

บทคัดย่อ

การทดลองใช้ น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับต่างกัน ในอาหารเลี้ยง ปลาไนล เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน องค์ประกอบทางเคมี ของเนื้อปลา ค่า องค์ประกอบเลือด ลักษณะทางเนื้อเยื่อของตับ อัตราการรอดตาย และ ต้นทุนอาหารต่อผลผลิต โดย ได้ศึกษาระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารต่างกัน 7 ระดับ (สูตรที่ 1-7) คือ 0, 5, 10, 15, 20, 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยกำหนดให้มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันทุกสูตร และมีอาหารเม็ดสำเร็จรูป (สูตรที่ 8) เป็นสูตรเปรียบเทียบ นำไปเลี้ยงปลาไนล น้ำหนัก เริ่มต้นเฉลี่ย 24.93 ± 0.46 กรัม ในกระชังขนาด $1.5 \times 1.5 \times 2$ ม. ที่แขวนลอยอยู่ในบ่อเลี้ยงขนาด 1 ไร่ กระชังละ 50 ตัว เป็นเวลา 8 เดือน พบว่า ที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 5) มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ทั้งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ รองลงมาคือ ที่ระดับ 0, 15, 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($p > 0.05$) แต่มีการเจริญเติบโตสูงกว่าสูตรที่ 8 และที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($p < 0.05$) และที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 5) ส่งผลให้ปริมาณโปรตีน และไขมันในเนื้อปลาไนลเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าสูตรที่ 2, 3, 4, 6 และ 7 ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับสูตรที่ 1 และ 8 ($p > 0.05$) และพบว่า ทุกระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทำให้มีการเพิ่มจำนวนของเม็ดไขมัน สะสมในเซลล์ตับ แต่ไม่ส่งผลต่อ ค่าองค์ประกอบเลือด และอัตราการรอดตาย และจากผลการทดลอง สรุปได้ว่า การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับ ที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยง ปลาไนล ทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์ โดยมีต้นทุน ค่าอาหารต่อผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 55.47 ± 1.33 บาทต่อกิโลกรัม สามารถลดต้นทุน ค่าอาหารต่อ ผลผลิตของปลา ไนลได้เท่ากับ 14.76 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็น 21.02 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับ อาหารเม็ดสำเร็จรูปจากตลาด

Abstract

The experiment were designed to study on replacement of fish meal protein with fish condensate in diet at different levels on growth, protein efficiency ratio (PER), chemical composition, hematology, liver histology, survival rate, feed conversion rate (FCR) and production cost of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.). The diets were contained 30% protein in seven formulas with varying levels ; 0, 5, 10, 15, 20, 30 and 50% of fish condensate replacement (formula 1-7) compared with pellet feed (formula 8), respectively. Fish with initial average weight 18.43 ± 3.13 g. were reared in 1.5x1.5x2 m. net cage at the stocking rate of 50 fishes per cage. They were fed to apparent satiation twice daily for 8 months. The result showed that at 20% of fish meal replacement with fish condensate group was highest growth performance as weight gain and specific growth rate were not significantly different ($p > 0.05$) with 0%, 15%, 30% and 50% level (formula 1, 4, 6 and 7), but significantly different ($p < 0.05$) with formula 8, 10 and 5% respectively. All of the diet formulas were increased numerous hydropic vacuoles in liver cells but has no effect on hematology and survival rate. The current study concluded that at 40% of fish meal protein replacement with fish condensate in diet was optimum for nile tilapia feed taking into account the weight increase and economic returns with lowest production cost of 55.47 ± 1.33 baht/kg and could reduce the feed cost production of fish up to 14.76 baht/kg, equivalent to 21.02% compared on the pellet diet.

บทนำ

ปลานิลเข้ามามีบทบาทในการปัญหาการขาดแคลนโปรตีนสำหรับบริโภคของประชาชน และเป็นปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายทั้งเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา ผู้บริโภคในประเทศและต่างประเทศในภาคพื้นเอเชีย และสหรัฐอเมริกา โดยเฉพาะผู้เลี้ยงปลานิลเลี้ยงปลานิล เนื่องจากเป็นปลาที่เจริญเติบโตเร็ว แข็งแรง อดทน ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ผลผลิตปลานิลในปีพ .ศ. 2548 ทั้งจากการเพาะเลี้ยงและจากการจับจากธรรมชาติ มีปริมาณ 244,500 ตัน เป็นผลผลิตจากการเพาะเลี้ยง 203,700 ตัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากทุก ๆ ปี ดังจะเห็นได้จากผลผลิตในปี พ.ศ. 2552 มีปริมาณ 258,500 ตัน คิดเป็นมูลค่า 9,881.5 ล้านบาท (กรมประมง, 2554) ดังนั้นกรมประมงจึงกำหนดเป็นนโยบายให้ปลานิลเป็นปลาเศรษฐกิจตัวหนึ่งในการส่งเสริมการเลี้ยงปลาน้ำจืดเพื่อการส่งออก ในปัจจุบันเกษตรกรจึงหันมาเลี้ยง ปลาชนิดนี้มากขึ้น ตามลำดับ (กรมประมง, 2541)

แม้ว่าปลานิลเป็นปลาเศรษฐกิจที่น่าสนใจ และมีศักยภาพเพียงพอสำหรับการเพาะเลี้ยงเชิงอุตสาหกรรม แต่เป็นปลาที่สามารถพัฒนาการผลิตได้จำกัด ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการแข่งขันกันในด้านปริมาณและราคา ดังนั้นหากเกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตปลานิล ก็จะสามารถแข่งขันและอยู่รอดในธุรกิจการเลี้ยงปลานิลได้ สำหรับการเลี้ยงปลานิลในปัจจุบันเกษตรกรนิยมเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป เนื่องจากสะดวก และง่ายต่อการจัดการ แต่การเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดสำเร็จรูป ซึ่งมีราคาแพง ไม่คุ้มทุนการผลิต เป็นเหตุผลหลักในการเลิกเลี้ยงของเกษตรกร เพราะในการเลี้ยงสัตว์น้ำนั้น อาหารนับได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะในเรื่องอาหารจะตกอยู่ประมาณ 50-70 % ของต้นทุนทั้งหมด (Blyth and Dodd, 2002; Kongkeo and Phillips, 2002) ฉะนั้นหากผู้เลี้ยงไม่ให้ความสำคัญต่อการให้อาหารสัตว์น้ำ โอกาสที่จะเกิดความล้มเหลวในการเลี้ยงก็จะสูงตามไปด้วย ซึ่งในปัจจุบันการผลิตอาหารสัตว์น้ำนิยมใช้ปลาป่นเป็นวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์เป็นหลัก ร่วมกับกากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช แต่ปริมาณปลาป่นที่ผลิตได้ทั่วโลกมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการลดลงของปลาในแหล่งธรรมชาติ ส่งผลให้ปลาป่นมีแนวโน้มหาได้ยาก และมีราคาสูงขึ้น ตลอดจน คุณภาพไม่คงที่ และหาได้ยากในบางฤดูกาล ส่วนกากถั่วเหลืองก็เป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่มีราคาค่อนข้างสูง และมีปริมาณการนำเข้าจากต่างประเทศสูงขึ้นทุกปี จึงส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสัตว์น้ำสูงตามไปด้วย ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ จึงเป็นเหตุให้นักวิจัยอาหารสัตว์น้ำหันมาศึกษา และพยายามที่จะนำวัตถุดิบจากแหล่งโปรตีนอื่นที่หาได้ง่าย และราคาถูกกว่ามาใช้ ทดแทน โดยเฉพาะวัตถุดิบเห ลือใช้จากกิจการต่าง ๆ หรือวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำในท้องถิ่นที่มีผลผลิตจำนวนมาก หาได้ง่าย ราคาถูก และมีคุณค่าทางโภชนาการ นำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนผสมในอาหาร ทดแทนโปรตีนจากปลาป่น และกากถั่วเหลือง ลดการใช้วัตถุดิบอาหารที่มีราคาแพง ก็จะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำได้

สำหรับงานวิจัยทดลองลดเพื่อลดต้นทุนค่าอาหารในการผลิตปลานิลพบว่า มีการทดลองใช้โปรตีนจากพืชในระดับสูงเพื่อทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิล เช่นใบกระถินป่น ถั่วเหลือง มันสำปะหลัง และโดยเฉพาะการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน พบว่าสามารถเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันได้ถึงที่ระดับ 30% ในอาหาร ซึ่งทำให้มีต้นทุนการผลิตปลาต่ำที่สุด คือ 17.33 บาทต่อกิโลกรัม สามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ดีพอสมควร และเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลานิลทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์ (นิรุทธิ์, 2544) และเป็นไปในทำนองเดียวกับ วัฒนา และคณะ (2554) นอกจากนี้ได้มีนักวิจัยทำการศึกษาเพื่อหาวัตถุดิบอาหารซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์ ทดแทนปลาป่นในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ เช่น จากทั้งส่วนที่เป็นเศษของแข็ง และส่วนที่เป็นของเหลว ได้แก่ เลือดปลา และน้ำนึ่งปลา โดยเฉพาะน้ำนึ่งปลานิลสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในการผลิตอาหารสัตว์น้ำลดต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างดี (เจษฎา และสุภาวดี, 2553)

จังหวัดตรังเป็นจังหวัดทางภาคใต้ที่มีพื้นที่ติดฝั่งทะเลอันดามัน มีโรงงานที่ผลิตอาหารทะเลหลายโรงงาน เพื่อรองรับวัตถุดิบที่มาจากทะเล ในแต่ละเดือนที่ผลิตอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง จะมีวัสดุเศษเหลือเกิดขึ้นทั้งส่วนที่เป็นของแข็ง (เศษเนื้อ กระดุก หัว เครื่องใน และหนังปลา) และส่วนที่เป็นของเหลว ได้แก่ เลือดปลา และน้ำนึ่งปลา วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งส่วนใหญ่ใช้ทำเป็นปลาป่นเพื่อนำไปเลี้ยงสัตว์ ส่วนวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวจะถูกกำจัดโดยการปล่อยทิ้ง ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา เนื่องจากยังมีสารประกอบอินทรีย์อยู่สูง (Prasertsan *et al.*, 1988) ซึ่งวัสดุเศษเหลื่อดังกล่าวประกอบด้วยสารอาหารที่สำคัญหลายชนิด และที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น โปรตีน ไขมัน และกรดอะมิโนที่จำเป็น (จิตรวดี, 2540) และจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในน้ำนึ่งปลาของโรงงานปุมปูย จ.ตรังของคณะผู้วิจัย พบว่า แต่ละเดือนจะมีปริมาณของน้ำนึ่งปลาที่เป็นวัสดุเศษเหลือมากพอสมควร และมีคุณสมบัติทางเคมีโดยมีปริมาณโปรตีนในน้ำนึ่งปลา 45.15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (W/W) ตลอดจนมีกลิ่นที่กระตุ้นการกินอาหารของสัตว์น้ำได้ (สุทิน และวิจิต, 2547) จากคุณสมบัติที่ผ่านมาพอจะเป็นมูลเหตุให้ทราบได้ว่า น้ำนึ่งปลาสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์น้ำ อาจจะใช้เป็นแหล่งโปรตีน หรือทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารได้

ดังนั้น การนำเอาน้ำนึ่งปลา ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือ หรือผลพลอยได้ที่มีอยู่ในปริมาณมากจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมโปรตีนในอาหาร ทดแทนการใช้โปรตีนจากปลาป่น และช่วยแต่งกลิ่นชวนกินอาหาร ในการผลิตอาหารปลานิล เพื่อลดการใช้ปลาป่นและกากถั่วเหลืองซึ่งเป็น 2 วัตถุดิบที่มีราคาแพงในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ จึงเป็นแนวทางของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เพื่อที่จะพัฒนาสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิลให้ดียิ่งขึ้น สามารถลดต้นทุนค่าอาหารลงได้มากยิ่งขึ้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาถึงผลของการใช้น้ำนึ่งปลาในปริมาณต่าง ๆ กันเป็นส่วนผสมในอาหาร ต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ คุณค่าทางโภชนาการ และเปรียบเทียบต้นทุนอาหารต่อผลผลิต ของ

ปลานิล เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต โดยการใช้วัตถุดิบเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ อันก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเศษเหลือ จากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ สามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารในการผลิตสัตว์น้ำ และลดต้นทุนการบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนลดมลภาวะจากกระบวนการผลิต และคาดว่าผลการศึกษาวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของการพัฒนาอาชีพการเลี้ยง ปลานิล ให้เกิดความยั่งยืนในอาชีพของเกษตรกร และอุตสาหกรรมการเลี้ยงปลาน้ำจืดของประเทศไทยต่อไป

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ปลานิล

ปลาในตระกูลปลานิล (Tilapia) เป็นปลาที่มีต้นกำเนิดจากทวีปแอฟริกา ปลานิลมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oreochromis niloticus* (Linn.) มีริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน บริเวณแก้มมีเกล็ด 4 แถว ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาลและมีลายพาดขวาง 9-10 แถว ครีบหลังมีอันเดียว ประกอบด้วยก้านครีบอ่อน 9-10 อัน มีเกล็ด 33 เกล็ดบนแกนเส้นข้างลำตัว ด้านข้างมีเกล็ดจามแนวเฉียง จากตอนต้นของครีบหลังลงมาถึงเส้นข้างลำตัว 5 เกล็ด และจากเส้นข้างลำตัวลงมาถึงแนวส่วนหน้าของครีบกัน 13 เกล็ด ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาล ตรงกลางเกล็ดมีสีเข้ม ที่กระดูกแก้มมีจุดสีเข้มอยู่จุดหนึ่ง บริเวณปลายอ่อนของครีบหลัง ครีบกัน และครีบหางมีจุดสีขาวและเส้นสีดำตัดขวางอยู่ทั่วไป (มานพ และคณะ, 2536)

ปลาในตระกูลปลานิลเป็นปลาที่กินอาหารได้ทุกชนิด จัดเป็นปลากินทั้งพืชและสัตว์ (omnivorus) สามารถกินได้ทั้งแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ ซากอินทรีย์ และซากอนินทรีย์เน่าเปื่อย มูลสัตว์ สัตว์หน้าดินบางชนิด เช่น หนอนแดง รวมทั้งแบคทีเรียและพืชน้ำชนิดต่างๆ (Halver, 1989) ปลานิลเป็นปลาที่มีนิสัยชอบหาอาหารกินในเวลากลางวัน และจะหยุดกินอาหารในเวลากลางคืน แต่การย่อยอาหารยังดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่องและเป็นไปอย่างช้าๆ จะเสร็จสิ้นสมบูรณ์ในเวลาประมาณ 18-24 ชั่วโมง เป็นปลาที่กินอาหารได้ทั้งบนผิวน้ำ กลางน้ำ และก้นบ่อ ทำให้กินอาหารจำพวกพืช แพลงก์ตอน และอินทรีย์สารก้นบ่อ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปลานิลไม่มีกระเพาะแต่เหมือนปลากินเนื้อทั่วไป แต่มีเนื้อเยื่อซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกระเพาะที่สามารถหลั่งน้ำย่อยเพื่อลดความเป็นกรดเป็นด่างระหว่างย่อยอาหารได้ ดังนั้นจึงสามารถย่อยสลายแร่ธาตุและแพลงก์ตอนได้สูงถึง 68 เปอร์เซ็นต์ และ 65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ว่าจะเป็นโปรตีน ไขมัน หรือคาร์โบไฮเดรต ปลานิลชอบกินอาหารที่มีขนาดเล็ก เพราะชอบขบเคี้ยวอาหารก่อนกลืนลงกระเพาะ (กรมประมง, 2541)

ความต้องการสารอาหารของปลานิล

ปลาต้องการโปรตีนจากสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและสร้างเนื้อเยื่อรวมทั้งเป็นแหล่งให้พลังงานที่สำคัญด้วย ความต้องการโปรตีนของปลาจะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการที่สำคัญได้แก่ ขนาดหรืออายุ คุณภาพโปรตีนในอาหาร จากรายงานการศึกษา พอที่จะสรุปได้ว่า ความต้องการโปรตีนโดยประมาณของปลานิลอยู่ระหว่าง 30-40 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดของปลานิล ขนาดปลา สัดส่วนของโปรตีนต่อพลังงาน (protein : energy ratio) และความผันแปรอื่นๆ แต่จากการศึกษาของ Viola and Arieli (1982) สรุปได้ว่าช่วงของโปรตีนที่ต่ำที่สุดที่ใช้ในอาหารปลานิลขนาดเล็กคือ ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์

ความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำ

โปรตีนเป็นสารอินทรีย์ที่พบในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ทั้งสัตว์ พืช และจุลินทรีย์ โดยในสัตว์มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบมากกว่าในสิ่งมีชีวิตประเภทอื่น (เวียง, 2542) โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการมีชีวิต และการเจริญเติบโต มีหน้าที่ในการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ ฮอร์โมน สารภูมิคุ้มกันโรค และฮีโมโกลบิน ดังนั้นปลาจึงมีความต้องการในปริมาณที่มากเพียงพอ และต่อเนื่อง ปลาว่ายอ่อนต้องการโปรตีนปริมาณมาก และความต้องการโปรตีนจะลดลงเมื่อปลาโตขึ้น การกำหนดปริมาณโปรตีนที่ปลาได้รับในวันหนึ่ง ๆ นอกจากจะพิจารณาถึง วัย ขนาด ชนิด และสภาวะแวดล้อม ปริมาณความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำยังแตกต่างกันไปตามอุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนในน้ำ ซึ่งมีผลต่อการใช้โปรตีนของสัตว์น้ำเป็นอย่างมาก เพราะ อุณหภูมิ และออกซิเจนในน้ำ จะช่วยเร่งอัตราการเผาผลาญอาหาร ขณะเดียวกันอาหารที่มีโปรตีนมากเกินไป นอกจากจะทำให้สัตว์น้ำไม่เจริญเติบโต อันเนื่องจากต้องสูญเสียพลังงานในกระบวนการดีอะมิเนชัน (deamination) ภายในร่างกายของสัตว์น้ำโดยตรง สารประกอบไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายลงไปในน้ำจะทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมลง เป็นผลให้ปลาเบื่ออาหาร การใช้ประโยชน์จากอาหารได้น้อย และอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ดังนั้นปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาคือ ปริมาณโปรตีนซึ่งน้อยที่สุดที่ทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตดีที่สุด (เวียง, 2528) นอกจากนี้การใช้ประโยชน์ของโปรตีนในสัตว์น้ำจะขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ สิ่งแวดล้อม คุณภาพของโปรตีน ระดับโปรตีนที่เหมาะสม พลังงานที่มีในอาหาร ชนิดของแหล่งพลังงาน และปริมาณอาหารที่ปลากิน (Steffens, 1981)

ในการใช้โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต ไม่เพียงแต่สัตว์ น้ำจะต้องได้รับโปรตีนจากอาหารประจำวันในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการเท่านั้น อาหารจะต้องมีพลังงานเพียงพอกับความ ต้องการของสัตว์น้ำด้วย ในกรณีที่อาหารมีระดับโปรตีนสูงเพียงพอกับความต้องการแต่มีพลังงานต่ำ อาหารนั้นก็จะไม่ทำให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตเหมือนอย่าง ที่ปรากฏกับปลากดหลวง (Mangalik, 1986) ทั้งนี้เพราะโปรตีนจะต้องถูกเปลี่ยนสภาพเป็นพลังงานเสริมกับพลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรต ผลจากการเปลี่ยนโปรตีนเป็นพลังงานทำให้จำเป็นต้องเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารให้สูงขึ้น (NRC, 1981; 1983) และการเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารทำให้เกิดสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นพิษในร่างกายของสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยเหตุนี้ อาหารจึงควรมีโปรตีนและพลังงานในสัดส่วนที่เหมาะสม มีรายงานว่าอาหารสัตว์น้ำควรมีพลังงาน 8-9 กิโลแคลอรีต่อโปรตีน 1 กรัม (Lim and Dominy, 1989)

เนื่องจากระดับโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างดังกล่าวแล้วข้างต้น ระดับโปรตีนในอาหารสำหรับสัตว์น้ำที่นิยมเลี้ยงจึงแตกต่างกัน ค่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารควร ประเมินจากการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ตาม หลักการและวิธีการของ Almquist (1972) โดยที่ Pandian (1987) ได้อาศัยหลักการ และวิธีการ

ดังกล่าวประเมินหาค่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสัตว์น้ำทั่วไป และสรุปว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารสำหรับปลากินพืช ปลากินพืชและสัตว์ และกุ้งก้ามกรามมีค่าเท่ากัน คือ 20 – 30% สำหรับปลากินเนื้อ 30-40% และกุ้งทะเล 40-50% โดยเฉพาะปลากะรังมีระดับโปรตีนในอาหารเท่ากับ 40 - 50%

แหล่งโปรตีนของอาหารปลา

อาหาร เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อความสำเร็จในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่า ในการเลี้ยงปลา อาหารเป็นต้นทุนที่สูงที่สุดคือประมาณ 50-70 % ของต้นทุนทั้งหมด (Blyth and Dodd, 2002; Kongkeo and Phillips, 2002) ทั้งนี้มีโปรตีนเป็นสารอาหารหลักที่จำเป็น และราคาแพง

ปลาป่นถือเป็นวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของโปรตีนหลักที่มีการใช้อย่างกว้างขวางในองค์ประกอบของอาหารสัตว์น้ำ เพราะมีกรดอะมิโนสูงโดยเฉพาะ ไลซีน เมทไธโอนีน และมีความสมดุล ปลาป่นจะช่วยเพิ่มไลซีน และเมทไธโอนีนให้กับวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีนจากพืช เช่น ข้าวโพดถั่วเหลือง วัตถุดิบเหล่านี้มักจะมีเมทไธโอนีน ซีสตีนิ และไลซีนต่ำ ปลาป่นมีแร่ธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส แคลเซียม ทองแดง สังกะสี แมงกานีส ไอโอดีน และวิตามิน เช่น วิตามินเอ ดี บี 12 ปีรวม ในปริมาณที่มากพอ นอกจากนี้ยังมี unidentified growth factor ซึ่งนักโภชนาการจัดว่าเป็นองค์ประกอบของโภชนะที่สำคัญ (ทศนีย์, 2546) นอกจากนี้ปลาป่นยังเป็นแหล่งน้ำมันที่อุดมด้วยกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำ ได้แก่กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด n-3 HUFA อีกด้วย คุณภาพของปลาป่นที่ใช้ในอาหารจึงมีบทบาทสำคัญที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของอาหารนั้น และปลาป่นจะมีคุณภาพแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดของวัตถุดิบ คุณภาพของวัตถุดิบ และกรรมวิธีการผลิต ปลาป่นที่มีคุณภาพดีนั้นสัตว์น้ำจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตได้สูงสุด และมีสุขภาพดี ส่วนปลาป่นที่มีคุณภาพต่ำมีผลทำให้ อัตราการเจริญเติบโตช้า อัตรารอดตายต่ำ และอัตราแลกเนื้อสูง (จوزهดี และคณะ, 2540) อัตรา และคณะ (2547) ได้ทำการศึกษาถึงผลของคุณภาพปลาป่นในอาหารต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของปลากะรังดอกแดง โดยการใช้ปลาป่นต่างชนิดกัน (จำนวน 4 สูตรอาหารเม็ดแห้ง) คือ ปลาป่นเกรด 1 ปลาป่นเกรด 2 ปลาป่นที่ผลิตจากส่วนเหลือของการทำซูริมิ และปลาป่นที่ผลิตจากส่วนเหลือจากการแปรรูปปลาทูน่า เป็นแหล่งโปรตีนเพียงแหล่งเดียวในอาหารเลี้ยงปลากะรังดอกแดงที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 1.33 กรัม เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ปลากะรังดอกแดงที่ได้รับอาหารสูตร 1 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าปลากะรังดอกแดงที่ได้รับ อาหารสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ และสรุปว่าปลาป่นเกรด 1 มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลากะรังดอกแดงมากที่สุด

อุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์และความต้องการวัตถุดิบ

อุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์เป็นอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตผลการเกษตรประเภทหนึ่งที่ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากทางเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งในด้านการก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่วัตถุดิบ รวมทั้งเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดการจ้างงานขึ้นในท้องถิ่นเป็นจำนวนมาก

สำหรับประเทศไทยวิกฤตการณ์วัตถุดิบอาหารสัตว์เริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ปี 2535 เป็นต้นมา วิกฤตของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เกิดขึ้นหากไม่ได้รับการแก้ไขหรือผ่อนคลายเป็นให้เบาบางลง ก็เป็นที่แน่นอนว่า จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น แนวโน้มความต้องการวัตถุดิบประเภทโปรตีนยังคงเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ด้านการผลิตในประเทศยังขยายตัวไม่ทันกับความต้องการ เช่น กากถั่วเหลือง การผลิต ภายในประเทศ ลดลงร้อยละ 6 เหลือ 273,000 ตัน ในปี 2535 (ธนาคารไทยพาณิชย์, 2535) ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้ยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศอีก 633,868 ตัน มีมูลค่า 4,071 ล้านบาท ในปี 2535 (กรมเศรษฐกิจพาณิชย์, 2535)

จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์ มีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้น ในปี 2535 เป็นต้นมา เนื่องจากการขยายตัวของการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งมีราคาเนื้อสัตว์เป็นสิ่งจูงใจ แต่ในระยะยาวแล้ว การเลี้ยงสัตว์การเลี้ยงสัตว์และอุตสาหกรรมอาหารสัตว์จะไม่ขยายตัวมากนัก โดยเฉพาะผู้ประกอบการรายย่อย ทั้งนี้เพราะผู้ประกอบการรายย่อย ประสบปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ ปัญหาที่ดินราคาสูง ไม่คุ้มกับการลงทุน ปัญหาการแข่งขันระหว่างโรงงานอาหารสัตว์ด้วยกันเอง จากปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้อง ปรับตัวในการแสวงหาวัตถุดิบอาหารสัตว์ให้มากขึ้น ผู้เลี้ยงสัตว์ต้องหาช่องทางผลิตอาหารสัตว์ใช้ในฟาร์มของตนเอง เนื่องจากต้นทุนจะถูกกว่าการซื้ออาหารสัตว์สำเร็จรูป และให้ความสำคัญกับการจัดการในการเลี้ยง และการให้อาหาร

และในปัจจุบันนี้เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่า มีราคาสูงมากขึ้น เนื่องจากปัญหาในเรื่องของวัตถุดิบดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้น ถ้าหากสามารถหาแหล่งของวัตถุดิบที่สามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหาร ก็จะเป็นการช่วยเหลืออุตสาหกรรมการเลี้ยงปลาของประเทศไทยได้

แหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารสัตว์น้ำ

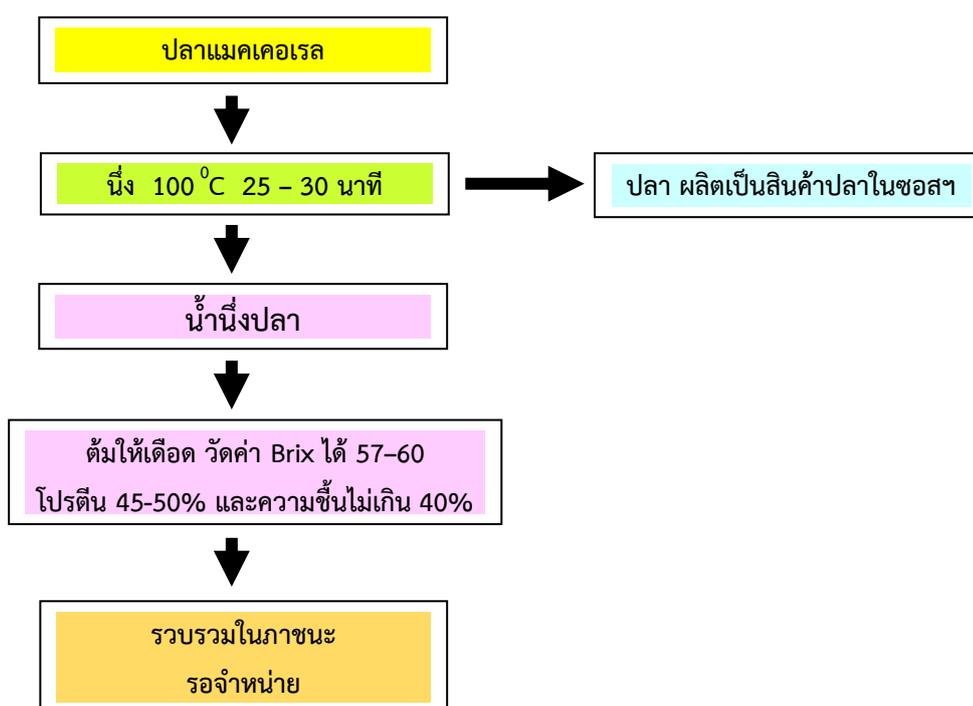
ด้วยเหตุของปัญหาแหล่งโปรตีนที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ จึงเป็นเหตุให้นักวิจัยอาหารสัตว์น้ำหันมาศึกษา และพยายามที่จะนำวัตถุดิบจากแหล่งโปรตีนอื่นที่หาได้ง่ายและราคาถูกกว่ามาใช้ หรือวัตถุดิบเหลือใช้จากกิจการต่าง ๆ ที่หาได้ง่ายมาทดแทนเป็นบางส่วน ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำเพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะเศษวัตถุดิบเหลือใช้ เช่น น้ำนึ่งปลาจากโรงงานผลิตปลากระป๋อง ทดแทนโปรตีนในอาหารปลาตุ๊กกลมผสม (สุทิน และวิจิต, 2547) การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีน และพลังงานทดแทนในอาหารปลานิล (นิรุทธิ์, 2544) กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (วัฒนา และคณะ, 2552) นอกจากนี้ พัทรี (2553) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาใช้หอยเชอรี่เป็นแหล่งโปรตีนหลักในการผลิตอาหารปลาช่อน ซึ่งหอยเชอรี่ที่นำมาใช้มีระดับโปรตีน 56.25 เปอร์เซ็นต์ ทดลองเลี้ยงปลาช่อนด้วยอาหารที่มีหอยเชอรี่เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 0, 15, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในบ่อดินขนาด 3x3x1 เมตร โดยทุกสูตรอาหารมีระดับโปรตีน 35-38 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้เนื้อหอยเชอรี่ทดแทนปลาป่น สามารถใช้เลี้ยงปลาช่อนได้ทุกขนาดในสัดส่วนทดแทนปลาป่นได้

ไม่เกินร้อยละ 15 โดยน้ำหนักและส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารต่ำลง

การผลิตปลาทุ่นกระป๋อง

อาหารทะเลกระป๋อง เป็นผลิตภัณฑ์ประมงที่สำคัญอีกประเภทหนึ่ง ที่สามารถส่งออกนํารายได้เข้าประเทศเพิ่มขึ้นทุกปีโดยในปี 2535 มีมูลค่ากว่า 24,400 ล้านบาท (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2535) ในปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานอาหารทะเลกระป๋องประมาณ 50 โรงงาน ในจำนวนนี้เป็นโรงงานผลิตปลาทุ่นกระป๋องประมาณ 20 โรงงาน โดยมีกำลังผลิตรวม 360,000 ตัน/ปี (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2535) ทั้งหมดนี้จะมีปริมาณของเหลือใช้ทั้งสิ้น 291,150 ตัน/ปี ดังนั้นการนำของเหลือดังกล่าวมาผลิตเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์น้ำจึงน่าจะเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้ประกอบการ จากกระบวนการแปรรูปปลาทุ่นบรรจุกระป๋อง ก่อให้เกิดวัสดุเศษเหลือ ซึ่งวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวนำไปผลิตเป็นน้ำนึ่งปลา โดยมีขั้นตอนในการผลิตดังนี้

ขั้นตอนการผลิตน้ำนึ่งปลา



หมายเหตุ : ปลาแมคเคอเรล ได้แก่ ปลาทุ่นแขก ปลาทุ่นปลาลัง ปลาซาบะ

วัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทุ่นบรรจุกระป๋อง

การผลิตปลาทุ่นบรรจุกระป๋อง มีวัสดุเศษเหลือทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็ง โดยวัสดุเศษเหลือของแข็ง คือ เครื่องใน เศษเนื้อและหนัง หัวและก้าง สำหรับวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว คือ เลือดปลา น้ำนึ่งปลา วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งส่วนใหญ่ใช้ทำเป็นปลาป่นเพื่อนำไปเลี้ยงสัตว์ แต่

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวจะปล่อยทิ้ง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากยังมีสารประกอบอินทรีย์อยู่สูง (Prasertsan *et al.*, 1988) โดยเฉพาะน้ำนึ่งปลาทูลา พบว่ามีไขมันและโปรตีนโดยเฉลี่ยร้อยละ 0.41 และ 6.54 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) (Sanguandeeikul *et al.*, 1992) การนำน้ำนึ่งปลาทูลามาใช้ประโยชน์ก็จะเป็นการเพิ่มมูลค่าและลดต้นทุนการบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนลดมลภาวะจากกระบวนการผลิต น้ำนึ่งปลาทูลามีปริมาณสารอินทรีย์ต่างๆ อยู่ในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะโปรตีนและไขมัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของปลาที่ใช้ ได้แก่ เพศ อายุ ฤดูกาลที่จับ ความแตกต่างในเรื่องการปฏิบัติหลังจับ การเก็บรักษาและกระบวนการแปรรูป (Besedits and Netzer, 1982)

การใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งที่ออกจากขบวนการผลิต

จากการศึกษาวิจัยผลของการใช้เนื้อโปรตีนจากน้ำทิ้งของโรงงานผลิตปลาทูลากระป๋อง ในอาหารสัตว์น้ำ สุทิน และ วิจิต (2547) ได้ทำการทดลองใช้ตะกอนน้ำนึ่งปลา ในอาหารเลี้ยงปลาตุ๊ก ลูกผสม เพื่อเป็นสารแต่งกลิ่นชวนกินอาหาร โดยใช้ตะกอนน้ำนึ่งปลาที่มีองค์ประกอบทางโภชนะ สูง (โปรตีน 28.33%, ไขมัน 2.10%, ความชื้น 44.70%) เป็นวัตถุดิบผสมในอาหารทดลอง 5 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15 และ 20% อาหารปลาแต่ละสูตรมีโปรตีน 33% และพลังงานที่ย่อยได้ 2,500 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ใช้เลี้ยงปลาตุ๊กลูกผสมซึ่งมีน้ำหนักเริ่มต้น 5 กรัม เป็นเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของปลาตุ๊กลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งมีตะกอนน้ำนึ่งปลา 10 % มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด ไม่ต่างจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม 0% และใช้น้ำนึ่งปลา 5% ($p>0.05$) ผู้วิจัยได้สรุปว่าสามารถใช้น้ำนึ่งปลาแต่งกลิ่นอาหารปลาตุ๊กลูกผสมได้ไม่เกิน 10% ของอาหาร นอกจากนี้ เจษฎา และ สุภาวดี (2553) ได้ทำการทดลองใช้น้ำนึ่งปลาจากการผลิตของโรงงานปลาทูลากระป๋องเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาสาวยเนื้อขาวที่แตกต่างกัน 11 ระดับคือ 0 - 100% อาหารปลาแต่ละสูตรมีโปรตีน 27% และพลังงานที่ย่อยได้ 2,500 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ใช้เลี้ยงปลาสาวยเนื้อขาว เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของสาวยเนื้อขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งมีน้ำนึ่งปลา 20 % มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด ต่างจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม 0% ($p<0.05$) ตลอดจนให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหารทดลองที่ดีที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

ส่วนในด้านการผลิตอาหารปลานิล ยังไม่มีรายงานว่ามีการใช้ เศษเหลือจากน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตปลาทูลากระป๋อง (น้ำนึ่งปลา) ในการผลิตอาหาร ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่ง ใน การที่จะนำเศษเหลือจากน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตปลาทูลากระป๋อง มาพัฒนาใช้เป็นส่วนผสม ในอาหาร เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตต่อไปในอนาคต รวมทั้งช่วยลดปัญหามลภาวะน้ำเสียจาก กระบวนการผลิตปลาทูลากระป๋องต่อสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย

การศึกษาผลของอาหารต่อการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา และองค์ประกอบเลือด

ในการศึกษาเกี่ยวกับอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาถึงผลของอาหารที่สัตว์น้ำได้รับต่อการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา และองค์ประกอบของเลือด เพื่อดูถึงการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างไปจากสภาวะปกติ ว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลเป็นไปในทางที่ดี หรือมีผลไปในทางลบ เช่น หลังจากการใช้อาหาร มีผลทำให้เนื้อเยื่อตับมีการเปลี่ยนแปลงแล้วส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง การศึกษาในเรื่องดังกล่าว จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสำเร็จในการใช้อาหารที่ผลิตขึ้นมาต่อประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตของ ปลาเพียงใด ซึ่ง ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้ในสัตว์น้ำหลายชนิด เช่น ในปลานิล (นิรุทธิ์, 2544) ในกุ้งก้ามกราม (วัฒนา และคณะ, 2557) ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาถึงผลของการใช้น้ำนิ่งปลาในอาหารต่อการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา และองค์ประกอบเลือดปลานิลด้วย เพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลประกอบในการผลิตอาหารลดต้นทุนโดยการผสมน้ำนิ่งปลาที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เลี้ยงปลานิลต่อไป

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) โดยศึกษา ระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารปลานิล ที่ต่างกัน 7 ระดับคือ 0, 5, 10, 15, 20, 30 และ 50 % และมีชุดการทดลองที่ใช้อาหารเม็ดปลานิลสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ที่มีขายตามท้องตลาดเป็นชุดการทดลองเปรียบเทียบ ดังนั้น มีชุดการทดลองทั้งสิ้น 8 ชุดการทดลอง (8 สูตรอาหาร) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 สูตรอาหารที่ไม่ใช้น้ำนึ่งปลา (สูตรควบคุม)
- ชุดการทดลองที่ 2 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 5 %
- ชุดการทดลองที่ 3 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 10 %
- ชุดการทดลองที่ 4 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 15 %
- ชุดการทดลองที่ 5 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 20 %
- ชุดการทดลองที่ 6 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 30 %
- ชุดการทดลองที่ 7 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 50 %
- ชุดการทดลองที่ 8 อาหารเม็ดปลานิลสำเร็จรูป

การเตรียมระบบเลี้ยง

ทำการทดลองเลี้ยงในกระชัง กระชังที่ใช้ทดลองเป็นกระชังลอยแบบไม่มีโครงขนาด 1.5x1.5x2 เมตร จำนวน 24 กระชัง ตามชุดการทดลอง ที่อยู่ในบ่อดินขนาด 1 ไร่ ของโครงการเลี้ยงปลาน้ำจืด คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีราชภัฏศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตัวกระชังเป็นอวนไนลอน สีดำขนาดตาเหยียด 2 ขนาด คือ 1 นิ้ว ซึ่งใช้เลี้ยงปลาทดลองในช่วง 3 เดือนแรก และขนาดตาอวน 1.2 นิ้ว ในช่วงการเลี้ยง 3 เดือนหลัง ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนกระชังเพื่อให้มีการถ่ายเทหมุนเวียนน้ำได้ดี และลดการอุดตัน เนื่องจากการเกาะของ ตะกอนเมื่อเลี้ยงปลาไปนาน ๆ ตัวกระชังจะผูกแขวนอยู่กับ โครงกระชัง ซึ่งใช้ท่อเหล็กแป้น้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 นิ้ว นำมาประกอบเป็นช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3.5x3.5 เมตร จำนวน 6 ช่องโดยมีท่อนโพนเป็นตัวพยุงให้ลอยน้ำ และปู ทางเดินด้วยไม้กระดาน กว้าง 40 เซนติเมตร เพื่อสะดวกในการเดินให้อาหาร ทำการชิงกระชังกับโครงกระชังช่องละ 4 กระชัง และใช้ท่อ PVC ขนาด 1 ทำเป็นกรอบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 1.5 x1.5 เมตรภายในใส่ทราย เพื่อให้มีน้ำหนักทำเป็นวัสดุถ่วงกันกระชัง เพื่อช่วยให้กระชังคงรูปอยู่ได้ (ภาพผนวกที่ 44 – 50)

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการทดลองในปลานิลขนาดประมาณ 3-4 นิ้ว โดยก่อนเริ่มทำการทดลอง จะนำลูกปลามาอนุบาลในบ่อซีเมนต์ขนาดความจุ้น้ำ 4 ตัน (1 x 4 x 1 เมตร) และให้อาหารสมทบ (สูตรควบคุม) ที่จะใช้เลี้ยงวันละ 2 ครั้ง จนกระทั่งลูกปลาเคยชินกับอาหารเม็ด เป็นระยะเวลา

10 วัน หลังจากนั้นสุ่มลูกปลาลงเลี้ยงใน กระชังทดลอง จำนวน 50 ตัว/กระชัง ทำการชั่งน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของปลา

การเตรียมอาหารทดลอง

นำน้ำนิ่งปลา และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต เพื่อนำค่าที่ได้มาสร้างเป็นสูตรอาหารทดลอง (ตารางที่ 15 และ 16) นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์หาชนิดของกรดอะมิโน และกรดไขมันในน้ำนิ่งปลา (ตารางที่ 5 และ 6) ส่วนอาหารทดลองที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทั้ง 7 สูตรนั้น ใช้วิธีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร ตามระดับที่กำหนดไว้ และกำหนดให้มีระดับโปรตีน และพลังงานเท่ากับทุกชุดการทดลอง (สูตรอาหาร) โดยให้มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ (กำหนดตามรายงานของ นิรุทธิ์, 2544) ไขมันไม่น้อยกว่า 8% และระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหาร (DE) ในสูตรอาหาร ไม่ต่ำกว่า 3,300 Kcal/kg การปรับระดับพลังงานในอาหาร ใช้การเติมน้ำมันปลา และน้ำมันพืช (ในสัดส่วน 1:1) ค่าพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารคำนวณโดยใช้ค่าต่างๆ ซึ่งประยุกต์มาจากค่าที่ใช้ในปลานิล คือ 4.4 Kcal/g สำหรับโปรตีน 9.0 Kcal/g สำหรับไขมัน และ 3.7 Kcal/g สำหรับคาร์โบไฮเดรต (Stickney, 1979) อาหารทดลองทั้ง 7 สูตร ใช้วัตถุดิบ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด ปลาขี้ขาว ข้าวโพดป่น น้ำมันปลา น้ำมันพืช วิตามิน แร่ธาตุผสม และ สารเหนียว ผสมกับน้ำนิ่งปลาในอาหารเหมือนกันทุกสูตร แต่มีปริมาณแตกต่างกันตามชุดการทดลอง

ตารางที่ 15 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารปลานิล

วัตถุดิบ	โปรตีน	ไขมัน	ความชื้น	เถ้า	เยื่อใย
ปลาป่น	57.11	7.97	5.31	17.43	-
กากถั่วเหลือง	46.01	1.32	8.99	7.35	7.43
น้ำนิ่งปลา	45.15	14.45	45.60	8.11	-
ข้าวโพด	7.36	4.72	8.95	2.62	2.2
ปลาขี้ขาว	6.75	0.27	12.59	0.38	0.51
รำละเอียด	13.5	14.62	7.61	7.4	6.71

หมายเหตุ : - ราคาวัตถุดิบอาหาร ปลาป่น 32 บาท/กก., รำละเอียด 10.50 บาท/กก., กากถั่วเหลือง 15 บาท/กก., น้ำนิ่งปลา 18 บาท/กก., ปลาขี้ขาว 10 บาท/กก., ข้าวโพด 9.20 บาท/กก., แอลฟา-สตาร์ช 35 บาท/กก., น้ำมันปลา 20 บาท/กก., น้ำมันพืช 40 บาท/กก., วิตามินรวม 90 บาท/กก., premix 70 บาท/กก.

ตารางที่ 16 สูตรอาหารปลานิลที่มีการทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ด้วยโปรตีนจากน้ำนิ่งปลา (%) ที่ได้จากการคำนวณ

วัตถุดิบอาหาร	การทดแทนโปรตีนจากปลาป่นด้วยโปรตีนจากน้ำนิ่งปลา (%)						
	0%	5%	10%	15%	20%	30%	50%
ปลาป่น	31.52	33.27	28.37	26.79	25.21	22.06	15.76
กากถั่วเหลือง	19.00	16.10	19.11	19.21	19.31	19.52	19.94
รำละเอียด	11.81	9.39	11.62	11.45	11.28	10.93	10.23
ปลายข้าว	11.81	9.39	11.62	11.45	11.28	10.93	10.23
ข้าวโพดป่น	11.81	9.39	11.62	11.45	11.28	10.93	10.23
น้ำนิ่งปลา	0.00	2.21	3.99	5.98	7.97	11.96	19.93
อัลฟาสตาร์ทซ์	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
น้ำมันพืช	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
น้ำมันปลา	4.55	5.66	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
วิตามินรวม	1.50	2.59	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
พรีมิกซ์	2.00	5.00	1.63	1.62	1.61	1.62	1.63
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
โปรตีน (%)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
GE (Kcal/kg)	4257.41	4263.27	4253.14	4243.82	4234.50	4215.05	4176.16
DE (Kcal/kg)	3112.33	3121.23	3121.00	3121.22	3121.43	3121.42	3121.40
ไขมัน (%)	12.63	12.79	12.92	13.05	13.18	13.44	13.96
ต้นทุนอาหาร/กก.	22.96	22.54	22.37	22.19	22.01	21.66	20.95

หมายเหตุ : * Premix (สารผสมล่วงหน้า) ประกอบด้วยวิตามินและแร่ธาตุในปริมาณ/อาหาร 1 กก.

ดังนี้

vitamin A 1,000 หน่วยสากลต่อมิลลิกรัม; vitamin D₃ 250 หน่วยสากลต่อมิลลิกรัม;
 vitamin E 5 หน่วยสากลต่อมิลลิกรัม; vitamin B₁ 2,000 มิลลิกรัม; vitamin B₂
 800มิลลิกรัม; vitamin B₆ 2,000 มิลลิกรัม; vitamin B₁₂ 1 มิลลิกรัม; vitamin C
 10,000 มิลลิกรัม; panthothenic acid 300 มิลลิกรัม; nicotinic acid 5,000
 มิลลิกรัม; folic acid 200 มิลลิกรัม; biotin 2 มิลลิกรัม; iron 500 มิลลิกรัม;
 zinc 7,000 มิลลิกรัม; manganese 800 มิลลิกรัม; selenium 10 มิลลิกรัม;
 lysine 15,000 มิลลิกรัม; methionine 3,000 มิลลิกรัม

ขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง

อาหารทดลอง (สูตรที่ 1 - 7) ที่เตรียมนั้นเป็นอาหารเม็ดจมน้ำ (sinking pellet feed) เตรียมอาหารเพียงครั้งเดียวตลอดการทดลองเพื่อให้มีการใช้น้ำนิ่งปลาที่มาจากการผลิตครั้งเดียวกัน และคุณภาพเหมือนกันในทุกสูตรอาหาร ตลอดจนป้องกันไม่ให้น้ำนิ่งปลาที่เกิดเชื้อรา เพราะถ้าหากทิ้งเอาไว้มากกว่า 1 เดือน เนื่องจากน้ำนิ่งปลาจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำไม่ได้มีการใส่สารป้องกันเชื้อรา

นำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว ซึ่งให้น้ำหนักตามที่คำนวณไว้ในแต่ละสูตร รวมทั้งวัตถุดิบที่เป็นของเหลว เช่น น้ำมัน โดยนำวัตถุดิบทั้งหมดมาผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงค่อย ๆ เติมน้ำมันลงไปทีละน้อย และเปิดเครื่องผสมอาหารเป็นเวลา 5 นาที แล้วค่อย ๆ เติมน้ำสะอาด เปิดเครื่องอีกครั้งนาน 10 นาที เมื่อวัตถุดิบอาหารผสมเข้ากันเป็นอย่างดี จึงนำเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหาร (Mincer) ที่มีหน้าแวนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4-6 มิลลิเมตร (ตามขนาดของปากปลา) จากนั้นนำไปอบที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้อบอาหารที่มีระบบการควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง (ภาพผนวกที่ 33 - 40) นำอาหารที่อบแห้งแล้ววางให้เย็น อาหารที่ผลิตแล้วบรรจุลงในถุงโพลีเอทิลีน และเก็บในถุงสีดำเพื่อป้องกันแสง เก็บรักษาใน ห้องเย็นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการใช้งาน นำอาหารทุกสูตรมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้น ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1990) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกซ์ , nitrogen free extract, NFE) คำนวณได้จากสูตร $100 - (\text{ความชื้น} + \text{โปรตีน} + \text{ไขมัน} + \text{เถ้า} + \text{เยื่อใย})$ (ภาพผนวกที่ 41 - 43) ตลอดจนทำการวิเคราะห์หาชนิดของกรดอะมิโน และกรดไขมัน (ตารางที่ 17 และ ตารางผนวกที่ 3 และ 4)

การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

อาหารและการให้อาหาร

ให้อาหารทั้ง 8 สูตร ในทุกกระชังทดลองตามแผนการทดลองด้วยอาหารเม็ดทั้ง 8 สูตร ตามที่กล่าวไว้ในข้อ 1 และจะให้อาหารทุกวัน ไม่เกิน 10% ของน้ำหนักตัว แบ่งให้วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) ในช่วงเวลาประมาณ 08.00 น. และ 16.00 น. ให้จนปลากินอิ่ม (Satiation) โดยสังเกตจากการที่ปลาไม่ขึ้นมาสูบอาหาร จะไม่ให้เพื่อเหลือ เพื่อให้ค่าที่ได้จะใกล้เคียงความเป็นจริง บันทึกน้ำหนักอาหารที่ปลากิน เพื่อใช้ในการคำนวณหา ค่าอัตราการแลกเนื้อ (FCR) ต่อไป

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารปลานิลทดลอง (ค่าเฉลี่ย \pm SD)

สูตรอาหาร	Percent on received basis					
	Protein	Fat	Moisture	Ash	Crude fiber	NFE
1 (0%)	29.78 \pm 0.09	12.32 \pm 0.16	6.31 \pm 0.13	11.40 \pm 0.06	4.49 \pm 0.28	35.70 \pm 0.26
2 (5%)	30.48 \pm 0.04	12.42 \pm 0.28	6.46 \pm 0.10	12.42 \pm 0.07	3.40 \pm 0.25	34.82 \pm 0.18
3 (10%)	30.42 \pm 0.15	15.75 \pm 0.18	5.69 \pm 0.12	11.56 \pm 0.10	5.38 \pm 0.19	31.20 \pm 0.19
4 (15%)	30.19 \pm 0.22	15.58 \pm 0.28	5.48 \pm 0.18	11.12 \pm 0.13	3.46 \pm 0.23	34.17 \pm 0.31
5 (20%)	30.98 \pm 0.14	17.40 \pm 0.14	6.25 \pm 0.09	10.52 \pm 0.08	3.67 \pm 0.17	31.18 \pm 0.23
6 (30%)	30.55 \pm 0.29	15.61 \pm 0.17	8.36 \pm 0.21	10.37 \pm 0.10	2.80 \pm 0.15	32.31 \pm 0.14
7 (50%)	31.45 \pm 0.06	16.31 \pm 0.25	8.75 \pm 0.20	10.63 \pm 0.09	2.52 \pm 0.19	30.34 \pm 0.20
8(อาหารเม็ด)	29.84 \pm 0.23	5.67 \pm 0.20	11.63 \pm 0.18	10.73 \pm 0.06	10.20 \pm 0.20	31.93 \pm 0.24

หมายเหตุ : ในวงเล็บคือ ระดับการทดแทนโปรตีนจากปลาปนด้วยโปรตีนจากน้ำนิ่งปลา (%)

การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ทำการสุ่มตัวอย่างปลา นิลจากทุกชุดการทดลอง จำนวน 10 ตัว/กระชัง ทำการชั่งน้ำหนักพร้อมตรวจนับอัตราการรอดตาย ทุก ๆ 1 เดือน ตลอดการเลี้ยง 8 เดือน (ภาพผนวกที่ 51 – 56) และนำมาศึกษาการเจริญเติบโต (ในรูปค่าเฉลี่ยของข้อมูล) นำมาคำนวณค่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate: SGR, % ต่อวัน) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %) อัตราการรอดตาย (survival rate, %) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (PER) โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากินทั้งหมด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักปลาทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}$$

$$\text{น้ำหนักปลาทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น} = \text{น้ำหนักปลาทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}$$

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, \% \text{ ต่อวัน})}$$

$$= \left(\frac{\ln \text{ น.น. ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{ น.น. ปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{ระยะเวลา (วัน)}} \right) \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, \%)}$$

$$= \left(\frac{\text{น.น. ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น.น. ปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}}{\text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \right) \times 100$$

$$\text{อัตราการรอดตาย (survival rate, \%)} = \frac{\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน (กรัม)}}$$

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่างโดยการสุ่มเก็บเนื้อเยื่อตับ จากตัวอย่างปลานิลของทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ตัว มาแช่ในสารละลายฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปผ่านกรรมวิธีเตรียมเนื้อเยื่อของ Humason (1972) เนื้อเยื่อตับถูกตัดให้มีขนาดหนา 3-4 ไมโครเมตร ย้อมด้วยสี Hematoxylin Eosin (HE) (Bancroft, 1967) จากนั้นนำตัวอย่างไปศึกษา เปรียบเทียบ ด้วยกล้องจุลทรรศน์

การศึกษาค่าองค์ประกอบเลือดของปลาทดลอง

สุ่มปลานิลจากทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 9 ตัว ทำการสลบปลาด้วยยาสลบ MS-222 (tricaine methanesulfonate) และเจาะเลือดจากเส้นเลือดบริเวณ บริเวณหาง (caudal vessel) โดยใช้ไซริงค์ขนาด 2 ml และเข็มเบอร์ 25 ใช้เฮพาริน 4 mg/ปริมาตรเลือด 1 ml เป็นตัวป้องกันการแข็งตัวของเลือด (ภาพผนวกที่ 57 – 64) เพื่อศึกษาค่าองค์ประกอบเลือดของปลานิล ได้แก่

ศึกษาค่าองค์ประกอบของเม็ดเลือดปลา (blood-cell component)

1. ฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) โดยใช้วิธี cyanmet-haemoglobin ของ Larsen and Snieszko (1961)
2. ฮีมาโตคริต (Haematocrit) โดยวิธีดัดแปลงจาก Blaxhall and Daisley (1973)
3. จำนวนเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาว (Blood cell count) นับจำนวนเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาว (Blood cell count) ตามวิธีการของ Blaxhall and Daisley (1973)

ศึกษาค่าองค์ประกอบทางเคมีของเลือดปลา (blood chemistry)

1. ศึกษาโปรตีนในพลาสมา (plasma protein) โดยวิธีดัดแปลงจาก Lowry *et al.* (1951)

การศึกษาค่าองค์ประกอบทางเคมีของตัวปลาทดลอง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการ สุ่มตัวอย่างปลานิลจากทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ตัว มาทำการวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้า ตามวิธีการ AOAC (1990)

การศึกษาต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลานิล (unit feeding cost) โดยสมการ

$$\text{ต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ปลากินทั้งหมด (กก.)} \times \text{ราคาอาหาร (บาท)}}{\text{น้ำหนักปลาทั้งหมด (กก.)}}$$

การศึกษาคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทุก ๆ 2 สัปดาห์ เวลา 14.00 น. ตลอดการทดลอง โดยดัชนีที่จะใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำประกอบด้วย ความเค็ม อุณหภูมิน้ำวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท , ความเป็นกรด - ด่างของน้ำ (pH) ด้วย pH meter, ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (วัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบดิจิทัล YSI Model 650 MDS), ความเป็นต่างของน้ำ (ด้วยวิธีการ Titration), แอมโมเนียรวม และไนโตรเจน (Strickland and Parsons, 1972)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาหาค่า อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนแปลงอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิต ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) แบบทางเดียว (One Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลอง ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test: DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

ทำการทดลอง ณ คณะวิ ทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ในปีงบประมาณ 2557

ผลการวิจัย

การทดลองใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารที่ใช้เลี้ยง ปลานิล ระดับต่าง ๆ กัน 7 ระดับ (สูตรอาหาร) คือ 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50 เปอร์เซ็นต์ และสูตรที่ 8 (อาหารเม็ดสำเร็จรูป) เป็นสูตรเปรียบเทียบ เป็นระยะเวลา 8 เดือน ให้ผลการทดลอง ดังนี้

การเจริญเติบโต

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลานิล ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 8 สูตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง 8 เดือน พบว่า ปลานิลจากทุกชุดการทดลอง มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการเลี้ยง (ดังแสดงในตารางที่ 18 ภาพที่ 3 และภาพที่ 4) ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 18.43 ± 3.13 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งปลานิลในทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ตั้งแต่เริ่มทำการทดลองเลี้ยงไปจนถึงการเลี้ยงในเดือนที่ 3 และน้ำหนักต่อตัวเฉลี่ยเริ่มมีความแตกต่างกันตั้งแต่เดือนที่ 4 ไปจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 8 ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาแต่ละระดับ ของการใช้น้ำนึ่งปลา ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารที่ใช้เลี้ยง ปลานิล พบว่า ในเดือนที่ 4 ปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (20 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงที่สุด (127.76 ± 3.69 กรัม) ไม่แตกต่างอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4, 1, 6, 8, 7 และ 3 (10 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 125.59 ± 3.77 , 125.38 ± 3.39 , 124.49 ± 4.35 , 123.89 ± 5.50 , 117.74 ± 5.32 และ 117.47 ± 4.14 กรัม ตามลำดับ แต่ปลานิลที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตรดังกล่าวมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (5 เปอร์เซ็นต์) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวต่ำที่สุด เท่ากับ 104.58 ± 6.44 กรัม และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 8 พบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (20 เปอร์เซ็นต์) ยังคงมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด (235.06 ± 4.03 กรัม) และมีน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 4, 6 และ 7 ตามลำดับ ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 231.26 ± 4.64 , 226.56 ± 5.43 , 225.92 ± 5.60 และ 223.64 ± 4.81 กรัม แต่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวแตกต่างจากปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 8 และ 3 ตามลำดับ ($p < 0.05$) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 214.03 ± 8.38 และ 207.50 ± 6.79 กรัม ตามลำดับ โดยปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (5 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวต่ำที่สุด ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย ต่อตัว เท่ากับ 190.90 ± 8.31 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับปลานิลทุกชุดการทดลอง

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต (%SGR : %/วัน) อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ของปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 8 สูตร ที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นใน สูตรอาหาร ระดับแตกต่างกัน คือ 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 8 เดือน แสดงดังตารางที่ 8 พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของ ปลานิล ชุดการทดลองที่ใช้ อาหาร สูตรที่ 5 (ใช้น้ำนิ่งปลา ทดแทน ที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด ($1,167.20 \pm 95.48$ เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 4, 6, 7, 8 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น เท่ากับ $1,126.13 \pm 81.14$, $1,113.32 \pm 123.16$, $1,112.10 \pm 41.10$, $1,110.33 \pm 124.63$, $1,101.24 \pm 94.46$ และ $1,051.61 \pm 56.77$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างอย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ปลานิลที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตรที่กล่าวมา มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูง กว่าปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 ซึ่งใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นใน สูตรอาหารที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (5 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น ต่ำที่สุด ซึ่งมี น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 736.59 ± 65.22 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 19)

ผลการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%SGR : %/วัน) ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 8) โดยชุดการทดลองที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (ใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีน จากปลาป่นในอาหาร 20 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะสูงที่สุด (1.05 ± 0.06 %/วัน) สูงกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่ใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น สูตรอาหารที่ 1, 4, 6, 7, 8 และ 3 ตามลำดับ แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีน้ำอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ เท่ากับ 1.04 ± 0.03 , 1.03 ± 0.01 , 1.03 ± 0.04 , 1.03 ± 0.07 , 1.03 ± 0.07 และ 1.01 ± 0.03 %/วัน ตามลำดับ แต่ปลานิลที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตรที่กล่าวมา มี อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะสูงกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 ซึ่งใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นใน สูตรอาหาร ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (5 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำที่สุด ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 0.88 ± 0.07 %/วัน (ตารางที่ 19)

อัตราการรอดตายของ ปลานิลที่ได้รับอาหาร ทดลองทั้ง 8 สูตร ที่มีการใช้น้ำนิ่งปลา ทดแทน โปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหารระดับแตกต่างกัน คือ 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่า มีอัตราการ รอดตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีอัตราการรอดตายอยู่ระหว่าง 94.67 ± 4.16 - 98.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ โดยปลานิลที่ใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารสูตรที่ 1, 5 และ 6 มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด (98.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์) ส่วนชุดการทดลองสูตรที่ 2 และ 4 (ใช้น้ำนิ่ง

ปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหาร 5 และ 15 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการรอดตายต่ำที่สุด เท่ากับ 94.67 ± 4.16 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 19)

สำหรับอัตราการรอดตายของ ปลานิลที่ได้รับอาหาร ทดลองทั้ง 8 สูตร ในแต่ละช่วงเวลาที่มีการทดลอง ซึ่งได้ทำการนับอัตราการรอดตายของปลานิลทุก ๆ เดือนที่มีการสู่มวัดการเจริญเติบโต โดยตลอดการทดลองพบว่าอัตราการรอดตายเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาแต่ละเดือนของทุกชุดการทดลอง (ทุกสูตรอาหาร) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีอัตราการรอดตาย ลดลงตามระยะเวลาของการเลี้ยงที่เพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ระหว่าง $100.00 \pm 0.00 - 94.67 \pm 4.16$ เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 20)

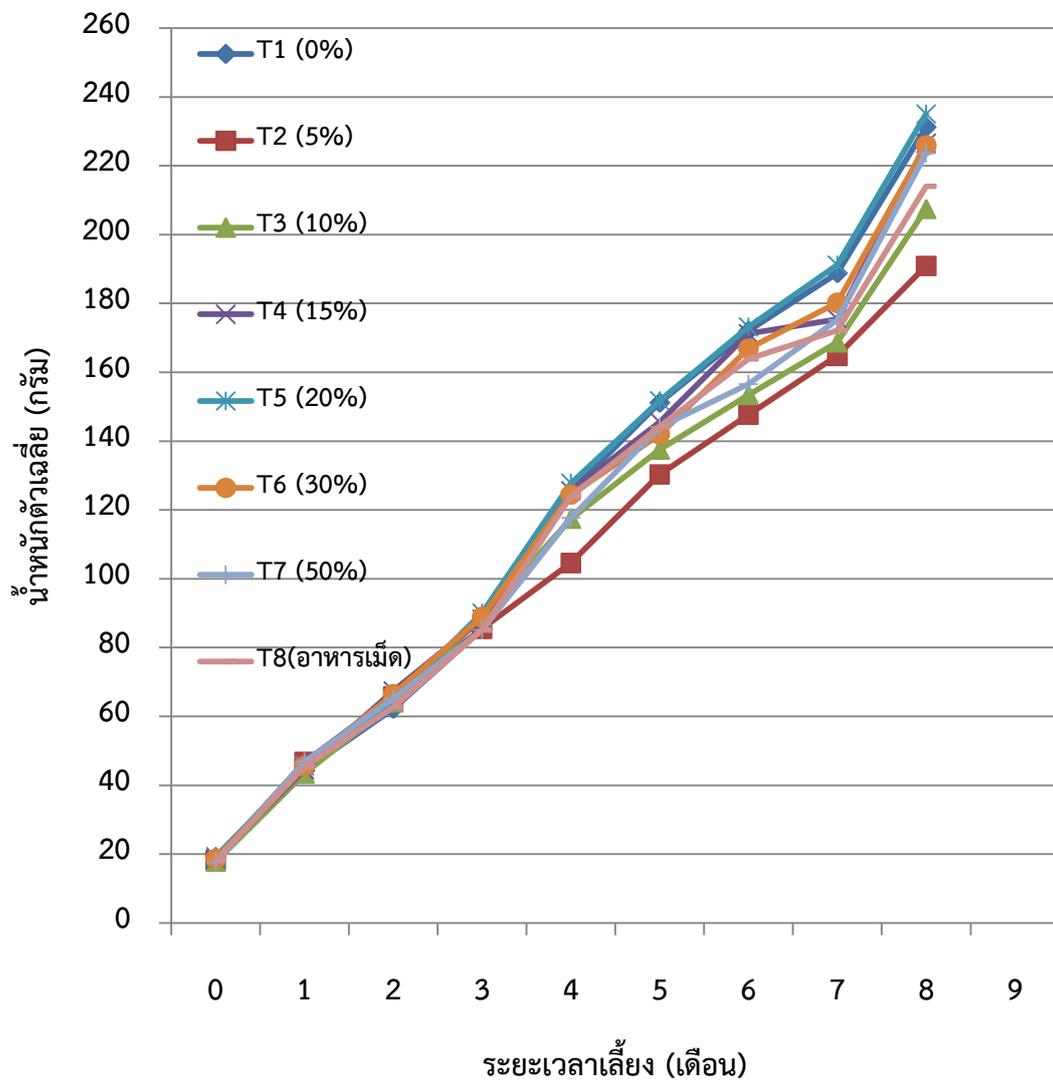
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของ ปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 8 สูตร ที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหารระดับแตกต่างกัน คือ 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของ ปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 8 สูตร มีค่าอยู่ระหว่าง $1.23 \pm 0.27 - 2.20 \pm 0.16$ โดยปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 5 (ใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร 20 เปอร์เซ็นต์) มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงที่สุด (2.20 ± 0.16) สูงกว่าปลานิลที่ใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารสูตรที่ 1, 4, 6, 3, 8 และ 7 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน เท่ากับ 2.13 ± 0.64 , 2.10 ± 0.08 , 2.02 ± 0.11 , 1.82 ± 0.22 , 1.78 ± 0.51 และ 1.70 ± 0.13 ตามลำดับ ส่วนปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (5 เปอร์เซ็นต์) มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.23 ± 0.27 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5, 1, 4 และ 6 ตามลำดับ แต่มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3, 8 และ 7 ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 18 การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของปลานิล ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร ระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 8 เดือน

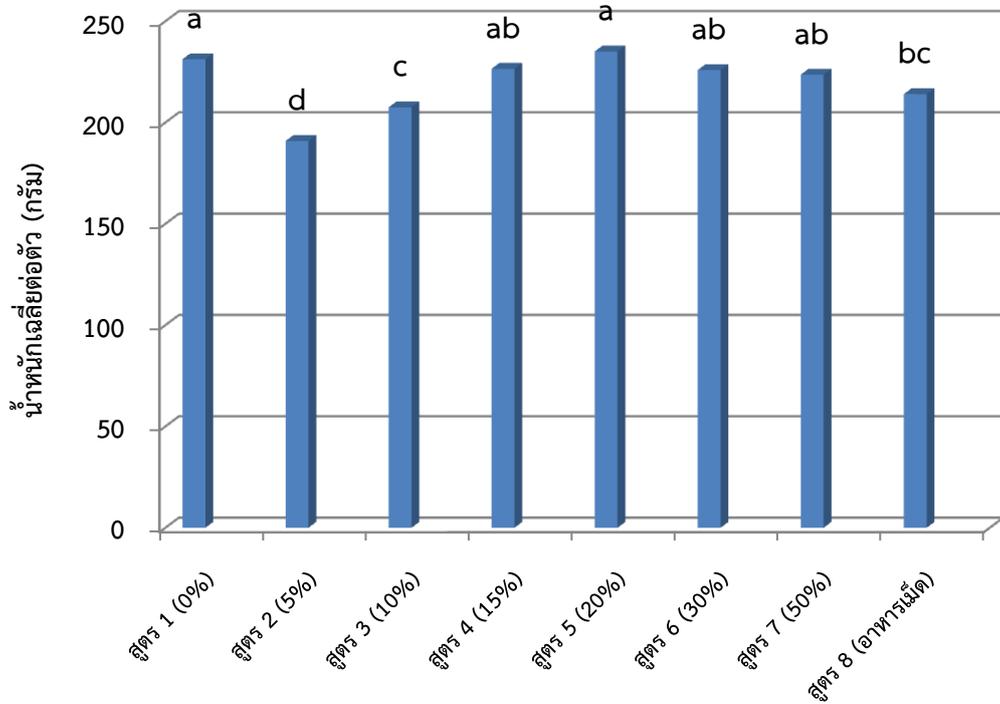
ระยะเวลา (เดือน)	สูตรอาหาร							
	1 (0 %)	2 (5 %)	3 (10 %)	4 (15 %)	5 (20 %)	6 (30 %)	7 (50 %)	8 (อาหารเม็ด)
เริ่มทดลอง	19.08±5.31 ^a	18.21±4.75 ^a	17.82±3.93 ^a	18.61±3.78 ^a	19.23±4.75 ^a	18.64±3.78 ^a	17.68±4.08 ^a	18.20±4.79 ^a
1	44.35±4.98 ^a	46.77±4.85 ^a	43.43±2.67 ^a	44.57±4.53 ^a	45.61±5.11 ^a	45.64±5.20 ^a	46.79±5.16 ^a	45.37±2.84 ^a
2	62.20±4.75 ^a	65.80±3.44 ^a	64.12±3.50 ^a	67.41±5.88 ^a	64.65±5.70 ^a	66.52±3.43 ^a	65.20±2.84 ^a	62.73±3.83 ^a
3	85.36±7.25 ^a	85.48±3.08 ^a	88.85±5.90 ^a	88.28±9.70 ^a	90.06±9.34 ^a	88.96±6.77 ^a	85.17±5.46 ^a	85.11±5.51 ^a
4	125.38±3.39 ^a	104.58±6.44 ^b	117.47±4.14 ^a	125.59±3.77 ^a	127.76±3.69 ^a	124.49±4.35 ^a	117.74±5.32 ^a	123.89±5.50 ^a
5	151.17±7.40 ^a	130.35±5.75 ^b	137.56±4.96 ^{ab}	145.49±5.15 ^{ab}	151.75±6.76 ^a	141.91±3.21 ^{ab}	144.06±4.82 ^{ab}	144.26±8.53 ^{ab}
6	172.05±5.26 ^a	147.66±5.97 ^c	153.45±6.71 ^b	171.25±5.89 ^a	173.17±3.57 ^a	166.87±4.99 ^{ab}	156.55±4.96 ^b	163.89±6.99 ^{ab}
7	188.81±3.22 ^{ab}	164.79±4.05 ^c	168.71±5.73 ^c	175.44±7.27 ^{abc}	191.16±5.83 ^a	180.19±8.35 ^{abc}	175.20±4.06 ^{abc}	172.20±6.78 ^{bc}
8	231.26±4.64 ^a	190.90±8.31 ^d	207.50±6.79 ^c	226.56±5.43 ^{ab}	235.06±4.03 ^a	225.92±5.60 ^{ab}	223.64±4.81 ^{ab}	214.03±8.38 ^{bc}

หมายเหตุ :- ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวนอนโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)



ภาพที่ 3 การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของปลาชนิดที่ได้รับอาหาร ที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาปนระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 8 เดือน



ภาพที่ 4 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว (กรัม) ของปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาปนระดับต่าง ๆ กัน ในเดือนที่ 8 ของการทดลอง

ตารางที่ 19 น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาชนิดที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 8 เดือน

สูตรอาหาร	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%)	อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ (% ต่อวัน)	อัตราการรอดตาย (%)	ประสิทธิภาพ การใช้โปรตีน
1 (0 %)	19.08±5.31 ^a	231.26±4.64 ^a	1,126.13 ± 81.14 ^a	1.04 ± 0.03 ^a	98.00 ± 0.00 ^a	2.13 ± 0.64 ^a
2 (5 %)	18.21±4.75 ^a	190.90±8.31 ^d	736.59 ± 65.22 ^b	0.88 ± 0.07 ^b	94.67 ± 4.16 ^a	1.23 ± 0.27 ^b
3 (10 %)	17.82±3.93 ^a	207.50±6.79 ^c	1,051.61 ± 56.77 ^a	1.01 ± 0.03 ^a	96.00 ± 3.46 ^a	1.82 ± 0.22 ^{ab}
4 (15 %)	18.61±3.78 ^a	226.56±5.43 ^{ab}	1,113.32 ± 123.16 ^a	1.03 ± 0.01 ^a	94.67 ± 4.16 ^a	2.10 ± 0.08 ^a
5 (20 %)	19.23±4.75 ^a	235.06±4.03 ^a	1,167.20 ± 95.48 ^a	1.05 ± 0.06 ^a	98.00 ± 0.00 ^a	2.20 ± 0.16 ^a
6 (30 %)	18.64±3.78 ^a	225.92±5.60 ^{ab}	1,112.10 ± 41.10 ^a	1.03 ± 0.04 ^a	98.00 ± 0.00 ^a	2.02 ± 0.11 ^a
7 (50 %)	17.68±4.08 ^a	223.64±4.81 ^{ab}	1,110.33 ± 124.63 ^a	1.03 ± 0.07 ^a	96.00 ± 2.00 ^a	1.70 ± 0.13 ^{ab}
8 (อาหารเม็ด)	18.20±4.79 ^a	214.03±8.38 ^{bc}	1,101.24 ± 94.46 ^a	1.03 ± 0.07 ^a	96.67 ± 1.15 ^a	1.78 ± 0.51 ^{ab}

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

ตารางที่ 20 อัตราการรอดตายของปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยง ตลอดระยะเวลา 8 เดือน

ระยะเวลา (เดือน)	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)							
	1 (0 %)	2 (5 %)	3 (10 %)	4 (15 %)	5 (20 %)	6 (30 %)	7 (50 %)	8 (อาหารเม็ด)
เริ่มทดลอง	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
1	100.00±0.00 ^a	99.33±1.15 ^a	99.33±1.15 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	99.33±1.15 ^a	100.00±0.00 ^a
2	100.00±0.00 ^a	99.33±1.15 ^a	98.67±1.15 ^a	100.00±0.00 ^a	99.33±1.15 ^a	100.00±0.00 ^a	99.33±1.15 ^a	99.33±1.15 ^a
3	99.33±1.15 ^a	98.67±1.15 ^a	98.67±1.15 ^a	99.33±1.15 ^a	99.33±1.15 ^a	99.33±1.15 ^a	98.67±1.15 ^a	99.33±1.15 ^a
4	99.33±1.15 ^a	98.00±0.00 ^a	98.67±1.15 ^a	98.67±1.15 ^a	99.33±1.15 ^a	99.33±1.15 ^a	98.67±1.15 ^a	98.67±1.15 ^a
5	98.67±1.15 ^a	98.00±0.00 ^a	98.00±0.00 ^a	98.00±0.00 ^a	98.67±1.15 ^a	98.67±1.15 ^a	98.67±1.15 ^a	98.00±0.00 ^a
6	98.67±1.15 ^a	98.67±2.13 ^a	98.00±0.00 ^a	96.00±0.00 ^a	98.67±1.15 ^a	98.67±1.15 ^a	98.00±0.00 ^a	97.33±1.15 ^a
7	98.00±0.00 ^a	95.33±1.15 ^a	96.67±2.31 ^a	95.33±1.15 ^a	98.00±0.00 ^a	98.00±0.00 ^a	96.67±2.31 ^a	96.67±1.15 ^a
8	98.00±0.00 ^a	94.67±4.16 ^a	96.00±3.46 ^a	94.67±4.16 ^a	98.00±0.00 ^a	98.00±0.00 ^a	96.00±2.00 ^a	96.67±1.15 ^a

หมายเหตุ :- ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวนอนโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิต

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาอาหาร และต้นทุน ค่าอาหารต่อหน่วย การผลิต ของ ปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 8 สูตร ที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหารระดับแตกต่างกัน คือ 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 8 เดือน แสดงในตารางที่ 9 พบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 5 (ใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร 20 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด เท่ากับ 2.52 ± 0.05 ต่ำกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่ใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น สูตรอาหารที่ 1, 4, 6, 7, 8 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 2.58 ± 0.36 , 2.61 ± 0.09 , 2.65 ± 0.49 , 2.73 ± 0.24 , 2.82 ± 0.22 และ 2.93 ± 0.15 ตามลำดับ แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ปลานิลที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตรที่กล่าวมา มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ต่ำกว่าปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 ซึ่งใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (5 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ สูงที่สุด ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 3.02 ± 0.56 (ตารางที่ 21)

จากการคำนวณราคาอาหารที่นำมาเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารทั้ง 8 สูตร พบว่า สูตรอาหารที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นจะทำให้อาหารมีราคาลดลง มีราคาอยู่ระหว่าง 20.95 – 22.96 บาท และราคาอาหารปลานิลที่ผลิตขึ้นในทุกสูตรอาหารมีราคาต่ำกว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากท้องตลาดซึ่งมีราคาเท่ากับ 26.50 บาท นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าอาหารสูตรต่าง ๆ ต่อการผลิต ปลานิล 1 กิโลกรัม พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองที่ได้รับอาหารสูตรต่าง ๆ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 21) โดยปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (ใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนในอาหาร 20 เปอร์เซ็นต์) มีต้นทุนค่าอาหารในการผลิตปลานิลต่อหน่วยต่ำที่สุด เท่ากับ 55.47 ± 1.33 บาทต่อกิโลกรัม และเพิ่มสูงขึ้นจากสูตรอาหารที่ 7, 6, 4, 1, และ 3 ตามลำดับ ซึ่งมีต้นทุนค่าอาหารในการผลิต ปลานิลต่อหน่วย เท่ากับ 57.19 ± 3.05 , 57.40 ± 2.01 , 57.92 ± 3.04 , 59.24 ± 3.43 , และ 65.54 ± 4.93 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ แต่เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ส่วนกลุ่มที่มีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตสูงกว่านี้ได้แก่ ปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 และสูตรที่ 8 ซึ่งมีต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิต เท่ากับ 68.07 ± 6.52 และ 70.23 ± 4.78 บาทต่อกิโลกรัม โดยปลานิลที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป มีต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตสูงที่สุด สูงกว่ากลุ่มปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7, 6, 4, 1, และ 3 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 21 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตปลานิล ที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร

สูตรอาหาร	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	ราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม)	ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักปลา (บาทต่อกิโลกรัม)
1 (0 %)	2.58 ± 0.36 ^b	22.96	59.24 ± 3.43 ^{bc}
2 (5 %)	3.02 ± 0.56 ^a	22.54	68.07 ± 6.52 ^{ab}
3 (10 %)	2.93 ± 0.15 ^b	22.37	65.54 ± 4.93 ^{bc}
4 (15 %)	2.61 ± 0.09 ^b	22.19	57.92 ± 3.04 ^c
5 (20 %)	2.52 ± 0.05 ^b	22.01	55.47 ± 1.33 ^c
6 (30 %)	2.65 ± 0.49 ^b	21.66	57.40 ± 2.01 ^c
7 (50 %)	2.73 ± 0.24 ^b	20.95	57.19 ± 3.05 ^{bc}
8 (อาหารเม็ด)	2.82 ± 0.22 ^b	26.50	70.23 ± 4.78 ^a

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p>0.05$)

การเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา และองค์ประกอบเลือดของปลาทดลอง

จากผลการศึกษา ลักษณะของเนื้อเยื่อตับของ ปลานิล ที่ได้รับอาหาร ทดลองที่มีการใช้น้ำนิ่ง ปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่า ตรวจไม่พบความผิดปกติของพยาธิสภาพในเซลล์ตับปลานิลทุก ๆ ระดับของการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหาร (สูตรอาหารที่ 1 – 7) และสูตรที่ 8 ที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป จากตลาด โดยพบเซลล์ตับ (hepatocyte) เรียงตัวเป็นระเบียบ มีโครงสร้างปกติ และมีการสะสมอาหาร ปกติ (ภาพผนวกที่ 65 - 72) แต่พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป (สูตรที่ 8) มีช่องว่าง (V = hydropic vacuoles) ในเนื้อเยื่อตับ ทั้งขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ (ครวซี) กระจายอยู่ภายในเนื้อเยื่อของตับปลามากที่สุด แสดงว่ามีการสะสมเม็ดไขมัน (lipid droplets) ในตับมากกว่าปลาในชุดการทดลองอื่น ๆ รองลงมาคือปลาที่ได้รับอาหารทดแทนโปรตีนที่ระดับ 10 % (สูตรที่ 3), 20 % (สูตรที่ 5) และ 30 % (สูตรที่ 6) ตามลำดับ ส่วนปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2, 4 และ 7 มีการสะสมเม็ดไขมัน (lipid droplets) ในตับน้อย (ภาพผนวกที่ 65, 66, 68 และ 71)

จากการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบเลือด ของปลาทดลอง คือ องค์ประกอบของเม็ดเลือด ได้แก่ ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และองค์ประกอบทางเคมีของเลือด ได้แก่ พลาสมาโปรตีน ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารจำนวน 8 สูตร เป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่า ค่า

ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และพลาสมาโปรตีน ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าฮีโมโกลบิน ระหว่าง 6.50 - 7.17 กรัมต่อเดซิลิตร ค่าฮีมาโตคริตอยู่ในช่วง 26.00 - 28.67 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเม็ดเลือดแดง อยู่ในช่วง $1.80 - 2.35 \times 10^6$ เซลล์ต่อไมโครลิตร ปริมาณเม็ดเลือดขาว อยู่ในช่วง $21.92 \pm 2.97 - 25.49 \pm 4.14 \times 10^3$ เซลล์ต่อไมโครลิตร และค่าพลาสมาโปรตีนอยู่ในช่วง 6.57 - 8.70 กรัมเปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ค่าองค์ประกอบเลือดของปลานิล ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีน จากปลาป่นในสูตรอาหารระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 เดือน

สูตรอาหาร	Hemoglobin (g/dl)	Hematocrit (%)	RBC ($\times 10^6$ cel/ μ l)	WBC ($\times 10^3$ cel/ μ l)	Plasma protein (g%)
1 (0 %)	6.50 \pm 0.66 ^a	26.00 \pm 2.65 ^a	1.80 \pm 0.82 ^a	24.48 \pm 3.10 ^a	8.33 \pm 0.96 ^a
2 (5 %)	6.60 \pm 0.61 ^a	26.00 \pm 3.00 ^a	2.35 \pm 0.50 ^a	23.03 \pm 2.96 ^a	7.04 \pm 2.72 ^a
3 (10 %)	6.67 \pm 0.38 ^a	26.67 \pm 1.53 ^a	2.34 \pm 0.40 ^a	21.92 \pm 2.97 ^a	7.71 \pm 1.32 ^a
4 (15 %)	6.75 \pm 0.87 ^a	27.00 \pm 3.46 ^a	2.11 \pm 0.43 ^a	23.45 \pm 3.54 ^a	6.57 \pm 3.29 ^a
5 (20 %)	6.58 \pm 0.63 ^a	26.33 \pm 2.52 ^a	2.16 \pm 0.71 ^a	22.54 \pm 3.79 ^a	7.59 \pm 0.84 ^a
6 (30 %)	6.92 \pm 0.63 ^a	27.67 \pm 2.52 ^a	1.96 \pm 0.35 ^a	23.65 \pm 2.58 ^a	8.14 \pm 1.57 ^a
7 (50 %)	7.17 \pm 1.01 ^a	28.67 \pm 4.04 ^a	2.14 \pm 0.26 ^a	22.82 \pm 4.27 ^a	8.70 \pm 0.41 ^a
8 (อาหารเม็ด)	7.00 \pm 0.66 ^a	28.00 \pm 2.65 ^a	2.31 \pm 0.58 ^a	25.49 \pm 4.14 ^a	7.72 \pm 1.36 ^a

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

องค์ประกอบทางเคมีของปลานิลทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ปลานิลที่ได้รับอาหาร ทดลองที่มีการใช้น้ำนิ่ง ปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร ระดับต่าง ๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง เป็นระยะเวลา 8 เดือน แสดงในตารางที่ 23 พบว่า ความชื้น และเถ้าของ ปลานิลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในทุกระดับของการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นใน สูตรอาหาร (สูตรที่ 1 - 7) และในสูตรที่ 8 ซึ่งใช้อาหาร เม็ดสำเร็จรูปเป็นอาหาร โดย ค่าความชื้น มีค่าอยู่ในช่วง $69.35 \pm 6.07 - 72.29 \pm 3.00$ เปอร์เซ็นต์ และ ค่าของปริมาณเถ้ามีค่าอยู่ในช่วง $2.95 \pm 1.12 - 4.70 \pm 0.61$ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ระดับโปรตีนใน เนื้อปลานิลที่ได้รับอาหารทั้ง 8 สูตร พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยอาหารสูตรที่ 8 (อาหารเม็ดสำเร็จรูป) มีระดับโปรตีนในเนื้อ สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 21.59 ± 0.93 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือปลานิลสูตรที่ 3, 5, 1, 7, 4, 2 และ 6 ตามลำดับ โดยระดับโปรตีนในเนื้อที่มีค่าอยู่ในช่วง $17.77 \pm 1.09 - 21.59 \pm 0.93$ เปอร์เซ็นต์ สำหรับไขมัน พบว่า ระดับไขมันในเนื้อ ปลานิล ในทุกระดับของการ ใช้น้ำนึ่งปลา ทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหาร มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสูตรอาหารที่ 8 (อาหารเม็ดสำเร็จรูป) มีระดับไขมันสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.39 ± 0.11 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่สูตรอาหารที่ 5, 1, 6, 4, 7, 3 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งมีระดับไขมันในเนื้ออยู่ในช่วง $4.37 \pm 0.15 - 6.39 \pm 0.11$ เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 23 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 เดือน

สูตรอาหาร	องค์ประกอบทางเคมี (% น้ำหนักสด)			
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า
1 (0 %)	72.01 ± 5.61^a	20.39 ± 1.10^{ab}	5.91 ± 0.07^{bc}	3.86 ± 1.05^a
2 (5 %)	72.00 ± 5.07^a	19.69 ± 0.20^b	4.37 ± 0.15^d	4.70 ± 0.61^a
3 (10 %)	72.29 ± 3.00^a	20.54 ± 1.01^{ab}	4.48 ± 0.11^d	4.05 ± 0.85^a
4 (15 %)	69.41 ± 1.80^a	19.84 ± 0.79^b	4.60 ± 0.32^d	4.13 ± 1.21^a
5 (20 %)	66.85 ± 3.86^a	20.45 ± 0.36^{ab}	6.19 ± 0.09^{ab}	3.14 ± 2.14^a
6 (30 %)	69.35 ± 6.07^a	17.77 ± 1.09^c	5.57 ± 0.19^c	2.95 ± 1.12^a
7 (50 %)	72.14 ± 5.56^a	20.34 ± 0.70^{ab}	4.57 ± 0.36^d	3.09 ± 0.22^a
8 (อาหารเม็ด)	71.93 ± 0.97^a	21.59 ± 0.93^a	6.39 ± 0.11^a	4.11 ± 1.61^a

หมายเหตุ :- ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มี
ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p > 0.05$)

คุณภาพน้ำ

ผลคุณภาพน้ำ พบว่า อุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 28.05 ± 1.25 ถึง 30.70 ± 0.42 ความเป็นกรด-ด่าง 6.83 ± 0.16 ถึง 7.26 ± 0.48 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 5.60 ± 0.32 ถึง 7.27 ± 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่าง 92.00 ± 1.58 ถึง 103.34 ± 1.34 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 0.35 ± 0.02 ถึง 0.57 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.19 ± 0.02 ถึง 0.32 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่ปลานิล สามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงปลานิล ด้วยอาหารที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาปนระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 เดือน

ระยะเวลาเลี้ยง (เดือน)	อุณหภูมิ (°C)	ความเป็นกรด เป็นด่าง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย น้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความเป็นต่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนโตรที่ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1	30.70±0.42	7.32±0.23	7.27±0.50	103.34±1.34	0.35±0.02	0.19±0.02
2	29.04±0.31	7.21±0.60	7.13±0.39	100.65±3.43	0.38±0.04	0.21±0.04
3	28.64±0.16	6.83±0.16	6.68±0.35	98.05±1.58	0.36±0.02	0.23±0.01
4	28.36±0.47	7.46±0.35	7.04±0.38	101.34±1.27	0.42±0.01	0.28±0.04
5	28.09±1.52	6.85±1.05	6.57±0.45	101.25±2.26	0.57±0.05	0.32±0.01
6	29.20±0.94	7.26±0.48	6.39±0.72	92.00±1.58	0.40±0.04	0.20±0.02
7	29.20±0.94	7.04±0.67	5.60±0.32	96.61±2.73	0.40±0.04	0.20±0.02
8	28.05±1.25	7.28±0.35	7.04±0.38	98.34±1.27	0.42±0.01	0.28±0.04

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาปนในสูตรอาหาร

อภิปรายและวิจารณ์ผล

จากผลการทดลองครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมน้ำนิ่งปลา ระดับต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในเดือนที่ 4 ของการทดลอง และผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติตั้งแต่เดือนที่ 4 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือ การเจริญเติบโตของปลา เพิ่มขึ้นตามระดับ ของน้ำนิ่งปลาที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร โดยปลาที่ได้รับอาหารผสมน้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 20 % (สูตรที่ 5) มีการเจริญเติบโตสูงสุด และการเจริญเติบโตของปลา ลดลงเมื่อเพิ่มระดับของน้ำนิ่งปลา ในสูตรอาหารมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารผสมน้ำนิ่งปลาที่ระดับ 20 % มีการเจริญเติบโต (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว, น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น, อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ) ไม่แตกต่างกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐานหรือสูตรควบคุม (สูตรที่ 1) ซึ่งไม่มีน้ำนิ่งปลาผสม อยู่เลย แต่ดีกว่าปลานิลจากชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากท้องตลาด

ดังนั้น เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ ทางสถิติของค่าการเจริญเติบโต ค่าการใช้ประโยชน์จากอาหาร และแนวโน้มของการเจริญเติบโตของปลานิลที่ได้รับอาหารผสมน้ำนิ่งปลานั้น ยืนยันว่าสามารถใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นผสมในอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิลได้ผลดีตั้งแต่ที่ระดับ 15 – 50 เปอร์เซ็นต์ ตามที่กล่าวมาแล้ว แต่ระดับที่เหมาะสม และให้ผลดี คือการใช้น้ำนิ่งปลาผสมในอาหารที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ และหากใช้น้ำนิ่งปลาผสมในอาหารมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลให้การเจริญเติบโตของปลาลดลง แสดงให้เห็นว่า สามารถที่จะใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร ปลานิลได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งจะเป็ระดับที่ ปลาสามารถนำไปใช้ ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด แต่เมื่อเพิ่มมากขึ้นก็จะส่งผลในทางลบ เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองของ เจษฎา และสุภาวดี (2553) โดยใช้น้ำนิ่งปลาจากการผลิตของโรงงานปลาทุ่นำกระป๋องเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาสายเนื้อขาว พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่ใช้น้ำนิ่งปลาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นที่ระดับ 20 % มีการเจริญเติบโตของปลาสูงที่สุด และเมื่อเพิ่มระดับของการทดแทนสูงกว่า 20 % จะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลงตามลำดับสอดคล้องกับการทดลองของ สุทิน และ วิจิต (2547) ใช้ตะกอนน้ำนิ่งปลาเป็นวัตถุดิบในอาหารทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสม 5 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15 และ 20% พบว่า ปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหาร ซึ่งมีตะกอนน้ำนิ่งปลา 10% มีการเจริญเติบโตสูงสุดไม่ต่างจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม 0% และเมื่อเพิ่มปริมาณตะกอนน้ำนิ่งปลาในอาหารเพิ่มขึ้นเป็น 15-20 % จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง แสดงว่าสูตรอาหารที่มีตะกอนน้ำนิ่งปลาในระดับที่ใช้ทดลองนี้มีความสมดุลของสารอาหาร แต่ต้องผสมในอาหารไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

อาหารปลานิลผสมน้ำนิ่งปลาที่ระดับ 20 % จากผลการทดลองครั้งนี้ เป็นระดับที่ดี และเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิล เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าอาหาร

สูตรดังกล่าวมีความสมดุลของ สัดส่วนของโภชนะในอาหารที่เหมาะสม เช่นระดับโปรตีน ไขมัน และพลังงาน ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต และใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ NRC (1993) กล่าวว่า อาหารปลาที่ดีต้องมีสัดส่วนของระดับโปรตีนต่อพลังงานที่เหมาะสม และหากอาหารไม่มีความสมดุล ของสัดส่วนของโภชนะ เช่นอาหารที่มีพลังงานน้อยเกินไปทำให้ร่างกายจำเป็นต้องเผาผลาญโปรตีนเพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีวิต และอาจไม่เหลือโปรตีน เพื่อการเจริญเติบโต ในทางตรงกันข้ามหากอาหารปลาที่ให้พลังงานมากเกินไป อาจส่งผลให้ปลากินอาหารได้น้อยลง การเจริญเติบโตจึงลดลงด้วย

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลานิล กับการเลี้ยงในรายงานที่ผ่านมา เช่นรายงานของ มานพ และคณะ (2536) และกรมประมง (2541) พบว่า การทดลองครั้งนี้ปลามีการเจริญเติบโตต่ำกว่า ทั้ง ๆ ที่มีการปล่อยในความหนาแน่นที่ต่ำกว่า ซึ่งกรมประมงรายงานว่า อัตราการปล่อยปลานิลลงเลี้ยงในกระชัง อยู่ที่ 50-100 ตัว/ตารางเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการไหลของกระแสน้ำ ปริมาณ และคุณภาพน้ำ เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาที่ทดลอง ทำให้ทราบว่าพื้นที่สำหรับการเลี้ยงปลา หรือจุดที่ตั้งกระชังเลี้ยงปลาไม่เหมาะสม เนื่องจากแวนกระชังที่เลี้ยงปลา ในบ่อดิน ซึ่งน้ำในบ่อหนึ่ง ไม่มีการขึ้นลงของน้ำหรือการเคลื่อนไหวของมวลน้ำ ส่งผลให้ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักต่อการเจริญเติบโตของปลาในกระชังมีปริมาณน้อย ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของปลา ไม่มีการถ่ายเทของน้ำเหมือนกับการเลี้ยงในแม่น้ำ หรือลำคลองธรรมชาติ สำหรับการเลือกพื้นที่เลี้ยงปลาในกระชังที่เหมาะสมนั้น กรมประมง (2536) รายงานว่า จุดที่ตั้งกระชังควรเป็นคลองขนาดใหญ่ที่มีการเคลื่อนไหวของมวลน้ำ ซึ่งจะส่งผลให้มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในน้ำ และส่งผลให้มีการนำออกซิเจนของน้ำเข้าสู่ด้านในกระชังได้ดี

อัตราการรอดตายของ ปลานิล จากทุกสูตรอาหารไม่มีความแตกต่างกัน ทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับการทดลองในปลาสร้อยเนื้อขาว (เกษฎา และ สุภาวดี, 2553) ปลาตุ๊กตุ๊กผสม (สุทิน และ วิจิต, 2547) ซึ่งรายงานว่า การน้ำนิ่งปลาผสมในอาหารระดับต่าง ๆ เลี้ยงปลาปลาสร้อยเนื้อขาว ปลาตุ๊กตุ๊กผสม ไม่ได้ส่งผลต่ออัตราการรอดตายของปลา และจากการสังเกตลักษณะปลาที่ตายนั้น ไม่ได้เกิดจากเชื้อโรค เพราะแต่ละกระชังไม่ได้ตายพร้อมกันเป็นจำนวนมาก จะพบปลาตาย 1-2 ตัว หลังจากการสู่มังวัดในแต่ละเดือนแล้วประมาณ 1-2 วัน และลักษณะของปลาที่ตายก็ไม่ใช่ ลักษณะของการติดเชื้อ การตายที่เกิดขึ้นของปลาทดลองในทุกชุดการทดลองน่าจะมาจากการขาดการสู่มังวัดในแต่ละเดือน เมื่อครบการเลี้ยง 8 เดือนจึงมีการตายสะสมรวม และคิดเป็นอัตราการรอดตายรวมเฉลี่ยประมาณ 95.67 % แสดงว่าระดับของการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารจากการทดลองครั้งนี้ไม่ได้ส่งผลต่ออัตราการรอดตายของปลาทดลอง

จากการคำนวณราคาอาหารเฉพาะต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ ที่นำมาเป็นส่วนประกอบ ในสูตรอาหารทั้ง 7 สูตร พบว่า สูตรอาหารที่มีส่วนประกอบของน้ำนิ่งปลาเพิ่มขึ้นจะทำให้อาหารมีราคาต่ำลง และจากการคำนวณต้นทุน ค่าอาหารต่อผลผลิต พบว่า ต้นทุนค่าอาหารมีความสอดคล้อง

กับผลการศึกษาด้านการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ โดยพบว่า สามารถใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ที่ระดับ 20 % ในสูตรอาหาร ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอาหารที่ 1 - 7 โดยทำให้ราคาอาหารต่อกิโลกรัมลดลง 14.76 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็น 21.02 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 8 ซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เกษตรกรใช้ในการเลี้ยง ปลานิล กล่าวได้ว่า ราคาอาหารสูตรดังกล่าวนี้ก็ยัง มีราคาต่ำกว่าอาหารสำเร็จรูปที่มีขายตามท้องตลาดทั่ว ๆ ไป ทำให้มีผลกำไรมากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองในกึ่งก้ามกรามของ วัฒนา และคณะ (2557) รายงานว่าต้นทุนค่าอาหารมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ โดยพบว่า สามารถใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ที่ระดับ 40 % ในสูตรอาหาร ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิต โดยทำให้ราคาอาหารต่อกิโลกรัมลดลง 13.69 บาท คิดเป็น 38.03 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 8 ซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เกษตรกรใช้ในการเลี้ยงกึ่งก้ามกราม

สำหรับลักษณะของเนื้อเยื่อตับของ ปลานิลที่ได้รับอาหาร ทดลองที่มีการใช้น้ำนิ่งปลา ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร ระดับต่าง ๆ และสูตรที่ 8 ที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่า เซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ มีโครงสร้างปกติ และมีการสะสมอาหารปกติ แสดงให้เห็นว่าระดับต่าง ๆ ของการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร จากการทดลองในครั้งนี้ (0 - 50 เปอร์เซ็นต์) ไม่ส่งผลให้เกิดความผิดปกติในพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อตับของ ปลานิล สอดคล้องกับรายงานของ วัฒนา และคณะ (2557) ที่ทำการทดลอง ใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหารระดับต่าง ๆ เลี้ยงกึ่งก้ามกรามเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ไม่พบความผิดปกติของพยาธิสภาพในเซลล์ตับกึ่งก้ามกรามจากทุก ๆ ชุดของการทดลอง แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณเม็ดไขมัน (lipid droplets) ในตับปลา โดยพิจารณาช่องว่างภายในเซลล์ พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป (สูตรที่ 8) และปลาที่ได้รับอาหารใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับ 20 % (สูตรที่ 5) มีเม็ดไขมันสะสมในตับมากกว่าปลาในชุดการทดลองอื่น ๆ แสดงว่า อาหารที่มีการผสมน้ำนิ่งปลา 20 % และอาหารเม็ดสำเร็จรูปมีความสมดุลของสัดส่วนของโภชนะในอาหารที่เหมาะสม ทำให้ปลาสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดี มีการเจริญเติบโตดี และสามารถเก็บสะสมไขมันในเซลล์ตับได้ดี สอดคล้องกับข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโตข้างต้น และสอดคล้องกับรายงานของ NRC (1993) กล่าวว่า อาหารที่มีความสมดุลของสัดส่วนของโภชนะในอาหารที่เหมาะสม เช่นระดับโปรตีน ไขมัน และพลังงาน ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต และใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีขึ้น เป็นไปในทำนองเดียวกันกับการทดลองในกึ่งก้ามกรามของ วัฒนา และคณะ (2557) ที่ได้ทำการทดลองใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเลี้ยงกึ่งก้ามกรามเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ไม่พบความผิดปกติของ เนื้อเยื่อตับกึ่งก้ามกรามจากทุก ๆ ชุดของการทดลอง อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อตับ พบว่า โครงสร้างของเซลล์ตับยังคงเป็นปกติ ซึ่งใช้ยืนยันผลได้ว่า สามารถใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้สูงถึง 60

เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารปลากะพงขาว โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบตับ

ผลการวิเคราะห์ องค์ประกอบเลือด ของปลานิล ได้แก่ ค่าฮีมาโตคริต ฮีโมโกลบิน พลาสมา โปรตีน ปริมาณเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาว ของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหาร ที่ใช้น้ำนิ่งปลาทดแทน โปรตีนจากปลาป่น (สูตรที่ 1-7) และอาหารสำเร็จรูป (สูตรที่ 8) เป็นเวลา 8 เดือน พบว่า ปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทั้ง 8 สูตร มีค่าองค์ประกอบของเลือด ได้แก่ ค่าฮีมาโตคริต ฮีโมโกลบิน ปริมาณพลาสมาโปรตีน จำนวนเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาว ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้น การใช้น้ำนิ่งปลาเป็นวัตถุดิบ ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารทุกระดับ (0 – 50 เปอร์เซ็นต์) และอาหารเม็ดสำเร็จรูปเลี้ยงปลานิล ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเลือดในตัวปลา และเมื่อพิจารณาค่าองค์ประกอบเลือดของปลาที่ทดลอง พบว่า ค่าที่ได้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปลาปกติ (Wedemeyer and Yasutake, 1977) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองในปลานิลของ นิรุทธิ (2544) พบว่า พลาสมาโปรตีน มีค่าเฉลี่ย 9.86 ± 0.88 กรัมเปอร์เซ็นต์ และมีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษากิจการ และวัชรินทร์ (2530); Fagbenro (1994) และ Boonyaratpalin and Phromkhunthong (2000) แสดงว่าสูตรอาหารที่มีการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ใช้ในการทดลองนี้มีความสมดุลของสารอาหาร ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเลือด รวมทั้งการใช้วิตามินและแร่ธาตุที่เหมาะสม ทำให้ได้สูตรอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน เมื่อนำมาทดลองเลี้ยงปลาทำให้ปลาสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ส่งผลให้กลไกการทำงานของระบบเลือดเป็นปกติ

สำหรับผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนาการของเนื้อปลา เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ความชื้นและเถ้าของปลาไม่มีความแตกต่างกัน ในทุกสูตรอาหารทดลองที่ใช้น้ำนิ่งปลา รวมถึงสูตรเปรียบเทียบ (อาหารสำเร็จรูป) ทั้งนี้ปริมาณเถ้าเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของซาก หรือสามารถบ่งชี้ถึงการปลอมปนวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ ดังนั้นเมื่อปริมาณเถ้าในเนื้อปลานิลไม่มีความแตกต่างกัน แสดงว่าสูตรอาหารที่ผลิตมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เลี้ยงปลาได้เช่นเดียวกับอาหารสำเร็จรูปในท้องตลาด โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อปลานิล

โปรตีนในเนื้อปลาจากสูตรอาหารทั้ง 8 สูตร มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ พบว่า สูตรเปรียบเทียบ (อาหารสำเร็จรูป) มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบโปรตีนในเนื้อปลา พบว่า อาหารสูตรผสมน้ำนิ่งปลา 20 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าโปรตีนใกล้เคียงกับสูตรอาหารสำเร็จรูปมากที่สุด แสดงว่า น้ำนิ่งปลาระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมต่อระดับการสร้างโปรตีนในเนื้อปลามากกว่าสูตรอื่น ๆ ที่มีการใช้น้ำนิ่งปลา สอดคล้องกับระดับการเจริญเติบโตของปลานิลที่พบว่าสูตรอาหารผสมน้ำนิ่งปลาระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ให้การเจริญเติบโตดีที่สุด และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบของกรดอะมิโนในสูตรอาหาร พบว่า มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นเกือบทุกตัวอยู่ในปริมาณสูงกว่าสูตรอาหารทดลองอื่น (ตารางผนวกที่ 3) ได้แก่ อาร์จินิน ฮีสติดีน ไอโซลูซีน ลูซีน เมทไธโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน และ วาลีน และกรดอะมิโนไม่จำเป็น ได้แก่ อะลานีน กรดแอสพาทิก กรดกลูตามิก ไกลซีน โพรลีน เซรีน และ ไทโรซีน บ่งชี้ว่าปริมาณกรดอะมิโนในสูตรอาหาร

ที่เหมาะสมและมีปริมาณมากเพียงพอ ส่งผลต่อทั้งอัตราการเจริญเติบโตและการสะสมโปรตีนในเนื้อปลา สอดคล้องกับ เวียง (2542) รายงานว่า ปริมาณกรดอะมิโนชนิดจำเป็นในอาหารจะต้องมีมากพอสัตว์น้ำจึงจะสามารถสังเคราะห์โปรตีนในร่างกายได้ตามต้องการ แล้วก่อให้เกิดความเจริญเติบโตดีเป็นปกติ

ส่วนระดับไขมันในเนื้อปลาให้ผลในทางเดียวกับโปรตีน คือ สูตรเปรียบเทียบ (อาหารสำเร็จรูป) มีปริมาณไขมันสูง ที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบไขมันในเนื้อปลาพบว่า อาหารสูตรผสมน้ำนิ่งปลา 20 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าไขมันใกล้เคียงกับสูตรอาหารสำเร็จรูปมากที่สุด แสดงว่า น้ำนิ่งปลา 20 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมต่อการสร้างไขมันในเนื้อปลาเช่นเดียวกับอาหารสำเร็จรูป สอดคล้องกับระดับการเจริญเติบโตของปลานิลที่พบว่าสูตรอาหารผสมน้ำนิ่งปลา 20 เปอร์เซ็นต์ ให้การเจริญเติบโตดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบระดับไขมันในเนื้อปลานิลในกลุ่มของชุดการทดลองที่ใช้ น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร (สูตรที่ 1-7) พบว่า ปลานิลที่ได้รับอาหาร สูตรผสมน้ำนิ่งปลา 20 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 5) มีระดับไขมันในเนื้อสูงที่สุด แสดงว่า การใช้ น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6) เป็นสูตรอาหารที่มีสัดส่วนของระดับโปรตีน และไขมันเหมาะสม ส่งผลให้ปลานิลในสูตรที่ 5 นี้มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณไขมันในตัวปลาเพิ่มขึ้นเช่นกัน สอดคล้องกับ สุภาพร (2549) ที่ทำการทดลองใช้วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์ น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารปลากะพงขาว และ Choo *et al.* (1991) กล่าวว่า เมื่อปลามีการเจริญเติบโตน้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้น ทำให้ไขมันในตัวปลาเพิ่มขึ้นเช่นกัน เช่นเดียวกับปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองที่มีการเจริญเติบโตดี ทำให้ปริมาณไขมันในตัวปลาสูงกว่าปลาที่มีการเจริญเติบโตน้อยกว่า

สำหรับ คุณภาพน้ำ ในบ่อบริเวณกระชังทดลอง ตลอดการทดลอง เลี้ยงปลานิล เป็นเวลา 8 เดือน ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นต่าง แอมโมเนีย และไนโตรที่ พบว่า คุณภาพน้ำโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม มีค่าอยู่ในช่วงที่ ปลานิลสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ (NACA, 1989) เมื่อนำไปพิจารณาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของปลานิล โดยเฉพาะค่าปริมาณออกซิเจน ที่ละลายน้ำ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา พบว่า ไม่สัมพันธ์กัน เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ที่วัดได้มีค่าอยู่ในช่วง $5.60 \pm 0.32 - 7.27 \pm 0.50$ มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม (NACA, 1989) และปลามีการเจริญเติบโตดี แต่จากผลการทดลอง พบว่า ปลา มีการเจริญเติบโตต่ำมากเมื่อเทียบกับการเลี้ยงปลานิลในกระชังของนักวิจัยท่านอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำในบริเวณกระชังทดลอง จะเก็บข้อมูลในเวลาบ่าย (14.00 น.) ทุก ๆ 2 สัปดาห์ ทำให้ได้ค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำมีค่าสูง แต่ในช่วงเวลาอื่นไม่ได้ทำการวัดคุณภาพน้ำ ดังนั้น โอกาสที่น้ำในบ่อทดลองจะขาดออกซิเจนจึงเป็นไปได้สูง เช่นในเว ลากกลางคืน และสภาพน้ำในบ่อนี้ ซึ่งน่าจะ มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา นิลในกระชัง แต่ไม่ถึงกับทำให้ปลาตาย สอดคล้องกับรายงานของ นิคม และคณะ (2549) รายงานว่า ในสภาพที่น้ำนิ่งจะเกิดการขาดแคลนออกซิเจนในน้ำ และเมื่อน้ำ

นึ่งนานกว่า 2 ชั่วโมง ปริมาณออกซิเจนจะลดลงต่ำกว่า 4 มก./ล. แต่ยังเป็นระดับที่ปลาที่เลี้ยงในกระชังสามารถทนอยู่ได้

นอกจากนี้พบว่า พื้นที่วางกระชังไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากเป็นบ่อดินซึ่งมีการถ่ายเทของน้ำในบ่อกับน้ำธรรมชาติน้อยกว่าการเลี้ยงในแม่น้ำ หรือลำคลองธรรมชาติ น้ำนิ่ง ไม่มีการขึ้นลงของน้ำหรือการเคลื่อนไหวของมวลน้ำ ส่งผลให้ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักต่อการเจริญเติบโตของปลาในกระชังมีปริมาณน้อย ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของปลา สำหรับการเลือกพื้นที่เลี้ยงปลาในกระชังแบบแพที่เหมาะสมนั้น กรมประมง (2536) รายงานว่า จุดที่ตั้งกระชังควรเป็นแม่น้ำ หรือ คลองขนาดใหญ่ มีการเคลื่อนที่ของมวลน้ำเนื่องจากมีการไหลของน้ำ ซึ่งจะส่งผลให้มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในน้ำ และส่งผลให้มีการนำออกซิเจนของน้ำเข้าสู่ด้านในกระชังได้ดี

จากการทดลองครั้งนี้ทำให้ทราบว่า สามารถใช้น้ำนิ่งปลา ทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหารเพื่อลดการใช้ปลาป่น สำหรับเลี้ยงปลานิลได้เป็นอย่างดี โดยในระดับการใช้ 20 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุด เทียบเท่าอาหารเม็ดสำเร็จรูป และลดต้นทุนค่าอาหารได้มากกว่า แต่ควรเลือกพื้นที่สำหรับการวางกระชังให้มีความเหมาะสม มีการเคลื่อนที่ของมวลน้ำทำให้มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในน้ำ เพื่อป้องกันปัญหาคุณภาพน้ำที่อาจจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาทดลอง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. จากการวิเคราะห์ น้ำนึ่งปลาจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ ที่ใช้ในการทดลอง พบว่า ยังมีคุณสมบัติทางเคมี กรดอะมิโนที่จำเป็น กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น และกรดไขมันในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการทดแทนโปรตีนจากปลาปน เพื่อผลิตอาหารเลี้ยงปลา นิลได้เป็นอย่างดี โดยมีระดับโปรตีน 45.15 เปอร์เซ็นต์ กรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ชนิด ปริมาณ 6.53 g/100 g และ กรดไขมัน 28 ชนิด ปริมาณ 14,812.32 mg/100 g และเมื่อนำไปผสมในสูตรอาหาร พบว่า อาหารมีปริมาณกรดอะมิโน และกรดไขมันเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าอาหารที่ไม่มีการใช้น้ำนึ่งปลา

2. สามารถใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาปน ในอาหารสำหรับการเลี้ยง ปลานิล ในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ส่งผลต่ออัตราการรอดตาย แต่ส่งผลให้มีการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลา นิลที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 18.43 ± 3.13 กรัม ดีที่สุด เมื่อเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป และที่ระดับ 5, 10, 15, 30, 50 เปอร์เซ็นต์ และอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากตลาด ตามลำดับ

3. การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาปนในอาหารที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ปลา กะพงขาวมีปริมาณโปรตีน และไขมันในเนื้อปลาส่งผลดีกว่าการผสมน้ำนึ่งปลาระดับอื่น ๆ แต่ไม่ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของเนื้อเยื่อตับ และองค์ประกอบเลือดของปลา

4. การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาปน ในอาหารที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์ สามารถลดการใช้ปลาปนในการผลิตอาหารปลา และ ส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัมในการผลิต ปลานิลต่ำที่สุด (55.47 ± 1.33 บาท/กิโลกรัม) สามารถลดต้นทุน ค่าอาหารต่อผลผลิตปลา นิลได้เท่ากับ 14.76 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็น 21.02 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากตลาด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาหาวิธีการเก็บรักษาน้ำนึ่งปลาเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเชื้อรา และการหืน ทำให้สามารถเก็บน้ำนึ่งปลาไว้ใช้ได้นานขึ้น เช่น การใส่สารป้องกันเชื้อรา และสารกันหืน BHA

2. ควรมีการศึกษากรดอะมิโน และกรดไขมันที่เกิดขึ้นในเนื้อปลาภายหลังจากปลาได้รับอาหารทดลอง เพื่อจะได้ทราบว่า น้ำนึ่งปลาส่งผลให้กรดอะมิโน และกรดไขมันในตังปลาเพิ่มขึ้นหรือไม่

3. แม้ว่าการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะให้ผลการทดลองที่น่าพอใจคือ สามารถใช้น้ำนึ่งปลาได้สูงถึง 20 เปอร์เซ็นต์ แต่เพื่อให้สามารถใช้น้ำนึ่งปลาเป็นส่วนผสมในอาหารปลา นิลเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนค่าอาหารลดลงได้อีก ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของการแปรรูปน้ำนึ่งปลา เป็นผลิตภัณฑ์ของโปรตีนหลายประเภท เช่น โปรตีนเข้มข้น โปรตีนสกัด และโปรตีนไฮโดรไลเสด

อาจจะส่งผลให้ปลามีการใช้ประโยชน์จากโปรตีนดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้น

4. การเจริญเติบโตของปลาทดลองในการวิจัยครั้งนี้ ต่ำกว่าการเลี้ยงของเกษตรกรทั่ว ๆ ไป เมื่อเปรียบเทียบการเลี้ยงในระยะเวลาที่เท่ากัน เนื่องจากการเลือกพื้นที่วางกระชังทดลองไม่มีความเหมาะสม เพราะเป็นบ่อดินซึ่งไม่มีการขึ้นลงของน้ำ หรือการเคลื่อนไหวของมวลน้ำ จึงมีการถ่ายเทของน้ำในบ่อกับน้ำธรรมชาติน้อยกว่าการเลี้ยง แม่น้ำ หรือลำคลองธรรมชาติ ส่งผลให้ ออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าต่ำ ดังนั้น ควรทำการทดลองในพื้นที่เลี้ยงจริง เพื่อควบคุมปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมภายนอกที่อาจมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของปลา

5. ควรนำอาหารที่ผลิตขึ้นให้เกษตรกรทดลองใช้เลี้ยงปลาในกระชังด้วยตนเอง เพื่อจะได้ทราบถึงประสิทธิภาพของอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลาในพื้นที่เลี้ยงจริง

6. เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าจากต้นทุนผลผลิตต่อกิโลกรัมของปลาจากการทดลอง กับราคาจำหน่ายปลาในท้องตลาด ซึ่งมีราคาปลานิลอยู่ที่ 55 - 60 บาทต่อกิโลกรัม พบว่า ผลของการเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารทดลองครั้งนี้ยังไม่คุ้มค่า เนื่องจากยังลดต้นทุนจากอาหารได้น้อย แต่การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิลที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ก็ยังสามารถลดต้นทุนค่าอาหารลง 21.02 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากตลาด ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาหาวัตถุดิบเศษเหลือที่มีในท้องถิ่น และสามารถใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ แต่มีราคาถูกกว่า มาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารปลาร่วมกับน้ำนึ่งปลา เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงปลานิลได้มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- กรมประมง. 2536. การเลี้ยงปลาน้ำกร่อย. เอกสารคำแนะนำ กองส่งเสริมการประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 43 น.
- กรมประมง. 2541. คู่มือการเพาะเลี้ยงปลานิลเพศผู้ สายพันธุ์จิตรลดา 2. สถาบันวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมประมง. 2554. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2552. เอกสารฉบับที่ 9/2554. ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 91 น.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2535. ข้อมูลสิ่งแวดล้อมของโรงงานปลาหุบน้ำกระป๋อง. สำนักงานบริการและการจัดการกากอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- กรมเศรษฐกิจพาณิชย์. 2535. ข้อมูลปริมาณและมูลค่าการนำเข้ากากแก้วเหลืองของไทย. กองวิจัยสินค้าและตลาด, กรมเศรษฐกิจพาณิชย์, กระทรวงพาณิชย์, กรุงเทพฯ.
- กิจการ ศุภมาตย์ และวัชรินทร์ รัตนชู. 2530. ผลของการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำต่อองค์ประกอบเลือดในปลานิล (*Sarotherodon niloticus*). วารสารสงขลานครินทร์ วท. 9 : 471-477.
- จิตรวดี ไตรเรกพันธุ์. 2540. การผลิตโปรตีนปลาสกัดจากหัวและเครื่องในปลา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เจษฎา อีสหะ และ สุภาวดี โภยกุล. 2553. การใช้น้ำนิ่งปลาจากการผลิตของโรงงานปลาหุบน้ำกระป๋องเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาสายเนื้อขาว. น. 65-71. ใน รายงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3. 24-26 พฤศจิกายน 2553 ณ ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์, กรุงเทพฯ.
- จوزهดี พงษ์มณีรัตน์, มะลิ บุญรัตน์ และ ชูศักดิ์ บริสุทธิ์. 2540. ผลของปลาป่นไทยต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 1/2540. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา, กรมประมง. 16 น.
- ทัศนีย์ คชสีห์. 2546. การใช้ดักแด้หมบ้านเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลาตุ๊กผสม. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธนาคารไทยพาณิชย์. 2535. วิกฤตการณ์วัตถุดิบอาหารสัตว์. เศรษฐกิจปริทัศน์. ปีที่ 14 ฉบับที่ 10. ตุลาคม 2535.
- ธีรภัทร์ เต๋นประเสริฐกุล. 2534. การแยกโปรตีนจากน้ำนิ่งปลาหุบน้ำ. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- นิคม ละอองศิริวงศ์, ยงยุทธ ปรีดาลัมภบุตร และทองเพชร สันบุกา. 2549. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับตะกอนดินและสาเหตุการตายของปลากระพงขาวในทะเลสาบสงขลาตอนนอก.

- เอกสารวิชาการฉบับที่ 28/2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 36 น.
 นิรุทธิ สุขเกษม. 2544. ผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันต่อการเจริญเติบโตของปลานิล.
 วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวาริชศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พัชรี มงคลวัย. 2553. การอนุบาล การเลี้ยงและการผลิตอาหารปลาช่อนโดยใช้หอยเชอรี่เป็นแหล่ง
 โปรตีนหลัก. รายงานการวิจัยประจำปี พ.ศ. 2552-2553. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
 อีสาน วิทยาเขตสกลนคร. สกลนคร.
- มานพ ตั้งตรงไพโรจน์, ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, พรรณศรี จริโมภาส, สุจินต์ หนูขวัญ, กำชัย ลาวัณยวุฒิ,
 วีระ วัชรกรโยธิน และ วิมล จันทโรทัย. 2536. การพัฒนาการเพาะเลี้ยงปลานิล. เอกสาร
 เผยแพร่ ฉบับที่ 23. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง, กระทรวงเกษตรและ
 สหกรณ์.
- วัฒนา วัฒนกุล, อุไรวรรณ วัฒนกุล และ แจ่มจันทร์ เพชรศิริ. 2554. การใช้อาหารผสมกากเนื้อ
 เมล็ดในปาล์มน้ำมันเลี้ยงปลาน้ำจืดในร่องสวนเพื่อลดต้นทุนการผลิตของชุมชนบ้านตะโหมด
 พัทลุง. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ประจำปี
 2554. วันที่ 25-28 พฤษภาคม 2554. โรงแรมเจ.บี. อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา.
- วัฒนา วัฒนกุล, อุไรวรรณ วัฒนกุล และ เจษฎา อีสหาะ. 2557. การใช้น้ำนิ่งปลาจากโรงงาน
 อุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเพื่อพัฒนาเป็นอาหารกึ่งก้ามกราม. รายงานการวิจัยประจำปี
 2556. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง. ตรัง.
- วุฒิพร พรหมขุนทอง, วรรณชัย พรหมเกิด, กิจการ ศุภมาตย์, วุฒิกรณ์ จิตติวรรณ และ ดุสิต
 นาคะชาติ. 2547. การแทนที่ปลาป่นในอาหารปลานิลแดงแปลงเพศด้วยกากเนื้อเมล็ด
 ในปาล์มน้ำมัน. วารสารสงขลานครินทร์ วทท. 26(2) : 167-179.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2528. อาหารปลา. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง, มหาวิทยาลัย
 เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 111 น.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ,
 คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 255 น.
- สุทิน สมบูรณ์ และ วิชิต เสมอชัย. 2547. การใช้ตะกอนน้ำนิ่งปลาเป็นสารแต่งกลิ่นในอาหาร
 ปลาดุกกลมผสม. หน้า 93-100. ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย
 เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 : สาขาประมง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ.
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2534. แนวทางการใช้ประโยชน์จากเปลือกกุ้ง : ไคตินและไคโตแซน.
 วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุภาพร มหันต์กิจ. 2549. การใช้วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเป็นแหล่ง
 โปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch). วิทยานิพนธ์
 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวาริชศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- สุวิทย์ สุวรรณโณ. 2535. การเลี้ยงแบคทีเรียสังเคราะห์แสงในน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อัครา ไชยมงคล, มะลิ บุญยรัตผลิน, สุจินต์ บุญช่วย และชูศักดิ์ บริสุทธิ์. 2547. ผลของคุณภาพปลา ป่นในอาหารต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของ ปลากระดังงอแดง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 45/2547. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ชายฝั่ง, กรมประมง. 9 น.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Washington, DC: AOAC.
- Almquist, H. J. 1972. Protein and amino acids in animal nutrition. 5th ed S.B. Penick. New York.
- Bancroft. J. D. 1967. Histochemical techniques. Butterworths, London.
- Besedit, S. and A. Netzer. 1982. Protein recovery from food processing waste water. Ontario B&L Information Services.
- Blaxhall, P. C. and K. W. Daisley. 1973. Routine hematological methods for use with fish blood. J. Fish Biol. 5 : 771-781.
- Blyth, P. J. and R. A. Dodd. 2002. An economic assessment of current practice and methods to improve feed management of caged finish in several SE Asia regions. Akvasmart Pty. Ltd. Australia. 18 pp.
- Boonyaratpalin, M. and W. Phromkhuntong. 2000. Effects of Ronozyme treated rice bran and oil palm on growth of sex reversed *Tilapia niloticus*. pp. 50-63. In : The Sixth Roche Aquaculture Conference Asia Pacific (ed. B. Hunter) Bangkok, Thailand, September 29 2000.
- Choo, P. S., K. T. Smith, C. Y. Cho and H. W. Ferguson. 1991. Dietary excesses of Leucien influence growth and body composition of rainbow trout. J. Nutrition. 121 : 1932 – 1939.
- Fagbenro, O.A. 1994. Dried fermented fish silage in diets for *Oreochromis niloticus*. Isr. J. Aquacult.–Bamidgeh. 46 : 140-147.
- Giri, S. S., S. K. Sahoo, A. K. Sahu and P. K. Mukhopadhyay. 2000. Growth, feed Utilization and carcass composition of catfish *Clarias batrachus* (Linn.) Fingerlings fed on dried fish and chicken viscera incorporated diets. Aquacult. Res. 31 : 767-771.
- Halver, J.E. 1989. Fish Nutrition 2nd. Edn, New York: Academic Press.

- Hrubec, T. C., J. L. Cardinale and S.A. Smith. 2000. Hematology and plasma chemistry reference interval for cultured tilapia (*Oreochromis hybrid*). *Vet. Clin. Pathol.*, Vol. 29, no. 1 : 7-12.
- Humason, G. L. 1972. *Animal Tissue Technique*, 4th ed. San Francisco. CA: W. H. Freeman and Company.
- Kongkeo, H. and Phillips. 2002. Regional overview of marine finfish farming, with an emphasis on groupers and regional cooperation. pp 35-42. *In* : Report of the Regional Workshop on Sustainable Seafarming and Grouper. Aquaculture. 17-20 April 2000. Medan, Indonesia.
- Larsen, H .M. and S. F. Snieszko. 1961. Modification of the microhematocrit. Technique with trout blood. *Trans. Am. Fish. Soc.* 90 : 345-356.
- Lim, C. and W. G. Dominy. 1989. Utilization of plant proteins by warmwater fish. Paper Presented at the AOCS World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Food and Animal Feed-stuff, 2-7 October 1988, Singapore. ASA Technical Bulletin, Vol. 3AQ15 89-4. 13p.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193 : 265-275.
- Mangalik, A. 1986. Dietary energy requirements for channel catfish. Ph.D. Dissertation, Auburn University, Auburn, AL.
- NRC. 1981. Nutrient requirements of coldwater fishes. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- NRC. 1983. Nutrient requirements of coldwater fishes. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- NRC. 1993. Nutrient requirements of fishes. National Academy Press, Washington, D.C.
- Pandian, T. J. 1987. Fish energetics, pp. 357-465. *In* T.J. Pandian and F. J. Vernberg (eds.). *Animal energetics*, Vol. 2, Academic Press, New York.
- Prasertsan, P., Wuttijumnong, P., Sophadora, P and Choorit, W. 1988. Seafood processing industries within Songkhla-Hatyai region : The survey of basic data emphasis on wastes. *Songkhlanakarinn. J. Sci. Technol.* 10 : 447-451.
- Sanguandeeikul, R., Jantawat, P. and A. Sukcharoensakkul. 1992. Production of Protein hydrolysate as food flavour from tuna precooking water.

Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University. 307-317.

- Steffens, W. 1981. Protein utilization by rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and carp (*Cyprinus carpio*) : a brief review. *Aquaculture*. 23 : 337-345.
- Stickney, R. R. 1979. Principles of warmwater aquaculture. New York: John Wiley and Sons.
- Strickland J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis 2 ed. Ottawa : Fisheries Research Board of Canada.
- Viola, S. and Y. Arieli. 1982. Nutrition studies with a high-protein pellet for carp and *Sarotherodon* Spp. (tilapia). *Isr. J. Aquacult. – Bamidgeh* 34 : 39-46.
- Wedemeyer, G. A. and W.T. Yasutake. 1977. Clinical methods for the assessment of the effects of environmental stress on fish health. *U. S. Fish Wildl. Serv. Tech. Pap.* 89 : 1-18.

ภาคผนวก 2

1. ตารางผนวกที่ 3 องค์ประกอบกรดอะมิโนในอาหารปลานิล
2. ตารางผนวกที่ 4 องค์ประกอบกรดไขมันในอาหารปลานิล
3. ภาพผนวกที่ 33 – 72 ภาพกิจกรรมโครงการวิจัย และลักษณะเนื้อเยื่อของตับปลานิล
4. รายนามคณະนักวิจัย

ตารางผนวกที่ 3 องค์ประกอบกรดอะมิโนในอาหารปลานิล

กรดอะมิโน	สูตรอาหาร							
	1 (0%)	2 (5%)	3 (10%)	4 (15%)	5 (20%)	6 (30%)	7 (50%)	8 (อาหารเม็ด)
กรดอะมิโนที่จำเป็น								
Arginine	0.78	1.08	1.22	1.03	1.14	1.07	0.83	0.85
Histidine	0.25	0.33	0.38	0.46	0.42	0.35	0.44	0.23
Isoleucine	0.38	0.51	0.55	0.57	0.62	0.42	0.46	0.40
Leucine	0.66	0.84	0.94	0.97	1.08	0.73	0.79	0.67
Lysine	1.08	1.42	1.64	1.67	1.54	1.18	1.01	1.07
Methionine	0.01	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
Phenylalanine	0.37	0.44	0.47	0.50	0.49	0.39	0.41	0.39
Threonine	0.28	0.40	0.42	0.31	0.33	0.30	0.37	0.33
Tryptophan	-	-	-	-	-	0.01	0.04	-
Valine	0.46	0.62	0.70	0.75	0.95	0.52	0.60	0.45

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) องค์ประกอบกรดอะมิโนในอาหารปลานิล

กรดอะมิโน	สูตรอาหาร							
	1 (0%)	2 (5%)	3 (10%)	4 (15%)	5 (20%)	6 (30%)	7 (50%)	8 (อาหารเม็ด)
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น								
Alanine	0.66	1.05	1.14	1.10	1.54	0.56	1.01	0.61
Aspartic acid	0.73	1.04	1.08	0.85	1.08	0.73	0.99	0.95
Glutamic acid	1.32	1.77	1.81	1.60	1.85	1.34	1.65	1.59
Glycine	0.82	1.30	1.36	1.20	1.47	1.11	1.46	0.77
Proline	0.46	0.62	0.69	0.63	0.76	0.54	0.67	0.48
Serine	0.34	0.48	0.50	0.41	0.53	0.37	0.45	0.59
Tyrosine	0.19	0.22	0.23	0.20	0.20	0.18	0.09	0.18

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร

ตารางผนวกที่ 4 องค์ประกอบกรดไขมันในอาหารปลาชนิด

กรดไขมัน	สูตรอาหาร							
	1 (0%)	2 (5%)	3 (10%)	4 (15%)	5 (20%)	6 (30%)	7 (50%)	8 (อาหารเม็ด)
caproic acid (C6:0)	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-	-	-
lauric acid (C12:0)	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Myristic acid (C14:0)	0.14	0.16	0.19	0.19	0.19	0.19	0.21	0.10
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.03
Cis-10- Pentadecanoic acid (C15: 1)	-	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-
Palmitic acid (C16:0)	2.80	3.16	3.35	3.39	3.43	3.23	3.22	1.67
Palmitoleic acid (C16:1n7)	0.23	0.24	0.31	3.32	0.31	0.32	0.34	0.17
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.06	0.07	0.09	0.09	0.08	0.09	0.10	0.04
Cis-10- heptadecanoic acid (C17: 1)	0.03	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.02
Stearic acid (C18:0)	0.79	0.82	1.00	0.98	0.98	0.94	0.96	0.41
Elaidic acid (C18:1n9t)	0.01	-	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	-
oleic acid (C18:1n9c)	3.40	3.36	4.33	4.27	4.36	4.26	4.15	1.86

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำมันปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) องค์ประกอบกรดไขมันในอาหารปลานิล

กรดไขมัน	สูตรอาหาร							
	1 (0%)	2 (5%)	3 (10%)	4 (15%)	5 (20%)	6 (30%)	7 (50%)	8 (อาหารเม็ด)
Linolelaidic acid (C18:2n6t)	0.01	-	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-
Linoleic acid (C18:2n6c)	0.66	0.43	2.15	1.89	2.10	2.46	2.34	0.80
Linoleic acid (ALA) (C18: 3n3)	0.03	-	0.11	0.09	0.11	0.15	0.14	0.06
Arachidic acid (C20:0)	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.02
Cis-11-Eicosenoic acid (C20: 1n9)	0.05	0.05	0.08	0.08	0.07	0.08	0.10	0.06
Cis-11,14-Eicosenoic acid (C20: 2n6)	-	-	0.01	-	-	0.01	0.01	-
Heneicosanoic acid (C21: 0)	-	-	0.01	-	-	-	-	-
Arachidonic acid (C20: 4n6)	-	-	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
Behenic acid (C22: 0)	0.04	-	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	-
Cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (20: 5n3)(EPA)	-	-	0.03	0.01	0.02	0.04	0.04	0.07
Erucic acid (C22: 1n9)	-	-	0.01	-	-	-	0.02	0.04

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนิ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) องค์ประกอบกรดไขมันในอาหารปลาชนิด

กรดไขมัน	สูตรอาหาร							
	1 (0%)	2 (5%)	3 (10%)	4 (15%)	5 (20%)	6 (30%)	7 (50%)	8 (อาหารเม็ด)
Lignoceric acid (C24: 0)	-	-	0.05	-	-	-	0.05	-
nervonic acid (C24: 1)	-	-	0.02	-	-	-	-	-
Cis-4,7,10,13,16,19- docosahexaenoic acid ;DHA (C22: 6n3)	-	-	0.04	0.02	0.03	0.06	0.07	0.20

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำมันปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร



ภาพผนวกที่ 33 วัตถุดิบอาหารที่ใช้ทดลอง



ภาพผนวกที่ 34 ผสมวัตถุดิบอาหารตามสูตรอาหาร



ภาพผนวกที่ 35 ผสมวัตถุดิบอาหารที่เป็นของเหลว



ภาพผนวกที่ 36 คลุกเคล้าผสมวัตถุดิบอาหารให้ทั่ว



ภาพผนวกที่ 37 วัตถุดิบอาหารที่ผสมเสร็จแล้ว



ภาพผนวกที่ 38 นำวัตถุดิบอาหารเข้าเครื่องอัดเม็ด



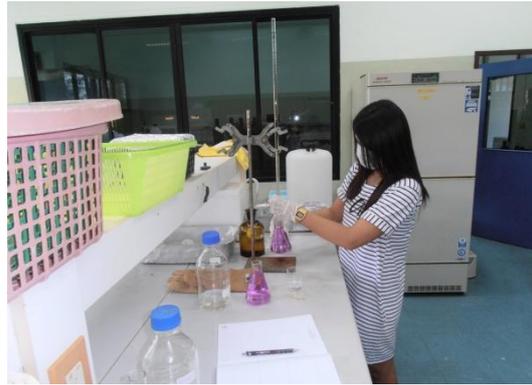
ภาพผนวกที่ 39 อาหารที่ผ่านการบีบอัดเป็นเส้นยาว



ภาพผนวกที่ 40 อบอาหารที่ผลิตแล้วในตู้อบ



ภาพผนวกที่ 41 วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในอาหาร



ภาพผนวกที่ 42 วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน



ภาพผนวกที่ 43 วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน



ภาพผนวกที่ 44 เตรียมบ่อดินที่ใช้ในการทดลอง



ภาพผนวกที่ 45 เตรียมโครงกระชังสำหรับเลี้ยงปลา



ภาพผนวกที่ 46 กระชังสำหรับใส่ปลาทดลอง



ภาพผนวกที่ 47 ผูกกระชังสำหรับเลี้ยงปลาทดลอง



ภาพผนวกที่ 48 กระชัง 4 ใบใน 1 โครงกระชัง



ภาพผนวกที่ 49 กระจังปลานิลที่ทำการทดลองเลี้ยง



ภาพผนวกที่ 50 ปิดตาข่ายกันนกลงไปกินปลา



ภาพผนวกที่ 51 สุ่มปลาทดลองศึกษาการเจริญเติบโต



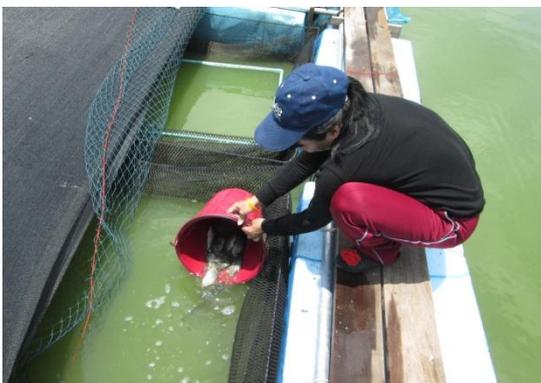
ภาพผนวกที่ 52 ปลานิลที่ทำการทดลองเลี้ยง



ภาพผนวกที่ 53 ชั่งน้ำหนักปลาทดลองเลี้ยงในกระจัง



ภาพผนวกที่ 54 ปลาที่รวบรวมมาทำการศึกษา



ภาพผนวกที่ 55 ปล่อยปลากลับกระจังหลังชั่งน้ำหนัก



ภาพผนวกที่ 56 กระจังชุดการทดลองที่ใช้อาหารเม็ด



ภาพผนวกที่ 57 สลับปลานิลเตรียมดูดเลือด



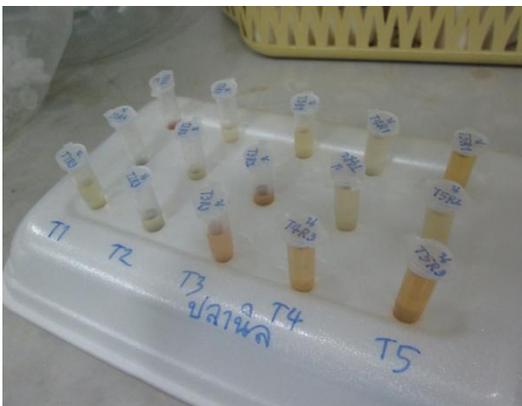
ภาพผนวกที่ 58 ดูดเลือดปลานิลไปวิเคราะห์



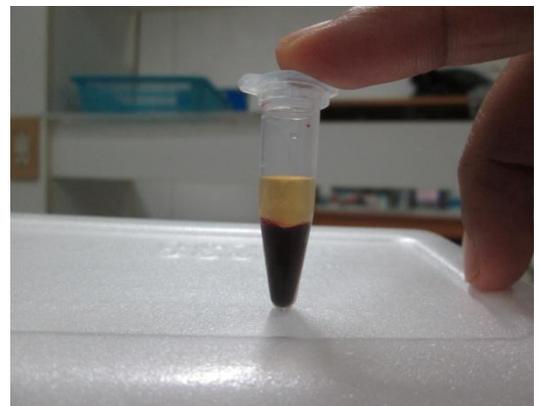
ภาพผนวกที่ 59 เตรียมเลือดปลาไปวิเคราะห์



ภาพผนวกที่ 60 เตรียมการวิเคราะห์พลาสมาโปรตีน



ภาพผนวกที่ 61 เลือดปลานิลที่ใช้ทดลอง



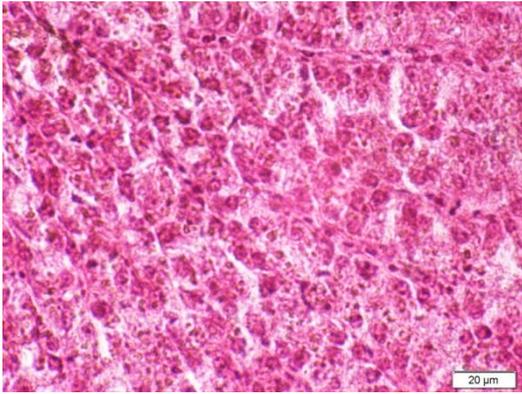
ภาพผนวกที่ 62 แยกพลาสมาจากเม็ดเลือด



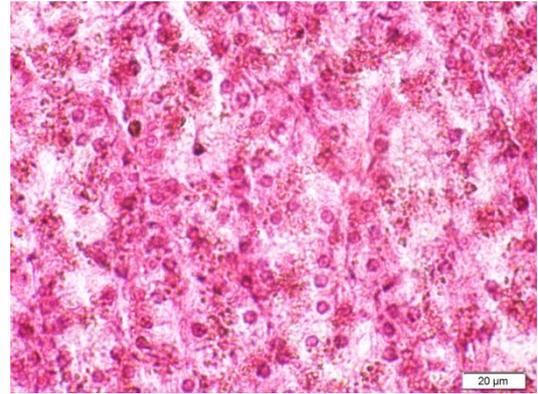
ภาพผนวกที่ 63 วิเคราะห์โปรตีนในพลาสมา



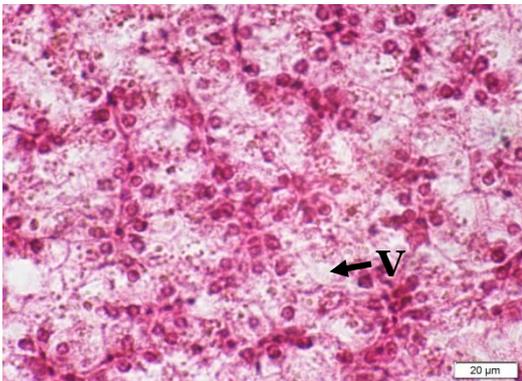
ภาพผนวกที่ 64 โปรตีนในพลาสมาของเลือดปลานิล



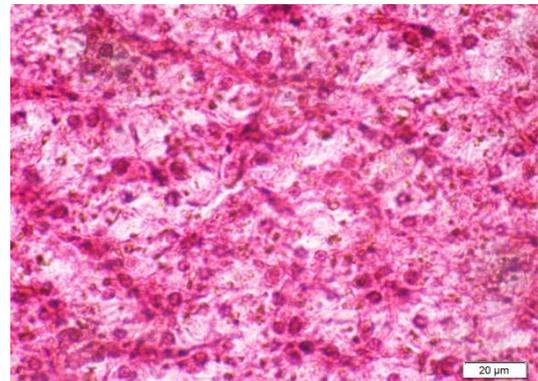
ภาพผนวกที่ 65 ตับปลานิลได้รับอาหารสูตร 1 (0%)



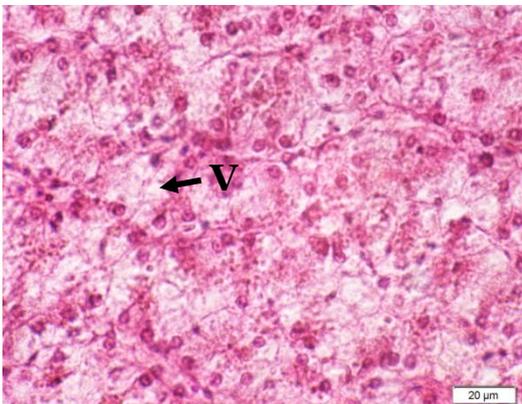
ภาพผนวกที่ 66 ตับปลานิลได้รับอาหารสูตร 2 (5%)



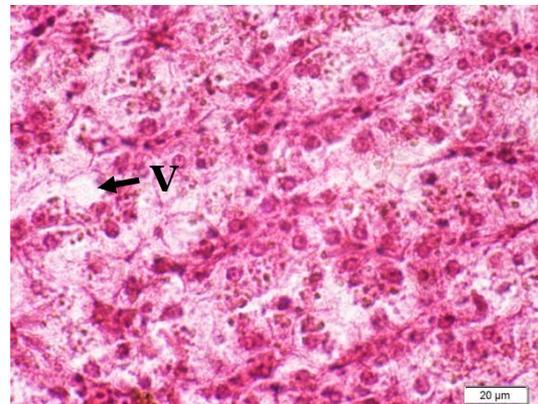
ภาพผนวกที่ 67 ตับปลานิลได้รับอาหารสูตร 3 (10%)



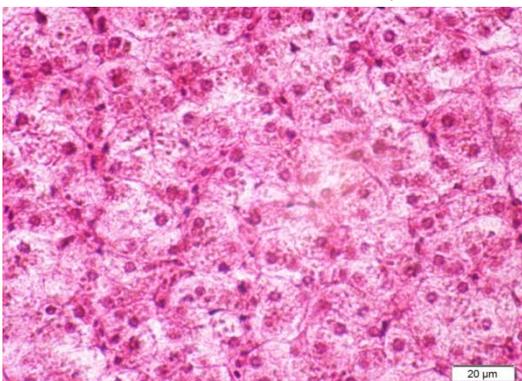
ภาพผนวกที่ 68 ตับปลานิลได้รับอาหารสูตร 4 (15%)



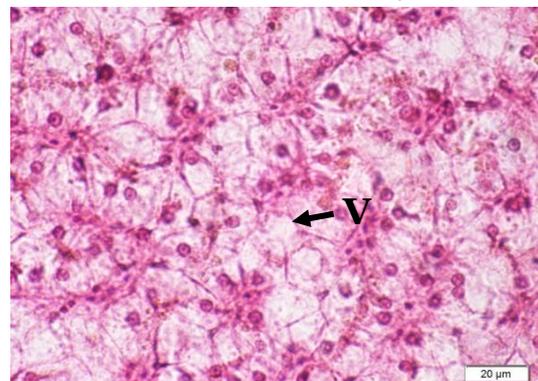
ภาพผนวกที่ 69 ตับปลานิลได้รับอาหารสูตร 5 (20%)



ภาพผนวกที่ 70 ตับปลานิลได้รับอาหารสูตร 6 (30%)



ภาพผนวกที่ 71 ตับปลานิลได้รับอาหารสูตร 7 (50%)



ภาพผนวกที่ 72 ตับปลานิลได้รับอาหารเมืงค์สำเร็จรูป

รายนามคณะนักวิจัย

1. หัวหน้าแผนงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัฒนา วัฒนกุล
สาขาเทคโนโลยีการประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
179 หมู่ 3 ต.ไม้ฝาด อ.สิเกา จ.ตรัง 92150
โทรศัพท์-โทรสาร (075) 204-064 โทรศัพท์มือถือ 081-6775908
e-mail : wattanakul67@gmail.com

2. ผู้ร่วมโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุไรวรรณ วัฒนกุล
สาขาอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ประมง
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
179 หมู่ 3 ต.ไม้ฝาด อ.สิเกา จ.ตรัง 92150
โทรศัพท์-โทรสาร (075) 204-064 โทรศัพท์มือถือ 086-2969616
e-mail : uraiwan16@gmail.com

3. ผู้ร่วมโครงการ

รองศาสตราจารย์เจษฎา อีสหะ
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์หันตรา
60 ม.3 ต.หันตรา อ.พระนครศรีอยุธยา
จ. พระนครศรีอยุธยา 13000
โทรศัพท์ 035 – 242554 และ โทรสาร 035 – 242654
e-mail : abee_sunnee@hotmail.co.th