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. ๒๕๕๙

รหัสโครงการ 2558A10802023
สัญญาเลขที่ 61/2559

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**

มกราคม 2560 (โครงการต่อเนื่องปีที่ 2)

บทคัดย่อ

นำปูม้าอายุ 40 และ 100 วัน ที่ได้จากการเพาะเลี้ยง ขนาดความกว้างของกระดอง 4.1±0.1 และ 5.8±0.2 เซนติเมตร น้ำหนักตัว 10.5±0.3 และ 56.5±0.6 กรัม ตามลำดับ มาทดสอบการเลี้ยงในบ่อคอนกรีตขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร ความหนาแน่น 30 ตัวต่อตารางเมตร ในความเค็ม 30 ppt ใช้อาหารสำเร็จรูปทรงท่อนความยาว 2.5 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร และความยาว 4 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 มิลลิเมตร สำหรับปูม้าอายุ 40 วัน และอายุ 100 วัน ตามลำดับ ด้วยโปรตีน 4 ระดับ (4 ชุดการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์) ได้แก่ 30%, 35%, 40% และ 45% ให้อาหารวันละ 3 ครั้ง อัตรา 5 % ต่อน้ำหนักตัว ระยะเวลาทดสอบการเลี้ยงนาน 60 วัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ตรวจสอบจำนวนปูม้าที่ลอกคราบหรือตายทุกวัน และนำปูม้าทุกตัวมาทำการชั่งน้ำหนักและวัดความกว้างของกระดองทุก ๆ 15 วัน นำข้อมูลน้ำหนัก ความกว้างของกระดอง ความถี่ในการลอกคราบ การรอดตาย และอัตราการแลกเนื้อ มาหาความแตกต่างทางสถิติด้วยการวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบแจกแจงทางเดียว (One-way ANOVA) และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตรวจสอบคุณภาพน้ำทุก ๆ 5 วัน ได้แก่ พีเอช อัลคาไลนิตี้ อุณหภูมิ ออกซิเจนที่ละลายน้ำ แอมโมเนีย และ ไนไตรท์ ตลอดการทดลอง

จากการทดลองพบว่าระดับโปรตีน 40% และ 35% เป็นระดับที่เหมาะสมต่อปูม้าอายุ 40-100 วัน และอายุ 100-160 วัน ตามลำดับ กล่าวคือ การใช้โปรตีน 40% และ 45% ปูม้าอายุ 40-100 วัน มีการเจริญเติบโต (%ขนาดความกว้างของกระดองที่เพิ่มขึ้นและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น) อัตรารอด และอัตราแลกเนื้อไม่แตกต่างกัน (p>0.05) แต่ทั้ง 2 ระดับนี้มีค่าการเจริญเติบโต อัตรารอด สูงกว่าการใช้โปรตีน 35% และ 30% (p<0.05) และปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 35% ให้ค่าการเจริญเติบโตสูงกว่า และอัตราแลกเนื้อต่ำกว่าการใช้โปรตีน 30% (p<0.05)

การใช้ระดับโปรตีน 35%, 40% และ 45% เลี้ยงปูม้าอายุ 100 วัน มี %ขนาดความกว้างของกระดองและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน (p>0.05) แต่ปูม้าที่เลี้ยงด้วยโปรตีนทั้ง 3 ระดับนี้ มีขนาดความกว้างของกระดองและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตรารอด สูงกว่าที่ระดับโปรตีน 30% (p<0.05) อัตราแลกเนื้อของปูม้าที่เลี้ยงอาหารโปรตีน 40% และ 45% มีค่าไม่แตกต่างกัน (p>0.05) แต่ทั้ง 2 ระดับนี้มีค่าต่ำกว่าการใช้โปรตีน 30% (p<0.05) และปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 35% มีค่าต่ำกว่าที่การใช้อาหารโปรตีน 30% (p<0.05) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้อาหารโปรตีน 40% โดย%ความถี่ของการลอกคราบของทุกชุดทดลองในแต่ละการทดลองไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ทั้ง 2 การทดลอง

Abstract

Forty days-old and a hundred days-old crabs (*Portunus pelagicus*) from culture were used for the study. External carapace width and total weight of them were 4.1±0.1 cm and 5.8±0.2 cm, 10.5±0.3 g and 56.5±0.6 g, respectively. The experimental crabs were raised in a cubic meter concrete pond at 30 ind/m^2 in 30 ppt. Pellet in cylinder form of 2.5 and 4 mm in length with 1.5 mm, 2 mm in diameter at four protein levels of 30%, 35%, 40% and 45% using completely randomized design were respectively used for forty days-old and a hundred days-old crabs. Feed with rations of 5% body weight of crab were applied in feeding tray, three times a day for 60 days. Three replications were done. Dead or molted crabs were daily checked. Every 15 days, the external carapace width and total weight of an experimental crab of each treatment were individually examined. The data of external carapace width, total weight molt frequency, survival rate and feed conversion ratio were analyzed by one-way ANOVA and compared means using Duncan's New multiple range test at 95% level of confidence. Every five days, water quality as pH, alkalinity, temperature, dissolved oxygen, ammonia and nitrite were checked throughout the experimental period.

The results found that 40% and 35% protein in pellet was respectively suitable for 40-100 and 100-160 days-old crab. Growth in terms of % external carapace width (%ECWG) and % total weight gain (%TWG) , survival rate and feed conversion ratio (FCR) of 40 days-old crab fed on 40% and 45% protein were not significant different ($p>0.05$). But growth parameter and survival rate of both levels were significantly higher ($p<0.05$) than those of at 35% and 30% protein. Growth parameter and FCR of crab fed on 35% protein were also significantly ($p<0.05$) higher and lower than those of at 30% protein.

Percentage of ECWG and TWG of 100 days-old crab fed on 35%, 40% and 45% protein were not significant different ($p>0.05$). But %ECWG, %TWG and % survival rate of these protein levels showed significantly higher ($p<0.05$) than those fed on 30% protein. FCR of crab fed on 40% and 45% proteins was not significantly ($p>0.05$) different. Both level was significantly ($p<0.05$) lower than that of 30% protein. FCR of crab fed with 35% protein showed significantly ($p<0.05$) lower than that of 30% but it was not significantly ($p>0.05$) different with 40% protein. Molting frequency among treatments in each experiment was not significantly ($p>0.05$) different among treatments

.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทนำ	1
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
วิธีดำเนินการวิจัย	7
ผลการวิจัย	12
อภิปรายผลการทดลอง	18
สรุปและข้อเสนอแนะ	20
ผลผลิต	20
เอกสารอ้างอิง	21

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารในการผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปูม้า.....	8
2	ปริมาณวัตถุดิบอาหารใน 100% น้ำหนักแห้งรวมของอาหารสำเร็จรูป.....	8
3	คุณค่าทางโภชนาการและพลังงานของอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปูม้าอายุ 45 วัน และ 100 วัน.....	9
4	แสดงคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปูม้า ตลอดการทดลอง.....	17

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	บ่อคอนกรีตขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร เพื่อใช้ทดลองเลี้ยงปูม้าทั้ง 2 ขนาด.....	7
2	เปอร์เซ็นต์ความกว้างของกระดองที่เพิ่มขึ้นของปูม้าอายุ 40 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน.....	12
3	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของปูม้าอายุ 40 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน.....	13
4	เปอร์เซ็นต์ความถี่ของการลอกคราบของปูม้าอายุ 40 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน.....	13
5	อัตราแลกเนื้อของปูม้าอายุ 40 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน.....	14
6	อัตรารอดของปูม้าอายุ 40 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน.....	14
7	เปอร์เซ็นต์ความกว้างของกระดองที่เพิ่มขึ้นของปูม้าอายุ 100 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน.....	15
8	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของปูม้าอายุ 100 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน.....	15
9	เปอร์เซ็นต์ความถี่ของการลอกคราบของปูม้าปูม้าอายุ 100 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60	16
10	อัตราแลกเนื้อของปูม้าอายุ 100 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน.....	16
11	อัตรารอดของปูม้าอายุ 100 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน.....	17

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙ 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 ตัน ในปี 2553 (กรมประมง, 2553) โดยที่ราคาขายในปัจจุบันอยู่ระหว่าง 230-340 บาทต่อกิโลกรัม (ตลาดไท, 2550) อีกทั้งยังพบว่ามีการจับปูม้าขนาดเล็กก่อนถึงขนาดเจริญพันธุ์ขึ้นมาใช้ประโยชน์เป็นจำนวนมากทำให้ปูม้าที่จะเติบโตเป็นพ่อแม่พันธุ์มีจำนวนลดลง หากปริมาณทรัพยากรปูม้าของไทยมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง อาจส่งผลให้ปูม้าสูญพันธุ์ไปจากทะเลของไทยได้ในอนาคต

จากวิกฤติราคากุ้งกุลาดำตกต่ำในปี 2543 และวิกฤติการเกิดโรคในกุ้งขาวในปี 2545 ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาดทุนและการขาดแคลนรายได้จึงทำให้เกิดปัญหาหนี้สินตามมา ทำให้พื้นที่ ๆ เคยใช้สำหรับเลี้ยงกุ้งถูกปล่อยทิ้งร้างโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์และการทำประมงพื้นบ้านไม่เพียงพอต่อรายได้ภายในครอบครัว แต่จากการที่ปูม้าในธรรมชาติเริ่มลดลงและมีความต้องการของตลาดเพิ่มมากขึ้นทำให้ปูม้ามีราคาสูงขึ้นมาก จึงทำให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงปูม้าโดยใช้บ่อกุ้งร้างแปรสภาพให้เป็นบ่อเลี้ยงปูม้าและปูนิ่ม (บรรจง, 2545) แต่ก็ยังประสบปัญหาในเรื่องพฤติกรรมการกินกันเองขณะลอกคราบของลูกปูม้า ทำให้มีอัตราการรอดตายต่ำ จึงยังมีผลผลิตไม่ได้มากตามที่ตลาดต้องการการเลี้ยงปูม้าในปัจจุบันมีความเป็นไปได้สูง แต่ต้องแก้ปัญหาเรื่องพฤติกรรมการกินกันเอง (Cannibalism) ของปูม้าขณะลอกคราบในทุกระยะของการเจริญเติบโต เพื่อเพิ่มการรอดตายให้สูงขึ้น โดยการหาวัสดุหลบซ่อนที่เหมาะสม (บุญรัตน์ และ สุริยัน, 2548) แต่ก็ยังมีหลายปัจจัยเกี่ยวข้องที่ช่วยให้การรอดตายสูงขึ้น โดยเฉพาะอาหารที่เหมาะสมในการอนุบาล ระดับโปรตีน รวมไปถึงขนาดของอาหารของปูม้าในช่วงอายุที่แตกต่างกันอีกด้วย ซึ่งปัจจัยดังกล่าวนับว่าเป็นประเด็นที่ควรจะให้ความสำคัญในการเลี้ยงปูม้าเป็นอันดับแรก จากการสนับสนุนจากทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ทำให้การเลี้ยงปูม้าในประเทศไทยดำเนินงานวิจัยพัฒนาด้านการผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูป โดยคำนึงถึงวัตถุดิบอาหารที่มีความเหมาะสมทางด้านโภชนาการมาใช้เป็นองค์ประกอบของอาหารและยังคำนึงถึงระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับปูม้าในช่วงอายุที่แตกต่างกัน จากงานวิจัยของสุพิศ และคณะ (2548) พบว่าวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารเสริมโดยใช้ปลาป่น ร่วมกับกากถั่วเหลือง มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของปูม้ายังไม่ดีเท่ากับอาหารเม็ดสำเร็จรูปของกุ้งกุลาดำและปูม้ายอมรับอาหารเม็ดได้ดีกว่าอาหารสด แสดงให้เห็นว่าคุณภาพของอาหารที่ผลิตขึ้นเองยังมีประสิทธิภาพได้ไม่ดีเท่ากับอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับกุ้งกุลาดำ และวัตถุดิบที่มีโปรตีนเหมาะสมสามารถนำมาใช้ทดแทนปลาป่นได้ดีคือ หอยแมลงภู่เพราะสามารถหาซื้อได้ง่ายกว่า จากงานวิจัยเกี่ยวกับระดับโปรตีนที่เหมาะสมกับปูขนวัยอ่อน *Eriocheir sinensis* พบว่าที่โปรตีนที่ระดับ 39.0% ให้น้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตของลูกปูขนได้ดีที่สุด (Mu *et al.*, 1998) การศึกษาระดับ

โปรตีนสำหรับการเลี้ยงปูทะเลวัยอ่อน *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 และคณะ, 2548) และจากการศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารต่อการเจริญเติบโตของลูกปูม้าโดยใช้ระดับโปรตีนที่แตกต่างกัน 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 และคณะ, 2551) แต่โดยทั่วไปสัตว์น้ำมีความต้องการโปรตีนลดลงเมื่อมีอายุหรือขนาดเพิ่มมากขึ้น (Akiyama *et al*., 1992) แสดงให้เห็นว่าการทดลองเปลี่ยนระดับโปรตีนให้กับลูกปูม้าในสัปดาห์ที่ 4 ยังไม่ใช่ช่วงอายุของปูม้าที่เหมาะสมในการลดระดับโปรตีนในอาหารและการเลี้ยงปูม้าต่อเนื่องนาน 12 สัปดาห์ที่ระดับโปรตีนต่ำยังส่งผลให้ปูม้ามีความถี่ในการลอกคราบต่ำสุด และการศึกษาของสุพิศ (2548) พบว่าโปรตีนที่ให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีมีค่าอยู่ในช่วง 34-46% และมีแนวโน้มความต้องการโปรตีนลดลงเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ขนาดของอาหารที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงปูม้าก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้าเช่นกัน งานวิจัยขนาดของอาหารในปูม้าธรรมชาติพบว่าขนาดของเหยื่อจะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของก้ามปูม้าที่ใหญ่ขึ้นและขนาดความกว้างของกระดองปูม้า หลังจากที่ปูม้าลอกคราบครั้งแรกจนมีขนาดของความกว้างของกระดองถึง 29 มิลลิเมตร จะเลือกกินเหยื่อที่มีขนาดเล็กเช่น หอยสองฝาขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ และจับเหยื่อสัตว์ทะเลหน้าดินในกลุ่มแกมมาริดแอมฟิพอด (Gammarid amphipod) และโพลิคีต (Polycheate) รองลงมาตามลำดับ เมื่อปูม้ามีขนาดของความกว้างของกระดองประมาณ 30-59 มิลลิเมตร จึงจับเหยื่อที่เป็นแกมมาริดแอมฟิพอดเป็นส่วนใหญ่ และจะเปลี่ยนเหยื่อไปเป็นโพลิคีตเมื่อมีขนาดของความกว้างของกระดองประมาณ 90-159 มิลลิเมตร (Potter *et al*., 2000)

จากรายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าระดับโปรตีนที่ต้องการโดยทั่วไปของปูทะเล (*S. serrata*) มีค่าระหว่าง 38%–45.9% (Ai, 2004) and 32%–40% สำหรับปูทะเล (*Scylla paramamosain*) (Catacutan, 2002) และ39.0–42.5% สำหรับปู Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) (Mu *et al*., 1998). ซึ่งเป็นเรื่องปกติที่มีความแตกต่างกันไปตามชนิดของปู (Takeuchi & Murakami, 2007). อย่างไรก็ตามระดับโปรตีนที่เหมาะสมของสัตว์น้ำนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ สารอาหารโปรตีนต่อสมดุลพลังงาน องค์ประกอบของกรดอะมิโน ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และแหล่งพลังงานที่ไม่ใช่โปรตีน วัตถุดิบ อายุ ขนาด การให้อาหาร คุณภาพน้ำ อัตราการไหลของน้ำ ความหนาแน่น (Wilson, 2002; Zhou *et al*., 2007) โดยปูทะเล (*S. serrata*) จะกินอาหารมากขึ้นหากได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (Catacutan, 2002; Unnikrishnan & Paulraj, 2010).

แต่ก็ยังไม่มีงานวิจัยรองรับแน่ชัดถึงขนาดของอาหารเม็ดที่เหมาะสมต่อปูม้าขนาดต่าง ๆปัจจุบันเกษตรกรยังนิยมใช้อาหารสดในการเลี้ยงปูม้าเพราะสามารถหาได้จากการทำประมงพื้นบ้าน แต่ราคาอาหารสดในตลาดมีราคาสูงขึ้นมาก อีกทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการไม่แน่นอนและไม่สามารถรักษาคุณภาพของอาหารสดไว้ได้นาน รวมถึงเป็นการเพิ่มต้นทุนในการจัดการระบบถ่ายน้ำเสียภายในบ่อเลี้ยง ด้วยเหตุนี้จึงควรผลิตอาหารสำเร็จรูปที่เหมาะสมเพื่อการเลี้ยงปูม้า ทำให้ปูม้าได้รับสารอาหารที่ดี สามารถเก็บไว้ได้นาน และรักษา

คุณภาพน้ำได้ดีเหมือนกับการเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ อย่างไรก็ดีเนื่องจากโครงสร้างทางร่างกายของปูม้ามีลักษณะที่แตกต่างไปจากกุ้ง ซึ่งปูจะใช้ก้ามซึ่งมีโครงสร้างที่ใหญ่ตามขนาดของตัวปูหยิบอาหารเข้าปากและประคองอาหารตลอดเวลา ดังนั้นเชื่อว่าขนาดเม็ดอาหารต้องมีบทบาทสำคัญต่อการเลือกจับของปูม้า กล่าวคือ ปูม้าขนาดใหญ่กว่าก็น่าที่จะเลือกจับขนาดเม็ดอาหารที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งก็น่าที่จะมีขนาดที่เหมาะสมขนาดใดขนาดหนึ่ง หรือปูม้าทุกขนาดอาจจะเลือกขนาดใหญ่สุดทั้งหมดก็มีความเป็นไปได้เช่นเดียวกัน เมื่อทราบขนาดที่เหมาะสมแล้วจึงทำการทดสอบถึงระดับโปรตีนที่เหมาะสมกับปูม้าในแต่ละช่วงวัย ซึ่งระดับที่เหมาะสมนั้นจะสะท้อนถึงการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ และการรอดตาย ดังนั้นจากการทดลองที่ผ่านมารวมทั้งการวิจัยเบื้องต้นของ บุญรัตน์ และคณะ (2552) เกี่ยวกับชนิดและประสิทธิภาพของเอนไซม์ต่าง ๆของปูม้า จะได้นำมาประยุกต์ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้ได้บรรลุเป้าหมายและนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มผลิตผลปูม้าจากการเลี้ยงต่อไป

เอกสารการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเลี้ยงปูม้า

ในปัจจุบันการเลี้ยงปูม้ามีความเป็นไปได้สูง แต่ต้องแก้ปัญหาเรื่องพฤติกรรมการกินกันเองของปูม้าขณะลอกคราบในระยะเมกาโลปาและระยะแครบ เพื่อเพิ่มอัตราการรอดตาย โดยการหาวัสดุหลบซ่อนที่เหมาะสม (บุญรัตน์ และ สุริยัน, 2548) ปัจจุบันมีการเพาะฟักลูกปูม้าหลายวิธีด้วยกันส่วนมากจะนิยมเลือกใช้แม่ปูม้าที่มีไข่แก่นอกกระดองซึ่งหาซื้อได้จากท้องตลาด หรือตับปิ้งที่มีไข่จากโรงงานปูกระป๋อง (บรรจง เทียนส่งรัศมี, 2545) มาเพาะฟักที่ความเค็ม 24-27 ppt ซึ่งระดับความเค็มดังกล่าวทำให้ลูกปูม้ามีการเจริญเติบโตสูงกว่าปูม้าที่เลี้ยงในระดับความเค็มมากกว่า 30 ppt ขึ้นไป (บุญรัตน์ และสุริยัน, 2548) ซึ่งยังมีปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการรอดตายของลูกปูม้าวัยอ่อนเช่น 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 (1^{st} Crab) อาหารที่นำมาใช้ในการอนุบาลลูกปูม้ามีทั้งแบบอาหารสด และอาหารสำเร็จรูปหลากหลายชนิดรวมไปถึงรูปร่างและกลิ่นที่เหมาะสมอีกด้วย โดยให้ความสำคัญกับโปรตีนที่มีอยู่ในอาหารเป็นหลัก 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 สอดคล้องกับปูทะเลวัยอ่อน *Scylla serrata* ที่ Catacutan (2002) ทดลองให้อาหารที่มีโปรตีน 3 ระดับ (32, 40 และ 48%) ร่วมกับไขมัน 2 ระดับ (6 และ 12%) เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า ที่ระดับโปรตีน 32% ร่วมกับไขมัน 6 % และ ที่ระดับโปรตีน 40% ร่วมกับไขมัน 6% และ12% ให้อัตราการเจริญเติบโตของปูทะเลได้ดีที่สุด และที่ระดับโปรตีน 48% ร่วมกันไขมัน 6% ให้น้ำหนักตัวของปูทะเลต่ำที่สุด ซึ่งแหล่งของวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนก็มีผลต่อการเจริญเติบโตอีกด้วย ใกล้เคียงกับงานวิจัยของวารินทร์ และคณะ (2548) ที่ได้พัฒนาอาหารสำเร็จรูปสำหรับปูม้า (*P. pelagicus*) โดยครอบคลุมถึงชนิดอาหารและแหล่งโปรตีนสะสมรวมไปถึงระดับของโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า ในการศึกษาเบื้องต้นอาหารมี 2 รูปแบบ คือไข่ตุ๋นร่วมกับปลาป่น หอยแมลงภู่ และปลาหมึกป่น เป็นแหล่งโปรตีนร่วมกับกากถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปกุ้งกุลาดำ พบว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนร่วมกับกากถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตต่ำสุด ในขณะที่การเจริญเติบโตของปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารกุ้งมีการเจริญเติบโตดีที่สุด มีความแตกต่างกับปูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้หอยแมลงภู่เป็นแหล่งโปรตีน และจากการศึกษาแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า โดยมีแหล่งของโปรตีนที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ ปลาป่น หอยแมลงภู่ หมึกป่น และกุ้งป่น โดยมีปริมาณโปรตีนในอาหารเท่ากับ 39-40.5% เทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปกุ้งกุลาดำเบอร์ 0 โปรตีน 44.98% พบว่าปูม้าสามารถยอมรับอาหารเม็ดแห้งได้ดี ซึ่งทำให้อาหารเม็ดสำหรับกุ้งกุลาดำมีผลต่อการเจริญเติบโตของปูม้าดีที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแหล่งโปรตีนชนิดอื่นที่นำมาทดลอง แต่อย่างไรก็ตามการใช้หอยแมลงภู่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารมีผลการเจริญเติบโตมากกว่าปลาป่นหรือหมึกป่นร่วมกับกากถั่วเหลือง 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 โดยที่ปูม้าที่

เลี้ยงด้วยอาหารกุ้ง (โปรตีน 42%) มีการเจริญเติบโตต่ำสุด ดังที่ Zeng *et al.* (2008) ได้ทดลองให้อาหารเม็ดที่มีขนาดในระดับอนุภาค (Microbound diet, 100-300 μm) โดยผลิตอาหารเม็ดจากวัตถุดิบที่แหล่งโปรตีนที่แตกต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ ปลาป่น กุ้งป่น กากถั่วเหลือง และหมึกป่น เปรียบเทียบกับการเลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียมีชีวิต (*Artemia* nauplii) ให้กับลูกปูม้า (*P. pelagicus*) ในระยะเมกาโลปาจนถึงระยะแครบ พบว่าการเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดที่มีขนาดในระดับอนุภาคที่ผลิตจากปลาป่น มีการรอดตายสูงที่สุด มากกว่าการเลี้ยงด้วยอาร์ทีเมีย และมีการเจริญเติบโตดีกว่า กากถั่วเหลือง และหมึกป่น แต่การเจริญเติบโตน้อยกว่าการเลี้ยงด้วยอาร์ทีเมีย สอดล้องกับมนทกานติ 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 และคณะนั้นออกมาทิศทางตรงกันข้าม อีกทั้งยังให้เหตุผลว่าในสัปดาห์ที่ 4 ยังไม่ใช่ช่วงอายุของปูม้าที่เหมาะสมในการลดระดับโปรตีนในอาหาร เพราะจากการทดลองพบว่าในสัปดาห์ที่ 10 เริ่มมีผลต่อการเจริญเติบโตของปูม้าในทุกทุกชุดการทดลอง และที่ระดับโปรตีน 34.3 % ไม่เหมาะสมต่อการใช้เลี้ยงปูม้าต่อเนื่องนาน 12 สัปดาห์ ซึ่งทำให้ปูม้ามีความถี่ในการลอกคราบต่ำสุด ไขมันก็มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของกุ้งดัง Zhao *et al*. (2015) พบว่าอาหารสำเร็จรูปที่มีไขมัน 8.52%–11.63% (ที่เหมาะสมที่สุด 9.5%) เหมาะสำหรับปูทะเล (*Scylla paramamosain*) โดยพิจารณาจากการเจริญเติบโตและ activities ของ antioxidant enzymes (superoxide dismutase, glutathione S-transferase and glutathione peroxidases)

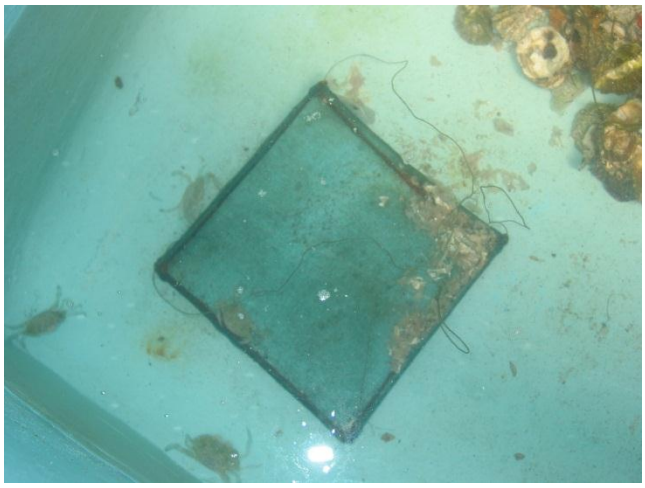
วิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำปูม้าที่ได้จากการเพาะพันธุ์และเลี้ยงนาน 40 วัน ขนาดความกว้างของกระดอง (external carapace width) 4.1±0.1 เซนติเมตร น้ำหนักตัว 10.5±0.3 กรัม และที่เลี้ยงนาน 100 วัน จนได้ขนาดความกว้างของกระดอง 5.8±0.2 เซนติเมตร น้ำหนักตัว 56.5±0.6 กรัม) จึงนำมาทำการทดลอง

การเตรียมบ่อ ระบบน้ำ และการควบคุมคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงปูม้า

ใช้บ่อคอนกรีตขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร (กว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร และสูง 1 เมตร) เพื่อทดลองเลี้ยงปูม้าทั้ง 2 ขนาด (รูปที่ 1) เลี้ยงในความเค็ม 30 ppt ให้อากาศ 4 จุดรอบบ่อ โดยตรงกลางบ่อ 1 จุด อุณหภูมิน้ำ 28-30 องศาเซลเซียส และทำการจัดการคุณภาพน้ำด้วยการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 80% ทุก ๆ 5 วัน สุ่มวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงทุก 7 วัน ด้วยชุดวิเคราะห์คุณภาพน้ำสำเร็จรูป วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วย D.O meter วัด pH ด้วย pH meter และเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ โดยทำการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำให้มีค่า > 5 ppm pH มีค่า 8.0-8.2 ไนไตรท์-N มีค่า< 0.05 mg/l แอมโมเนีย-N มีค่า <0.50 mg/l และอัลคาไลนิตี้มีค่า 100-120 mg/l ตลอดระยะเวลาในการทดลอง



รูปที่ 1 บ่อคอนกรีตขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร เพื่อใช้ทดลองเลี้ยงปูม้าทั้ง 2 ขนาด

การเตรียมสูตรอาหารเลี้ยงปูม้า

ผลิตเม็ดอาหารสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตร สำหรับปูม้าอายุ 40 วัน และขนาด 4 มิลลิเมตร สำหรับปูม้าอายุ 100 วัน ที่มีระดับโปรตีน 4 ระดับ (4 treatments in CRD) ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหาร (AOAC, 1984) ก่อนที่จะนำวัตถุดิบมาผลิตในรูปอาหารเม็ด (ตารางที่ 1) และออกแบบสูตรอาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดจมที่มีระดับโปรตีน 4 ระดับ ได้แก่ 30, 35, 40 และ 45% ซึ่งใช้วัตถุดิบ

ตามตารางที่ 2 ที่มีการประมาณคุณค่าทางโภชนาการและพลังงานใกล้เคียงให้กันมากที่สุด (ตารางที่ 3) ขนาดของเม็ดอาหารจะถูกกำหนดจากผลการวิจัย เก็บรักษาอาหารเม็ดสำเร็จรูปไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ -20 °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%	35%	40%	45%
ปลาป่น	36.0	45.0	54.7	63.7
ไก่ป่น	0.8	1.0	1.2	1.4
ยีสต์โปรตีน	0.16	0.2	0.24	0.3
ถั่วเหลืองป่น	0.47	0.6	0.73	0.8
วีทกลูเท่น	0.24	0.3	0.36	0.4
คอร์นกลูเท่น	0.23	0.3	0.36	0.4
รำข้าว	44.90	34.5	23.0	12.10
ปลายข้าว	2.0	1.5	1.3	1.5
มันสำปะหลังป่น	0.6	0.7	0.9	1.1
เปลือกกุ้งป่น	4.0	5.1	6.22	7.2
น้ำมันถั่วเหลือง	1.2	2.3	2.5	2.7
น้ำมันปลา	3.9	3.0	2.9	2.7
วิตามิน	2.0	2.0	2.0	2.0
เกลือแร่	3.0	3.0	3.0	3.0
เลซิทิน	0.5	0.5	0.5	0.5

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการและพลังงานของอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปูม้าอายุ 45 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
35%	35.07	15.18	3.37	13.99	27.02	7.30	452.37
40%	40.32	14.55	2.75	15.67	21.27	6.66	452.47
45%	45.14	13.85	2.15	17.19	16.15	6.07	452.13

การทดสอบระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับปูม้าทั้ง 2 ขนาด

ผลิตเม็ดอาหารขนาด 2.5 มิลลิเมตร สำหรับปูม้าอายุ 40 วัน และขนาด 4.0 มิลลิเมตร สำหรับปูม้าอายุ 100 วัน มาผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีน 4 ระดับ (4 treatments in CRD) ได้แก่ 30, 35, 40 และ 45% ตามตารางที่ 3 โดยเลี้ยงปูม้า จำนวน 30 ตัวในบ่อคอนกรีตขนาด 1000 ลิตร (30 ตัวต่อตารางเมตร) เป็นเวลา 2 เดือน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การให้อาหาร

ทำการให้อาหารทดลองวันละ 3 ครั้ง (เวลา 08.00, 13.00 และ 18.00) โดยอาหารที่ให้ 5 % ต่อน้ำหนักตัว และทำการปรับอาหารทุกสัปดาห์

การบันทึกผล

ตรวจสอบจำนวนปูม้าที่ลอกคราบหรือตายทุกวัน และนำปูม้าทุกตัวมาทำการชั่งน้ำหนักและวัดความกว้างของกระดองทุก ๆ 15 วัน ตลอดการเลี้ยงเป็นเวลา 60 วัน ในแต่ละช่วงวัย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนัก ความกว้างของกระดอง ความถี่ในการลอกคราบ การรอดตาย และอัตราการแลกเนื้อ จากการทดลองระดับโปรตีนในอาหารที่ต่างกันมาหาความแตกต่างทางสถิติด้วยการวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบแจกแจงทางเดียว (One-way ANOVA) และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan’s New multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

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 8.0-8.2 ไนไตรท์มีค่า < 0.02 ppm แอมโมเนียมีค่า <0.2 อุณหภูมิน้ำ 28-30 $^{\circ}$C และอัลคาไลนิตี้ (Alkalinity) มีค่า 120-150 ppm ตลอดระยะเวลาในการทดลอง

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 $^{\circ}$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

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

$$\%\ \text{โปรตีน} = \%\ N \times 6.25$$

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

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

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

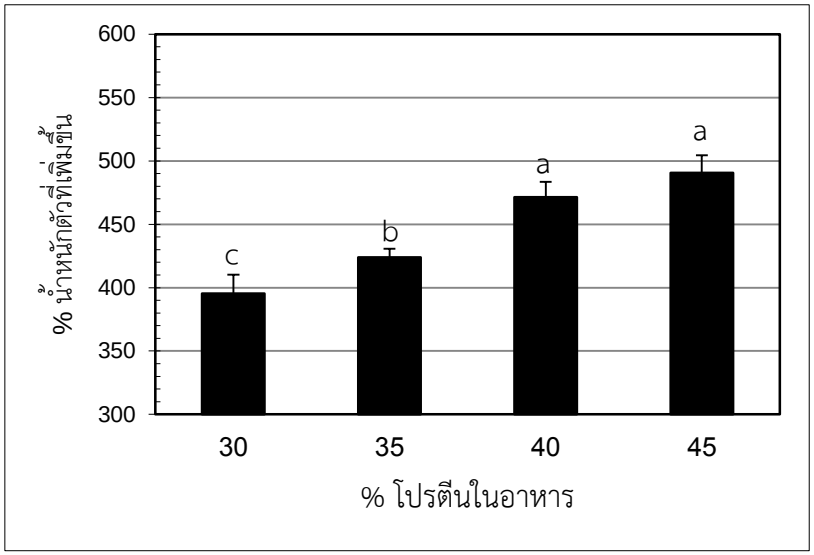
$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักถ้วย และตัวอย่างก่อนอบ-น้ำหนักถ้วย และตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ผลการวิจัย

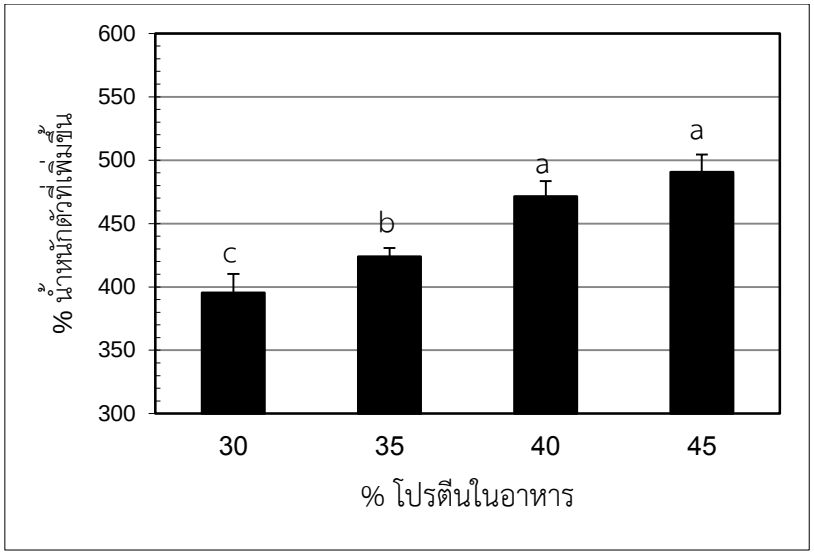
ผลการทดสอบสำหรับปูม้าอายุ 40 วัน

1) การเจริญเติบโต

จากทำการทดสอบนาน 60 วัน พบว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตร ที่ระดับโปรตีน 40% และ 45% ปูม้ามี %ขนาดความกว้างของกระดองที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ทั้ง 2 ระดับนี้มีขนาดความกว้างของกระดองที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ระดับโปรตีน 35% และ 30% ($p<0.05$) และปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับโปรตีน 35% มี %ความกว้างของกระดองเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ระดับโปรตีน 30% ($p<0.05$) (รูปที่ 2) และ %น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นให้ผลการทดลองเหมือนกัน (รูปที่ 3)



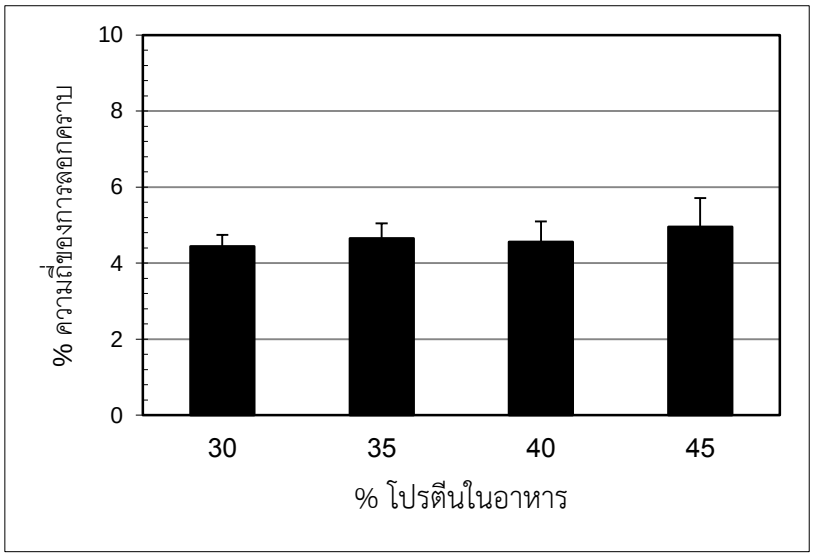
รูปที่ 2 เปอร์เซ็นต์ความกว้างของกระดองที่เพิ่มขึ้นของปูม้าอายุ 40 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน



รูปที่ 3 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของปูม้าอายุ 40 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

2) ความถี่ของการลอกคราบ

%ความถี่ของการลอกคราบของปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตรทั้งโปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 2 เดือน ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) ซึ่งมีค่า 4.5-5.0% (รูปที่ 4)

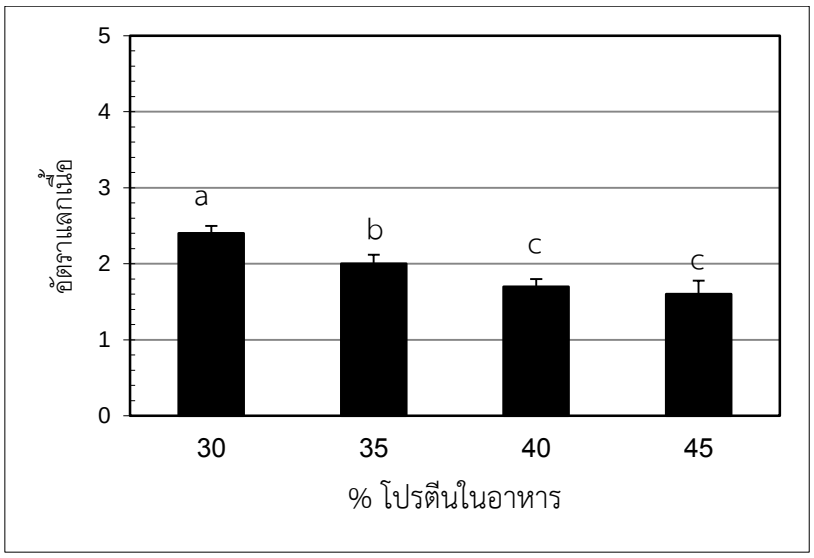


รูปที่ 4 เปอร์เซ็นต์ความถี่ของการลอกคราบของปูม้าอายุ 40 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

3) อัตราแลกเนื้อ

ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตร ที่ระดับโปรตีน 40% และ 45% มีอัตราแลกเนื้อไม่แตกต่างกัน (p>0.05) แต่ทั้ง 2 ระดับนี้มีอัตราแลกเนื้อต่ำกว่าที่ระดับโปรตีน 35% และ 30%

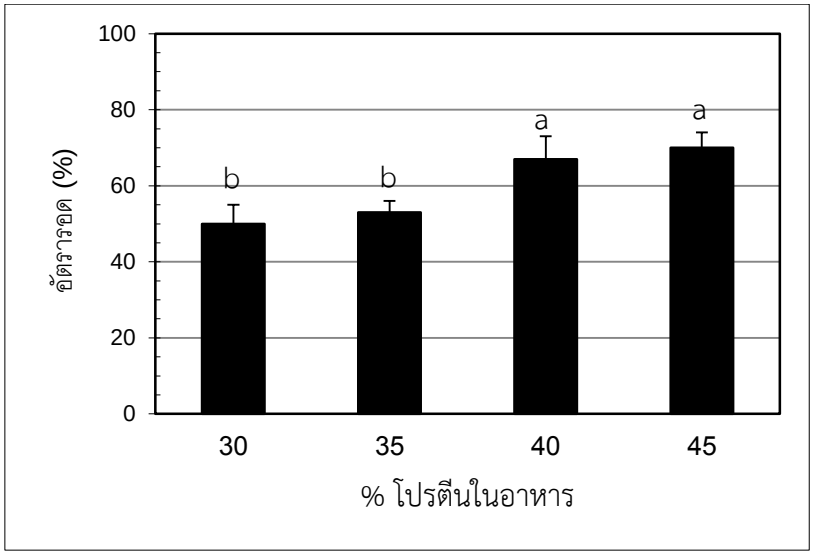
(p<0.05) และปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับโปรตีน 35% มีอัตราแลกเนื้อต่ำกว่าที่ระดับโปรตีน 30% (p<0.05) (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 อัตราแลกเนื้อของปูม้าอายุ 40 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

4) อัตรารอด

ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตร ที่ระดับโปรตีน 40% และ 45% มีอัตรารอดไม่แตกต่างกัน (p>0.05) แต่ทั้ง 2 ระดับนี้มีอัตรารอดสูงกว่าที่ระดับโปรตีน 35% และ 30% (p<0.05) และปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับโปรตีน 35% มีอัตรารอดไม่แตกต่างกับปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับโปรตีน 30% (p>0.05) (รูปที่ 6)

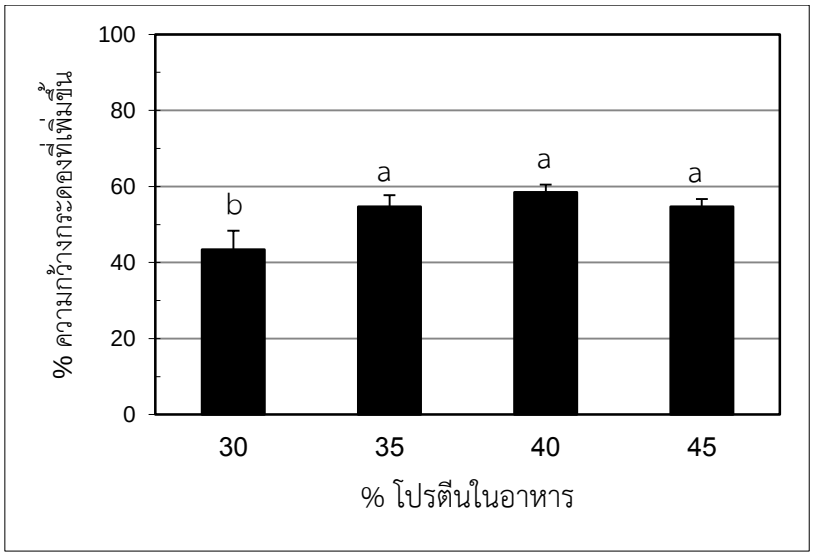


รูปที่ 6 อัตรารอดของปูม้าอายุ 40 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

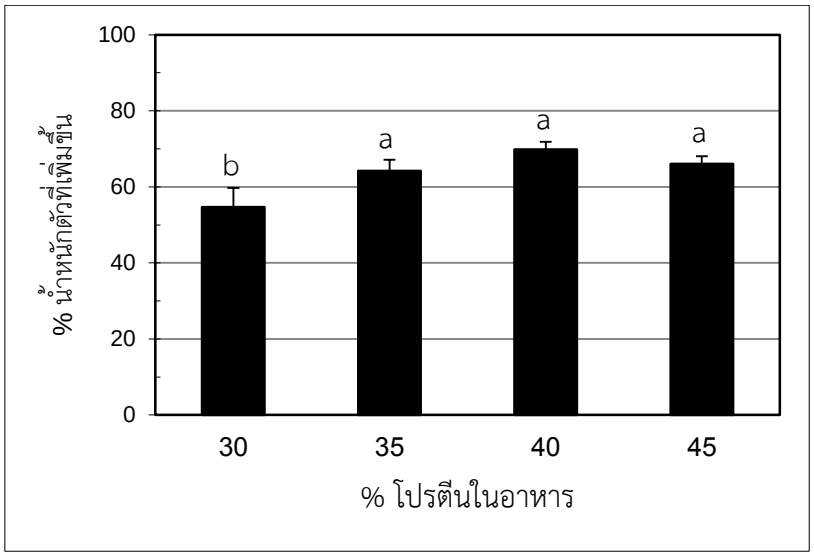
ผลการทดสอบสำหรับปูม้าอายุ 100 วัน

1) การเจริญเติบโต

จากทำการทดสอบนาน 60 วัน พบว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4.0 มิลลิเมตร ที่ระดับโปรตีน 35%, 40% และ 45% ปูม้ามี %ขนาดความกว้างของกระดองที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน (p>0.05) แต่ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีนทั้ง 3 ระดับนี้ มีขนาดความกว้างของกระดองที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 7) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 8) สูงกว่าที่ระดับโปรตีน 30% (p<0.05)



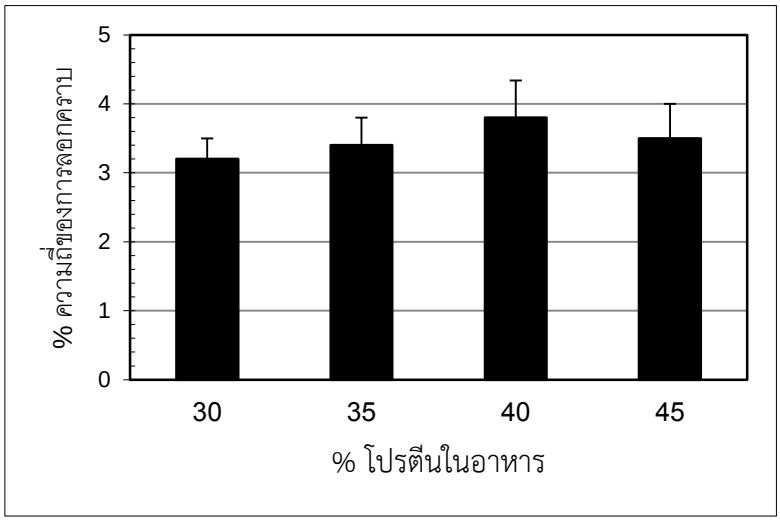
รูปที่ 7 เปอร์เซ็นต์ความกว้างของกระดองที่เพิ่มขึ้นของปูม้าอายุ 100 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน



รูปที่ 8 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของปูม้าอายุ 100 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตร ที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

2) ความถี่ของการลอกคราบ

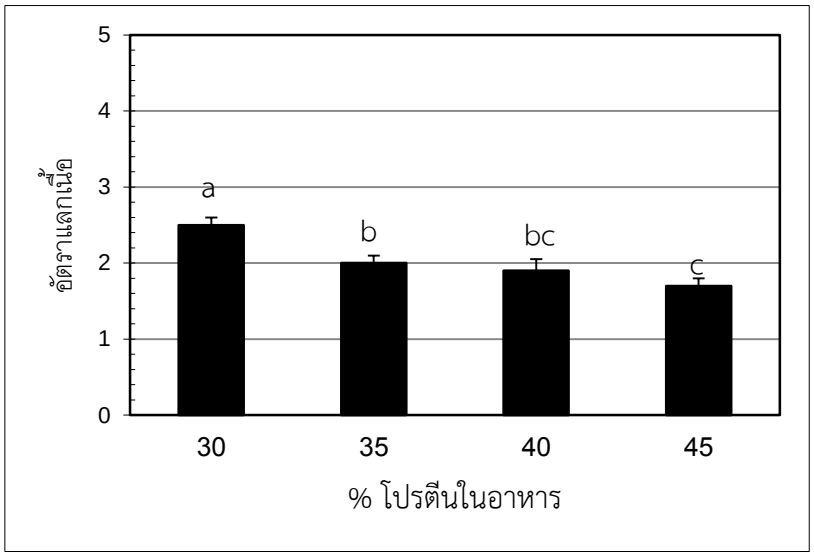
%ความถี่ของการลอกคราบของปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตรทั้งโปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน ไม่แตกต่างกัน (p>0.05) (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 เปอร์เซ็นต์ความถี่ของการลอกคราบของปูม้าปูม้าอายุ 100 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

3) อัตราแลกเนื้อ

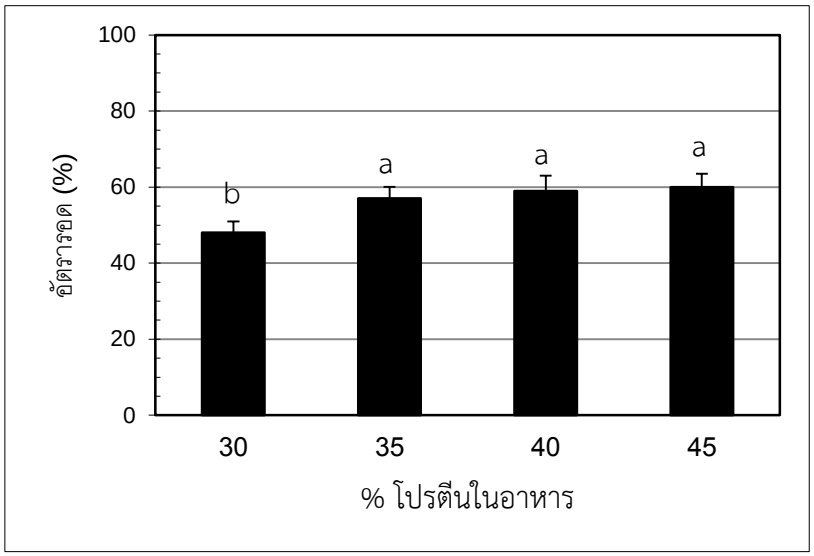
ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตร ที่ระดับโปรตีน 40% และ 45% มีอัตราแลกเนื้อไม่แตกต่างกัน (p>0.05) แต่ทั้ง 2 ระดับนี้มีอัตราแลกเนื้อต่ำกว่าที่ระดับโปรตีน 30% (p<0.05) และปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับโปรตีน 35% มีอัตราแลกเนื้อต่ำกว่าที่ระดับโปรตีน 30% (p<0.05) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้อาหารระดับโปรตีน 40% (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 อัตราแลกเนื้อของปูม้าอายุ 100 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

4) อัตรารอด

ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตร ที่ระดับโปรตีน 35%, 40% และ 45% มีอัตรารอดไม่แตกต่างกัน (p>0.05) แต่ทั้ง 3 ระดับนี้มีอัตรารอดสูงกว่าที่ระดับโปรตีน 30% (p<0.05) (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 อัตรารอดของปูม้าอายุ 100 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4 มิลลิเมตรที่โปรตีน 4 ระดับ เป็นเวลา 60 วัน

คุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปูม้า

ตลอดการทดลองได้ดำเนินการควบคุมคุณภาพน้ำตลอดการเลี้ยงให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งพบว่าทุกพารามิเตอร์มีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างการทดลอง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงคุณภาพน้ำในบ่อทดลองเลี้ยงปูม้า ตลอดการทดลอง

การทดลอง	ความเค็มน้ำ (ppt)	ค่าพิสัย							
		ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l)	พีเอช	อัลคาไลนิตี้ (mg/l)	อุณหภูมิ (^{0}C)	แอมโมเนีย (mg/l)		ไนไตรท์ (mg/l)	
						หลังถ่ายน้ำ	ก่อนถ่ายน้ำ	หลังถ่ายน้ำ	ก่อนถ่ายน้ำ
ลูกปูอายุ 45 วัน	30	5.3 – 5.6	8.0 – 8.2	100-120	28 – 30	0.4-0.5	0.7-0.8	0.01-0.02	0.12-0.15
ลูกปูอายุ 100 วัน	30	5.2 – 5.6	8.1 – 8.2	105-125	28 – 30	0.3-0.4	0.8-0.9	0.01-0.02	0.20-0.24

หลังถ่ายน้ำ หมายถึง หลังจากทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำใหม่ 80 %
ก่อนถ่ายน้ำ หมายถึง น้ำที่ใช้เลี้ยงเป็นเวลานาน 5 วันก่อนถ่ายน้ำ

อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าระดับโปรตีนในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ และการรอดตายของปูม้าที่ทดสอบทั้ง 2 ช่วงวัย แต่ไม่มีผลต่อความถี่ของการลอกคราบ ปูม้าอายุ 40 วัน ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 2.5 มิลลิเมตร ที่ระดับโปรตีน 40% และ 45% มีการเจริญเติบโตมากที่สุด % ขนาดความกว้างของกระดองที่เพิ่มขึ้น (%CW) และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตจะลดลงเมื่อใช้ระดับโปรตีนต่ำลง จนต่ำที่สุดที่ระดับโปรตีน 30% ซึ่งการเจริญเติบโตที่สูงกว่านั้นไม่ได้มีผลมาจากความถี่ของการลอกคราบของปูม้าที่สูงขึ้น ซึ่งเดิมคาดว่าปูม้าที่เจริญเติบโตดีกว่าน่าจะมีความถี่ของการลอกคราบมากกว่า ชี้ให้เห็นว่าปูม้าที่มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่านั้นมีการขยายขนาดมากกว่าในแต่ละครั้งที่ลอกคราบเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารระดับโปรตีน 40-45% แสดงว่าระดับโปรตีนดังกล่าวเป็นระดับที่ทำให้ปูม้าวัยนี้น่าจะมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและการนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีกว่า จึงทำให้ปูได้รับพลังงานมากพอเพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งสัมพันธ์กับค่าอัตราการแลกเนื้อที่ต่ำกว่าอีกด้วย เป็นการชี้ชัดถึงการนำโปรตีนไปใช้ประโยชน์ได้ดีมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งทำให้ส่งผลดีต่อสุขภาพ ปูม้าที่กินอาหารระดับโปรตีน 40-45% จึงส่งผลให้มีอัตรารอดสูงที่สุด ซึ่งระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับปูม้าอายุ 40 วันคือที่ระดับ 40% ซึ่งเป็นระดับโปรตีนที่ต่ำกว่าความต้องการของปู *Portunus trituberculatus* วัยรุ่น น้ำหนัก 3.75 ± 0.20 g ที่ต้องการระดับโปรตีน 51% และไขมัน 5% โดยมี Protein/Energy ratio (PE ratio) 26.89 mg protein kJ^{-1} พิจารณาจากค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate) %น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และ lipid retention อย่างไรก็ตามการใช้อาหารโปรตีน 35% มีผลให้ protein efficiency ratio and protein retention สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อาหารโปรตีน 43% และ 51% หลังจากทดสอบอาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีน 35%, 43% และ 51% ร่วมกับระดับไขมัน 5%, 9% และ 13% โดยมีค่า P/E ratio17.70 to 26.89 g protein MJ^{-1}เป็นเวลา 8 สัปดาห์ (Huo *et al*.,2014) และต่ำกว่าปูม้า (*P. trituberculatus*) วัยรุ่น น้ำหนัก 2.50 ± 0.08 g เช่นกัน ดังรายงานของ Jin *et al*. (2013) ที่พบว่าระดับโปรตีน 51.5% เป็นระดับที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่าการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate) %น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ค่า FCR และprotein efficiency ratio หลังจากทำการทดสอบด้วยอาหารที่ระดับโปรตีน 31.6, 36.5, 41.7, 45.6, 50.2 and 55.8% ของน้ำหนักแห้ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ความต้องการโปรตีนของปูม้าของการทดลองนี้ค่าใกล้เคียงกับปูทะเล (*Scylla serrata*) ขนาดน้ำหนัก 11.18±0.66 กรัม เจริญเติบโตดีเมื่อใช้อาหารที่มีระดับโปรตีน 32-40% ร่วมกับระดับไขมัน 6% หรือ 12% ซึ่งมีระดับพลังงาน 14.7–17.6 MJ/kg เมื่อทดสอบด้วยอาหารทดสอบที่มีระดับโปรตีน 32%, 40% และ 48% ร่วมกับไขมัน 2 ระดับ (6% and 12%) แต่ละสูตรมีค่า P/E ratios ระหว่าง 20.5 to 31.1 mg protein/kJ เลี้ยงระยะเวลานาน 111–131 วัน ซึ่งไม่มีผลต่อวงจรลอกคราบ (Catacutan, 2002) จากการวิจัยนี้ให้ผลใกล้เคียงกับผลการวิจัยของวารินทร์ และคณะ (2548) ที่ได้พัฒนาอาหารสำเร็จรูปสำหรับปูม้า (*P. pelagicus*) โดยครอบคลุมถึงชนิดอาหารและแหล่งโปรตีนสะสมรวมไปถึงระดับของโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า ในการศึกษาเบื้องต้นอาหารมี 2 รูปแบบ คือไข่ตุ๋นร่วมกับปลาป่นหอยแมลงภู่ และปลาหมึกป่น เป็นแหล่งโปรตีนร่วมกากถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปกุ้ง

กุลาดำ พบว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนร่วมกับกากถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตต่ำสุด ในขณะที่การเจริญเติบโตของปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารกุ้งมีการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่มีความแตกต่างกับปูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้หอยแมลงภู่เป็นแหล่งโปรตีน และจากการศึกษาแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปูม้า โดยมีแหล่งของโปรตีนที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ ปลาป่น หอยแมลงภู่ หมึกป่น และกุ้งป่น โดยมีปริมาณโปรตีนในอาหารเท่ากับ 39-40.5% เทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปกุ้งกุลาดำเบอร์ 0 โปรตีน 44.98% พบว่าปูม้าสามารถยอมรับอาหารเม็ดแห้งได้ดี ซึ่งทำให้อาหารเม็ดสำหรับกุ้งกุลาดำมีผลต่อการเจริญเติบโตของปูม้าดีที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแหล่งโปรตีนชนิดอื่นที่นำมาทดลอง แต่อย่างไรก็ตามการใช้หอยแมลงภู่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารมีผลการเจริญเติบโตมากกว่าปลาป่นหรือหมึกป่นร่วมกับกากถั่วเหลือง และจากการหาระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของลูกปูม้าวัยอ่อน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยผลิตอาหารทดลองในรูปแบบอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 4 ระดับคือ 28.0, 34.5, 40.4, 46.5% เทียบกับอาหารกุ้งสำเร็จรูประดับโปรตีน 42.4% พบว่าในสัปดาห์ที่สองที่ระดับโปรตีน 46.5% ให้อัตราการเจริญเติบโตและขนาดตัวที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารกุ้งสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในสัปดาห์ที่สี่ พบว่าที่ระดับโปรตีน 46.5, 34.5 และ 40.4% ให้ขนาดตัวที่เพิ่มขึ้นดีที่สุดเมื่อเทียบกับระดับโปรตีน 28.0% จึงสรุปได้ว่าการเลี้ยงปูม้าด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ระดับโปรตีนสูง 46% มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีนต่ำ 34% ในระยะเวลา 1 เดือน โดยที่ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารกุ้ง (โปรตีน 42%) มีการเจริญเติบโตต่ำสุด

การทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ มนทกานติ และคณะ (2551) ที่ศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารต่อการเจริญเติบโตของลูกปูม้า (*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 และคณะนั้นออกมาทิศทางตรงกันข้าม อีกทั้งยังให้เหตุผลว่าในสัปดาห์ที่ 4 ยังไม่ใช่ช่วงอายุของปูม้าที่เหมาะสมในการลดระดับโปรตีนในอาหาร เพราะจากการทดลองพบว่าในสัปดาห์ที่ 10 เริ่มมีผลต่อการเจริญเติบโตของปูม้าในทุกทุกชุดการทดลอง และที่ระดับโปรตีน 34.3 % ไม่เหมาะสมต่อการใช้เลี้ยงปูม้าต่อเนื่องนาน 12 สัปดาห์ ซึ่งทำให้ปูม้ามีความถี่ในการลอกคราบต่ำสุด สอดคล้องกับการวิจัย Duan *et al*. (2011) ได้รายงานว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับปูม้า (*P. trituberculatus*) ขนาด 36.5–42.9 กรัม ที่เลี้ยงในกระชังในทะเลคือ 40–45% ขณะที่ Ding *et al*. (2003) รายงานว่าระดับโปรตีน 41% เหมาะสมสำหรับปูม้า (*P. trituberculatus*) ขนาด 18.5 กรัม ที่เลี้ยงในบ่อปลา ในทำนองเดียวกัน Nguyen *et al*. (2014) พบว่าปูทะเล (*S. serrata*) วัยรุ่นต้องการโปรตีนในอาหาร 40% ซึ่งส่งผลให้มีเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในแง่ของtissue growth ความถี่ลอกคราบ (molt frequency) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและไขมันสูงสุด โดยพบว่าปูทะเลน้ำหนัก 1 กิโลกรัมต้องการโปรตีน 6.5±1.1 g ต่อวัน ซึ่งในการทดลองนี้สูตรอาหารประมาณ 3 ใน 4 ส่วนเป็นแหล่งโปรตีนที่มาจาก soy protein concentrate ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับการวิจัยในปูทะเล (*Scylla*

paramamosain) (Catacutan, 2002) แต่ถ้าปูทะเล (*S. serrata*) อายุน้อยกว่านี้จะต้องการระดับโปรตีนถึง 45% (Unnikrishnan & Paulraj, 2010). อาหารปูทะเล (*S. paramamosain*) วัยรุ่นขนาด 11.53 ± 0.52 กรัม ความกว้างกระดอง (carapace width) 3.92±0.14 เซนติเมตร ต้องการระดับโปรตีน 45% และไขมัน 8.52%–11.63% (ที่เหมาะสมที่สุด 9.5%) ถึงจะทำให้ปูทะเลชนิดนี้มีการเจริญเติบโตและมี antioxidant capacity ดีที่สุด (Nguyen *et al*., 2014) ในทำนองเดียวกันกับปูม้า (*P. trituberculatus*) ขนาด 2.50 ± 0.08 กรัม ที่เลี้ยงในตะกร้าภายในบ่อซิเมนต์ ที่ระดับโปรตีนในอาหาร 31.6, 36.5, 41.7, 45.6, 50.2 and 55.8% นาน 8 สัปดาห์ พบว่าระดับโปรตีน 51.5% ให้ผลดีที่สุด (Jin *et al*., 2013)

ขณะที่ผลการทดสอบสำหรับปูม้าอายุ 100 วันพบว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปขนาด 4.0 มิลลิเมตร ที่ระดับโปรตีน 35%, 40% และ 45% ปูม้ามีการเจริญเติบโตไม่ต่างกัน แต่ปูม้าที่เลี้ยงด้วยระดับโปรตีนดังกล่าวมีการเจริญเติบโตสูงกว่าที่ระดับโปรตีน 30% ($p<0.05$) ชี้ให้เห็นว่าปูม้าระยะนี้สามารถใช้อาหารที่มีโปรตีนได้ตั้งแต่ 35% ซึ่งต่ำกว่าความต้องการระดับโปรตีนของปูม้าอายุ 40 วัน ซึ่งมี%ความถี่ของการลอกคราบไม่แตกต่างกัน อีกทั้งมีอัตราแลกเนื้อต่ำ โดยต่ำกว่าการใช้โปรตีน 30% แต่ไม่แตกต่างกับการการใช้อาหารระดับโปรตีน 40% แล้วยังมีอัตรารอดไม่แตกต่างกันกับการใช้โปรตีนที่สูงกว่า ซึ่งระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับปูม้าอายุ 100 วันคือที่ระดับ 35% ซึ่งต่ำกว่าลูกปูม้าอายุ 40 วัน ที่ต้องการระดับโปรตีน 40% ซึ่งก็เป็นไปตามทฤษฎีที่ว่าสัตว์น้ำขนาดเล็กต้องการโปรตีนที่สูงกว่า ซึ่งพบในครัสเตเชียนหลายชนิด เช่น กุ้ง *Penaeus brasiliensi*, *P. californiensis*, *P. stylirostris*, *P. vannamei* (Liao *et al*., 1986, Colvin and Brand, 1977 อ้างโดย Guillaume, 1997) เนื่องจากสัตว์น้ำขนาดเล็กมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate) ที่สูงกว่า (Tacon & Coway, 1985 อ้างโดย Guillaume, 1997) ซึ่งกุ้งขนาดเล็กหรือที่อายุต่ำกว่าจะแสดงถึงประสิทธิภาพการย่อยอาหารที่สูงกว่า เป็นการชี้ชัดถึงความต้องการระดับโปรตีนในเชิงปริมาณที่สูงกว่า แต่เมื่อกุ้งมีขนาดใหญ่ขึ้นหรืออายุมากขึ้น ประสิทธิภาพการย่อยอาหารจะต่ำลง จะต้องการระดับโปรตีนในเชิงปริมาณต่ำลง แต่ต้องมาเน้นที่คุณภาพมากกว่า (Smith *et al*., 1985, Lee & Lawrence, 1985 อ้างโดย Lee & Lawrence, 1997)

สรุปและข้อเสนอแนะ

ระดับโปรตีน 40% เป็นระดับที่เหมาะสมต่อปูม้าอายุ 40-100 วัน ขณะที่ระดับโปรตีน 35% เป็นระดับที่เหมาะสมต่อปูม้าอายุ 100-160 วัน เมื่อพิจารณาจากการเจริญเติบโต %ความถี่ของการลอกคราบ อัตราแลกเนื้อ และอัตรารอด

ผลผลิต

คาดว่าจะยื่นจดอนุสิทธิบัตรหรือตีพิมพ์ผลงานในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติภายในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560

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, สุพิศ ทองรอด และ สิริพร ลือชัย ชัยกุล. (2551).ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารต่อการ เจริญเติบโตของลูกปูม้า (*Portunus pelagicus,* Linnaeus 1758) ถึงระยะ 10 กรัม. สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่ง, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง, ***เอกสารวิชาการฉบับที่ 15/2551*** 32 หน้า

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.

Ai, C.X. (2004). The breeding biology, feed and feeding of mud crab, *Scylla serrata*. ***Fish. Modernization*** 4, 19–20 (in Chinese, with English abstract).

Akiyama, D.M., Dominy W.G. & Lawrence A.L. (1992). Penaeid shrimp nutrition. In: *Marine Shrimp Culture Principle and Practices*. Developments in aquaculture and fisheries science, Fast A.W. and Lester L.J. (eds.). 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.

Ding, X.Y., He, Z.Y., Xu, G.H. &Tang, Z.H. (2003). Preliminary study on the pelletized feed for swimming crab *Portunus trituberculatus*. ***Marine Fisheries***. 3: 23–25 (in Chinese, with English abstract).

Duan, Q.Y., Mai, K.S., Shentu, J.K., Gao, Q.X. & Yang, J.F. (2011). Effects of dietary protein and lipid levels on growth and ovary pigmentation in *Portunus trituberculatus*. ***Chineese. Academic in Fisheries Science***. 18: 809–818 (in Chinese, with English abstract).

Guillaume, J. (1997). Protein and Amino acids In: ***Crustacean Nutrition Advances in World Aquaculture Volume 6***. D'Abramo, L.R. Conklin, D.E.& Akiyama, D.M. (Eds). World Aquaculture Society 1997 P, 26-50.

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 First Australian national prawn seminar***, Young, P.C. editor 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.

Huo, Y-W, Jin, M., Zhou, P-P, Li, M., Mai, K-S & Zhou, Q-C (2014). Effects of dietary protein and lipid levels on growth, feed utilization and body composition of juvenile swimming crab, *Portunus trituberculatus* ***Aquaculture*** (434): 151-158.

Jin, M., Zhou Q-C, Zhang, W., Xie, F-J, ShenTu, J-K & Huang, X-L (2013) Dietary protein requirements of the juvenile swimming crab, *Portunus trituberculatus* ***Aquaculture***, 414–415: 303–308

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

Lee, P.G. & Lawrence, A.L. (1997). Digestibility In: *Crustacean Nutrition Advances in World Aquaculture Volume 6*. D'Abramo, L.R. Conklin, D.E.& Akiyama, D.M. (Eds). World Aquaculture Society 1997 P, 194-260.

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.

Nguyen, N. T. B. Chim, L., Lemaire, P. & Wantiez L. (2014). Feed intake, molt frequency, tissue growth, feed efficiency and energy budget during a molt cycle of mud crab juveniles, *Scylla serrata* (Forskål, 1775), fed on different practical diets with graded levels of soy protein concentrate as main source of protein ***Aquaculture*** 434: 499–509.

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.

Takeuchi, T. & Murakami, K. (2007). Crustacean nutrition and larval feed with emphasis on Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus*. ***Bulletin Fisheries Research Agency*** 20:15–23.

Unnikrishnan, U. & Paulraj, R. (2010). Dietary protein requirement of giant mud crab *Scylla serrata* juveniles fed iso-energetic formulated diets having graded protein levels. ***Aquaculture Research*** 41: 278–294.

Wilson, R.P. (2002). **Amino acid and proteins**, In: Fish Nutrition, 3rd ed. Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), Academic Press, London, pp. 144–174.

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.

Zhao, J., Wen, X., Li, S., Zhu, D. & Li, Y. (2015). Effects of dietary lipid levels on growth, feed, feeded utilization, body composition and antioxidants of juvenile mud crab *Scylla paramamosain* (Estampador). ***Aquaculture***, 435: 200-206.

เอกสารอ้างอิงจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ออนไลน์ หรือเว็บไซต์

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