บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารในตารางที่ 5, 6 และ 8 พบว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) และ 2 มีการเจริญเติบโตดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3-6 ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับการศึกษาของมะลิ และคณะ (2539) ที่พบว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 37.5 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ส่วนปลาที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันเพิ่มขึ้น มีการเจริญเติบโตจำเพาะและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง โดยเฉพาะอาหารสูตรที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 40 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าปลากะพงขาวมีความสามารถใช้อาหารที่มีแหล่งโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันที่ระดับสูงลดลง มีผลทำให้การเจริญเติบโตของปลากะพงขาวลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งผลการศึกษามีความสอดคล้องกับการศึกษาอื่น เช่น ปลาเรนโบว์เทร้า (Alexis, 1990) ปลาแอทแลนติกแซลมอน (Carter *et al.,* 1994; Olli *et al.,* 1995) และปลากะพงขาว (จูอะดี และมะลิ, 2538) โดยการเจริญเติบโตที่ลดลงมีผลมาจากน้ำหนักอาหารที่ปลากิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนที่ลดลงเมื่อปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปลากะพงขาวมีความอยากกินอาหารลดลงเมื่ออาหารมีระดับโปรตีนจากพืชสูงขึ้นทำให้ปริมาณอาหารที่ปลากินลดลง (Hajen *et al.,* 1993) ส่งผลให้ปลาที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนจากถั่วเหลืองสูงกว่ามีการเจริญเติบโตต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Hajen และคณะ (1993) พบว่าปลาชินุกแซลมอนวัยอ่อน กินอาหารลดลงเมื่ออาหารมีถั่วเหลือง 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ จูอะดี และมะลิ (2538) พบว่า สามารถใช้กากถั่วเหลืองและโปรตีนจากข้าวโพดที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ในอาหารอนุบาลปลากะพงขาวขนาด 1 นิ้ว ให้ผลการเจริญเติบโตดีเทียบเท่าอาหารสูตรควบคุมซึ่งมีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนหลัก แต่เมื่อแทนที่ปลาป่นด้วยกากถั่วเหลืองและโปรตีนข้าวโพดเพิ่มขึ้นที่ระดับ 50, 75 และ 85 เปอร์เซ็นต์ โดยอาหารมีองค์ประกอบของปลาป่นไม่ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณการกินอาหารลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่จากการศึกษาของมะลิ และคณะ (2539) พบว่า ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน 37.5 เปอร์เซ็นต์แทนที่ปลาป่น มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม และ Robaina และคณะ

(1995) พบว่าปลากลิทเฮดซีบรีมขนาด 40 กรัม ที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนจากถั่วเหลือง 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงสุด

สำหรับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 และ 3 (โปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์) มีประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีไม่แตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม มีความสอดคล้องกับ มะลิ และคณะ (2539) ซึ่งพบว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน 37.5 เปอร์เซ็นต์แทนที่ปลาป่น มีประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม นอกจากนั้น Robaina และคณะ (1995) พบว่าปลากลิทเฮดซีบรีมขนาด 40 กรัม ที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนจากถั่วเหลือง 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ส่วนประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 และ 6 (โปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์) มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนต่ำกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Elangovan และ Shim (2000) ที่พบว่าปลาทินฟอยด์บาร์บวัยอ่อน (tin foil barb) ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 50 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ทั้งนี้น่าจะมีผลมาจากปลามีความสามารถใช้โปรตีนจากปลาป่นได้ดีกว่าโปรตีนจากพืช (Lovell, 1989) นอกจากนี้อาจมีผลมาจากอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีกรดอะมิโนไม่สมดุล โดยเฉพาะเมทไธโอนีนที่มีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการของสัตว์น้ำ (Lim and Akiyama, 1992; Olli *et al*., 1994) ซึ่งความไม่สมดุลของกรดอะมิโนจะทำให้เกิดการสลายกรดอะมิโนเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงาน และขับถ่ายของเสียในรูปแอมโมเนีย (Forster and Goldstein, 1969; บุญล้อม, 2541) นอกจากนั้น Kikuchi และคณะ (1994) ยังพบว่าปลาเจแปนีสเฟลาน์เดอร์ (Japanese flounder) มีความสามารถดูดซึมกรดอะมิโนลดลงเมื่อมีโปรตีนจากถั่วเหลืองแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 50 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลากะพงขาวดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 (ระดับโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน 50 เปอร์เซ็นต์) มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนไม่แตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) แต่ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (ระดับโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน 20 เปอร์เซ็นต์) มีประสิทธิ

ภาพการย่อยโปรตีนดีที่สุด มีค่าสูงถึง 91.10±0.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) และสูตรอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับ มะลิ และคณะ (2539) พบว่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลากะพงขาวขนาด 1.3 กรัม ที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ 15 เปอร์เซ็นต์ปลาป่นในอาหารหรือ 37.5 เปอร์เซ็นต์โปรตีนจากปลาป่น มีค่า 94.24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าสูตรปลาป่นที่มีค่า 92.77 เปอร์เซ็นต์ และ Robaina และคณะ (1995) พบว่าปลาปลากลิทเฮดซีบรีมขนาด 40 กรัม ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 10 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถย่อยโปรตีนได้ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม และมีค่าดังกล่าวสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีระดับโปรตีนจากถั่วเหลือง 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากปลากะพงขาววัยอ่อนมีความสามารถย่อยโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันได้ดีกว่าถั่วเหลืองชนิดอื่นและปลาป่น (มะลิ และคณะ, 2539) อาจเนื่องจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันมีสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซินลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Sandholm และคณะ (1976 อ้างโดย มะลิ และคณะ, 2539) รายงานว่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิตถั่วเหลือง โดยถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อนมีสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซินต่ำกว่าถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านความร้อน นอกจากนี้ จูอะดี และมะลิ (2538) พบว่า ปลากะพงขาวขนาด 1 นิ้ว มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยกากถั่วเหลืองและโปรตีนข้าวโพดเพิ่มขึ้นที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($P\geq0.05$) และมีค่าสูงถึง 96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการทดลองครั้งนี้ ทั้งนี้อาจมีผลมาจากวิธีการศึกษา วิธีการเก็บมูลปลา และขนาดของปลา แต่ Refstie และคณะ (1998) ศึกษาโดยใช้วิธีรีดมูลปลาแอทแลนติกแซลมอน ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีความสามารถย่อยโปรตีนต่ำ มีค่า 81.8±0.4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมที่มีค่า 84.7±0.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนที่ต่ำกว่าการทดลองครั้งนี้ น่าจะมีผลมาจากวิธีการเก็บมูลปลาโดยการรีดมูลมีผลทำให้ค่าประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนต่ำกว่าวิธีการเก็บมูลอื่นๆ (Spyridakis *et al.*, 1989) และ Sullivan และ Reigh (1995) พบว่าปลาสไตรป์บาสส์ (striped bass) ลูกผสม ที่ได้รับอาหารสูตรที่มีถั่วเหลือง 30 เปอร์เซ็นต์แทนที่อาหารสูตรพื้นฐาน มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนต่ำกว่าสูตรที่มีปลาป่น 30 เปอร์เซ็นต์แทนที่อาหารสูตรพื้นฐาน โดยมีค่า 79.95±7.25 และ 88.23±5.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนที่แตกต่างกันดังกล่าวข้างต้นอาจมีผลมาจากวิธีการศึกษา วิธีการเก็บมูลปลา ขนาดของปลา และสูตรอาหาร โดย Sullivan และ Reigh (1995) กล่าวว่าเป็นการยากที่จะเปรียบเทียบประสิทธิ

ภาพการย่อยที่ใช้วิธีการศึกษาที่แตกต่างกัน อาทิเช่น การศึกษาที่เก็บมูลโดยตรงจากลำไส้ย่อมมีค่าประสิทธิภาพการย่อยต่ำกว่าการศึกษาที่เก็บมูลจากถังเลี้ยง เนื่องจากการเก็บมูลจากถังเลี้ยงมีการสูญเสียสารอาหารจากการละลายน้ำของมูล

สำหรับการศึกษาปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนียทุก 2 ชั่วโมง (ตารางที่ 11) พบว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหาร 2 ครั้งต่อวัน ที่อัตรา 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ที่เวลา 09.30 และ 15.30 น.ที่อุณหภูมิ 28.24$\pm$0.40 ถึง 28.48$\pm$0.06 องศาเซลเซียส มีการขับถ่ายแอมโมเนียสูงที่สุดที่ชั่วโมงที่ 10 และ 12 หลังปลาได้รับอาหารมื้อที่ 1 มีความสอดคล้องกับ Kaushik (1980 อ้างโดย Forsberg and Summerfelt, 1992) พบว่า ปลาไน และปลาเรนโบว์เทร้าท์ที่ได้รับอาหาร 2 ครั้งต่อวัน ที่เวลา 09.00 และ 16.00 น. มีการขับถ่ายแอมโมเนียสูงที่สุดที่ชั่วโมงที่ 10 หลังปลาได้รับอาหารมื้อที่ 1 คือที่เวลา 19.00 น. แต่แตกต่างกับการขับถ่ายแอมโมเนียช่วงสูงสุดของปลาแซลมอนที่เกิดขึ้นหลังปลาได้รับอาหาร 4 ชั่วโมง (Brett and Zala, 1975) และในปลาไหลครีบสั้นของประเทศออสเตรเลีย (Australian short-finned eel) ซึ่งเกิดขึ้นหลังปลาได้รับอาหาร 4 ถึง 8 ชั่วโมง (Engin and Carter, 2001) ทั้งนี้เนื่องจากการขับถ่ายแอมโมเนียช่วงสูงสุดของปลาขึ้นอยู่กับเวลาที่ให้อาหาร, ความถี่ในการให้อาหาร, ขนาดปลา, ชนิดปลา, ปริมาณไนโตรเจนที่ปลาได้รับ, องค์ประกอบของอาหาร และอุณหภูมิน้ำ (Kaushik and Cowey, 1991; Forsberg and Summerfelt, 1992; Harris and Probyn, 1996) สำหรับการศึกษาครั้งนี้การขับถ่ายแอมโมเนียช่วงสูงสุดของปลาน่าจะมีผลมาจากระดับโปรตีนหรือไนโตรเจนที่ปลาได้รับ องค์ประกอบของอาหาร, ขนาดปลา และชนิดปลา

จากการศึกษาของ Ballestrazzi และคณะ (1994) พบว่าปลากะพงยุโรป (*Dicentrachus labrax*) ที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 54 เปอร์เซ็นต์ และมีแหล่งโปรตีนจากปลาป่นร่วมกับคอร์น กลูเตน มีล (corn gluten meal) มีปริมาณการขับถ่ายไนโตรเจนรวมสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาป่นอย่างเดียว นอกจากนั้น Robaina และคณะ (1995) พบว่าปลาปลากลิทเฮดซีบรีมที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแหล่งโปรตีนจากพืชมีอัตราการขับถ่ายแอมโมเนียสูงกว่าอาหารที่มีโปรตีนจากปลาป่น โดยปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองป่นมีการขับถ่ายแอมโมเนียสูงสุดมากกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากเมล็ดลูปินบด (Lupin seed meal) และปลาป่น ผลจากการศึกษาครั้งนี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาดังกล่าว คือ ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 ถึง 6 ซึ่งมีโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13) มีปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนียสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทาง

สถิติ ($P \geq 0.05$) ส่วนปลาที่ได้รับปลาเป็ดเป็นอาหารได้รับโปรตีนและไนโตรเจนในปริมาณที่มากกว่า ส่งผลให้มีปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนียสูงที่สุด และมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม (ตารางที่ 13) ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการศึกษาในปลากะรัง (Leung *et al.,* 1999) ที่พบว่าเมื่อปลาได้รับโปรตีนและไนโตรเจนในปริมาณที่มากกว่า จะมีการขับถ่ายแอมโมเนียที่สูงกว่าด้วย

นอกจากนี้การศึกษาปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนียช่วงสูงสุดที่ 12 ชั่วโมงหลังปลาได้รับอาหาร พบว่าปลากะพงขาวที่มีขนาดเล็กที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (ตารางที่ 11) มีปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนียสูงกว่าปลาที่มีขนาดใหญ่ที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ (ตารางที่ 13) ทั้งนี้มีผลมาจากปลาขนาดเล็กมีอัตราการเมแทบอลิซึมสูงกว่าปลาขนาดใหญ่ (Leung *et al.,* 1999) ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Cai และ Summerfelt (1992) พบว่า ปลาวอลล์อาย (walleye, *Stizostedion vitreum*) ที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนียลดลง โดยปลาที่มีขนาด 75-88 มิลลิเมตร มีปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนีย 22 ± 4 มก.แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/กก.ปลา/ชม. ซึ่งสูงกว่าปลาที่มีขนาด 247-251 มิลลิเมตร ที่มีค่า 12 ± 6 มก. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน/กก.ปลา/ชม. และ Porter และคณะ (1987) พบว่า ปลากลิทเฮดซีบรีม มีปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนียในรอบวันลดลงตามขนาดของปลา โดยปลาที่มีขนาด 3, 40 และ 90 กรัม มีปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนีย 1,032, 365 และ 353 มก. ไนโตรเจน/กก.ปลา/วัน ตามลำดับ

สำหรับปริมาณการขับถ่ายฟอสเฟตช่วงสูงสุดที่ชั่วโมงที่ 12 หลังปลาได้รับอาหาร พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) ซึ่งเป็นอาหารที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาป่นอย่างเดียวมีปริมาณสิ่งขับถ่ายฟอสเฟตสูงที่สุด และมีค่าดังกล่าวแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 ถึง 6 (โปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 20 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับ Ballestrazzi และคณะ (1994) พบว่า ปลากะพงยุโรปที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแหล่งโปรตีนปลาป่นร่วมกับคอร์น กลูเตน มีล มีปริมาณสิ่งขับถ่ายฟอสฟอรัสน้อยกว่าอาหารที่มีแหล่งโปรตีนจากปลาป่นอย่างเดียว โดยฟอสฟอรัสที่ขับถ่ายในช่วงวันมีผลมาจากช่วงเวลาในการให้อาหาร (Ballestrazzi *et al*., 1994)

สำหรับการศึกษาปริมาณไนโตรเจนที่สูญเสียโดยวิธีทางชีววิทยา พบว่าปลาที่ได้รับปลาเป็ดเป็นอาหาร มีปริมาณไนโตรเจนที่สูญเสียสูงที่สุด (ตารางที่ 17) เนื่องจากปลากินอาหารในปริมาณที่มากกว่า ซึ่งผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับปลาที่ได้รับไนโตรเจนและโปรตีนในปริมาณที่มากกว่าจะมีปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนที่สูญเสียมากกว่า (Gerking, 1955 อ้างโดย

Beamish and Thomas,1984; Paspatis *et al*., 2000) เช่นเดียวกันกับการศึกษาในปลากะรัง (Leung *et al*., 1999) และปลากดเหลือง (นพวรรณ, 2543) ที่พบว่าปลาที่ได้รับไนโตรเจนและโปรตีนที่ระดับสูงกว่าจะมีปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนที่สูญเสียมากกว่า ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่สูญเสียของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 ถึง 6 ซึ่งมีโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนปลาป่น 0 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับระดับโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันที่แทนที่โปรตีนจากปลาป่น ทั้งนี้มีผลมาจากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่มีระดับโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันเพิ่มขึ้น มีโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ และประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง (ตารางที่ 7) ส่งผลให้ไนโตรเจนที่สูญเสียเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Paspatis และคณะ (2000) พบว่า ไนโตรเจนที่สูญเสียมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการใช้อาหาร และวิธีการให้อาหาร อาทิเช่น ประสิทธิภาพการใช้อาหารดี และวิธีการให้อาหารที่เหมาะสมมีผลทำให้ไนโตรเจนที่สูญเสียลดลง

เมื่อพิจารณาฟอสฟอรัสที่สูญเสียโดยวิธีทางชีววิทยา พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น มีฟอสฟอรัสที่สูญเสียต่ำกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้คล้ายกับการศึกษาของ Vielma และคณะ (2000) ที่พบว่า ปลาเรนโบว์ เทร้าท์ ซึ่งได้รับอาหารที่มีโปรตีนเข้มข้นจากถั่วเหลือง (soy protein concentrate) ร่วมกับกากถั่วเหลืองแทนที่โปรตีนปลาป่น 66.2 เปอร์เซ็นต์ มีฟอสฟอรัสที่สูญเสียต่ำกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ทั้งนี้น่าจะมีผลมาจากปริมาณฟอสฟอรัสในอาหารลดลง (ตารางที่ 4) และปลาสะสมฟอสฟอรัสในตัวสูงขึ้น (ตารางที่ 9) เมื่อระดับโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันเพิ่มขึ้น ซึ่ง Paspatis และคณะ (2000) กล่าวว่าฟอสฟอรัสที่สูญเสียมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการใช้อาหาร ปริมาณฟอสฟอรัสที่ได้รับ และวิธีการให้อาหาร

สำหรับราคาอาหารมีแนวโน้มลดลงเมื่ออาหารมีระดับโปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันสูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหารในการผลิตปลากะพงขาวต่อหน่วย อาหารสูตรที่ 3 (โปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์) มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด อีกทั้งยังมีปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนีย และไนโตรเจนที่สูญเสียไม่แตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ในอาหารปลากะพงขาวขนาด 0.9 ถึง 34.5 กรัม เพื่อลดต้นทุนในการผลิตปลากะพงขาว และลดสิ่งขับถ่ายไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสู่สิ่งแวดล้อม

จากการศึกษานี้จะเห็นได้ว่าปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนียของปลากะพงขาวมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาไนโตรเจนที่สูญเสียทางชีววิทยา ส่วนปริมาณการขับถ่ายฟอสเฟต

มีความแตกต่างจากผลการศึกษาการสูญเสียฟอสฟอรัสโดยวิธีทางชีววิทยาทั้งนี้อาจมีผลมาจากการเก็บรักษาและการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่ทำให้มีความคลาดเคลื่อนสูงกว่าการคำนวณทางชีววิทยา แต่เป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้ทราบถึงรูปแบบและปริมาณการขับถ่ายแอมโมเนียและฟอสเฟตของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่างกัน และปลาเป็ด