งตัวอย่าง 1 g ใส่ในหลอดย่อย ใส่ 0.5 g Cu_2 $SO_4.5H_2O$ เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และ 10 g $K_2SO_4.5H_2O$ เพื่อเพิ่มจุดเดือด จากนั้นจึงเติม H_2SO_4 เข้มข้น 15 mL

2 ตั้งหลอดย่อยบนขาตั้งปิดฝาครอบหลอด สวม Exhaust manifold ลงส่วนบนของหลอดย่อย เปิดสวิตซ์ของ Exhaust นำลงในเครื่องย่อยที่อุณหภูมิ 380°C

3 ตั้งอัตราการไหลของอากาศที่ Exhaust manifold สูงสุด เพื่อให้ไอกรดไหลเวียนในระบบย่อย จนได้สารละลายใสประมาณ 2 ชั่วโมง ยกขาตั้งพร้อมหลอดทิ้งไว้ให้เย็นรอการกลั่น

4 เปิดวาล์วน้ำหล่อเย็นที่เครื่องกลั่น และปิดสวิทซ์เครื่องกลั่นเพื่อเตรียมทำความสะอาดระบบ จากนั้นนำหลอดเปล่าใส่น้ำกลั่นวางบนแท่นกลั่น เติม 40% NaOH ลงมา 2-3 ครั้ง

5 เตรียมเครื่องโดยใช้ฟลาสก์เปล่ารองรับ และใส่หลอดที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณครึ่งหลอด โดยเปิดให้ไอน้ำกลั่นเป็นเวลาประมาณ 5 นาที หรือจนกระทั่งระบบสะอาด

6 หยดอินดิเคเตอร์ (indicator) โบรโมกลีซอล กรีน (Bromoglesol green) และเมทิล เรด (Methly red) 3 หยดลง ฟลาสก์ที่มี 4% กรดบอริก (Boric acid) 25 mL นำไปตั้งที่ฐานให้สายยางจุ่มอยู่ในสารละลายเนื่องจากเป็นการดักแอมโมเนีย

7 เติมน้ำกลั่นในหลอดย่อย 100 mL นำไปวางบนแท่นกลั่น

8 เติม NaOH ลงในหลอดย่อยจนทำปฏิกิริยาจนเป็นสีน้ำตาลดำจนหมด ทำการกลั่นจนปริมาตรในฟลาสก์รองรับให้ได้ 250 mL

9 นำสารละลายที่ได้ หยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยดนำไปไตรเตรทกับ 0.1 N HCl จนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้เพื่อคำนวณจากสูตร

$$\% \mathbf{N} = 1.47 \frac{\text{ความเข้มข้น HCl} \times (\text{ปริมาตร HCl ตัวอย่าง} - \text{ปริมาตร HCl Blank})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)} \times 10}$$

% โปรตีน = % N x 6.25

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Ether extract)

1 อบ Extraction cup ขนาด 250 mL ที่ 105°C นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น อบซ้ำ และชั่งน้ำหนักจนคงที่

2 ชั่งตัวอย่าง 2 g ใส่ลงในกระดาษกรอง แล้วพับใส่ใน Thimble และนำ Thimble ใส่ลงใน Extraction Tube

3 เปิดวาล์วน้ำหล่อเย็น และนำ Extraction cup ที่เติม Petroleum Ether แล้วลงในเตาหลุมซึ่งตั้งอุณหภูมิ 100-150°C นาน 1 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยไอ Petroleum Ether ต่อนาน 30 นาที

4 จากนั้นทำการแยก Petroleum Ether ออกขึ้นบน Condenser แล้วระเหยให้แห้งด้วยเครื่อง Evaporator (ต้องระเหยจนหมดเนื่องจากตัวอย่างอาจเสียหายเมื่อถึงขั้นต่อไป)

5 นำ Extraction cup ซึ่งมีไขมันอยู่ไปอบที่ 110°C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโหลดูดความชื้น จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณปริมาณไขมันจากสูตร

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักฟลาสก์หลัง} - \text{น้ำหนักฟลาสก์ก่อน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

การวิเคราะห์ปริมาณไฟเบอร์ (Acid-alkali digestion)

1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่สกัดไขมันแล้ว 1 g ใส่ในลงในบีกเกอร์ (Beaker) เติม 1.25% กรดซัลฟูริค (Sulfuric acid) 200 mL ต้มให้เดือดนาน 30 นาที

2 กรองด้วยผ้ากรองขนาด 100 µm แล้วล้างส่วนที่เหลือด้วยน้ำร้อน

3 นำตัวอย่างที่อยู่บนผ้ากรองใส่กลับบีกเกอร์เดิม เติม 1.25% NaOH 200 mL ต้มให้เดือดนาน 30 นาที

4 นำไปกรองด้วยด้วยถุงกรองขนาด 100 µm จากนั้นล้างด้วยน้ำร้อน และอะซิโตนตามลำดับ

5 ตักตัวอย่างบนผ้ากรองใส่ถ้วยกระเบื้องที่อบไว้แล้ว จากนั้นจึงชั่งน้ำหนัก

6 นำตัวอย่างข้างต้นไปเผาที่ 500°C นาน 6 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณเถ้า แล้วคำนวณได้จากสูตร

$$\% \text{ ไฟเบอร์} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ- น้ำหนักเถ้า})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \times 100$$

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Muffle furnace combustion)

1 อบถ้วยกระเบื้องที่ 105°C นาน 2 ชั่วโมงชั่งจนได้น้ำหนักคงที่

2 ชั่งตัวอย่าง 1 g ใส่ถ้วยกระเบื้อง แล้วนำไปเผาที่ 500°C นาน 12 ชั่วโมง

3 ปล่อยทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วจึงชั่งน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณเถ้าจากสูตร

$$\text{เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักถ้วย และเถ้า - น้ำหนักถ้วย}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายในน้ำ (NFE)

หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายในน้ำจากสูตร

$$\% \text{ คาร์โบไฮเดรต} = 100 - (\% \text{ โปรตีน} + \% \text{ ไขมัน} + \% \text{ เถ้า} + \% \text{ ไฟเบอร์})$$

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

1 อบถ้วยกระเบื้องที่ 105°C นาน 2 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่

2 ชั่งตัวอย่าง 1 g ใส่ถ้วยกระเบื้อง แล้วนำไปอบที่ 105°C นาน 2 ชั่วโมงปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักถ้วย และตัวอย่างก่อนอบ-น้ำหนักถ้วย และตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

การทดสอบการเข้าหาอาหารของปูม้า (Attractability test)

1. ใช้ถังไฟเบอร์กลาสกลมขนาด 200 ลิตร บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 100 ลิตร

2. นำอาหารเม็ดสำเร็จรูปทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ ความยาว 1, 2.5 และ 4 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร ปริมาณ 20% ของน้ำหนักปูทดลองทั้งหมด วางไว้ 2 จุดต่ออาหาร 1 ขนาด สลับกันรวม 6 จุดรอบบ่อ (รูปที่ 3)

รูปที่ 3 อาหารเม็ด 3 ขนาด เพื่อใช้ทดสอบการเลี้ยงปูม้า

3. นำปูม้าที่มีอายุ 40 วัน น้ำหนัก 15.6±0.6 กรัม จำนวน 12 ตัว ที่มีการติดเครื่องหมายมากักขังในท่อพีวีซี หลังจากอดอาหารมาเป็นเวลา 12 ชั่วโมง บริเวณกลางบ่อทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เพื่อให้ปูม้าปรับตัวเข้ากับบ่อทดลองและรับรู้ถึงอาหารที่อยู่ในน้ำภายในบ่อทดลอง หลังจากครบ 10 นาที ทำการยกภาชนะที่ขังปูม้าออก (รูปที่ 4)

4. สังเกตและจดบันทึกจำนวนปูม้าและระยะเวลาที่ใช้เข้าจับและกินอาหารทดลองทั้ง 3 ขนาด ทั้งเริ่มทำการบันทึกจำนวน และเวลาที่ปูม้าเลือกอาหารทดลอง และบันทึกช่วงเวลาที่ปูม้าแต่ละตัวกินอาหารทดลอง ทำการทดสอบนาน 60 นาที ทำการทดลองทั้งหมด 6 ซ้ำต่อการทดลอง

5. ใช้ปูม้าอายุ 100 วัน น้ำหนักตัว 82.5±0.9 กรัม จำนวน 12 ตัว การทดสอบเช่นเดียวกันตามข้อ 1 ถึง 4

รูปที่ 4 การทดสอบการเข้าหาอาหารและความน่ากินของอาหารสำหรับปูม้าในถังไฟเบอร์กลาสกลมขนาด 200 ลิตร

การทดสอบความน่ากินของอาหาร (Palatability Test)

1. ใช้ถังไฟเบอร์กลาสกลมขนาด 50 ลิตร บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ppt ปริมาตร 30 ลิตร จำนวน 15 ใบสำหรับการทดลองทดสอบกับอาหาร 3 ขนาด ใช้ถัง 6 ใบต่อการทดสอบอาหาร 1 ขนาด ทำการทดลอง 6 ซ้ำต่อการทดลอง

2. นำปูม้าที่มีอายุ 40 วัน น้ำหนักตัว 15.6±0.6 กรัม จำนวน 18 ตัว หลังจากอดอาหารมาเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ใส่ลงในถังทดลอง จำนวน 1 ตัวต่อถัง รวมทั้งหมด 18 ถัง ทำการทดลอง 6 ซ้ำการทดลอง

3. นำอาหารเม็ดสำเร็จรูปทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ ความยาว 1, 2.5 และ 4 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร ลงใส่ในภาชนะและวางลงบนพื้นถังแต่ละใบ (รูปที่ 5) โดยคำนวณให้ 30% ของน้ำหนักปูม้า

4. จดบันทึกอาหารทดลองที่เหลือหลังเวลาผ่านไป 120 นาที

5. ใช้ปูม้าอายุ 100 วัน น้ำหนักตัว 82.5±0.9 กรัม จำนวน 18 ตัว การทดสอบเช่นเดียวกันตามข้อ 1 ถึง 4 โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ 1, 2.5 และ 4 มิลลิเมตร ลงใส่ในภาชนะและวางลงบนพื้นถังแต่ละใบ

รูปที่ 5 การทดสอบความน่ากินของอาหารสำหรับปูม้าในถังไฟเบอร์กลาสกลมขนาด 50 ลิตร

การบันทึกผลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลจำนวนปูม้าและช่วงระยะเวลาที่ปูม้าเริ่มอาหาร ระยะเวลาที่กินอาหาร จำนวนปูม้าที่เข้าหาอาหารมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน แบบแจกแจงทางเดียว (One-way ANOVA) มาหาความแตกต่างทาง

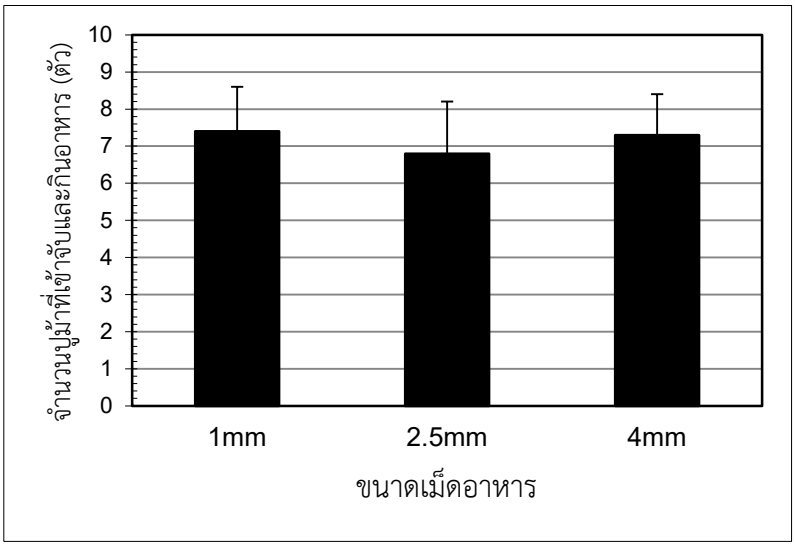
สถิติด้วยการวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบแจกแจงทางเดียว (One-way ANOVA) และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan’s New multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบสำหรับปูม้าอายุ 40 วัน

1) จำนวนปูม้าที่เข้าจับอาหาร

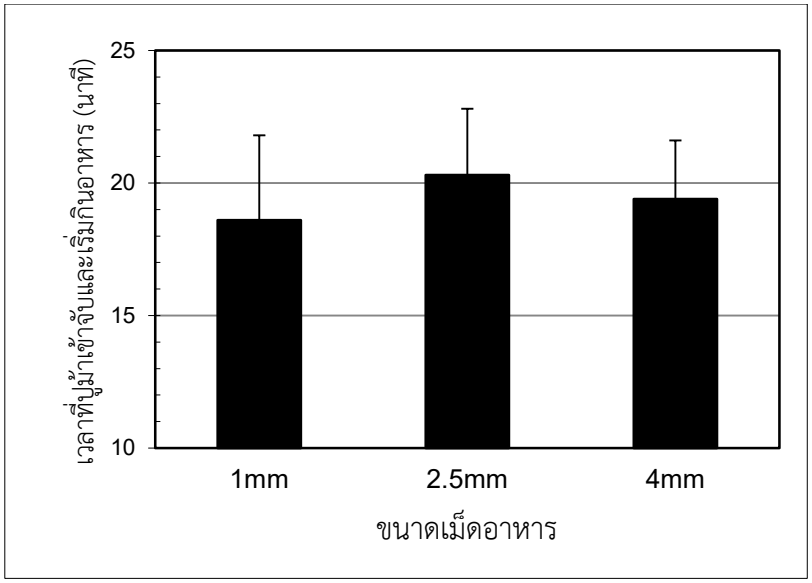
จากทำการทดสอบนาน 60 นาที พบว่าจำนวนปูม้าที่เข้าหาและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ 1, 2.5 และ 4 มิลลิเมตร ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ซึ่งมีจำนวนเฉลี่ย 7 ตัว (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 จำนวนปูม้าอายุ 40 วัน ที่จับและกินอาหาร 3 ขนาด ช่วงทำการทดสอบนาน 60 นาที

2) ระยะเวลาที่กุ้งเข้าจับและกินอาหาร

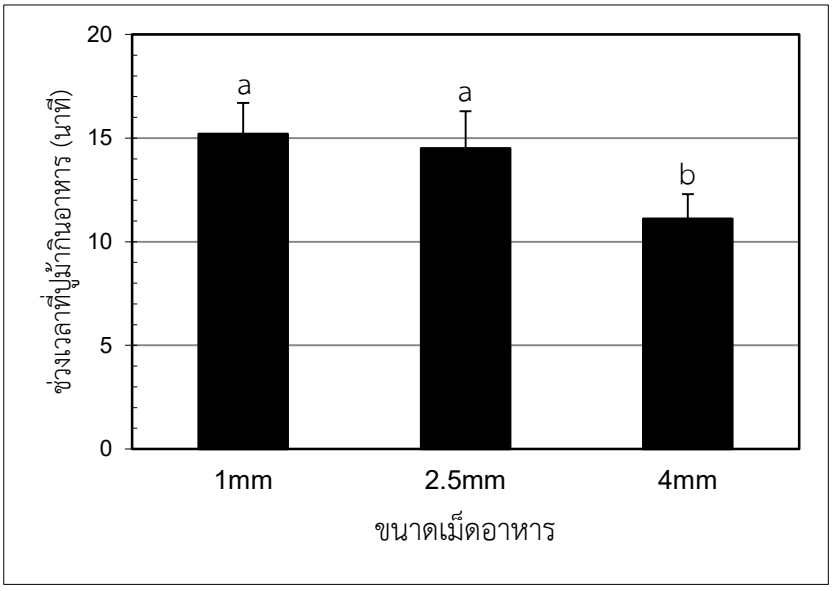
ระยะเวลาเฉลี่ยที่ปูม้าจับและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปทั้ง 3 ขนาดไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ซึ่งใช้เวลา 18.6-20.3 นาที (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 ระยะเวลาที่ปูม้าอายุ 40 วัน เข้าจับและกินอาหารของช่วงเวลาทดสอบนาน 60 นาที

3) ระยะเวลาที่ปูม้ากินอาหาร

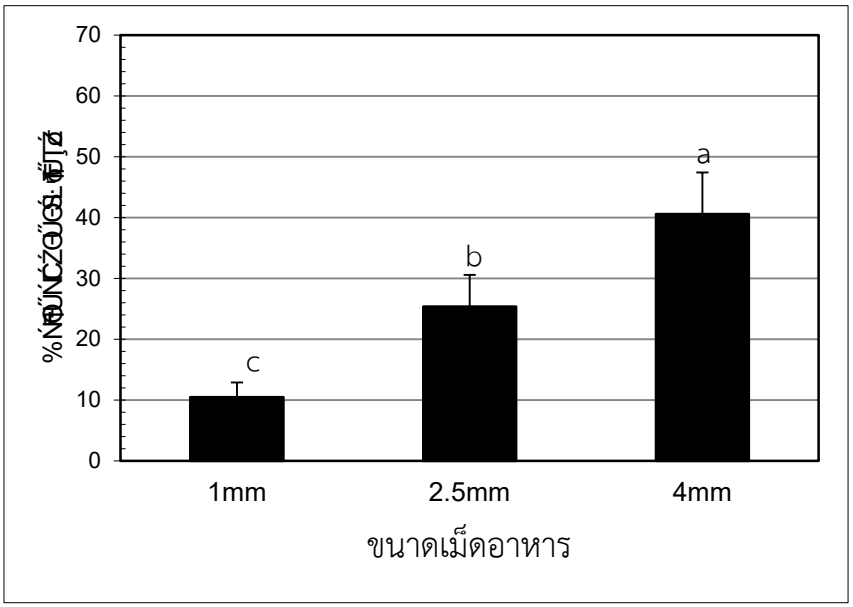
ระยะเวลาเฉลี่ยที่ปูม้าครองกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 1 (15.2 ± 1.5 นาที) และ 2.5 มิลลิเมตร (14.5 ± 1.8 นาที) นานกว่าการกินอาหารเม็ดขนาด 4 มิลลิเมตร (11.1 ± 1.2 นาที) ($p<0.05$) ขณะที่ระยะเวลาเฉลี่ยที่ปูม้าจับและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 1 และ 2.5 มิลลิเมตร ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 ระยะเวลาที่ปูม้าอายุ 40 วัน กินอาหารภายใต้การทดสอบนาน 60 นาที

4) ปริมาณอาหารที่เหลือ

ปริมาณอาหารทั้ง 3 ขนาด ลดลงอย่างต่อเนื่อง หลังการทดสอบนาน 120 นาที พบว่า อาหารเม็ดขนาด 1 มิลลิเมตร พบเหลือน้อยที่สุด (10.5 ± 2.4%) เหลือน้อยกว่าอาหารเม็ดขนาด 2.5 มิลลิเมตร (25.4 ± 5.2%) และขนาด 4 มิลลิเมตร (40.6 ± 6.8%) (p<0.05) ปูม้ากินอาหารขนาด 2.5 มิลลิเมตร จนเหลือน้อยกว่าอาหารเม็ดขนาด 4 มิลลิเมตร (p<0.05) (รูปที่ 9)

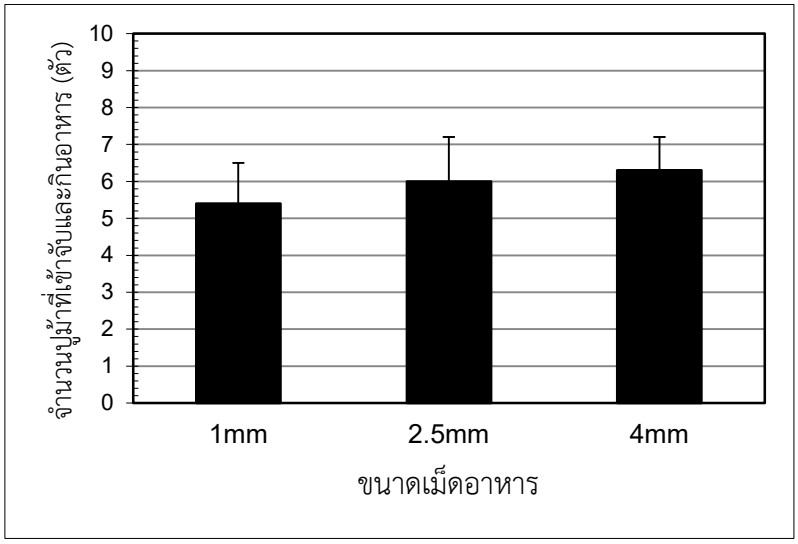


รูปที่ 9 ปริมาณอาหารที่เหลือภายหลังทดสอบความน่ากินอาหารทดลองเป็นเวลานาน 120 นาที สำหรับปูม้าอายุ 40 วัน

ผลการทดสอบสำหรับปูม้าอายุ 100 วัน

1) จำนวนปูม้าที่เข้าจับอาหาร

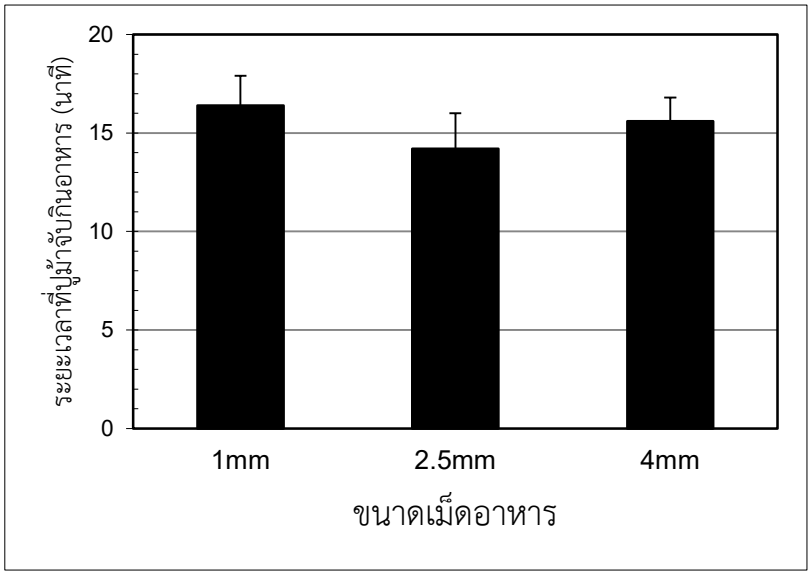
จากทำการทดสอบนาน 60 นาที พบว่าจำนวนปูม้าที่เข้าหาและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปทั้ง 3 ขนาด ได้แก่ 1, 2.5 และ 4 มิลลิเมตร ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ซึ่งมีจำนวน 5-6 ตัว (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 จำนวนปูม้าอายุ 100 วัน ที่จับอาหารของอาหารช่วงทำการทดสอบนาน 60 นาที

2) ระยะเวลาที่กุ้งเข้าจับและกินอาหาร

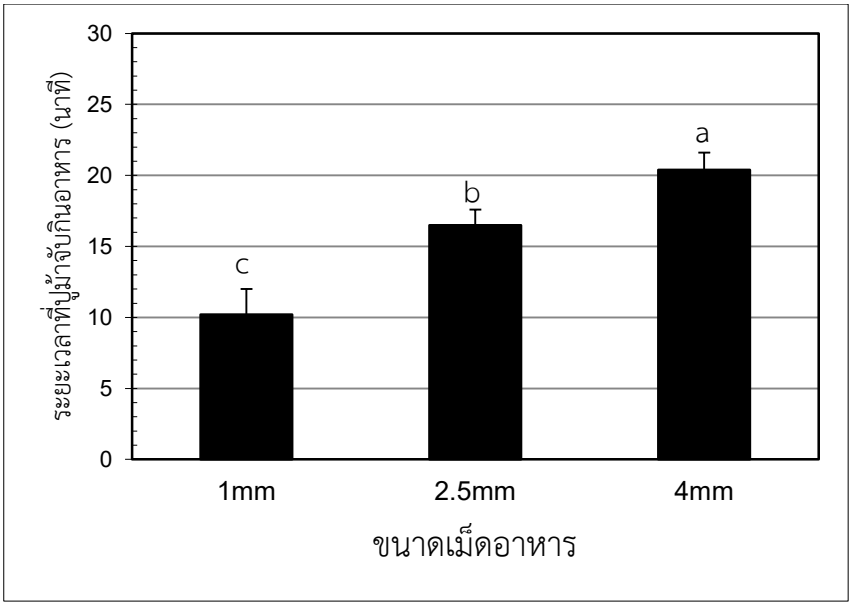
ระยะเวลาเฉลี่ยที่ปูม้าเริ่มเข้าจับและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปทั้ง 3 ขนาดไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ซึ่งใช้เวลา 14.2-16.4 นาที (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 ระยะเวลาที่ปูม้าอายุ 100 วัน จับและกินอาหารของช่วงเวลาทดสอบนาน 60 นาที

3) ระยะเวลาที่ปูม้ากินอาหาร

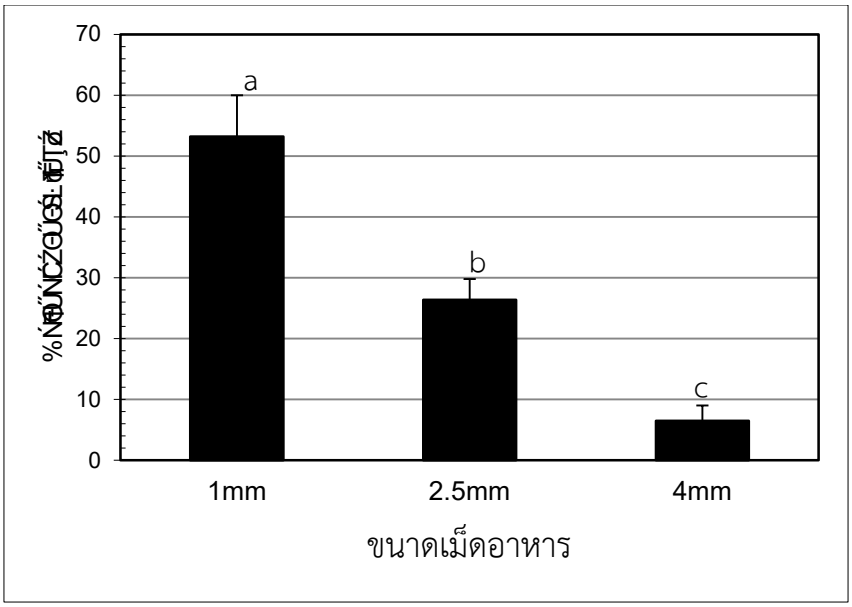
ปูม้าอายุ 100 วัน จับและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตร ระยะเวลานานที่สุด (20.4 ± 1.2 นาที) นานกว่าการกินอาหารขนาด 2.5 มิลลิเมตร (16.5 ± 1.1 นาที) และ 1 มิลลิเมตร (10.2 ± 1.8 นาที) (p<0.05) ขณะที่ปูม้าจับอาหารขนาด 2.5 มิลลิเมตร นานกว่าขนาด 1 มิลลิเมตร (p<0.05) (รูปที่ 12)



รูปที่ 12 ระยะเวลาที่ปูม้าอายุ 100 วัน กินอาหารภายใต้การทดสอบนาน 60 นาที

4) ปริมาณอาหารที่เหลือ

หลังการทดสอบนาน 120 นาที พบว่า อาหารเม็ดขนาด 4 มิลลิเมตร เหลือน้อยที่สุด (6.5 ± 2.5%) เหลือเปอร์เซ็นต์ต่ำกว่าอาหารขนาด 2.5 มิลลิเมตร (26.4 ± 3.4 %) และ 1 มิลลิเมตร (53.2 ± 6.8 %) (p<0.05) ขณะที่ปูม้ากินอาหารขนาด 2.5 มิลลิเมตร เหลือต่ำกว่าขนาด 1 มิลลิเมตร (p<0.05) (p<0.05) (รูปที่ 13)



รูปที่ 13 ปริมาณอาหารที่เหลือภายหลังทดสอบความน่ากินอาหารทดลองเป็นเวลานาน 120 นาที สำหรับปูม้าอายุ 100 วัน

อภิปรายผลการทดลอง

จากทำการทดสอบนาน 60 นาที พบว่าจำนวนปูม้าทั้งขนาดเล็ก อายุ 40 วัน และขนาดใหญ่ อายุ 100 วัน เข้าหาและกินระยะเวลาเฉลี่ยที่ปูม้าจับและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปอาหารเม็ดสำเร็จรูปทั้ง 3 ขนาด ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ชี้ให้เห็นว่าขนาดเม็ดอาหารไม่มีผลกระทบต่อการดึงดูดเข้าหาอาหาร (Attractability) เพราะจุดสำคัญมาจากกลิ่นของอาหารซึ่งมีองค์ประกอบเหมือนกัน (Guoqiang *et al*., 2005) ซึ่งในการทดลองอาหารทุกขนาดมีองค์ประกอบวัตถุดิบในอาหารเหมือนกัน จึงทำให้มีกลิ่นไม่แตกต่างกัน ชี้ให้เห็นว่าปูม้า *P. pelagicus* น่าจะใช้การสัมผัสทางเคมีของกลิ่นเป็นหลักในการเข้าหาอาหารมากกว่าการมองเห็นของขนาดอาหารสำเร็จรูป ตามที่ได้มีรายงานวิจัยหลายฉบับที่รายงานไว้ว่าสัตว์ในกลุ่มครัสตราเชียน (crustacean) จะใช้การมองเห็นและการสัมผัสกลิ่นทางเคมี (visual and chemical senses) เป็นหลักในการประเมินเบื้องต้นของการเข้าหาอาหาร (Peckarsky *et al*., 1994) โดยการมองเห็นเป็นการเตรียมข้อมูลสำหรับการคัดเลือกเหยื่อ การสัมผัสกลิ่นทางเคมี (chemoreception) จะทำงานในระยะไกล ๆ ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งสอดคล้องกับกุ้ง *Penaeus merguiensis* ที่ใช้การสัมผัสทางเคมีเพื่อเลือกอาหารเป็นหลัก การมองเห็นเป็นรอง (Hindley 1975a, 1975b) ขณะที่ระยะเวลาเฉลี่ยที่ปูม้าจับและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 1 และ 2.5 มิลลิเมตร ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) นานกว่าการกินอาหารเม็ดขนาด 4 มิลลิเมตร (p<0.05) แสดงว่าขนาดเม็ดอาหารมีผลต่อการยอมรับ (Palatability) ของปูม้าขนาดเล็ก กล่าวคือขนาดเม็ดอาหารควรมีขนาดความยาวระหว่าง 1-2.5 มิลลิเมตร ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นความยาวที่เหมาะสมต่อสัมผัส การจับ และนำเข้าปากได้สะดวก อย่างไรก็ตามหากพิจารณาจากความน่ากินของอาหารจากปริมาณอาหารที่ลดลงหลังการทดสอบนาน 120 นาที พบว่าอาหารเม็ดขนาด 1 มิลลิเมตร น่าจะมีความเหมาะสมมากที่สุด เพราะพบเหลือน้อยที่สุด ปูม้าอายุ 100 วัน จับและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตร ระยะเวลานานที่สุดนานกว่าการกินอาหารขนาด 2.5 มิลลิเมตร และ 1 มิลลิเมตร (p<0.05) และยังพบอาหารขนาด 4 มิลลิเมตรเหลือน้อยที่สุด ชี้ให้เห็นว่าอาหารเม็ดยาว 4 มิลลิเมตร น่าจะมีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับปูขนาดใหญ่ ซึ่งจากการทดลองสอดคล้องกับการทดลองการเลือกอาหารของปู *Carcinus maenas* ขนาดกลาง (40–55 mm carapace width: CW) และขนาดใหญ่ (55–70 mm CW) เมื่อทดสอบการให้อาหารด้วยหอย 2 ฝา 4 ชนิด ได้แก่ mussels *Mytilus edulis*, *oyster Ostrea edulis*, *Crassostrea gigas* และ cockles *Cerastoderma edule* พบว่า ปูขนาดกลางชอบเลือกหอย mussels ความยาวเปลือก 5–15 มิลลิเมตร และ cockles ความยาวเปลือก 5–10 มิลลิเมตร ปูขนาดใหญ่ชอบ mussels ความยาวเปลือก 15–25 มิลลิเมตร และ cockles ความยาวเปลือก 10–20 มิลลิเมตร ปู *C. maenas* กินหอย mussels *M. edulis* and หอย *C. edule* ที่ช่วงขนาดใดขนาดหนึ่งเฉพาะ โดยคำนึงถึงความยาวมากกว่าความความกว้างของเปลือกหอย (Mascar'o & Seed, 2001) และยังสอดคล้องกับรายงานการกินอาหารของปูกลุ่ม brachyuran อีกหลายฉบับที่กล่าวว่า ปูโดยทั่วไปจะเลือกขนาดของหอยเพื่อกินเป็นอาหาร (Hughes & Elner, 1989; Brown & Haight, 1992; Juanes, 1992) ซึ่งการเลือกกินหอยเปลือกแข็งที่มีขนาดเล็กเป็นอาหารเพื่อลดความเสี่ยงการชำรุดของก้าม (Juanes, 1992) และลดเวลาจับอาหาร (Hughes & Seed, 1981)

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. จำนวนปูม้าที่เข้าหาและกินอาหาร ระยะเวลาเฉลี่ยที่ปูม้าจับและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปทั้ง 3 ขนาด ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ทั้งการทดลองกับปูม้าอายุ 40 วัน และ 100 วัน

2. ระยะเวลาเฉลี่ยที่ปูม้าครองกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 1 และ 2.5 มิลลิเมตร นานกว่าการกินอาหารเม็ดขนาด 4 มิลลิเมตร ($p<0.05$) สำหรับปูม้าอายุ 40 วัน ตรงกันข้ามกับปูม้าอายุ 100 วัน ซึ่งจับและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตร นานที่สุด (20.4 ± 1.2 นาที) ($p<0.05$) ซึ่งปูม้าอายุ 40 วัน กินอาหารเม็ดอาหารขนาด 1 มิลลิเมตร จนเหลือน้อยที่สุด ($p<0.05$) ขณะที่ปูม้าอายุ 100 วัน กินอาหารเม็ดขนาด 4 มิลลิเมตร จนเหลือน้อยที่สุด ($p<0.05$) ช่วงเวลาทดสอบนาน 120 นาที

ผลผลิต

เนื่องจากเป็นโครงการต่อเนื่องปีที่ 1 จึงยังมีเนื้อหาไม่เพียงพอสำหรับการตีพิมพ์ผลงาน ซึ่งข้อมูลจะสมบูรณ์เมื่อดำเนินการจนจบโครงการต่อเนื่องในปีที่ 2 (กันยายน 2559) ซึ่งคาดว่าจะยื่นจดอนุสิทธิบัตรหรือตีพิมพ์ผลงานในวารสารต่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. (2553). สถิติการประมงแห่งประเทศไทยปี พ.ศ. 2553. ฝ่ายสถิติและสารสนเทศการประมง, กองเศรษฐกิจการประมง, กรมประมง 96 หน้า

บรรจง เทียนส่งรัศมี. (2545).การเพาะเลี้ยงปูม้าทางเลือกใหม่ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งและชาวประมงพื้นบ้าน เทคโนโลยีชาวบ้าน, *14* (294), หน้า 102-104.

บุญรัตน์ ประทุมชาติ อรุณี อิงคากุล อุทัยวรรณ โกวิทวที (2552).ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร และการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus*) รายงานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2552, มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี, 104 หน้า

บุญรัตน์ ประทุมชาติ และสุริยัน ธัญญกิจจานุกิจ. (2548).ผลของความเค็มน้ำ ชนิดอาหาร และสิ่งหลบซ่อนต่อการพัฒนาการ การเจริญเติบโต และการรอดตายของการอนุบาลลูกปูม้า (*Portunus pelagicus*). รายงานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2552, มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี, 87 หน้า

มนทกานติ ท้ามติ้น, สุพิศทองรอด และ สิริพร ลือชัย ชัยกุล. (2551).ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารต่อการ เจริญเติบโตของลูกปูม้า(*Portunuspelagicus,* Linnaeus 1758)ถึงระยะ 10 กรัม. สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่ง, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง, *เอกสารวิชาการฉบับที่ 15/2551.*

วารินทร์ ธนาสมหวัง, สุพิศ ทองรอด, และ ลลิตา เรือนแป้น.(2548).การผลิตอาหารสำเร็จรูปสำหรับการเลี้ยงปูม้า *(Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เชิงพาณิชย์. ใน *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์*. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, หน้า 1-150.

สุพิศ ทองรอด, วารินทร์ ธนาสมหวัง, มนทกานติ ท้ามติ้น, จีรรัตน์ เกื้อแก้ว และ สิริพร ลือชัย ชัยกุล. (2548*).* การผลิตอาหารสำเร็จรูปสำหรับการเลี้ยงปูม้า. ใน: วารินทร์ ธนาสมหวัง, สุพิศ ทองรอด และลลิตา เรืองแป้ง. *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ " การผลิตพันธุ์และการเลี้ยงปูม้า (Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) *เชิงพาณิชย์*.สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, หน้า 277-338.

Akiyama, D.M., Dominy W.G. & Lawrence A.L. (1992). Penaeid shrimp nutrition. In: Fast A.W. and Lester L.J. (eds.). *Marine Shrimp Culture Principle and Practices*. Developments in aquaculture and fisheries science, Elsevier Science Publisher B.V., The Netherlands, volume 23, p. 535-568.

AOAC. (1984).Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists, 14thed. Association of Official Analytical Chemists Inc. Arlingtion, VA.1411 pp.

Brown, K. M. & Haight, E. S. (1992). The foraging ecology of the Gulf of Mexico stone crab *Menippe adina* (Williams et Felder). ***Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*** 160: 67–80.

Catacutan, M.R. (2002). Growth and body composition of juvenile mud crab, *Scylla serrata*, fed different dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios. ***Aquaculture,*** 208, 113-123.

Guoqiang, H., Shuanglin, D. & Fang, W. (2005). Effect of different diets on the dietary attractability and selectivity of Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. ***Journal of Ocean University of China (Oceanic and Coastal Sea research)*** 4(1), 55-60.

Hindley, J.P.R. (1975a). The detection, location, and recognition of food by juvenile banana prawn, *Penaeus mergueinsis* de Man. ***Marine Behaviour and Physiology,*** 3, 193-210.

Hindley, J.P.R. (1975b). The location of food by *Penaeus mergueinsis*. P. 37-44 ***in*** Young, P.C. editor. First Australian national prawn seminar, Maroochydore, Queenland, 1973. Australian Government Publishing Service, Canberra, Australia.

Hughes, R. N. & Elner, R.W. (1989). Foraging behaviour of the tropical crab: *Calappa ocellata* Holthius feeding upon the mussel *Brachidontes domingensis* (Lamarck). ***Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*** 133, 93–101.

Hughes, R. N. & Seed R. (1981). Size selection of mussels by the blue crab *Callinectes sapidus*: energy maximizer or time minimizer?. ***Marine Ecology Progress Series*** 6: 83–89.

Juanes, F., (1992). Why do decapod crustaceans prefer small-sized molluscan prey? ***Marine Ecology Progress Series*** 87, 239–249.

Mascar'o, M . & Seed, R. (2001). Choice of prey size and species in *Carcinus maenas* (L.) feeding on four bivalves of contrasting shell morphology. ***Hydrobiologia*** 449, 159-170.

Mu, Y.Y., Shim K.F. & Guo J.Y. (1998). Effect of protein level in isocaloric diet on growth performance of the juvenile Chinese hairy crab, *Eriocheir sinensis*. ***Aquaculture***, 165,139-148.

Peckarsky, B.L. , Cowan, C.A., Anderson, C.P. (1994). Consequences and plasticity of the specialized predatory behavior of stream-dwelling stonefly larvae. ***Ecology***, 75, 166-181.

Potter, I.C., Platell, M.E. & de Lestang S. (2000). Dietary composition of the blue swimmer crab *Portunus pelagicus* L. Does it vary with body size and small state and between estuaries? ***Journal of Experimental Marine Biology and Ecology***, 246, 241-257.

Zeng, C., Castine, S. & Southgate, P.C. (2008). Evaluation of four dietary protein sources for use in microbound diets fed to megalopa of the blue swimming crab, *Portunus pelagicus*. ***Aquaculture***, 281, 95-99.

เอกสารอ้างอิงจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ออนไลน์ หรือเว็บไซต์

ตลาดไท. (2550). ราคาขายส่งสินค้าอาหารทะเล (ออนไลน์).สืบค้นจาก : http://www.talaadthai.com/price/default.php?gettid=16&maxdate **[**14 มิถุนายน 2556**]**

รายงานสรุปการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย (2558A10802263) สัญญาเลขที่ 42/2558
โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 (โครงการต่อเนื่องปีที่ 1)
มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ การพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus*) โดยพิจารณาจากขนาดและระดับโปรตีน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ 20 มีนาคม 2559

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี 5 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557

<u>รายรับ</u>

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%) 400,000 บาท เมื่อวันที่ 8 ธันวาคม 2557

งวดที่ 2 (40%) 320,000 บาท เมื่อวันที่ 16 กันยายน 2558

งวดที่ 3 (10%) 80,000 บาท เมื่อวันที่ -

รวม 800,000 บาท

<u>รายจ่าย</u>

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
1. ค่าตอบแทน	0	0	0
2. ค่าจ้าง	456,000	456,000	0
3. ค่าวัสดุ	244,000	245,500	-1500
4. ค่าใช้สอย	20,000	20,000	0
5. ค่าครุภัณฑ์	0	0	0
6. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ค่าสาธารณูปโภค เงินอุดหนุนสถาบัน	80,000	80,000	0
รวม	800,000	801500	-1500

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ)

หัวหน้าโครงการวิจัย

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

(Executive Summary)

ข้าพเจ้า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญรัตน์ ประทุมชาติ ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่อง (ภาษาไทย) การพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus*) โดยพิจารณาจากขนาดและระดับโปรตีน (ภาษอังกฤษ) Development on pellet feed for blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) culture in consideration of size and protein level in feed. รหัสโครงการ 2558A10802263) สัญญาเลขที่ 42/2558 ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น 800,000 บาท เป็นปีที่ 1 (1 ตุลาคม 2557 ถึง 30 กันยายน 2558) ของระยะเวลาการดำเนินงาน 2 ปี (1 ตุลาคม 2557 ถึง 30 กันยายน 2559)

จากทำการทดลองเพื่อหาขนาดเม็ดอาหารที่เหมาะสมสำหรับปูม้า (*Portunus pelagicus*) อายุ 40 วัน น้ำหนัก 15.6±0.6 กรัม และปูม้าอายุ 100 วัน น้ำหนักตัว 82.5±0.9 กรัม ด้วยการใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปท่อนกลม 3 ขนาด ได้แก่ ความยาว 1, 2.5 และ 4 มิลลิเมตร โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8, 1.5 และ 2 มิลลิเมตร ซึ่งใช้อาหารที่มีโปรตีน 40.32% สำหรับปูม้าอายุ 40 วัน และอาหารมีโปรตีน 30.15% พบว่า ขนาดของเม็ดอาหารไม่มีผลต่อการเข้าหาและกินอาหาร (Attractability) แต่จะไปมีผลต่อความน่ากินของอาหาร (Palatability) โดยพิจารณาจากระยะเวลาเฉลี่ยที่ปูม้าจับและกินอาหารเม็ดสำเร็จรูป ซึ่งพบว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 1 มิลลิเมตร เหมาะสมสำหรับปูม้าอายุ 40 วัน ขณะที่ อาหารเม็ดขนาด 4 มิลลิเมตร เหมาะสมสำหรับปูม้าอายุ 100 วัน

Output/outcome

เมื่อจบโครงการในปีที่ 2 น่าจะสามารถนำผลงานไปดำเนินการ 3 ใน 4 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. ตีพิมพ์ระดับนานาชาติอย่างน้อย 1 เรื่อง
2. นำผลงานจดทะเบียนอนุสิทธิบัตร 1 เรื่อง
3. ได้องค์ความรู้พื้นฐาน ความรู้และเทคนิคใหม่ ในการพัฒนาการเรียนการสอนให้แก่นิสิต นักศึกษาระดับปริญญาตรี โท และเอก ในวิชา Crustacean Aquaculture, Crustacean Nutrition
4. นำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาถ่ายทอดสู่เกษตรกรเพื่อพัฒนาการเลี้ยงปูม้า ทำให้การเพาะเลี้ยงปูม้าเชิงพาณิชย์มีประสิทธิภาพและคุณภาพมากยิ่งขึ้น เสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศ

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมเรื่องการหากลิ่นที่ดีที่สุดเพื่อตอบสนองต่อ attractability ของปูม้าในแต่ละช่วงวัย