บทที่ 4
วิจารณ์ผลการทดลอง

ได้มีการศึกษาถึงการนำวัตถุดิบพืชมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารทดลอง ได้แก่ นิรุทธิ์ (2544) ศึกษาผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันต่อการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่าปลานิลสามารถใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันได้สูงสุด 30 % เป็นระดับที่ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และจากการศึกษาของ Omoregie และ Ogbemudia (1993) พบว่าสามารถแทนที่ปลาป่นด้วยกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันได้ 15 % เป็นระดับที่ปลานิลมีการเจริญเติบโตดีที่สุด Deoliveira และคณะ (1997) อ้างโดย El Sayed (1999) พบว่าการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0-35 % ไม่ส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของปลานิลลดลง Saad และคณะ (1997) อ้างโดย Lim และคณะ (2001) พบว่าปลานิลที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 %, 10 %, 20 % และ 30 % ไม่มีความแตกต่างของการเจริญเติบโต แสดงว่าปลานิลสามารถใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันได้สูงถึง 30 % ซึ่งไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ผลการใช้กากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบในอาหารทดลอง Viola และ Arieli (1983) พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองที่มีกากถั่วเหลืองระดับ 20 % มีการเจริญเติบโตดีที่สุด Shiau และคณะ (1987) รายงานว่าสามารถแทนที่ปลาป่นด้วยกากถั่วเหลืองในอาหารปลานิลได้ 30 % โดยมีโปรตีนเท่ากับ 24 % เป็นระดับที่ปลามีการเจริญเติบโตดีที่สุด Dabrowski และคณะ (1989) พบว่าการเจริญเติบโตของปลาเรนโบว์เทราท์ (rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*) จะลดลงในอาหารที่มีกากถั่วเหลืองมากกว่า 50 % Yamamoto และ Akiyama (1991) พบว่าปลาเรนโบว์เทราท์ จะมีการเจริญเติบโตลดลงตามระดับกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น El Sayed (1994) พบว่าสามารถแทนที่ปลาป่นด้วยกากถั่วเหลืองได้ 25 % ในปลาซิลเวอร์ซีบรีม (silver seabream, *Rhabdosargus sarba*) โดยไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จากอาหาร จะเห็นได้ว่าสามารถใช้วัตถุดิบพืชเหล่านี้ได้อย่างจำกัด ซึ่งเป็นระดับที่ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต การใช้ในปริมาณมากเกินไป ส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง มีการเสริมเอนไซม์สังเคราะห์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบพืช เช่นการทดลองของ Boonyaratpalin และ Phromkunthong (2000) ซึ่งทำการหมักกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันด้วยโรโนไซม์ วีพี นำไปใช้เลี้ยงปลานิลแปลงเพศขนาด 1.5 กรัม พบว่าปลาที่ได้รับอาหารทดลองเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมักเอนไซม์ ทำให้การเจริญเติบโตของปลาดีกว่าที่

ไม่ได้หมักเอนไซม์ Phromkunthong และคณะ (2001) ศึกษาผลของโรโนไซม์ต่อการเจริญเติบโตของปลานิลแปลงเพศ และปลาดุกพันธุ์ผสม โดยเสริมโรโนไซม์และไม่เสริมโรโนไซม์ในอาหารปลากินพืชสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงปลานิลแปลงเพศ และอาหารปลากินเนื้อสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงปลาดุกพันธุ์ผสม พบว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมโรโนไซม์มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain) ดีกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม จากการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารในปลานิลดำแปลงเพศขนาดเล็กน้ำหนักเฉลี่ย 4-5 กรัม (การทดลองที่ 1) พบว่าปลาที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเสริมโรโนไซม์ 250 ไมโครลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพการย่อยวัตถุแห้ง โปรตีน และพลังงานสูงที่สุด และปลาที่ได้รับกากถั่วเหลืองเสริมโรโนไซม์ 250 ไมโครลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพการย่อยวัตถุแห้ง และพลังงานสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าการเสริมโรโนไซม์ วีพี มีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยวัตถุดิบพืช ในปลานิลดำแปลงเพศขนาดใหญ่น้ำหนักเฉลี่ย 150-200 กรัม (การทดลองที่ 2) พบว่าปลาที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเสริมโรโนไซม์ 1,000 ไมโครลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพการย่อยวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน พลังงาน และไลซีนสูงที่สุด และปลาที่ได้รับกากถั่วเหลืองเสริมและไม่เสริมโรโนไซม์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อาจเกิดเนื่องจากวัตถุดิบพืชต่างชนิดกัน ทำให้ความสามารถในการใช้วัตถุดิบพืชต่างกัน El Sayed (1999) พบว่าวัตถุดิบพืช ที่เป็นแหล่งโปรตีนที่ดีที่สุดคือกากถั่วเหลือง โดยมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนอยู่ค่อนข้างสูง การเสริมโรโนไซม์ วีพี จึงไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหารแตกต่างกับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ซึ่งมีกรดอะมิโนอยู่ในปริมาณต่ำ และมีส่วนของประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้งอยู่ค่อนข้างสูง (Ng, *et. al* 2002) การเสริมโรโนไซม์ วีพี จึงทำให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหารเพิ่มขึ้น ในปลานิลแดงแปลงเพศขนาดใหญ่น้ำหนักเฉลี่ย 150-200 กรัม (การทดลองที่ 3) พบว่าปลาที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเสริมและไม่เสริมโรโนไซม์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และปลาที่ได้รับกากถั่วเหลืองเสริมโรโนไซม์ 500 ไมโครลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพการย่อยวัตถุแห้งดีที่สุด ซึ่งการทดลองนี้ระดับวัตถุดิบพืชที่ใช้สูงกว่าการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 อาจเป็นไปได้ว่าระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันสูงเกินไป การเสริมโรโนไซม์ วีพี จึงไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหาร ซึ่ง Ng และคณะ (2002) พบว่าปลานิลแดงที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 40 % เสริมเอนไซม์ Allzyme Vegpro มีประสิทธิภาพการย่อยอาหารลดลง เมื่อเทียบกับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 20 % เสริมเอนไซม์ Allzyme Vegpro แสดงให้เห็นว่าเมื่อระดับ

กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นการเสริมเอนไซม์ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหาร จากการทดลองในปลาทั้ง 3 การทดลอง จะเห็นได้ว่าการเสริมโรโนไซม์ในวัตถุดิบพืชทำให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหารดีกว่าที่ไม่เสริมโรโนไซม์ สอดคล้องกับการทดลองของ Boonyaratpalin และ Phromkunthong (2000) พบว่าประสิทธิภาพการย่อยอาหารในปลานิลดำแปลงเพศขนาด 1.5 กรัม ที่ได้รับอาหารทดลองที่เสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันหมักโรโนไซม์ วีพี มีค่าดีกว่าที่ไม่ได้หมักโรโนไซม์ วีพี และสอดคล้องกับการทดลองของ Ng และคณะ (2002) ที่ทำการเสริมเอนไซม์ Allzyme Vegpro เป็นเอนไซม์สำเร็จรูปที่ประกอบไปด้วยเอนไซม์หลายชนิดได้แก่ โปรติเอส เซลลูเลส เพนโตซาเนส (pentosanase) แอลฟา-กาเลกทูซิเดส (α- garlactosidase) แมนนาเนส (mannanase) และอะไมเลส สกัดจากเชื้อราหลายชนิด พบว่าปลานิลที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเสริมเอนไซม์มีประสิทธิภาพการย่อยอาหารดีกว่าที่ไม่เสริมเอนไซม์ แต่แตกต่างกับการทดลองของ Stone และคณะ (2003) ทำการเสริม Natugrain-blend® เป็นเอนไซม์ผสมประกอบด้วย เบต้า-กลูคาเนส และเบต้า-ไซลาเนส (β-xylanase) ในวัตถุดิบพืช 2 ชนิดคือข้าวสาลี (wheat) และเมล็ดลูปินกะเทาะเปลือก (dehulled lupin) โดยเสริมเอนไซม์ที่ความเข้มข้น 4 ระดับคือ 0, 75, 150 และ 300 ไมโครลิตร ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จากการทดลองพบว่าปลาซิลเวอร์ เพิร์ท (silver perch, *Bidyanus biyanus*) ที่ได้รับอาหารทดลองเสริมและไม่เสริมเอนไซม์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของประสิทธิภาพการย่อยวัตถุแห้ง โปรตีน และพลังงาน อาจเกิดจากการเอนไซม์ที่ใช้มีเพียง 2 ชนิด ซึ่ง Carter และคณะ (1994) พบว่าความหลากหลายของเอนไซม์ที่ใช้เสริมในอาหารส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อย โดยปลาแอตแลนติกแซลมอน ที่ได้รับอาหารเสริมเอนไซม์ผสมมีประสิทธิภาพการย่อยอาหารเพิ่มขึ้น เอนไซม์ผสมประกอบด้วยทริปซิน อัลคาไลน์ โปรติเอส (alkaline protease) เอซิด โปรติเอส (acid protease) อะไมโลกลูโคซิเดส (amyloglucosidase) อะไมเลสที่สกัดจากมอลต์ อะไมเลสที่สกัดจากแบคทีเรีย และเซลลูเลส เมื่อพิจารณาขนาดของปลาจากการทดลองทั้ง 3 การทดลอง พบว่าเมื่อปลามีขนาดใหญ่ขึ้น ระดับความเข้มข้นของโรโนไซม์ที่เพิ่มขึ้น จึงจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหาร อาจเป็นไปได้ว่าเมื่อปลามีขนาดใหญ่ขึ้น ระบบย่อยอาหารพัฒนาเต็มที่แล้ว ความเข้มข้นของโรโนไซม์ที่สูงขึ้น จึงจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยอาหาร ซึ่งวิชัย และคณะ (2540) ศึกษาการพัฒนาน้ำย่อยในลูกปลากะรัง (*Epinephelus coioides*) พบว่าลูกปลามีระบบการพัฒนาน้ำย่อยต่ำ เมื่อปลามีอายุมากขึ้นระบบย่อยอาหารจะพัฒนาขึ้นตามการเจริญเติบโต และการศึกษาของ Kolkovski (2001) พบว่า

ทางเดินอาหารของปลาวัยอ่อนเกือบทุกชนิดประกอบด้วยเอนไซม์ที่ย่อยสลายโมเลกุลของโปรตีน ไขมัน และไกลโคเจน แต่กลไกการทำงานจะต่ำเมื่อเทียบกับปลาโตเต็มวัย เมื่อเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการย่อยอาหารทั้ง 3 การทดลอง พบว่าประสิทธิภาพการย่อยอาหารในปลานิลดำแปลงเพศขนาดเล็ก (การทดลองที่ 1) ปลานิลดำแปลงเพศขนาดใหญ่ (การทดลองที่ 2) มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ประสิทธิภาพการย่อยอาหารในปลานิลแดงแปลงเพศขนาดใหญ่ (การทดลองที่ 3) มีค่าต่ำที่สุด อาจเป็นไปได้ว่าอาหารทดลองมีเยื่อใยสูง สอดคล้องกับการทดลองของ Gaylord และ Gatlin III (1996) ที่กล่าวว่าระดับเยื่อใยในอาหารที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อยวัตถุแห้งลดลง และมีการศึกษาในปลาหลายชนิดที่แสดงถึงความสัมพันธ์ในทางลบ ระหว่างเยื่อใยและประสิทธิภาพการย่อย โดยเมื่อระดับเยื่อใยในอาหารเพิ่มขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหารลดลง (Hilton, *et al.* 1983; Kirchgessner, *et al.* 1986) Gonzalez-Pena และคณะ (2002) กล่าวว่า อาหารที่มีเยื่อใยสูงจะส่งผลต่อระบบการย่อยอาหารและการดูดซึม โดยระดับของเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นจะลดปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์กับสับสเตรต ทำให้อัตราการย่อยและดูดซึมลดลง De Silva และคณะ (1991) พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยสูงจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหารลดลง

จากผลการทดลองแม้ว่าการเจริญเติบโต (growth performance) ได้แก่น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ของปลาทั้ง 3 การทดลองที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน และกากถั่วเหลือง เสริมและไม่เสริมโรโนไซม์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และจากการเปรียบเทียบผลการทดลองด้านอื่นๆก็เป็นไปในทางเดียวกัน โดยพบว่า การใช้ประโยชน์จากอาหาร (feed utilization) ได้แก่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อาจเกิดจากความสมดุลของกรดอะมิโนในวัตถุดิบพืช การศึกษาของ Pongmaneerat (1992) พบว่าแม้ว่าประสิทธิภาพการย่อยอาหารในปลาเรนโบว์เทร้าที่ได้รับกากถั่วเหลืองจะมีค่าสูง แต่ก็ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และการใช้ประโยชน์จากอาหาร เพราะกากถั่วเหลืองขาดกรดอะมิโนที่จำเป็น คือ เมไทโอนีน (methionine) การศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Phromkunthong และคณะ (2001) ทำการเสริมเอนไซม์ผสมระหว่างโรโนไซม์ วีพี และโรโนไซม์ ดับเบิ้ลยู (Ronozyme W) ความเข้มข้น 500 ไมโครลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ในอาหารปลานิลสำเร็จรูปหลายชนิด พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปที่เสริมและไม่เสริมเอนไซม์ผสมไม่มีความแตกต่างของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น การทดลองของพิศมัย และ สมปราชญ์

(2538) ที่ใช้เอนไซม์ Ebizyme ช่วยย่อยในอาหารปลาดุก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยอาหารจากแหล่งโปรตีนพืชและสัตว์ เป็นเอนไซม์ที่สกัดจากเชื้อรา *Rhizopus* sp. พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ของปลาที่ได้รับอาหารคลุกและไม่คลุกเอนไซม์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการทดลองของ Boonyaratpalin และ Phromkunthong (2000) ศึกษาผลของการเสริมโรโนไซม์ วีพี ในอาหารปลานิลแปลงเพศ ทำการหมักโรโนไซม์ วีพี ในวัตถุดิบพืช คือ รำ และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน พบว่าปลาที่ได้รับอาหารที่หมักและไม่หมักโรโนไซม์ วีพี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของประสิทธิภาพการใช้โปรตีน เมื่อพิจารณาน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาทั้ง 3 การทดลอง พบว่าปลานิลแดงแปลงเพศขนาดใหญ่ (การทดลองที่ 3) มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกับ Lee (1994) ที่พบว่าเมื่อระดับเยื่อใยในอาหารเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้การเจริญเติบโตในปลาโกเรียน ร็อกฟิช ลดลง ระดับเยื่อใยที่สูงขึ้นจะลดระดับการใช้ประโยชน์ของสารอาหาร การทดลองของ Reigh และ Ellis (1992) พบว่าปลาเรดดรัม (red drum, *Sciaenops ocellatus*) ที่ได้รับอาหารที่มีกากถั่วเหลืองมากกว่า 35 % ทำให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นลดลง การทดลองของ Wee และ Shu (1989) พบว่าเมื่อใช้กากถั่วเหลือง 55 % ผสมในอาหารเลี้ยงปลานิลจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีค่าต่ำ เมื่อพิจารณาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าในปลานิลดำแปลงเพศขนาดเล็ก (การทดลองที่ 1) และปลานิลดำแปลงเพศขนาดใหญ่ (การทดลองที่ 2) มีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ De Silva และ Gunasekera (1989) โดยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในปลานิลที่ได้รับอาหารที่มี gree grum legume 13-50% มีค่าอยู่ในช่วง 1.53-2.06 แต่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในปลานิลแดงแปลงเพศขนาดใหญ่ (การทดลองที่ 3) จะมีค่าสูงกว่าในปลาทั้ง 2 ขนาด สอดคล้องกับการทดลองของ Al-Hafedh และ Siddiqui (1998) พบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อจะเพิ่มขึ้นเมื่อปลานิลได้รับอาหารทดลองที่มี legume guar seed 75 % แตกต่างทางสถิติกับระดับอื่น การทดลองของ Jackson และคณะ (1982) พบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อในปลานิลจะเพิ่มขึ้นตามระดับของวัตถุดิบพืชที่เพิ่มขึ้น

จากการทดลองพบว่าอัตราการกินอาหารของปลาทั้ง 3 การทดลองที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน และกากถั่วเหลืองเสริมและไม่เสริมโรโนไซม์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่มีค่าต่ำมากในปลานิลแดงแปลงเพศขนาดใหญ่ (การทดลองที่ 3) ซึ่งอาหารทดลองมีเยื่อใยสูง สอดคล้องกับการทดลองของ Al-Hafedh และ Siddiqui (1998) พบว่าปลานิลที่ได้รับ

อาหารทดลองที่มี legume guar seed 0 %, 25 % และ 50 % ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของอัตราการกินอาหาร แต่อัตราการกินอาหารลดลงแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 75 % แสดงว่าระดับของวัตถุดิบพืชที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการกินอาหารของปลานิลลดลง

เมื่อพิจารณาถึงส่วนประกอบทางโภชนาการของปลาทั้งตัว ที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน และกากถั่วเหลืองเสริมและไม่เสริมโรโนไซม์ทั้ง 3 การทดลอง พบว่าการเสริมและไม่เสริมโรโนไซม์ไม่ส่งผลต่อส่วนประกอบทางโภชนาการของปลาทั้งตัว เนื่องจากการทดลองนี้ส่วนประกอบทางโภชนาการของอาหารทดลองเท่ากันทุกสูตร ต่างกันเฉพาะระดับโรโนไซม์ วีพี ที่เสริมลงในอาหารทดลอง De Silva และคณะ (1991) พบว่า การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางโภชนาการของปลามีความสัมพันธ์กับส่วนประกอบทางโภชนาการของอาหารทดลอง โดยโปรตีนในตัวปลาจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อปลาได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูง แต่ไขมันในตัวปลาจะเพิ่มขึ้นตามระดับไขมันในอาหาร

เมื่อพิจารณาถึงส่วนประกอบทางโภชนาการของมูลปลา ผลการทดลองเช่นเดียวกับส่วนประกอบทางโภชนาการของปลาทั้งตัว