วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

การเพิ่มมูลค่าเนื้อหอยจากเศษเหลือทิ้งทางการประมงสู่การผลิตอาหารเลี้ยงปูม้า

Added value of shellfish flesh from fishery waste to produce blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) feed

ทิพย์สุดา ชงัดเวช[1]* และ รุ่งกานต์ กล้าหาญ[1]

Thipsuda Changadvach[1]* and Rungkan Klahan[1]

[1] *สาขาวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี เพชรบุรี 76000*
[1] *Department of Aquaculture, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi 76000*

บทคัดย่อ: การศึกษาการเพิ่มมูลค่าเนื้อหอยจากเศษเหลือทิ้งทางการประมงสู่การผลิตอาหารเลี้ยงปูม้า ใช้เนื้อหอยบดละเอียด 3 ชนิด ได้แก่ เนื้อหอยโมพี เนื้อหอยหนามทุเรียน และเนื้อหอยสังข์หนามเล็ก อัตราส่วน 3 : 2 : 1 ของระดับที่ผสมเนื้อหอยในอาหารแต่ละชุดการทดลอง ได้แก่ อาหารที่ผสมเนื้อหอยทดแทนปลาป่นที่ระดับ 0 (ชุดควบคุม), 10, 20 และ 30 % เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนแบบแยกเลี้ยงเดี่ยว 1 กล่อง/1 ตัว ใช้ปูม้าจำนวน 9 ตัว/ซ้ำ ปูม้ามีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 2.35±0.07 กรัม/ตัว ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง อัตรา 5 % ของน้ำหนักตัว ทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหาร 20% มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (249.68±82.13 %), SCG (1.39±0.25 % /วัน), ADG (0.18±0.23 กรัม/วัน), ความถี่ในการลอกคราบ (1.93±0.17 ครั้ง/ตัว) และอัตราการรอดตาย (96.30±6.42 %) ดีกว่าชุดการทดลองอื่น (P<0.05) ส่วนประสิทธิภาพการใช้อาหาร พบว่า ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหาร 20% มี TFI (2.51±0.47 กรัม/ตัว) และ DFI (4.71±0.75 % /วัน) น้อยกว่าชุดการทดลองอื่น (P<0.05) แต่มี PER (0.61±0.17 %) และ FCR (3.44±1.08) ดีกว่าชุดการทดลองอื่น (P<0.05) ส่วนทางด้านผลผลิต พบว่า ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหาร 20% ให้ผลผลิต (8.35±1.34 กรัม/กล่อง) ดีกว่าชุดการทดลองอื่น (P<0.05) ส่วนการเลี้ยงปูม้าด้วยอาหาร 0% และ 20% มีต้นทุนผลผลิต เท่ากับ 206.27±2.66 และ 187.20±10.93 บาท/กก. ตามลำดับ (P>0.05) :ซึ่งไม่แตกต่างกัน แต่น้อยกว่าชุดการทดลองอื่น (P<0.05) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (P>0.05) เท่ากับ 1.70±0.02 และ 1.87±0.11 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่น (P<0.05) ดังนั้นการผลิตอาหารเลี้ยงปูม้าสามารถใช้เศษเนื้อหอยเพื่อเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนหลักจากปลาป่นได้ที่ระดับ 20 % ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ใช้ต้นทุนผลผลิตน้อยแต่ให้อัตราส่วนผลตอบแทนสูง

คำสำคัญ: การเพิ่มมูลค่า; เนื้อหอย; ปูม้า

ABSTRACT: This study aims to add value to shellfish waste obtained from fishery activities. The shellfish was cooked and the meat was extracted, minced and mixed in blue swimming crab feed. The shellfish meat was prepared from mixture of the meat obtained from Spiral melongena (*Pugilina cochlidium*), Spiny oysters (*Spondylus* sp.) and Rare-spined murex (*Murex trapa*) at the ratio of 3: 2: 1 by weight. The mixture of shellfish meat was then added in blue swimming crab feed at 0 (control), 10, 20 and 30%. The experiment was conducted in recirculation system with nine boxes which cultured one crab for each box (9 crabs/replication). Blue swimming crab with initial weight of 2.35±0.07 g/crab were individually kept in nine boxes and the boxes were placed in a recirculating system. They were fed with the experimental feed at the rations of 5 % body weight twice a day for 12 weeks. At the end of the experiment, it was found that 20% produced the higher weight gain (249.68±82.13 %), SCG (1.39± 0.25 % /day), ADG (0.18±0.23 g/day), molting frequency (1.93±0.17 time/crab) and survival rate (96.30±6.42 %) than the other treatments (P<0.05). It also was found that, 20% yielded a better feed efficiency in which TFI (2.51±0.47 g/crab), DFI (4.71±0.75 %/day), PER (0.61±0.17 %) and FCR (3.44±1.08) were lower than the

* Corresponding author: boat030923@gmail.com

Received: date; February 23, 2021 Accepted: date; July 7, 2021 Published: date; February 5, 2022

other treatments (P<0.05). In term of productivity, 20% also shows a better yield (8.35 ± 1.34 g/box). The 0 and 20% had the production cost of 206.27±2.66 and 187.20±10.93 baht / kg, respectively, which is not significantly different (P>0.05). However, the cost from these treatments were lower than other treatments (P<0.05). The benefit cost ratio of 0 and 20% was equivalent to 1.70±0.02 and 1.87±0.11, respectively. These two treatments were not significantly different (P>0.05), but they produced the significantly higher benefit cost ratio when compared with other treatments (P<0.05). We concluded that waste shellfish meat can be used for production of feed for blue swimming crab. The use of shellfish meat at 20% for substituting fish meal is the most suitable because it can support the growth of the crabs with lowest production cost, and give the best of benefit cost ratio.

Keywords: added value; shellfish flesh; blue swimming crab (*Portunus pelagicus*)

บทนำ

ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758*)* เป็นทรัพยากรสัตว์น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ นิยมบริโภคในประเทศ และยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ (วารินทร์ และคณะ, 2547) โดยตลาดส่งออกหลัก เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ไต้หวัน เป็นต้น (Oniam et al., 2016) ซึ่งปริมาณและมูลค่าความต้องการในต่างประเทศมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น นอกจากการบริโภคเนื้อปูม้าแล้ว ส่วนของเปลือกหรือกระดองยังมีสารไคติน-ไคโตซาน ซึ่งนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของอาหารบำรุงสุขภาพเพื่อช่วยลดการสะสมไขมันและคลอเรสเตอรอลในร่างกาย ทำฟิล์มสำหรับเคลือบอาหารช่วยในการลดจำนวนแบคทีเรียและยืดอายุในการเก็บรักษาให้นานขึ้น และยังนำมาแปรรูปให้อยู่ในรูป N-carboxymethyl chitosan ใช้เป็นสารปรุงแต่งผลิตภัณฑ์อาหารทะเลต่าง ๆ ให้มีกลิ่นกุ้ง หรือกลิ่นปู (บรรจง, 2551) ซึ่งจากประโยชน์นานัปการ ทำให้ราคาของปูม้าเมื่อปี พ.ศ. 2532 จากกิโลกรัมละ 35 บาท (กองนโยบายและแผนงานประมง, 2532 อ้างโดยวารินทร์ และคณะ, 2547) เป็นกิโลกรัมละ 300 – 600 บาท (ตามขนาดของปูม้า) ในปัจจุบัน (โกวิทย์ และ อนันต์, 2562, พฤษภาคม, 20) ส่งผลให้มีการทำการประมงปูม้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค

การทำประมงปูม้าในประเทศไทย พบได้ทั่วไปบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน ในระดับน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 30 เมตร (บรรจง, 2551) ซึ่งในอดีตการทำประมงปูม้าเป็นการทำประมงทะเลแบบพื้นบ้าน หรือเป็นการทำประมงบริเวณชายฝั่ง (Songrak et al., 2014) เครื่องมือที่ใช้เป็นเครื่องมือที่สามารถประดิษฐ์ได้เองโดยใช้วัสดุในท้องถิ่น เช่น แร้วปู ไซปู เป็นต้นแต่เนื่องจากปูม้ามีศักยภาพเชิงพาณิชย์ และมีความต้องการของตลาดสูง ทำให้เกิดการแข่งขันด้านการทำประมง ดังนั้นเครื่องมือในการทำประมงจึงมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูง เพื่อให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้มากขึ้น เช่น การใช้ลอบพับ และอวนลอยปู เป็นต้น (ฐานิต และคณะ, 2561) โดยจากสถิติในปี พ.ศ. 2539-2541 ปริมาณปูม้าที่จับได้จากธรรมชาติมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจาก 40,000 เมตริกตัน เป็น 46,700 เมตริกตัน แต่ในปี พ.ศ. 2542 ปริมาณปูม้าที่จับได้เหลือ 41,200 เมตริกตัน และลดลงอย่างรวดเร็ว ในปี พ.ศ. 2551 ในปริมาณ 23,600 ตัน (นรินทร, 2557) และในปี พ.ศ. 2561 ปริมาณการจับปูม้าในพื้นที่อ่าวไทย ลดลงเหลือ 21,554 ตัน (กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง, 2563) นอกจากการใช้เครื่องมือทำประมงที่มีประสิทธิภาพสูงแล้ว การทำประมงที่มากเกินกว่ากำลังการผลิตของธรรมชาติ (over fishing) การใช้ประโยชน์จากปูม้าขนาดเล็ก (ยังไม่ถึงวัยเจริญพันธุ์และไม่ได้ขนาดตลาด) ตลอดจนการจับปูม้าที่มีไข่นอกกระดอง ล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณปูม้าในธรรมชาติลดลงอย่างต่อเนื่อง จากปัญหาดังกล่าวทำให้ปริมาณผลผลิตปูม้าในประเทศไทยไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงต้องอาศัยการนำเข้าจากต่างประเทศ โดยเฉพาะการนำเข้าปูม้าแช่เย็นจากประเทศเมียนมา มาทางด่านตรวจสัตว์น้ำจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยในปี พ.ศ. 2559 นำเข้า 2,072 กก. คิดเป็นมูลค่า 165,760 บาท และในปี พ.ศ. 2560 นำเข้า 44,152 กก. คิดเป็นมูลค่า 3,513,960 บาท) (ศูนย์บริหารจัดการด่านตรวจสัตว์น้ำเขต 2, 2561)

เพชรบุรี เป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่มีการทำประมงและจำหน่ายปูม้าตลอดแนวชายฝั่ง (อำเภอบ้านแหลมจนถึงอำเภอชะอำ) แต่ในปัจจุบัน พบว่า ทรัพยากรปูม้าในธรรมชาติมีจำนวนลดน้อยลง และการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลทำให้บางช่วงเดือนจากที่เคยจับปูม้าได้มาก กลับได้น้อยลงหรือในบางครั้งไม่พบปูม้าเลย (โกวิทย์ และ อนันต์, 2562, พฤษภาคม 20) จากปัญหาดังกล่าวการเลี้ยงปูม้าจึงเป็นทางแก้ปัญหาที่สำคัญ เพื่อเป็นการลดการจับจากธรรมชาติ และตอบสนองความต้องการปูม้าของผู้บริโภค โดยในปัจจุบันเกษตรกรมีการเลี้ยงปูม้ากันมากขึ้น แต่การเลี้ยงปูม้านั้นจะประสบปัญหาเกี่ยวกับอาหารที่ใช้ในการเลี้ยง เนื่องจากปัจจุบันอาหารปูสำเร็จรูปมีต้นทุนในการผลิตสูง หลาย ๆ บริษัทผู้ผลิต จึงได้ยกเลิกการผลิตอาหารปูสำเร็จรูป (รังสรรค์ , 2562 มิถุนายน, 15) เกษตรกรจึงหันมาใช้เนื้อ

ปลาสด เช่น เนื้อปลาข้างเหลือง เนื้อปลาสีกุน เป็นต้น ซึ่งปริมาณเนื้อปลาสดที่ได้ ไม่มีความแน่นอน ขึ้นอยู่กับการออกเรือทำการประมงของชาวประมงที่ทำประมงอวนลอยปลา หากมีคลื่นลมแรง ชาวประมงไม่สามารถออกเรือทำการประมงได้ เกษตรกรผู้เลี้ยงปูม้าก็จะขาดแคลนเนื้อปลาสด ซึ่งการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการผลิตอาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงปูม้าเอง หรือส่งเสริมให้มีการนำวัตถุดิบภายในท้องถิ่นมาเป็นส่วนทดแทนในการใช้เนื้อปลาสด หรือทดแทนปลาป่น จึงน่าจะเป็นแนวทางที่เหมาะสม

การทำประมงอวนติดตา (อวนจมปู) เป็นการทำประมงอีกประเภทหนึ่งในพื้นที่ชายฝั่ง จังหวัดเพชรบุรี มีทั้งเรือประมงพื้นบ้านและเรือประมงพาณิชย์ รวมประมาณ 500 ลำ ในแต่ละครั้งของการออกทำประมง จะมีหอยชนิดต่าง ๆ ที่ติดมากับอวน เช่น หอยโมพี หอยสังข์หนาม หอยสังข์หมู หอยมะระ หอยหนามทุเรียน เป็นต้น ครั้งละประมาณ 20 – 30 กก./1 ลำเรือ โดย 10 - 15 % ของหอยดังกล่าวที่ติดมากับอวน จะมีชีวิต และไม่เป็นที่นิยมบริโภค ซึ่งชาวประมงจะปลดทิ้งไว้ตามท่าเรือ (ประมาณ 2 – 4.5 กก./1 ลำเรือ/วัน หรือ 1 – 2.25 ตัน/ 500 ลำเรือ/วัน) (โกวิทย์ และ อนันต์, 2562, พฤษภาคม, 20) และจากข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับคุณค่าทางอาหารของเนื้อหอยชนิดต่าง ๆ พบว่า เนื้อหอยสังข์มะระ (*Chicoreus ramosus*) โปรตีน 12.89 มก./กรัม, ไขมัน 0.39 มก./100 กรัม, กรดไขมันโอเมกา-3 และกรดไขมันโอเมกา-6 33.93 และ 14.52 % ของกรดไขมัน ตามลำดับ, มีคลอเลสเตอรอล 28.70 มก./100 กรัม และคาร์โบไฮเดรต 5.86 มก./100 กรัม (Soumya et al., 2018) ส่วนเนื้อหอยสังข์หนาม (*Bolinus brandaris* หรือ *Murex brandaris*) มีโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเกลือแร่ เท่ากับ 12.79, 0.74, 6.27 และ 1.27 % ตามลำดับ (Chabchoub et al., 2014) และเมื่อพิจารณาลักษณะของเนื้อสัมผัสและคุณค่าทางอาหารของเนื้อหอยข้างต้นแล้ว น่าจะมีแนวทางสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบทดแทนปลาป่นหรือเนื้อปลาสดในการผลิตอาหารเลี้ยงปูม้าได้ เช่นเดียวกับหอยเชอรี่ที่มีโปรตีน และไขมัน (หอยเชอรี่ทั้งเปลือก) 12.73 และ 0.28 เปอร์เซ็นต์ (อรพินท์, 2547) และได้นำมาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารสัตว์น้ำ เช่น การใช้หอยเชอรี่ทดแทนปลาป่นในอาหารกุ้งก้ามกราม (อรพินท์ และคณะ, 2547) การใช้หอยเชอรี่เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารกุ้งขาว (สุภฎา และคณะ, 2551) และการใช้เนื้อหอยเชอรี่ทดแทนหมึกและกุ้งเคยในอาหารลูกกุ้งกุลาดำญี่ปุ่น (Moss et al., 2018) ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงได้มีการนำเนื้อหอยจากเศษเหลือทิ้งทางการประมง มาเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีน หาระดับที่เหมาะสมในการทดแทนแหล่งโปรตีนจากปลาป่นสำหรับการผลิตอาหารเลี้ยงปูม้า เป็นการนำเศษเหลือทิ้งจากการประมงมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต ตลอดจนเป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตอาหารเลี้ยงปูม้าเชิงพาณิชย์ต่อไป

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลอง

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design: CRD) แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ อาหารเม็ดจมน้ำที่ไม่ผสมเนื้อหอยเศษเหลือทิ้งทางการประมง 0 (ชุดควบคุม), 10, 20 และ 30 % ตามลำดับ ระยะเวลาทดลอง 12 สัปดาห์

วัตถุดิบและอาหารทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนเพื่อทดแทนปลาป่นสำหรับการทดลองนี้ คือ เนื้อหอยเศษเหลือทิ้งทางการประมง โดยใช้เนื้อหอย 3 ชนิด ได้แก่ เนื้อหอยโมพี เนื้อหอยหนามทุเรียน และเนื้อหอยสังข์หนามเล็ก นำหอยทั้ง 3 ชนิดนึ่งให้สุก จากนั้นแกะเนื้อหอยมาสับให้ละเอียด ผึ่งลมให้แห้ง และบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด (Yun bang รุ่น YB 800A) นำเนื้อหอยแต่ละชนิดที่บดละเอียดแล้วมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารทดลอง ที่อัตราส่วน 3 : 2 : 1 ตามลำดับ ของปริมาณ % ที่ผสมเนื้อหอยในแต่ละชุดการทดลอง โดยเนื้อหอย 3 ชนิดนี้ เป็นชนิดที่พบบ่อย เป็น 3 อันดับแรก และติดอวนจมปูมากกว่าหอยชนิดอื่น ๆ ส่วนการใช้อัตราส่วนของหอยทั้ง 3 ชนิด จะแตกต่างกันโดยการใช้อัตราส่วนจะเรียงตามลำดับปริมาณของเนื้อหอยที่แกะได้หลังจากนึ่งสุกแล้วจากมากไปหาน้อย นำเนื้อหอยบดที่ผสมตามอัตราส่วนข้างต้น (เนื้อหอยบดรวม / Shellfish mix meal) ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2010)

อาหารทดลองเป็นอาหารเม็ดจมน้ำ (โปรตีนไม่น้อยกว่า 40 %) เตรียมอาหารทดลองโดยนำวัตถุดิบต่าง ๆ ผสมให้เข้ากัน เติมน้ำ 30 % และผสมต่อจนอาหารทดลองเป็นเนื้อเดียวกัน นำเข้าเครื่องบดเนื้อผ่านรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 มิลลิเมตร ตัดอาหารผ่านตะแกรงร่อนให้มีความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร จากนั้นลดความชื้นของอาหารทดลองโดยการผึ่งลม จนมีความชื้นไม่เกิน 10 % นำอาหารที่ได้บรรจุใส่ถุงและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องตลอดช่วงการทดลอง (มนทกานติ และคณะ, 2555) นำอาหารส่วนหนึ่งไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2010) (**Table 1**)

ระบบชุดการทดลอง

ทำการทดลองในโรงเพาะฟักสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ระบบการทดลองเลี้ยงแบบระบบน้ำหมุนเวียน โดยในแต่ละชุดการทดลองจะเลี้ยงแบบแยกเลี้ยงเดี่ยวแนวตั้ง (คอนโด) ใน 1 ซ้ำ ของแต่ละชุดการทดลอง ใช้เหล็กฉากทำเป็นชั้นวาง 3 ชั้น แต่ละชั้นห่างกันประมาณ 50 ซม. อุปกรณ์ในการเลี้ยงจะใช้กล่องพลาสติกสีดำทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 18 x 26 x 18 ซม. จำนวน 9 กล่อง (ชั้นละ 3 กล่อง) ด้านใต้กล่องทุกกล่องจะทำการเจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้วและใส่ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว สูง 14 ซม. เพื่อใช้เป็นทางน้ำล้นระบายตะกอนต่าง ๆ และทำการต่อท่อรวมของแต่ละกล่อง โดยน้ำที่ไหลออกมาจากกล่องเลี้ยงปูม้าจะไหลมารวมกันและไหลผ่านใยกรอง ไบโอบอล และเปลือกหอยนางรม จากนั้นจึงปั๊มน้ำที่ผ่านการกรองแล้วไปยังกล่องเลี้ยงปูม้าต่อไป (**Figure 1**) โดยอัตราการไหลเข้าของน้ำไปยังกล่องทดลองและอัตราการไหลออกของน้ำไปยังระบบกรอง เท่ากับ 180 มิลลิลิตรต่อนาที แต่ละกล่องบรรจุน้ำประมาณ 5 ลิตร น้ำที่ใช้ในระบบการทดลอง เป็นน้ำทะเลธรรมชาติ ความเค็มประมาณ 30 ppt ฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน 30 ppm จากนั้นให้ออกซิเจนเพื่อสลายคลอรีนในน้ำเป็นเวลา 7 วัน จึงนำน้ำทะเลที่ได้ไปใช้ในระบบการทดลอง โดยในช่วงการทดลองมีการนำใยกรองมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำทะเล และเติมน้ำเข้าระบบ เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50 % ทุก ๆ 7 วัน

การเตรียมสัตว์ทดลอง และการให้อาหาร

นำปูม้าขนาดกระดองกว้างประมาณ 3 เซนติเมตร จำนวน 200 ตัว จากธีรเดชฟาร์ม จังหวัดสมุทรสาคร มาปรับสภาพการเลี้ยงในบ่อพักไฟเบอร์ขนาด 1,000 ลิตร บ่อละ 100 ตัว จำนวน 2 บ่อ ระหว่างการปรับสภาพฝึกให้ปูม้ากินอาหารเม็ดจมน้ำ (โปรตีนไม่น้อยกว่า 40 %) โดยให้ 5 % ของน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง (08.00 น. และ 16.00 น.) เป็นระยะเวลา 7 วัน จากนั้นจึงทำการสุ่มปูม้าจำนวน 108 ตัว (4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 9 ตัว) เพื่อใช้ในการทดลอง ปูม้าที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 2.35±0.07 กรัมต่อตัว ขนาดความกว้างของกระดองเฉลี่ย 3.12±0.02 ซม.ต่อตัว และขนาดความยาวกระดองเฉลี่ย 1.60±0.01 ซม.ต่อตัว นำปูม้าที่สุ่มได้ใส่ในกล่องทดลอง ๆ ละ1 ตัว (เพื่อลดอัตราการกินกันเองของปูม้าขณะลอกคราบ) ให้อาหารทดลอง วันละ 2 ครั้ง (08.00 น. และ 16.00 น.) 5 % ของน้ำหนักตัว เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

Table 1 Ingredients of experimental diets and Proximate composition by analysis

Ingredients (%)	shellfish meat substituting fish meal (%)			
	0	10	20	30
Fish meal	25	18	15	12
Soybean meal	20	18	17	17
Shrimp meal	8	10	6	2
Rice bran	5	3	1	1
Mixed shellfish flesh	0	10	20	30
Wheat gluten	17	16	16	16
Wheat flour	15	15	15	12
Palm oil	3.5	3.5	3.5	3.5
Fish oil	3.5	3.5	3.5	3.5
Premix	2	2	2	2
Lecithin	0.5	0.5	0.5	0.5
Alpha starch	0.5	0.5	0.5	0.5

Proximate composition by analysis (% dry weight basis)	Shellfish mix meal	shellfish meat substituting fish meal (%)			
		0	10	20	30
Moisture	9.15±0.01	7.33±0.06^{a}	6.48±0.18^{b}	7.67±0.06^{a}	6.54±0.26^{b}
Protein	61.72±0.13	42.37±0.27^{d}	43.85±0.05^{c}	45.76±0.18^{b}	48.57±0.09^{a}
Lipid	1.47±0.02	8.04±0.06^{a}	6.36±0.28^{c}	7.06±0.16^{b}	7.12±0.08^{b}
Fiber	0.10±0.03	1.40±0.14^{a}	1.28±0.13^{a}	0.83±0.01^{b}	1.05±0.05^{b}
Ash	8.20±0.07	9.22±0.01^{b}	9.02±0.08^{c}	7.77±0.10^{d}	9.54±0.01^{a}
NFE[1*]	19.37±0.05	31.65±0.11^{b}	33.04±0.71^{a}	30.92±0.04^{b}	27.20±0.24^{c}
Gross energy (MJ/kg diet)[2*]	17.06±0.01	17.64±0.06^{a}	17.53±0.01^{a}	17.85±0.02^{a}	17.83±0.05^{a}

mean±SD from 3 replicate, Data in the same row with different letters are significantly different (P<0.05): [1*] Calculated based on Unnikrishnan and Paulraj (2010): Nitrogen-free extract ≡ carbohydrate content of ingredient, NFE (%) = 100 – (Moisture + Protein + Lipid + Fiber + Ash)

[2*] Calculated based on CuZon and Guillaume (1997): Gross energy (MJ/kg diet)= ((%Protein x 21.3) + (%Carbohydrate x 17.2) + (%Lipid x 39.5))/100

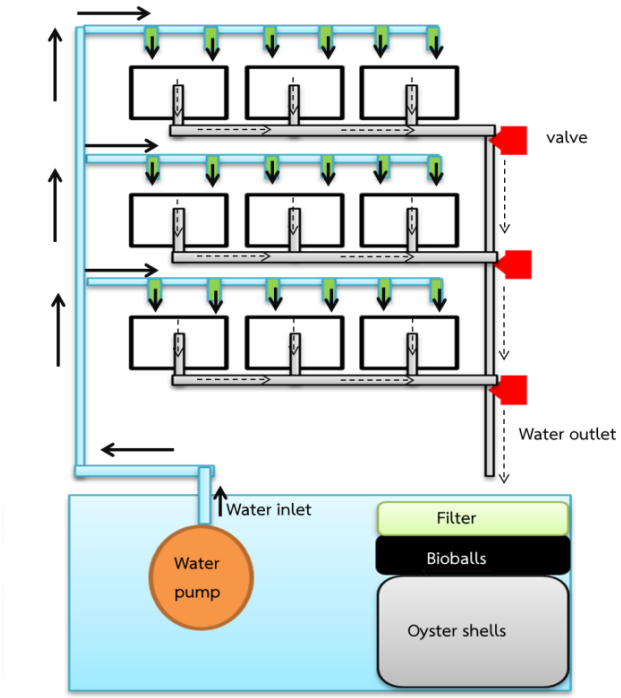

Figure 1 Experiment system for each replication

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ระหว่างการทดลองในแต่ละวันทำการจดบันทึกจำนวนปูม้าที่ตาย และการลอกคราบ เพื่อวิเคราะห์อัตราการรอดตาย (survival rate) และความถี่ในการลอกคราบ (molting frequency) ชั่งน้ำหนักปูม้า (กรัม) วัดความกว้างและความยาวกระดองปูม้า (ซม.) ทุก ๆ 7 วัน นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณค่าการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain) ความกว้างกระดองที่เพิ่มขึ้น (carapace width growth rate) ความยาวกระดองที่เพิ่มขึ้น (carapace length growth rate) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, SCG) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG) ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ได้แก่ ปริมาณอาหารที่ปูม้ากิน (total feed intake, TFI) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (protein efficiency ratio, PER) อัตราการกินอาหาร (daily feed intake, DFI) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate, FCR) และคำนวณผลผลิต (productivity) ต้นทุนผลผลิต (production cost) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (benefit coat ratio, B/C ration)

ด้านคุณภาพน้ำ เก็บน้ำตัวอย่างแต่ละชุดการทดลอง ทุก ๆ 7 วัน ตลอดระยะเวลาทดลอง ตรวจและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรดด่างของน้ำ (pH) และความเค็มของน้ำ (salinity) ด้วยเครื่อง Salinity รุ่น ST20s, ความเป็นด่างของน้ำ (alkalinity) วิเคราะห์โดยวิธี Potentiometric titration method, แอมโมเนีย (total ammonia) วิเคราะห์โดยวิธี Modified indophenol blue และไนไตรท์ (nitrite) วิเคราะห์โดยวิธี Diazotization method (นิคม, 2562) แคลเซียมในน้ำ (Ca) โดยชุดทดสอบแคลเซียม ยี่ห้อ Salifert และแมกนีเซียมในน้ำ (Mg) โดยชุดทดสอบแมกนีเซียม ยี่ห้อ Salifert

นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติ (One-way analysis of variance: ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีของ Duncan’s new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย

การเจริญเติบโตของปูม้าในแต่ละชุดการทดลอง ได้แก่ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ความกว้างกระดองที่เพิ่มขึ้น ความยาวกระดองที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ความถี่ในการลอกคราบ และอัตราการรอดตาย โดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดการทดลองที่ 3 มีการเจริญเติบโต เท่ากับ 249.68±82.13%, 44.55±2.15%, 41.65±2.58% , 1.39±0.25 %/วัน, 0.18±0.23 กรัม/วัน, 1.93±0.17 ครั้ง/ตัว และอัตราการรอดตาย 96.30±6.42% ซึ่งมีผลการทดลองดีกว่าชุดการทดลองอื่น (**Table 2**)

Table 2 The growth, molting frequency and survival rate of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) fed with four experimental diets for 12 weeks

The growth, molting frequency and survival rate	shellfish meat substituting fish meal (%)			
	0	10	20	30
Initial weight (g/crab)	2.35±0.07^{a}	2.35±0.07^{a}	2.35±0.07^{a}	2.35±0.07^{a}
Final weight (g/crab)	5.26±0.63^{cb}	5.16±0.48^{c}	8.35±0.34^{a}	6.18±0.37^{b}
Weight gain (%)	133.37±50.17^{cb}	113.61±35.81^{c}	249.68±82.13^{a}	165.28±50.96^{b}
Final carapace width (cm./crab)	4.14±0.15^{c}	4.09±0.22^{c}	4.51±0.01^{a}	4.35±0.12^{b}
Carapace width growth rate (%)	33.41±3.36^{c}	30.26±5.74^{c}	44.55±2.15^{a}	40.11±2.44^{b}
Final carapace length (cm./crab)	2.06±0.07^{c}	2.06±0.08^{c}	2.27±0.02^{a}	2.15±0.04^{b}
Carapace length growth rate (%)	29.55±3.84^{c}	27.81±5.00^{c}	41.65±2.58^{a}	35.11±2.28^{b}
SCG (%/ day)	0.94±0.26^{cb}	0.84±0.18^{c}	1.39±0.25^{a}	1.08±0.20^{b}
ADG (g/day)	0.04±0.06^{a}	0.02±0.02^{a}	0.18±0.23^{b}	0.05±0.07^{a}
Molting frequency	1.56±0.11^{b}	1.26±0.17^{b}	1.93±0.17^{a}	1.37±0.17^{b}
Survival rate (%)	55.56±40.06^{b}	48.15±16.97^{b}	96.30±6.42^{a}	44.44±19.25^{b}

mean±SD from 3 replicate, Data in the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$)

SCG = Specific growth rate , ADG = Average daily gain

ประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ประสิทธิภาพการใช้อาหารของปูม้าในแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดการทดลองที่ 3 ปริมาณอาหารที่ปูม้ากินและอัตราการกินอาหาร เท่ากับ 2.51±0.47 กรัม/ตัว และ 4.71±0.75%/วัน ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดการทดลองอื่น ($P<0.05$) แต่ให้ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีกว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดการทดลองอื่น ($P<0.05$) เท่ากับ 0.61±0.17% และ 3.44±1.08 ตามลำดับ (**Table 3**)

Table 3 Feed efficiency of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) fed with four experimental diets for 12 weeks

Feed efficiency	shellfish meat substituting fish meal (%)			
	0	10	20	30
TFI (g/crab)	4.97±0.57^{b}	4.89±1.09^{b}	2.51±0.47^{c}	6.74±1.72^{a}
PER (%)	0.39±0.13^{b}	0.30±0.07^{b}	0.61±0.17^{a}	0.33±0.07^{b}
DFI (%/day)	5.78±0.75^{a}	5.92±0.35^{a}	4.71±0.75^{b}	5.88±0.35^{a}
FCR	6.03±2.52^{b}	7.15±1.69^{a}	3.44±1.08^{c}	5.78±1.11^{b}

mean±SD from 3 replicate, Data in the same row with different letters are significantly different (P<0.05)

TFI = Total feed intake , PER = protein efficiency ratio , DFI = daily feed intake , FCR = feed conversion rate

ผลผลิตและต้นทุนผลผลิต

จากการทดลองเลี้ยงปูม้าด้วยอาหารแต่ละชุดการทดลอง พบว่า ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดการทดลอง ที่ 3 ให้ผลผลิตดีกว่าชุดการทดลองอื่น (P<0.05) เท่ากับ 8.35±1.34 กรัม/กล่อง ส่วนการเลี้ยงปูม้าด้วยอาหารชุดการทดลอง ที่ 1 และ 3 มีต้นทุนผลผลิต (P>0.05) เท่ากับ 206.27±2.66 และ 187.20±10.93 บาท/กก. ตามลำดับ และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (P>0.05) เท่ากับ 1.70±0.02 และ 1.87±0.11 ตามลำดับ โดยทั้ง 2 ชุดการทดลอง ใช้ต้นทุนผลผลิตน้อยแต่ให้อัตราส่วนผลตอบแทนสูงกว่าชุดการทดลองอื่น (P<0.05) (**Table 4**)

Table 4 Productivity, production cost and benefit cost ratio of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) fed with four experimental diets for 12 weeks

Productivity, production cost and benefit coat ratio	shellfish meat substituting fish meal (%)			
	0	10	20	30
Productivity (g/box)	5.26±1.12^{c}	5.16±1.54^{c}	8.35±1.34^{a}	6.18±1.94^{b}
Production cost (bath/kg)	206.27±2.66^{c}	255.07±13.88^{b}	187.20±10.93^{c}	279.81±22.35^{a}
Benefit cost ratio	1.70±0.02^{a}	1.37±0.07^{b}	1.87±0.11^{a}	1.26±0.10^{c}

mean±SD from 3 replicate, Data in the same row with different letters are significantly different (P<0.05)

คุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำระหว่างการทดลองของทุกชุดการทดลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์ดี (P>0.05) โดยค่าความเค็มของน้ำอยู่ระหว่าง 30.00±0.39 – 30.09±0.21 ppt ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 7.94±0.81 – 8.16±0.06 ค่าความเป็นด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 111.15±18.03 – 122.39±21.99 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียของน้ำอยู่ระหว่าง 0.13±0.26 – 0.18±0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์ของน้ำอยู่ระหว่าง 0.49±0.31 – 0.50±0.29 มิลลิกรัมต่อลิตร แคลเซียมในน้ำอยู่ระหว่าง 421.09±0.37 – 421.39±0.42 ppm และแมกนีเซียมในน้ำอยู่ระหว่าง 1280.45±0.75 – 1280.97±0.85 ppm (**Table 5**)

Table 5 Average water quality throughout the experiment

Water quality	shellfish meat substituting fish meal (%)			
	0	10	20	30
Salinity (ppt)	30.00±0.52[a]	30.03±0.52[a]	30.09±0.21[a]	30.00±0.39[a]
pH	8.11±0.10[a]	7.94±0.81[a]	8.15±0.06[a]	8.16±0.06[a]
Alkalinity (mg/L)	111.15±18.03[a]	122.39±21.99[a]	114.18±18.84[a]	118.24±24.44[a]
Total ammonia (mg/L)	0.13±0.26[a]	0.16±0.39[a]	0.18±0.35[a]	0.17±0.38[a]
Nitrite (mg/L)	0.50±0.29[a]	0.49±0.32[a]	0.50±0.29[a]	0.49±0.31[a]
Calcium (ppm)	421.27±0.90[a]	421.09±0.37[a]	421.09±0.58[a]	421.39±0.42[a]
Magnesium (ppm)	1281.88±0.87[a]	1280.45±0.75[a]	1281.97±0.85[a]	1282.00±0.33[a]

mean±SD from 3 replicate, Data in the same row with different letters are significantly different (P<0.05)

วิจารณ์

จากการทดลอง พบว่า ในการผลิตอาหารสำเร็จรูปเลี้ยงปูม้าสามารถใช้เนื้อหอยจากเศษเหลือทิ้งทางการประมงเพื่อเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ ที่ระดับ 20% ซึ่งเป็นระดับที่การเจริญเติบโต การลอกคราบ และมีอัตราการรอดตายดีกว่าปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดการทดลองอื่น ทั้งนี้ปูม้าเป็นสัตว์กินเนื้อ หรือในบางครั้งกินเศษซากเหลือ (scarvenger) บริเวณพื้นท้องน้ำตามธรรมชาติ ทำให้พบความหลากหลายของชนิดอาหารในกระเพาะอาหาร (Williams, 1982) จากการศึกษาของ Zainal (2013) พบว่า อาหารที่พบในกระเพาะอาหารของปูม้า จะมีกลุ่มปลาและครัสเตเชียน เป็นกลุ่มเด่น ส่วนกลุ่มหอย (molluscs) ทั้งกลุ่มหอยฝาเดียว และหอยสองฝา พบ 20.4% ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Kunsook et al. (2014) พบว่า ปูม้าที่อยู่ในระยะ juvenile (ความกว้างกระดองน้อยกว่า 7 ซม.) ในกระเพาะอาหารจะพบกลุ่มหอย 14.58 – 17.72 % ส่วน Safaie (2016) พบว่า ในกระเพาะอาหารของปูม้าจะมีอาหารเป็นพวกหอยประมาณ 11.6 – 26.8% ซึ่งแตกต่างกันตามขนาดของปูม้า ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการผสมเนื้อหอยที่ระดับ 20% อาจมีสัดส่วนที่คล้ายคลึงกับการกินอาหารตามธรรมชาติของปูม้า นอกจากนี้ระดับโปรตีนในอาหารเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญ จากการทดลองครั้งนี้จะพบว่าอาหารทดลองผสมเนื้อหอย 30% เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหาร จะพบโปรตีน 48.57±0.09% ซึ่งสูงกว่าการทดลองอื่น (P<0.05) (**Table 1**) แต่ปูม้าที่เลี้ยงมีอัตราการเจริญเติบโต การลอกคราบ และอัตรารอดตาย ไม่แตกต่าง (P>0.05) กับอาหารชุดควบคุมและอาหารผสมเนื้อหอย 10% ที่มีระดับโปรตีน 42.37±0.27% และ 43.85±0.05% ตามลำดับ แต่ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเนื้อหอย 20% ที่มีระดับโปรตีนในอาหาร 45.46±0.18 % มีการเจริญเติบโต การลอกคราบ และอัตราการรอดตายที่ดีกว่า (P<0.05) ซึ่ง Unnikrishnan and Paulraj (2010) รายงานว่า สัตว์ในกลุ่มปูทะเลจะมีการเจริญเติบโตที่ดีเมื่อได้รับอาหารที่มีโปรตีน 45% และโดยปกติสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเชียนหากได้รับโปรตีนต่ำกว่าความต้องการของร่างกาย จะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตลดลง (บุญรัตน์, 2559) แต่ในทางตรงกันข้ามหากได้รับโปรตีนมากเกินไป ร่างกายจะมีการใช้พลังงานในการเผาผลาญโปรตีนส่วนเกิน และเกิดการสะสมกรดอะมิโนอิสระในร่างกายอาจกลายเป็นพิษส่งผลต่อการเผาผลาญ การเจริญเติบโต และการลอกคราบตามปกติ (Schmitt and Santos 1998; Guzman et al, 2001) ทั้งนี้ ปูม้ามีการลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการลอกคราบและกระบวนการสร้างกระดองใหม่ โดยโปรตีนมีความสัมพันธ์กับการลอกคราบ 2 ระยะ คือ ระยะก่อนการลอกคราบ (premolt) มีการสะสมของโปรตีนในตับ เพื่อนำไปใช้ในระยะหลังการลอกคราบ (postmolt) ซึ่งเป็นระยะที่มีการเจริญเติบโตเพิ่มขนาด และสะสมอาหารสำรองเพื่อการลอกคราบครั้งต่อไป ดังนั้นปูม้าที่ได้รับโปรตีนระดับที่เหมาะสม จึงมีความพร้อมในการลอกคราบและมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า (มนทกานติ และคณะ, 2551) นอกจากนี้ อาหารผสมเนื้อหอยที่ระดับ 30% ถึงแม้จะช่วยลดปริมาณการใช้ปลาป่นลงได้และให้ระดับโปรตีนในอาหารที่สูง แต่เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการใช้อาหาร จะพบว่า ปริมาณอาหารที่ปูม้ากิน (6.74±1.72 กรัม/ตัว) มีปริมาณมากกว่าชุดการทดลองอื่นแต่ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนไม่แตกต่างกับอาหารชุดควบคุมและอาหารผสมเนื้อหอย 10% อาจเนื่องมาจากเนื้อหอยจัดเป็นวัตถุดิบโปรตีนที่มีโปรตีนเส้นใยคอลลาเจนในปริมาณสูง ซึ่งสัตว์น้ำหากได้รับอาหารที่มี

องค์ประกอบของโปรตีนเส้นใยในปริมาณที่สูงจะทำให้มีประสิทธิภาพในการย่อยต่ำ นำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายได้น้อย จนกระทั่งได้รับสารอาหารโดยเฉพาะโปรตีนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต (สุภฎา และคณะ, 2551) ในขณะที่ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเนื้อหอย 20% จะมีค่าปริมาณอาหารที่ปูม้ากินและอัตราการกินอาหาร น้อยกว่าชุดการทดลองอื่น ($P<0.05$) แต่มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีกว่าชุดการทดลองอื่น ($P<0.05$) และสัมพันธ์กับค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (3.44±1.08) ที่ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น ($P<0.05$) (**Table 3**) โดยค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกลุ่มปูทะเลที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูปจะมีค่าอยู่ที่ 1.8-3.2 (Ali et al., 2011; Shelley and Lovateli, 2011; Kar et al., 2017 อ้างโดย วุฒิชัย, 2562) ซึ่งอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมกับความต้องการของร่างกายจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยและการนำโปรตีนไปใช้ประโยชน์ได้ดีกว่าการได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูง (บุญรัตน์, 2559) ทั้งนี้จึงส่งผลให้ปูม้าที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเนื้อหอย 20% มีผลผลิต (8.35±1.34 กรัม/กล่อง) สูงกว่าชุดการทดลองอื่น ($P<0.05$) ส่วนต้นทุนผลผลิต (187.20±10.93 บาท/กก.) และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (1.87±0.11) ไม่แตกต่างกับอาหารชุดควบคุม ($P>0.05$) ซึ่งจะเห็นว่าการเลี้ยงปูม้าด้วยอาหารผสมเนื้อหอย 20% เนื่องจากองค์ประกอบเคมีในอาหารมีความเหมาะสมต่อความต้องการของร่างกาย ทำให้มีประสิทธิภาพการย่อยและนำเอาสารอาหารต่าง ๆ ไปใช้ได้ดี จึงส่งผลให้กินอาหารปริมาณน้อย และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำ จึงมีการเจริญเติบโต การลอกคราบ และมีอัตราการรอดที่ดี ทำให้ได้ผลผลิตสูงในขณะที่ใช้ต้นทุนผลผลิตต่ำ

ส่วนด้านคุณภาพน้ำ ในระบบการเลี้ยงมีการล้างทำความสะอาดใยกรอง และมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% ทุก ๆ 7 วัน จึงทำให้คุณภาพน้ำทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยเฉพาะปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียม (**Table 5**) ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่สำคัญต่อการลอกคราบของปูม้า โดยค่าที่ตรวจวัดได้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงคือ 400-412 ppm และ 1,272-1,294 ppm ตามลำดับ (ศิริภรณ์ และคณะ, 2556)

สรุป

จากการศึกษาการนำเนื้อหอยจากเศษเหลือทิ้งทางการประมงมาเป็นแหล่งทดแทนโปรตีนหลักจากปลาป่นสำหรับอาหารเลี้ยงปูม้าที่ระดับ 20% เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต การลอกคราบ ให้อัตราการรอดตายสูง ปูม้ากินอาหารปริมาณน้อยแต่มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนที่ดีส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำ ใช้ต้นทุนผลผลิตน้อยแต่ให้อัตราส่วนผลตอบแทนสูง แต่ทั้งนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในรูปแบบต่าง ๆ เกี่ยวกับการนำเนื้อหอยมาเป็นอาหารเสริมสำหรับปูม้า เช่น การใช้ในรูปแบบสด และศึกษาเพิ่มเติมถึงประสิทธิภาพการย่อยต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ประจำปีงบประมาณ 2563 และขอขอบคุณชาวประมงในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง. 2563. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2561. แหล่งข้อมูล: https://opendata.nesdc.go.th/dataset/74fba229-ed6e-4cbf-8f0c-5d26893f6f93/resource/75f18e78-6a9b-45e1-b223-6f481f6b575b/download/-2561.pdf. ค้นเมื่อ 26 เมษายน 2564.

ฐานิต ต้นสาลี, พรนิภา ล้อมน้อย และทิพย์สุดา ชงัดเวช. 2561. สถานการณ์การทำประมงปูม้า ตำบลหาดเจ้าสำราญ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี. น. 468-471. ใน: ประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 6 18-20 มิถุนายน 2561. มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

นรินทร ใหม่วัด. 2557. แกะเปลือก ปูม้า. แหล่งข้อมูล: http://www.nicaonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1523:2. ค้นเมื่อ ค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2557.

นิคม ละอองศิริวงศ์. 2562. คู่มือวิเคราะห์น้ำ เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการตรวจรับรองมาตรฐานฟาร์ม. หจก. วนิดาการพิมพ์, เชียงใหม่.

บรรจง เทียนส่งรัศมี. 2551. ถอดรหัสปูม้า. กรุงเทพมหานคร. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.).

บุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2559. การพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปเพื่อเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus*) โดยพิจารณาจากขนาดและระดับโปรตีน. แหล่งข้อมูล: http://dspace.lib.buu.ac.th/xmlui/bitstream/handle/1234567890/2037/2563_045.pdf?sequence=1&isAllowed=y. ค้นเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2564.

มนทกานติ ท้ามติ้น, สุพิศ ทองรอด, ชัชวาลี ชัยศรี และสิริพร ลือชัยชัยกุล. 2555. การทดสอบอาหารสูตรการทดลองต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius, 1798) ในบ่อดิน. แหล่งข้อมูล: https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/257715. ค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2562.

มนทกานติ ท้ามติ้น, สุพิศ ทองรอด และสิริพร ลือชัยชัยกุล. 2551. ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารต่อการเจริญเติบโต ของลูกปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) ถึงระยะ 10 กรัม. แหล่งข้อมูล: https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20170301080130_file.pdf. ค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2564.

รังสรรค์ สร้อยสม. 2562, มิถุนายน, 15. ผู้จัดการภาคกลาง ฝ่ายการตลาด บริษัทเอเชี่ยนฟีด จำกัด. บริษัทเอเชี่ยนฟีด จำกัด. สัมภาษณ์.

วารินทร์ ธนาสมหวัง, สง่า สิงห์หงส์ และชัยยุทธ พุทธิจุน. 2547. ปริมาณการลำเลียงตับปิ้งปูม้า (*Portunus pelagicus*) ต่ออัตราการฟักของไข่. แหล่งข้อมูล: https://www.fisheries.go.th/cf-chan/Paper/crab/36-2547-bluecrab-transport-page.htm. ค้นเมื่อ 29 มิถุนายน 2562.

วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม, วาสนา อากรรัตน์ และสุทิน สมบูรณ์. 2562. การพัฒนาอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับการเลี้ยงขุนปูทะเล (*Scylla* spp.). น. 338-346. ใน: การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 57 29 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ 2562. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

ศิริภรณ์ โคตะมี, เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเตียว และสมสมร แก้วบริสุทธิ์. 2556. องค์ประกอบแร่ธาตุหลักในน้ำทะเลเปรียบเทียบกับน้ำเกลือสินเธาว์เพื่อการอนุบาลลูกกุ้งก้ามกราม. แก่นเกษตร. 41(4): 419-424.

ศูนย์บริหารจัดการด่านตรวจสัตว์น้ำเขต 2. 2561. การวิเคราะห์เส้นทางการนำเข้า-ส่งออกสัตว์น้ำ 6 ชนิด ที่มีการนำเข้า-ส่งออกผ่านทางจุดผ่อนปรนพิเศษด่านสิงขร ด่านตรวจสัตว์น้ำ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. แหล่งข้อมูล: https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20180215083407_1_file.pdf. ค้นเมื่อ 26 เมษายน 2564.

สุภฎา คีรีรัฐนิคม, อานุช คีรีรัฐนิคม, กฤษณะ เรืองคล้าย และพันธสิทธิ์ โชคสวัสดิกร. 2551. การใช้หอยเชอรี่ป่นเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารกุ้งขาว. แหล่งข้อมูล: http://kb.tsu.ac.th/jspui/handle/123456789/1234. ค้นเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2564.

อรพินท์ จินตสถาพร. 2547. กลยุทธ์การกำจัดหอยเชอรี่โดยการใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำ. แหล่งข้อมูล: http://www3.rdi.ku.ac.th/exhibition/47_1/14/14.htm. ค้นเมื่อ 23 พฤษภาคม 2562.

อรพินท์ จินตสถาพร, ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ, และสุธาจรี เย็นมาก. 2547. การใช้หอยเชอรี่ทดแทนปลาป่นในอาหารกุ้งก้ามกราม (*Macrobranchium rosenbergii*). น. 181-189. ใน: การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 3-6 กุมภาพันธ์ 2547. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โกวิทย์ คชพันธ์ และ อนันต์ ปานพันธ์. 2562. การจับปูม้า. 20 พฤษภาคม 2563. ชาวประมง ตำบลหาดเจ้าสำราญ. การสัมภาษณ์.

AOAC. 2010. Official methods of analysis of association of official analytical chemists. 18th Edition, Washington, DC.

Chabchoub, E.S., M.H. Ben, O. Baroudi, N. Ayed, A.M. El, and N. Marrakchi. 2014. Comparative Study of Nutritional Values of Edible Viscera Mediterranean Mollusks Gastropods *Hexaplex trunculus* and *Bolinus brandaris*. Hypobranchial glands inhibit Human Glioblastoma U87 Tumor Cells Adhesion and Proliferation. International Journal of Basic and Applied Sciences. 3(3): 307-316.

Guzman, C., G. Gaxiola, C. Rosa, and A. Torre-Blanco. 2001. The effect of dietary protein and total energy content on digestive enzyme activities, growth and survival of *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus 1767) postlarvae. Aquaculture Nutrition. 7: 113-122.

Kunsook, C., N. Gajaseni, and N. Paphavasit. 2014. The feeding ecology of the blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758), at Kung Krabaen Bay, Chanthaburi Province, Thailand. Tropical Life Sciences Research. 25(1): 13–27.

Moss, A.S., S. Koshio, M. Ishikawa, S. Yokoyama, T.H. Nhu, M.A.O. Dawood, and W. Wang. 2018. Replacement of squid and krill meal by snail meal (*Buccinum striatissimum*) in practical diets for juvenile of kuruma shrimp (*Marsupenaeus japonicus*). Aquaculture Research. 1-10.

Oniam, V., W. Taparhudee, and S. Nimitkul. 2016. Effect of feeding frequency on growth, survival, water and bottom soil qualities in blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) pond culture systems. Kasetsart University Fisheries Research Bulletin. 40(2): 17-28.

Safaie, M. 2016. Feeding habits of blue swimming crab *Portunus segnis* (Forskal, 1775) in the northern coastal waters of Iran. Marine Biodiversity Records. 9(68). 1-9.

Schmitt, A.S.C., and E.A. Santos. 1998. Ammonia-N efflux rate and nutritional state of juvenile pink shrimp, *Penaeus paulensis* (Perez-Farfante), in relation to food type. Aquaculture Research. 29: 495-502.

Soumya, S., C.B. Kajal, P.T. Sarada, and P. Vijayagopal. 2018. Nutritional composition of the branched murex *Chicoreus ramosus* (Linnaeus, 1758) (Family: Muricidae). Indian Journal of Fish. 65(4): 102-108.

Songrak, A., W. Bodhisuwan, N. Yoocharern, W. Udomwong, and T. Darbanandana. 2014. Reproductive Biology of the Blue Swimming Crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) in the Coastal Waters of Trang Province, Southern Thailand. Kasetsart University Fisheries Research Bulletin. 38(2): 27-40.

Unnikrishnan, U., and R. Paulraj. 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.

Williams, M.J., 1982. Natural food and feeding in the commercial sand crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus 1766) (Crustacea:Decapoda:Portunidae) in Moreton Bay Queensland. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 59: 165–176.

Zainal, K.A.Y. 2013. Natural food and feeding of the commercial blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) along the coastal waters of the Kingdom of Bahrain. Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences. 13: 1–7.