บทคัดย่อ

การทดลองใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับต่างกัน ในอาหารเลี้ยง ปลากะพงขาว เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน องค์ประกอบทางเคมี ของเนื้อปลา ค่าองค์ประกอบเลือด ลักษณะทางเนื้อเยื่อ ของตับ อัตราการรอดตาย และ ต้นทุนอาหารต่อผลผลิต โดยได้ศึกษาระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารต่างกัน 7 ระดับ (สูตรที่ 1-7) คือ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยกำหนดให้มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์เท่ากันทุกสูตร และมีอาหารเม็ดสำเร็จรูป (สูตรที่ 8) เป็นสูตรเปรียบเทียบ นำไปเลี้ยง ปลากะพงขาว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 24.93$\pm$0.46 กรัม ในกระชังขนาด 1.5x1.5x2 ม. ที่แขวนลอยอยู่ในบ่อพักน้ำขนาด 2 ไร่ กระชังละ 50 ตัว เป็นเวลา 8 เดือน พบว่า ที่ระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 40 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 5) มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน สูงที่สุด ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตทั้งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ สูงที่สุด รองลงมาคือ สูตรที่ 8 และที่ระดับ 50, 30, 20, 60, 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (p<0.05) ที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 5) ส่งผลให้ปริมาณโปรตีน และไขมันในเนื้อปลาสูงกว่าที่ระดับอื่น ๆ (p<0.05) และพบว่า ทุกระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาไม่มีผลต่อค่าองค์ประกอบเลือด การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อตับ และ อัตราการรอดตาย จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในสูตรอาหาร ที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับ เลี้ยงปลากะพงขาว ทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์ โดยมีต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 36.22$\pm$0.81 บาทต่อกิโลกรัม สามารถลดต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตของปลากะ พงขาวได้เท่ากับ 39.68 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็น 52.27 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากตลาด

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 seabass (*Lates calcarifer* Bloch, 1790). The diets were contained 40% protein in seven formulas with varying levels ; 0, 10, 20, 30, 40, 50 and 60% of fish condensate replacement (formula 1-7) compared with pellet diet (formula 8), respectively. Fish with initial average weight 24.93±0.46 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 40% of fish meal replacement with fish condensate (formula 5) group was highest growth performance as weight gain and specific growth rate were significantly different (p<0.05) with formula 8, 50, 30, 20, 60, 10 and 0% level respectively. All of fish condensate replacement diets were no effect on liver histology, hematology and survival rate (p>0.05). The current study concluded that at 40% of fish meal protein replacement with fish condensate in diet was optimum for seabass feed taking into account the weight increase and economic returns with lowest production cost of 36.22±0.81 baht/kg and could reduce the feed cost production of fish up to 39.68 baht/kg, equivalent to 52.27% compared on the pellet diet.

บทนำ

ปลากะพงขาว Seabass (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) ถือได้ว่าเป็นปลาน้ำกร่อยที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อยของประเทศไทยเป็น ได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างแพร่หลายจึงกลายเป็นสินค้าสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ดังจะเห็นได้จากรายงานของกรมประมง (2555) รายงานว่า ปริมาณปลากะ พงขาว ที่จับได้ทั้งหมดรวมทั้งการเพาะเลี้ยง ตั้งแต่ปี 2551 – 2555 มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น ทุกปี โดยในปี 2555 มีปริมาณสูงถึง 19,400 ตัน ซึ่งมีมูลค่า 2,426.6 ล้านบาท และจังหวัดตรัง ซึ่งเป็นจังหวัดหนึ่งที่อยู่ทางชายฝั่งทะเลอันดามัน มีประชากรที่ประกอบอาชีพ และมีรายได้จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดยเฉพาะการเลี้ยงปลาน้ำกร่อยในกระชัง ปลาน้ำกร่อยเศรษฐกิจที่นิยมเลี้ยง ได้แก่ ปลากะพงขาว และ ปลากะรัง ผลผลิตการเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชังของจังหวัดตรัง มีปริมาณถึง 123 ตัน กรมประมง (2555) มูลค่าหลายล้านบาท และในอนาคตคาดว่าผลผลิตปลากะพงขาวจากการเพาะเลี้ยง จะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น แต่ในขณะนี้ ประสบปัญหาเป็นอย่างมาก ในเรื่องของต้นทุนการผลิต เนื่องจากการเลี้ยงปลาในกระชังของเกษตรกรจะใช้ปลาสดเป็นอาหาร ซึ่งมีปัญหาสำคัญหลายประการ เช่น ปัญหาปริมาณปลาสด ไม่เพียงพอ ต่อความต้องการ และปริมาณไม่มีความแน่นอน ขึ้นอยู่กับฤดูกาล สภาพภูมิอากาศ และช่วงเวลา ปัญหาด้านราคา ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นทุก ๆ ปี เนื่องจากความต้องการใช้มีมากขึ้น ราคายังผันผวนตามปริมาณ คุณภาพ สถานที่ และราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น จึงมีผลทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงปลาในกระชังสูงขึ้นเป็นอย่างมาก ปัญหาคุณภาพของปลาสด ไม่มีคุณค่าทางอาหารครบ แม้ว่าปลาสดมีโปรตีนสูงแต่มักขาดวิตามินและแร่ธาตุ ปัญหาในการเก็บรักษา ซึ่งปลาสดจะเน่าอย่างรวดเร็วถ้าไม่มีการแช่เย็นหรือแช่แข็ง ปัญหาการเป็นพาหะนำโรคของปลาสด (Sim *et al*., 2005) จากปัญหาของปลาสดดังที่กล่าวมา เกษตรกรจึงหันไปใช้อาหารเม็ดสำ เร็จรูปซึ่งมีจำหน่ายตามท้องตลาด แต่มีราคาแพง ซึ่งอาจจะไม่ คุ้มค่ากับการลงทุน ทำให้เกิดความไม่ยั่งยืนของอาชีพการเลี้ยงปลาในกระชัง และอาจจะต้องเลิกกิจการไปในที่สุดนั้น จึงเกิดความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัยเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ อาหารนับได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะในเรื่องอาหารจะตกอยู่ประมาณ 50-70 % ของต้นทุนทั้งหมด (Blyth and Dodd, 2002; Kongkeo and Phillips, 2002) ฉะนั้นหากผู้เลี้ยงไม่ให้ความสำคัญต่อการให้อาหารสัตว์น้ำ โอกาสที่จะเกิดความล้มเหลวในการเลี้ยงก็จะสูงตามไปด้วย ซึ่งอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำโปรตีนนับเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญที่สุด จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ในขณะเดียวกันก็จะมีราคาแพงที่สุด ซึ่งในปัจจุบันการผลิตอาหารปลา และอาหารสัตว์น้ำอื่น ๆ นิยมใช้ปลาป่นเป็นวัตถุดิบที่เป็นเป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์เป็นหลัก ร่วมกับกากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจากพืช ทั้งนี้เพราะปลาป่นมีกรดอะมิโนอยู่ครบถ้วน และมีสัดส่วนที่สมดุล ทำให้มีความ

ต้องการเพิ่มมากขึ้นทุกปี ในขณะที่ปริมาณปลาป่นที่ผลิตได้ทั่วโลกมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการลดลงของปลาในแหล่งธรรมชาติ ส่งผลให้ปลาป่นมีแนวโน้มหาได้ยาก และมีราคาสูงขึ้น ตลอดจนคุณภาพไม่คงที่ และหาได้ยากในบางฤดูกาล ส่วนกากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบที่มีโ ปรตีนสูง มีกรดอะมิโนไลซีนสูง จึงนิยมใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารเพื่อลดปริมาณการใช้ปลาป่น และลดต้นทุนการผลิต แต่กากถั่วเหลืองก็เป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่มีราคาค่อนข้างสูง และมีปริมาณการนำเข้าจากต่างประเทศสูงขึ้นทุกปี ทำให้ต้นทุนการผลิตสัตว์น้ำสูงตามไปด้วย ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ จึงเป็นเหตุให้นักวิจัยอาหารสัตว์น้ำหันมาศึกษา และพยายามที่จะนำวัตถุดิบจากแหล่งโปรตีนอื่นที่หาได้ง่าย และราคาถูกกว่ามาใช้ ทดแทน โดยเฉพาะวัตถุดิบเหลือใช้จากกิจการต่าง ๆ หรือวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำในท้องถิ่นที่มีผลผลิตจำนวนมาก หาได้ง่าย ราคาถูก และมีคุณค่าทางโภชนาการ นำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนผสมในอาหาร ทดแทนโปรตีนจากปลาป่น และกากถั่วเหลือง ลดการใช้วัตถุดิบอาหารที่มีราคาแพง จะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำลงได้

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

ดังนั้น การนำเอาน้ำนึ่งปลา ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือ หรือผลพลอยได้ที่มีอยู่ในปริมาณม ากจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบโปรตีนในอาหาร ทดแทนการใช้โปรตีนจากปลาป่น และช่วยแต่งกลิ่นชวนกินอาหาร ในการผลิตอาหารปลากะ พงขาว เพื่อลดการใช้ปลาป่นและกากถั่วเหลืองซึ่งเป็น 2 วัตถุดิบที่มีราคาแพงในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ จึงเป็นแนวทางของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เพื่อที่จะพัฒนาสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงปลากะพงขาวให้ดียิ่งขึ้น สามารถลดต้นทุนค่าอาหารลงได้มากยิ่งขึ้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาถึงผลของการใช้น้ำนึ่งปลาในปริมาณต่าง ๆ กันเป็นส่วนผสมในอาหาร ต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ คุณค่าทางโภชนาการ และเปรียบเทียบต้นทุน

อาหารต่อผลผลิตของปลากะพงขาว เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต โดยการใช้วัตถุดิบเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ อันก่อให้เกิดการใช้ท รัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เป็นการเพิ่มมูลค่าวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ สามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารในการผลิตสัตว์น้ำ และลดต้นทุนการบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนลดมลภาวะจากกระบวนการผลิต และคาดว่าผลการศึกษาวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของการพัฒนาอาชีพการเลี้ยง ปลากะพงขาว ให้เกิดความยั่งยืนในอาชีพ ของเกษตรกรชุมชนเครือข่ายประมงพื้นบ้าน และอุตสาหกรรมการเลี้ยงปลากะพงขาวของประเทศไทยต่อไป

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การเลี้ยงปลากะพงขาว

การเลี้ยงปลากะพงขาวมีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในภูมิภาคเอเชีย เช่น ฮ่องกง อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ รวมทั้งประเทศไทยซึ่งมีการเลี้ยงทั้งด้านอ่าวไทย และด้านฝั่งทะเลอันดามัน มานานกว่า 30 ปี โดยในปี 2555 มีปริมาณสูงถึง 19,400 ตัน ซึ่งมีมูลค่า 2,426.6 ล้านบาท กรมประมง (2555) การเลี้ยงปลากะพงขาวมีทั้งการเลี้ยงในบ่อดิน และในกระชัง โดยการเลี้ยงในกระชังนั้นจะเลี้ยงในบริเวณปากแม่น้ำลำคลองที่ติดต่อกับทะเล หรือบริเวณอ่าวและทะเลสาบ เช่น มีการเลี้ยงอย่างหนาแน่นบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอก (Boonyaratpalin, 1989) สำหรับอัตราการปล่อยปลาประมาณ 20 – 30 ตัวต่อตารางเมตร ขึ้นอยู่กับความลึก การหมุนเวียนของน้ำ และขนาดของปลา

อาหารปลากะพงขาวและปัญหาของการเลี้ยง

ปลากะพงขาวเป็นปลากินเนื้อ และมีความต้องการอาหารที่มีโปรตีนสูง เกษตรกรนิยมใช้ปลาสดและปลาเป็ดเป็นอาหาร อย่างไรก็ตามการใช้ปลาสดเป็นอาหารปลากะพงขาว มีปัญหาสำคัญหลายประการ ได้แก่

1. ปัญหาปริมาณปลาสด พบว่าปริมาณปลาสดไม่เพียงพอต่อความต้องการ และปริมาณไม่มีความแน่นอน ขึ้นอยู่กับฤดูกาล สภาพภูมิอากาศ และช่วงเวลา

2. ปัญหาด้านราคา ราคาปลาสดมีแนวโน้ มสูงขึ้นทุก ๆ ปี เนื่องจากความต้องการใช้มีมากขึ้น ราคายังผันผวนตามปริมาณ คุณภาพ สถานที่ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น และชนิดของปลาในแต่ละช่วง จึงมีผลทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงปลาในกระชังสูงขึ้นเป็นอย่างมาก

3. ปัญหาคุณภาพของปลาสด ไม่มีคุณค่าทางอาหารค รบ แม้ว่าปลาสดมีโปรตีนสูงแต่มักขาดวิตามินและแร่ธาตุ ปัญหาในการเก็บรักษา ซึ่งปลาสดจะเน่าอย่างรวดเร็วถ้าไม่มีการแช่เย็นหรือแช่แข็ง และปัญหาการเป็นพาหะนำโรคของปลาสด (Sim *et al*., 2005)

4. ปัญหาการสูญเสียและสร้างมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อม ปลาเป็ดถูกนำไปสับเป็ นชิ้นเล็ก เมื่อนำไปใช้เลี้ยงปลา พบว่า 30 ถึง 50 % ของปริมาณปลาเป็ด จะสูญหายไประหว่างการให้อาหารปลา ปริมาณการสูญเสีย มากกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารเม็ด 2-4 เท่า (Sim *et al*., 2005) และพบว่า การเลี้ยงปลาด้วยปลาสดมีการปลดปล่อยไนโตรเจนออกสู่สิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้อาหารเม็ดเปียกถึง 17 เท่า (Chu, 2002)

5. ความไม่ยั่งยืนของอาชีพการเพาะเลี้ยง การยึดติดกับปลาสดทำให้ไม่สามารถขยายกิจการได้ เพราะถูกจำกัดด้วยปริมาณปลาสด และราคาที่สูงขึ้น (Rosario, 2002) หากไม่มีปลาสดก็อาจจะต้องเลิกกิจการไปในที่สุด ซึ่ง Sheriff (2002) รายงานว่า การเลี้ยงปลา ในกระชังทางภาคใต้ของประเทศไทยยังคงใช้ปลาสดเป็นอาหาร เนื่องจากเกษตรกรไม่มีทางเลือกอื่น และในปัจจุบันอาหารเม็ด

สำเร็จรูปที่มีขายตามท้องตลาดมีราคาแพง ทำให้เ กษตรกรผู้เลี้ยงปลากระชังไม่มีความมั่นใจที่จะใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปในการเลี้ยง ซึ่งอาจจะไม่มีความคุ้มค่ากับการลงทุน

จากปัญหาดังกล่าวเป็นเหตุให้ต้องมีการพัฒนารูปแบบของอาหารจากอาหารธรรมชาติเป็นอาหารสำเร็จรูป การทดลองใช้อาหารรูปแบบต่าง ๆ ที่มีส่วนประกอบของปลาป่นเป็นหลักเพื่อใช้เลี้ยงปลากะพงขาวทดแทนการใช้ปลาสด และปลาเป็ดได้ผลดี เช่น อาหารกุ้ง อาหารกบ อาหารปลาดุก เป็นต้น (ธวัช, 2538) โดยพบว่า การใช้อาหารสำเร็จรูปทำให้ปลากะพงโตเร็วกว่าการใช้ปลาเป็ดประมาณเท่าตัว มีอัตราแลกเนื้อต่ำกว่า คือ 1.0 – 1.2 และมีอัตรารอดตาย 90 – 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้ปลาเป็ดทำให้อัตราแลกเนื้อของปลากะพงสูงถึง 6 – 7 และมีอัตรารอดตายไม่แน่นอน (มะลิ และคณะ, 2532)

การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปสำหรับปลากะพงขาว

จากปัญหาต่าง ๆ ของการใช้ปลาสดเป็นอาหารปลากะ พง ทำให้นักวิจัยพยายามพั ฒนาอาหารสำเร็จรูปสำหรับปล าเพื่อทดแทนการใช้ปลาสด เนื่องจากอาหารสำเร็จรูปมีข้อดีกว่าปลาสดหลายอย่าง ได้แก่ ปริมาณและคุณภาพสม่ำเสมอ สามารถกำหนดคุณค่าสารอาหารได้ตรงตามความต้องการของปลา การเจริญเติบโตเร็ว สุขภาพแข็งแรง การเก็บรักษาอาหารเม็ดทำได้ง่าย มีการสูญเสียหรือปลดปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำน้อยกว่าสด และลดความเสี่ยงในการเกิดโรค (Sim *et al*., 2005) การศึกษาเน้นไปที่การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปที่มีคุณค่าทางอาหารตรงกับความต้องการของปลา ทำให้ปลาโตเร็ว มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย และมีความเหมาะสมด้านราคา (Marte, 2002; Rimmer *et al*., 2002) อย่างไรก็ตามอาหารที่มีโปรตีนสูงมีราคาแพง ไม่เหมาะสมแก่การใช้งานจริง ระดับโปรตีนในอาหารสำเร็จรูปที่มีความเหมาะสมในทางเศรษฐศาสตร์ (economical optimum dietary protein level)

อาหารเม็ดสำเร็จรูปในท้องตลาด ที่ชาวประมงนำมาเลี้ยงปลากะ พงขาวในปัจจุบันนั้น เป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปปลาทะเล (ไฮเกร์ด) ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการที่ระบุไว้ข้างกระสอบ ดังนี้ โปรตีนไม่ต่ำกว่า 40% , ไขมันไม่ต่ำกว่า 5%, ความชื้นไม่มากกว่า 12% และกากไม่มากกว่า 5% โดยมีส่วนผสมคือ ปลาป่น , ปลาหมึกป่น , กากถั่วเหลือง , แป้งสาลี , รำสาลี , ข้าวโพด , วิตามินและเกลือแร่ จำนวนน้ำหนัก 20 กิโลกรัม/กระสอบ มีราคา ตั้งแต่ 950 – 1,010 บาท ดังนั้น เมื่อคิดราคาต้นทุนอาหารต่อกิโลกรัม พบว่ามีราคาประมาณ 47.50 - 50.50 บาท (ราคาอาหาร ณ ปี พ.ศ. 2556)

การศึกษาผลตอบแทนของการใช้อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงปลาทะเล

จากรายงานการทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีนต่ำสลับกับอาหารที่มีระดับโปรตีนปกติ ต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร (สุนิตย์ และคณะ , 2547) ซึ่งเป็นอาหารปลาทะเลที่มีระดับโปรตีน 38.30 และ 45.48% ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบกับการให้ปลาหลังเขียวเพียงอย่างเดียว พบว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนต่ำสลับกับ

โปรตีนปกติ มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงกว่า ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปโปรตีนปกติ และปลาที่เลี้ยงด้วยปลาหลังเขียว ตามลำดับ ตลอดจนมีผลผลิตและให้ผลตอบแทนสูงกว่า และเมื่อคำนวณต้นทุนค่าอาหารต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) พบว่า การใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปจะลดต้นทุนได้มากกว่าการใช้ปลาสด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง จากการวิเคราะห์

	สูตร 1	สูตร 2	ปลาหลังเขียว
โปรตีน[1]	45.48	38.30	69.80
ไขมัน[1]	12.09	12.02	7.74
เถ้า[1]	19.93	20.35	2.10
ความชื้น[2]	5.68	3.94	74.75
ราคา[3] (บาทต่อกิโลกรัม)	31.10	29.85	13.00

หมายเหตุ 1: % น้ำหนักแห้ง

2: % ตามลักษณะตัวอย่างที่เก็บ

3: ราคาวัสดุอาหาร ปลาป่น 27.5 บาท/กก., กากถั่วเหลือง 13.60 บาท/กก., หัวกุ้งป่น 13 บาท/กก., แป้งสาลี 16 บาท/กก., ปลายข้าว 8 บาท/กก., แอลฟาสตาร์ช 25 บาท/กก., น้ำมันปาล์ม 20 บาท/กก., น้ำมันปลา 100 บาท/กก., แร่ธาตุรวม 90 บาท/กก., cophos 30 บาท/กก., วิตามินรวม 360 บาท/กก. และ วิตามินซี 520 บาท/กก. (สุนิตย์ และคณะ, 2547)

อาหารสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงปลากะพงขาวนั้น มีการศึกษาถึงความต้องการสารอาหารชนิดต่าง ๆ ไว้ค่อนข้างจะสมบูรณ์ โดยพบว่าปลากะพงขาวมีความต้องการโปรตีนในช่วง 40-55% และความต้องการโปรตีนจะลดลงเมื่อปลาโตขึ้น ความต้อ งการไขมัน 12% ขณะที่ความต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็น ได้แก่ เมไธโอนีน ไลซีน อาร์จีนีน และทริบโตแฟน อยู่ที่ระดับ 2.24, 4.5 , 3.8 และ 0.4% ของโปรตีนตามลำดับ (Wong and Chou, 1989; Millamena, 1994) ความต้องการกรดไขมันที่จำเป็น (w3-HUFA) พบว่า ปลากะพงขาวขนาดปลานิ้ว ต้องการกรดไขมันที่จำเป็นในช่วง 1-1.7% ของอาหาร โดยสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่าง กรดไขมันชนิด w-3 ต่อ w-6 มีค่าเท่ากับ 1 ขณะที่ในทางปฏิบัติ พบว่าการเติมน้ำมันที่มีสัดส่วนระหว่างน้ำมันพืชต่อน้ำมันปลาเท่ากับ 3 ต่อ 2 ให้ผลดีที่สุดในแง่ของการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Wanagowat *et al*., 1989; Millamena, 1994; สุพจน์ และคณะ, 2533) ระดับคาร์โบไฮเดรตไม่ควรเกิน 20% สำหรับความต้องการวิตามินพบว่าไม่มีความแตกต่างในแง่ของน้ำหนักเพิ่ม ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดตาย ระหว่างปลากะพง

ขาวที่ได้รับอาหารผสมที่มีการเติมและไม่เติมโคลีน คลอไรด์ ไนอาซีน อินโนซิทอล วิตามินอี ไพริดอกซีน และแพนโซทีนิกแอซิค แต่จะมีการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำลงภายใน 60 วัน เมื่อได้รับอาหารที่ไม่มี ไธอามีน และ ไรโบฟลาวิน ขณะที่ปลาที่ไม่ได้รับวิตามิน ซีจะแสดงอาการขาดวิตามินซีภายใน 15 วัน และจะตายหมดภายใน 60 วัน ความต้องการแร่ธาตุ พบว่าแคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นแร่ธาตุหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว (Catacutan and Coloso, 1997; มะลิ และคณะ, 2531; ถนอม และมะลิ, 2532; Boonyaratpalin, 1997; นันทิกา และคณะ, 2531; มะลิ และจูอะดี, 2533)

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า มีข้อมูลมากพอที่จะผลิตอาหารสำเร็จรูปเลี้ยงปลากะพงขาวได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากเกษตรกรยังนิยมเลี้ยงปลากะพงขาวด้วยปลาเป็ด ความต้องการใช้อาหารสำเร็จรูปมีไม่มากพอให้มีการแข่งขันผลิตอาหารสำเร็จรูปจำหน่าย ที่ผลิตจำหน่วยอยู่บ้างจะมีราคาแพงหรือไม่ได้คุณภาพดังนั้นการพัฒนาอาหารให้มีราคาถูกลงโดยที่ให้ผลการเลี้ยงเหมือนเดิมก็เป็นแนวทางหนึ่งที่ควรพัฒนา เพื่อช่วยลดต้นทุนการเลี้ยงที่เกิดจากราคาอาหาร มีนักวิจัยหลายท่านที่ศึกษาการลดต้นทุนค่าอาหารปลากะพงขา วโดยการหาวัสดุทดแทนปลาป่นซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่มีราคาสูง เช่น รายงานของ จูอะดี และมะลิ (2538) ที่พบว่าสามารถใช้กากถั่วเหลืองและโปรตีนข้าวโพดในอาหารปลากะพงขาวได้ 17 และ 10% ตามลำดับ ส่วนมะลิ และคณะ (2539) รายงานว่าสามารถใช้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน ถั่วเหลือง เอกซ์ทรูค และถั่วเหลืองนึ่งแทนที่ปลาป่นในอาหารได้ 15% นอกจากนี้ รายงานของ Williams *et al*. (2003) พบว่า สามารถผลิตอาหารปลาประพงขาวที่ปราศจากปลาป่นได้โดยการแทนที่ด้วย เนื้อป่น มันสับ เลือดป่น และแป้งสาลี

ความต้องการสารอาหารของปลากะพงขาว

โปรตีน (protein)

โปรตีนเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการมีชีวิต และการเจริญเติบโต มีหน้าที่ในการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ ฮอร์โมน สารภูมิคุ้มกันโรคและฮีโมโกลบิน ดังนั้น ปลาจึงมีความต้องการในปริมาณที่มากเพียงพอและต่อเนื่อง ปลาวัยอ่อนต้องการโปรตีนปริมาณมาก และความต้องการโปรตีนจะลดลงเมื่อปลาโตขึ้น การกำหนดปริมาณโปรตีนที่ปลาได้รับในวันหนึ่ง ๆ นอกจากจะพิจารณาถึง วัย ขนาด ชนิด และสภาวะแวดล้อม ปริมาณความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำยังแตกต่างกันไปตามอุณหภูมิ และปริมาณของออกซิเจนในน้ำ ซึ่งมีผลต่อการใช้โปรตีนของสัตว์น้ำเป็นอย่างมาก เพราะ อุณหภูมิและออกซิเจนในน้ำ จะช่วยเร่งอัตราการเผาผลาญอาหาร ขณะเดียวกันอาหารที่มีโปรตีนมากเกินไป นอกจากจะทำให้สัตว์น้ำไม่เจริญเติบโต อันเนื่องจากต้องสูญเสียพลังงานในกระบวนการ deamination ภายในร่างกายของสัตว์น้ำโดยตรง สารประกอบไนโตรเจนที่ ถูกขับถ่ายลงไปในน้ำจะทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมลง เป็นผลให้ปลาเบื่ออาหาร การใช้ประโยชน์จากอาหารได้น้อย และอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ดังนั้น ปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาคือ ปริมาณโปรตีนซึ่งน้อยที่สุดที่ทำให้สัตว์น้ำการเจริญเติบโตดีที่สุด (เวียง, 2528) นอกจากนี้

การใช้ประโยชน์ของโปรตีนในสัตว์น้ำจะขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ สิ่งแวดล้อม คุณภาพของโปรตีน ระดับโปรตีนที่เหมาะสม พลังงานที่มีในอาหารชนิดของแหล่งพลังงาน และปริมาณอาหารที่ปลากิน (Steffens, 1981) โดย Cuzon (1988) รายงานว่า ระดับโปรตีนรวมที่เหมาะสมในอาหารปลากะพงขาว คือ 45-55 เปอร์เซ็นต์ Sakaras *et al*., 1989 รายงานว่า ระดับโปรตีนรวม และไขมันที่เหมาะสมในอาหารปลากะพงขาววัยอ่อน คือ 45 และ 18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Wong และ Chou (1989) รายงานว่าระดับโปรตีนรวมและไขมัน ที่เหมาะสมในอาหารปลากะพงขาวตัวเต็มวัยคือ 40-45 และ 12 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ไขมัน (Lipid)

ไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกาย ส่วนกรดไขมันที่จำเป็น ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของไขมัน มีบทบาทหน้าที่สำคัญอย่างมากต่อร่างกาย เช่น ช่วยในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน นอกจากนี้ไขมันยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ ไขมันมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และทำให้กระบวนการแมแทบอลิซึมในร่างกายดำเนินไปตามปกติ นอกจากนั้นไขมันยังมีผลต่อรสชาติของอาหารและเนื้อปลาอีกด้วย Sakaras *et al*. (1989) รายงานว่า ระดับไขมันที่เหมาะสมสำห รับอาหารปลากะพงขาวขนาดเล็ก (fingerling) คือ 15 และ 18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 50 และ 45 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดย Buranapanidgit *et al*., 1989 รายงานว่าระดับกรดไขมันไม่อิ่มตัว (w-3HUFA) ที่เหมาะสมในอาหารปลากะพงขาว คือ 1.0-1.7 เปอร์เซ็นต์ แหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ใช้คือ น้ำมันตับปลาหมึก

คาร์โบไฮเดรท (carbohydrate)

โดยทั่วไปอาหารของปลากะพงขาวในธรรมชาติจะมีโปรตีนสูง จึงสันนิษฐานว่าปลากะพงขาวใช้คาร์โบไฮเดรทได้ไม่ดี จากการศึกษาพบว่าปลา สามารถสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรทจากสารอาหารประเภทไขมันและโปรตีน เพราะฉะนั้นคาร์โบไฮเดรทจึงไม่ค่อยมีความจำเป็นต่อปลากะพงขาว อย่างไรก็ตามสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรท สามารถใช้เป็นตัวประสานทำให้อาหารมีความคงรูป และยังมีราคาถูกกว่าสารอาหารประเภทโปรตีน จากเหตุผลดังกล่ าวทำให้มีการนำเอาคาร์โบไฮเดรทมาใช้เพื่อลดต้นทุนของอาหาร แต่ไม่ควรใช้คาร์โบไฮเดรทผสมในอาหารลูกปลากะพงขาวมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ (Boonyaratpalin, 1991)

วิตามิน (vitamins)

วิตามินเป็นสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งร่างกายต้องการเพียงปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น แต่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย การสืบพันธุ์ และการมีผลต่อสุขภาพของสัตว์ทุกชนิด อย่างไรก็ตามมีวิตามินบางชนิดเท่านั้นที่มีความจำเป็นต้องใส่ในอาหารปลากะพงขาว วิตามินบางชนิดปลากะพงขาวสามารถสังเคราะห์ได้ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย หรืออาจจะมีเพียงพออยู่แล้วในอาหาร ความต้องการวิตามินจะขึ้นอยู่กับ ขนาด ความสมบูรณ์ทางเพศ อัตราการเจริญเติบโต การปรับตัวตามสภาพแวดล้อม และความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารที่มีอยู่ในอาหาร

ความต้องการวิตามินจะลดลงเมื่อปลาโตขึ้น โดย Boonyaratpalin (1991) ทำการศึกษาความต้องการปริมาณวิตามินในอาหารปลากะพงขาว 2 ชนิด คือ ไพริดอกซิน (pyridoxine) และกรดแพนโททีนิก (pantothenic acid) พบว่ามีปริมาณความต้องการ คือ 700 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

แร่ธาตุ (mineral)

แร่ธาตุเป็นสารอนินทรีย์ที่ร่างกายต้องการเพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโต แต่ส่วนใหญ่ปลากะพงขาวจะได้รับแร่ธาตุในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการอยู่แล้วจากอาหารที่ปลากิน และในสภาพแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ ปริมาณความต้องการแร่ธาตุนั้นไม่ค่อยมีการศึกษา เพราะการควบคุมความเข้มข้นของแร่ธาตุในอาหารทดลองทำได้ยาก แต่ธาตุที่มีการศึกษา คือ โมโนโซเดียมฟอสเฟต(monosodium phosphate) ปริมาณที่ต้องการ คือ 0.5-1.0 เปอร์เซ็นต์ของอาหาร และฟอสฟอรัส (phosphorus) ปริมาณที่ต้องการ คือ 0.55-0.65 เปอร์เซ็นต์ (มะลิ และจูอะดี, 2533)

แหล่งโปรตีนของอาหารปลา

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

ปลาป่นถือเป็นวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของโปรตีนหลัก ที่มีการใช้อย่างกว้างขวางในองค์ประกอบของอาหารสัตว์น้ำ เพราะมีกรดอะมิโนสูงโดยเฉพาะ ไลซีน เมทไธโอนีน และมีความสมดุล ปลาป่นจะช่วยเพิ่มไลซีน และเมทไธโอนีนให้กับวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีนจากพืช เช่น ข้าวโพดถั่วเหลือง วัตถุดิบเหล่านี้มักจะมีเมทไธโอนีน ซีสตีน และไลซีนต่ำ ปลาป่นมีแร่ธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส แคลเซียม ทองแดง สังกะสี แมงกานีส ไอโอดีน และวิตามิน เช่น วิตามินเอ ดี บี 12 บีรวม ในปริมาณที่มากพอ นอกจากนี้ยังมี unidentified growth factor ซึ่งนักโภชนาการจัดว่าเป็นองค์ประกอบของโภชนะที่สำคัญ (ทัศนีย์, 2546) นอกจากนี้ปลาป่นยังเป็นแหล่งน้ำมันที่อุดมด้วยกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำ ได้แก่กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวชนิด n-3 HUFA อีกด้วย คุณภาพของปลาป่นที่ใช้ในอาหารจึงมีบทบาทสำคัญที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของอาหารนั้น และปลาป่นจะมีคุณภาพแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดของวัตถุดิบ คุณภาพของวัตถุดิบ และกรรมวิธีการผลิต ปลาป่นที่มีคุณภาพดีนั้นสัตว์น้ำจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตได้สูงสุด และมีสุขภาพดี ส่วนปลาป่นที่มีคุณภาพต่ำมีผลทำให้ อัตราการเจริญเติบโตช้า อัตรารอด ตายต่ำ และอัตราแลกเนื้อสูง (จูอะดี 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 มีอัตราการ

เจริญเติบโตสูงกว่าปลากะรังดอกแดงที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและอัตราการกินอาหารของปลากะรังดอกแดงที่ได้รับอาหารสูตร 1 และอาหารสูตร 2 มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าสูงกว่าปลากะรังดอกแดงที่ได้รับอาหารสูตร 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ และสรุปว่าปลาป่นเกรด 1 มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลากะรังดอกแดงมากที่สุด

อุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์และความต้องการวัตถุดิบ

อุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์เป็นอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตผลการเกษตรประเภทหนึ่งที่ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากทางเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งในด้านการก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่วัตถุดิบ รวมทั้งเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดการจ้างงานขึ้นในท้องถิ่นเป็นจำนวนมาก

สำหรับประเทศไทยวิกฤตการณ์วัตถุดิบอาหารสัตว์เริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ปี 2535 เป็นต้นมา วิกฤตการณ์วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เกิดขึ้นหากไม่ได้รับการแก้ไขหรือผ่อนคลายให้เบาบางลง ก็เป็นที่แน่นอนว่าจะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น แนวโน้มความต้องการวัตถุดิบประเภทโปรตีนยังคงเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ด้านการผลิตในประเทศยังขยายตัวไม่ทันกับความต้องการ เช่น กากถั่วเหลือง การผลิตภายในประเทศลดลงร้อยละ 6 เหลือ 273,000 ตัน ในปี 2535 (ธนาคารไทยพาณิชย์, 2535) ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้ยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศอีก 633,868 ตัน มูลค่า 4,071 ล้านบาท ในปี 2535 (กรมเศรษฐกิจพาณิชย์, 2535)

จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์มีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้น ในปี 2535 เป็นต้นมา เนื่องจากการขยายตัวของการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งมีราคาเนื้อสัตว์เป็นสิ่งจูงใจ แต่ในระยะยาวแล้วการเลี้ยงสัตว์การเลี้ยงสัตว์และอุตสาหกรรมอาหารสัตว์จะไม่ขยายตัวมากนัก โดยเฉพาะผู้ประกอบการรายย่อย ทั้งนี้เพราะผู้ประกอบการรายย่อย ประสบปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ ปัญหาที่ดินราคาสูงไม่คุ้มกับการลงทุน ปัญหาการแข่งขันระหว่างโรงงานอาหารสัตว์ด้วยกันเอง จากปัญหาดังกล่าวจำเป็นจะต้อง ปรับตัวในการแสวงหาวัตถุดิบอาหารสัตว์ให้มากขึ้น ผู้เลี้ยงสัตว์ต้องหาช่องทางผลิตอาหารสัตว์ใช้ในฟาร์มของตนเอง เนื่องจากต้นทุนจะถูกกว่าการซื้ออาหารสัตว์สำเร็จรูป และให้ความสำคัญกับการจัดการในการเลี้ยง และการให้อาหาร

ในปัจจุบันนี้เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่า มีราคาสูงมากขึ้น เนื่องจากปัญหาในเรื่องของวัตถุดิบดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้น ถ้าหากสามารถหาแหล่งของวัตถุดิบที่สามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหาร ก็จะเป็นการช่วยเหลืออุตสาหกรรมการเลี้ยงปลาของประเทศไทยได้

การใช้วัตถุดิบชนิดต่าง ๆ เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารปลา

อาหารปลาโดยทั่วไปจะมีโปรตีนประมาณ 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง โดยใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ ซึ่งมีปริมาณปลาป่นประมาณ 20 – 60 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบอาหาร เนื่องจากปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี มีกรดอะมิโนครบถ้วน และมีกลิ่นและรสชาติที่สัตว์น้ำ

ชอบ (Lovell, 1989) ดังนั้นการผลิตอาหารสำหรับปลากินเนื้อโดยส่วนใหญ่จึงใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน โดยอาหารของปลากะพงยุโรป (European sea bass, *Dicentrachus labrax*) จะมีปริมาณปลาป่นประมาณ 77 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบอาหาร (Cahu *et al*., 1999) ส่วนอาหารสำหรับปลา Atlantic salmon (*Salmo salar*) จะมีปริมาณปลาป่นประมาณ 66 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบอาหาร (Berge and Storebakken, 1996) ในปัจจุบันปลาป่นถูกนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้น แต่ผลผลิตปลาจากการจับมีแนวโน้มลดลง ส่งผลให้ปลาป่นมีแนวโน้มหาได้ยาก และราคาสูงขึ้น รวมทั้งคุณภาพไม่แน่นอน จึงจำเป็นที่จะต้องหาแหล่งโปรตีนอื่นที่หาได้ง่าย และราคาถูกกว่ามาใช้ทดแทนปลาป่นในอาหารสัตว์น้ำ เพื่อลดปริมาณการใช้ปลาป่น แหล่งโปรตีนที่นำมาใช้ทดแทนในอาหารปลากินเนื้อ ควรเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี รวมทั้งมีกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นในอัตราส่วนที่เหมาะสม และมีปริมาณเพียงพอ โดยทั่วไปการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นในอาหารปลานิยมใช้แหล่งโปรตีนจากสัตว์ เช่น เนื้อป่น เลือดป่น หมึกป่น และกุ้งป่น เป็นต้น เนื่องจากโปรตีนจากสัตว์จะมีกรดอะมิโนชนิดที่จำเ ป็นเป็นองค์ประกอบที่เหมาะสม และเพียงพอต่อความต้องการของปลามากกว่าแหล่งโปรตีนจากพืช เช่น กากถั่วเหลือง ใบกระถินป่น และกากเมล็ดทานตะวัน เป็นต้น

แหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารสัตว์น้ำ

ด้วยเหตุของปัญหาแหล่งโปรตีนที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ จึงเป็นเหตุให้นักวิจัยอาหารสัตว์น้ำหันมาศึกษา และพยายามที่จะนำวัตถุดิบจากแหล่งโปรตีนอื่นที่หาได้ง่ายและราคาถูกกว่ามาใช้ หรือวัตถุดิบเหลือใช้จากกิจการต่าง ๆ ที่หาได้ง่ายมาทดแทนเป็นบางส่วน ในการผลิตอาห ารสัตว์น้ำเพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะเศษวัตถุดิบเหลือใช้ เช่น น้ำนึ่งปลาจากโรงงานผลิตปลากระป๋องทดแทนโปรตีนในอาหารปลาดุกลูกผสม (สุทิน และวิชิต , 2547) การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน เพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีน และแหล่งพลังงานทดแทนในอาหารปลานิล (นิรุทธิ์, 2544) การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเสริมในอาหารเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (วัฒนา และคณะ , 2552) นอกจากนี้ พัชรี (2553) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาใช้หอยเชอรี่เป็นแหล่งโปรตีนหลักในการผลิตอาหารปลาช่อน ซึ่งหอยเชอรี่ที่นำมาใช้มีระดับโปรตีน 56.25 เปอร์เซ็นต์ ทดลองเ ลี้ยงปลาช่อนด้วยอาหารที่มีหอยเชอรี่เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 0, 15, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในบ่อดินขนาด 3x3x1 เมตร โดยทุกสูตรอาหารมีระดับโปรตีน 35-38 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้เนื้อหอยเชอรี่ทดแทนปลาป่นสามารถใช้ เลี้ยงปลาช่อนได้ทุกขนาดในสัดส่วนทดแทนปลาป่นได้ไม่เกินร้อยละ 15 โดยน้ำหนักและส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารต่ำลง

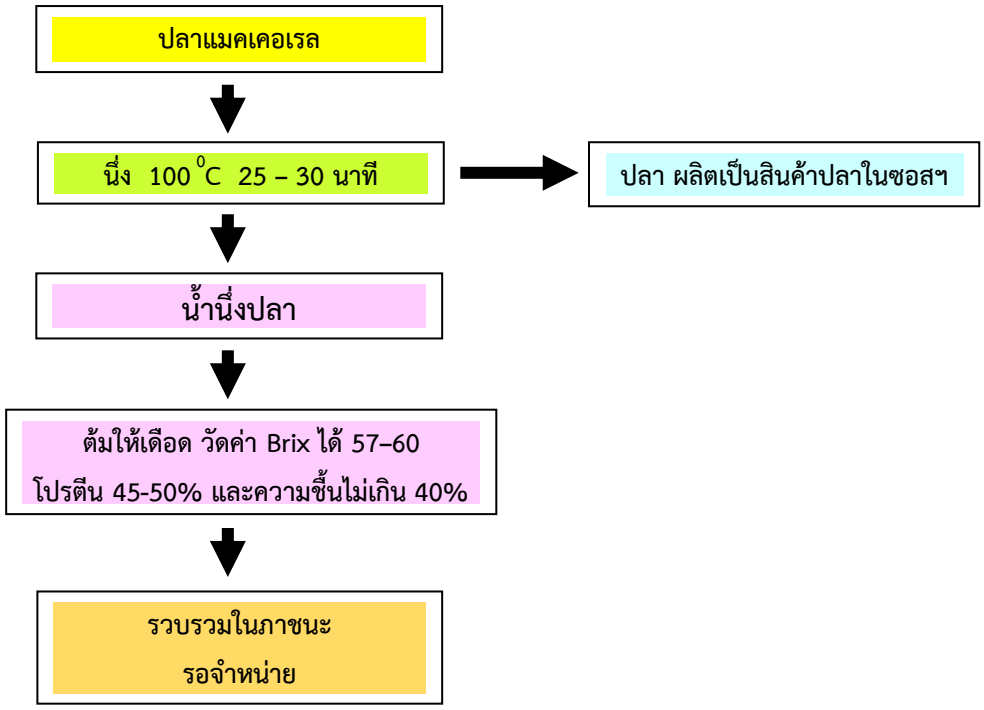
วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำและการใช้ประโยชน์

เศษเหลือจากการแปรรูปปลา

ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำทุกขั้นตอนจะมีวัสดุเศษเหลือเกิดขึ้น ทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว ซึ่งแนวโน้มการขยายตัวของอุตสาหกรรมที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้วัสดุเศษเหลือเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ได้แก่ หัวปลาและเครื่องในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ (คิด

จากน้ำหนักปลาทั้งตัว) น้ำเลือด และน้ำนึ่งปลาปริมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ กระดูกปลา และหนังปลาปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เศษเนื้อขาว และเศษเนื้อดำปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบเริ่มต้น (อารยา, 2536) ซึ่งเศษวัสดุเหลือที่เป็นของเหลวที่มีปริมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่ ยังไม่ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ซึ่งได้แก่ น้ำเลือดปลา 7 เปอร์เซ็นต์ และน้ำนึ่งปลาทูน่า 10-14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์หลายชนิดที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่นโปรตีน ไขมัน เอนไซม์ และวิตามินต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการทำให้สุกในระยะเริ่มต้น จาก กระบวนการแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง ก่อให้เกิดวัสดุเศษเหลือ ซึ่งวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวนำไปผลิตเป็นน้ำนึ่งปลา โดยมีขั้นตอนในการผลิตดังนี้

ขั้นตอนการผลิตน้ำนึ่งปลา



หมายเหตุ : ปลาแมคเคอเรล ได้แก่ ปลาทูแขก ปลาทู ปลาลัง ปลาซาบะ

วัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง

การผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง มีวัสดุเศษเหลือทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็ง โดยของแข็ง คือ เครื่องใน เศษเนื้อและหนัง หัวและก้าง สำหรับวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว คือ เลือดปลา น้ำนึ่งปลา วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งส่วนใหญ่ใช้ทำเป็นปลาป่นเพื่อนำไปเลี้ยงสัตว์ แต่วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวจะปล่อยทิ้ง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหากับการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากยังมีสารประกอบอินทรีย์อยู่สูง (Prasertsan *et al*., 1988) โดยเฉพาะน้ำนึ่งปลาทูน่า พบว่ามีไขมันและโปรตีนโดยเฉลี่ยร้อยละ

0.41 และ 6.54 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) (Sanguandeekul *et al*., 1992) การนำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาใช้ประโยชน์ก็จะเป็นการเพิ่มมูลค่าและลดต้นทุนการบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนลดมลภาวะจากกระบวนการผลิต น้ำนึ่งปลาทูน่ามีปริมาณสารอินทรีย์ต่างๆ อยู่ในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะโปรตีนและไขมัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของปลาที่ใช้ ได้แก่ เพศ อายุ ฤดูกาลที่จับ ความแตกต่างในเรื่องการปฏิบัติหลังจับ การเก็บรักษา และกระบวนการแปรรูป (Besedits and Netzer, 1982)

การใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้งที่ออกจากขบวนการผลิต

วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำประกอบด้วยโปรตีน และกรดอะมิโน จำเป็นในปริมาณสูง (Shahidi *et al*., 1995) การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือดังกล่าวส่วนใหญ่นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ป่น และโปรตีนไฮโดรไลเสต (protein hydrolysate) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณสูง จึงสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำ เป็นการนำวัสดุเศษเหลือดังกล่าวมาใช้ให้ก่อประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่า

การใช้โปรตีนที่ผลิตได้จากวัสดุเศษเหลือโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำทดแทน โปรตีนจากปลาป่นสามารถให้ได้ในระดับ 25-100 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารปลาที่ใช้ เลี้ยงปลาชนิดต่าง ๆ เช่น ปลาดุกด้าน (*Clarias batrachus*) ปลาไนวันอ่อน (*Cyprinus cario*) และปลากะพงยุโรป (*Dicentrachus labrax*) เป็นต้น โดยพบว่าปลาดุกด้านที่เลี้ยงโดยใช้โปรตีนจากเครื่องในปลาอบแห้งแทนปลาป่นในอาหารที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใกล้เคียงกับชุดควบคุมที่ได้รับอาหารที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน (Giri *et al*., 2000) ส่วนการทดลองเลี้ยงปลากะพงยุโรป (*Dicentrachus labax*) และปลาไนวัยอ่อน (*Cyprinus carpio*) ด้วยโปรตีนไฮโดรไลเสตร่วมกับยีสต์ พบว่า ปลากะพงยุโรปสามารถใช้โปรตีนไฮโดรไลเสตร่วมกับยีสต์แทนปลาป่นในอาหาร โดยปลามีอัตราอดตายสูงกว่าการใช้โปรตีนเข้มข้นจากถั่วเหลืองและยีสต์ และการใช้ปลาป่นเพียงอย่างเดียว ส่วนปลาไนวัยอ่อน (*Cyprinus carpio*) พบว่าปลาสามารถใช้โปรตีนไฮไดรโลเสตร่วมกับยีสต์แทนปลาป่นในอาหาร โดยปลามีการเจริญเติบโตและอัตรารอดสูงสุด (Cahu *et al*., 1999) นอกจากนี้ปลากะพงยุโรปวัยอ่อน ที่ได้รับอาหารซึ่งใช้โปรตีนไฮโดรไลเสตทดแทนปลาป่นที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับชุดควบคุมซึ่งได้รับอาหารที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน แต่มีอัตราการรอดตายสูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งได้รับอาหารที่มีปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน (Cahu *et al*., 1999)

จากการศึกษาวิจัยผลของการใช้เนื้อโปรตีนจากน้ำทิ้งของโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋อง ในอาหารสัตว์น้ำ สุทิน และ วิชิต (2547) ได้ทำการทดลองใช้ตะกอนน้ำนึ่งปลา ในอาหารเลี้ยงปลาดุกลูกผสม เพื่อเป็นสารแต่งกลิ่นชวนกินอาหาร โดยใช้ตะกอนน้ำนึ่งปลาที่มีองค์ประกอบทางโภชนะสูง (โปรตีน 28.33%, ไขมัน 2.10%, ความชื้น 44.70%) เป็นวัตถุดิบในอาหารทดลอง 5 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15 และ 20% อาหารปลาแต่ละสูตรมีโปรตีน 33% และพลังงานที่ย่อยได้ 2,500 กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัมใช้เลี้ยงปลาดุดลูกผสมซึ่งมีน้ำหนักเริ่มต้น 5 กรัม เป็นเวลา 90 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งมีตะกอนน้ำนึ่งปลา 10 % มีเปอร์เซ็นต์

น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด ไม่ต่างจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม 0% และใช้น้ำนึ่งปลา 5% ($p>0.05$) ผู้วิจัยได้สรุปว่าสามารถใช้น้ำนึ่งปลาแต่งกลิ่นอาหารปลาดุกลูกผสมได้ไม่เกิน 10% ของอาหาร นอกจากนี้ เจษฎา และสุภาวดี (2553) ได้ทำการทดลองใช้น้ำนึ่งปลาจากการผลิตของโรงงานปลาทูน่ากระป๋องเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาสวายเนื้อขาวที่แตกต่างกัน 11 ระดับคือ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100% ใช้เลี้ยงปลาสวายเนื้อขาว เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของสวายเนื้อขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งมีน้ำนึ่งปลา 20 % มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม น้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด แตกต่างจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม 0% ($p<0.05$) ตลอดจนให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหารตลอดการทดลองดีที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำนึ่งปลาทูน่า

องค์ประกอบ	ค่าวิเคราะห์
พีเอช	4.9 – 6.2
โปรตีน (ร้อยละ)	2.17 – 8.81
ของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	3.2 – 8.7
ไขมัน (ร้อยละ)	0.9 – 3.2
ซีโอดี (ร้อยละ)	70,000 – 157,000

ที่มา : ดัดแปลงจาก ธีรภัทร์ (2534), สุทธวัฒน์ (2534) และ สุวิทย์ (2535)

ส่วนในด้านการผลิตอาหารปลากะพงขาว ยังไม่มีรายงานว่ามีการใช้ เศษเหลือจากน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋อง (น้ำนึ่งปลา) ในการผลิตอาหาร ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่ง ในการที่จะนำเศษเหลือจากน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋อง มาพัฒนาใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร เพื่อเป็นแนวทางในการลด ต้นทุนการผลิตต่อไปในอนาคต รวมทั้งช่วยลดปัญหามลภาวะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตปลาทูน่ากระป๋องต่อสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย

การศึกษาผลของอาหารต่อการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา และองค์ประกอบเลือด

ในการศึกษาเกี่ยวกับอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำนั้น จำเป็นที่ จะต้องมีการศึกษาถึงผลของอาหารที่สัตว์น้ำได้รับต่อการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา และองค์ประกอบของเลือด เพื่อดูถึงการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างไปจากสภาวะปกติ ว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลเป็นไปในทางที่ดี หรือมีผลไปในทางลบ เช่น หลังจากการใช้อาหาร มีผลทำให้เนื้ อเยื่อตับมีการเปลี่ยนแปลงแล้วส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง การศึกษาในเรื่องดังกล่าว จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสำเร็จในการใช้อาหารที่ผลิตขึ้นมา

ต่อประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตของปลาเพียงใด ซึ่งได้มีผู้ทำการศึกษาไว้ในสัตว์น้ำหลายชนิด เช่น ในปลานิล (นิรุทธิ์, 2544) ในกุ้งขาวแวนนาไม (วัฒนา และคณะ, 2552) ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาถึงผลของการใช้น้ำนึ่งปลาในอาหารต่อการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา และองค์ประกอบเลือด ปลากะพงขาวด้วย เพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลประกอบในการผลิตอาหารลดต้นทุนโดยการผสมน้ำนึ่งปลาที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เลี้ยงปลากะพงขาวต่อไป

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองใช้ประโยชน์จากน้ำนึ่งปลา ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ เพื่อพัฒนาเป็นวัตถุดิบผสมในอาหารปลากะ พงขาว เพื่อต้องการที่จะพัฒนาอาหารของปลากะพงขาว โดยทำการศึกษาผลของการใช้น้ำนึ่งปลาระดับต่าง ๆ ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลากะรังต่อการเจริญเติบโต อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน องค์ ประกอบทางเคมีของตัวปลา การเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา องค์ประกอบเลือด และต้นทุนอาหารต่อหน่วยผลผลิต แบ่งออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Compleately Randomized Design; CRD) โดยศึกษาระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตี นจากปลาป่นในสูตรอาหารปลากะ พงขาวแตกต่าง กัน 7 ระดับคือ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 % และมีชุดการทดลองที่ใช้อาหาร ปลาทะเลสำเร็จรูปชนิดเม็ดลอยน้ำ ที่มีขายตามท้องตลาด (อาหารปลาทะเลใหญ่ ไฮเกร์ด ของบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหารจำกัด มหาชน) เป็นชุดการทดลองเปรียบเทียบ ดังนั้น มีชุดการทดลองทั้งสิ้น 8 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สูตรอาหารที่ไม่ใช้น้ำนึ่งปลา (สูตรควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 10 %
ชุดการทดลองที่ 3 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 20 %
ชุดการทดลองที่ 4 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 30 %
ชุดการทดลองที่ 5 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 40 %
ชุดการทดลองที่ 6 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 50 %
ชุดการทดลองที่ 7 สูตรอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 60 %
ชุดการทดลองที่ 8 อาหารเม็ดปลาทะเลสำเร็จรูป

การเตรียมระบบเลี้ยง

ทำการทดลองเลี้ยงในกระชัง กระชังที่ใช้ทดลองเป็นกระชังลอยแบบไม่มีโครงขนาด 1.5x1.5x2 เมตร จำนวน 24 กระชัง ตามชุดการทดลอง ที่อยู่ในบ่อดินขนาด 2 ไร่ ซึ่งเป็นบ่อพักน้ำของโครงการเลี้ยงปลาน้ำกร่อย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตัวกระชังเป็นอวนไนลอนสีดำขนาดตาเหยียด 2 ขนาด คือ 1.2 นิ้ว ซึ่งใช้เลี้ยงปลาทดลองในช่ วง 4 เดือนแรก และขนาดตาอวน 1.5 นิ้ว ในช่วงการเลี้ยง 4 เดือนหลัง ซึ่งจะทำการเปลี่ยนกระชัง ทำความสะอาดกระชัง เพื่อให้มีการถ่ายเทหมุนเวียนน้ำได้ดี และลดการอุดตัน เนื่องจากการเกาะของเพรี ยงและหอยเมื่อเลี้ยงปลาไปนาน ๆ (ภาพผนวกที่ 23 – 24) ตัวกระชังจะผูกแข วนอยู่กับโครงกระชัง ซึ่ง

ใช้ท่อเหล็กแป๊ปน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 นิ้ว นำมาประกอบเป็นช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3.5x3.5 เมตร จำนวน 6 ช่องโดยมีทุ่นโฟมเป็นตัวพยุงให้ลอยน้ำ และปูทางเดินด้วยไม้กระดาน ซึ่งมีความกว้าง 40 เซนติเมตร เพื่อสะดวกในการเดินให้อาหารปล าที่เลี้ยงในกระชัง ทำการขึงกระชังกับโครงกระชังช่องละ 4 กระชัง และใช้ท่อ PVC ทำเป็นกรอบสี่เหลี่ยม ภายใน ใส่ทรายเพื่อให้มีน้ำหนักทำเป็นวัสดุถ่วง เพื่อช่วยให้กระชังคงรูปอยู่ได้ (ภาพผนวกที่ 1 - 5)

การเตรียมปลาทดลอง

ทดลองในปลากะพงขาวขนาด 4-6 นิ้วจากฟาร์มเอกชน โดยนำมาปล่อยลงเลี้ยงในกระชังขนาด 3x3x2 ลบ.ม. เป็นเวลา 15 วัน เพื่อให้ปลาปรับสภาพให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อม และอาหารทดลอง โดยฝึกให้ปลายอมรับอาหารเม็ด อาหารที่เป็นอาหารสูตรที่ 1 ที่ใช้ในการทดลอง วันละ 2 ครั้ง (เช้า–เย็น) หลังจากนั้น ชั่งหาน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นของปลา และสุ่มปลาปล่อยลงเลี้ ยงในกระชังที่ใช้ทดลอง กระชัง ละ 50 ตัว {ความหนาแน่นประมาณ 23 ตัว/ตารางเมตร, กรมประมงได้แนะนำให้ปล่อยในอัตรา 15 – 60 ตัวต่อตารางเมตร (กรมประมง, 2536)} (ภาพผนวกที่ 6 - 10)

การเตรียมอาหารทดลอง

นำน้ำนึ่งปลา และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต เพื่อนำค่าที่ได้มาสร้างเป็นสูตรอาหารทดลอง (ตารางที่ 3 และ 4) นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์หาชนิดของกร ดอะมิโน และกรดไขมันในน้ำนึ่งปลา (ตารางที่ 5 และ 6) ส่วนอาหารทดลองที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทั้ง 7 สูตรนั้น ใช้วิธีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารตามระดับที่กำหนดไว้ และกำหนดให้มีระดับโปรตีน และพลังงานเท่ากันทุกชุดการทดลอง (สูตรอาหาร) โดยให้มีระดับโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ (กำหนดตามรายงานของ Boonyaratpalin, 2002 และ Sim *et al*., 2005) ไขมันไม่น้อยกว่า 10% (กำหนดตามรายงานของ อัตรา , 2547) และระดับพลังงาน (GE) ในสูตรอาหาร ไม่ต่ำกว่า 3,600 Kcal/kg การปรับระดับพลังงานในอาหาร ใช้การเติมน้ำมันปลาและน้ำมันพืช (ในสัดส่วน 1:1) ค่าพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารคำนวณโดยใช้ค่าต่างๆ ซึ่งประยุกต์มาจากค่าที่ใช้ในปลาสวาย คือ 4.5 Kcal/g สำหรับโปรตีน 8.4 Kcal/g สำหรับไขมัน และ 2.1 Kcal/g สำหรับคาร์โบไฮเดรต (วิมล และคณะ, 2535) อาหารทดลองทั้ง 7 สูตร ใช้ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด ปล ายข้าว ข้าวโพดป่น น้ำมันปล า น้ำมันพืช วิตามิน แร่ธาตุผสม และ สารเหนียว ผสมกับน้ำนึ่งปลา ในอาหารเหมือนกันทุกสูตร แต่แตกต่างกันตามชุดการทดลอง

ขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง

อาหารทดลอง (สูตรที่ 1 – 7) ที่เตรียมนั้นเป็นอาหารเม็ดจมน้ำ (sinking pellet feed) เตรียมอาหารเพียงครั้งเดียวตลอดการทดลองเพื่อให้มีการใช้น้ำนึ่งปลาที่มาจากการผลิตครั้งเดียวกัน และคุณภาพเหมือนกันในทุกสูตรอาหาร ตลอดจนป้องกัน ไม่ใช้น้ำนึ่งปลาที่ เกิดเชื้อรา เพราะถ้าหากทิ้งเอาไว้นานกว่า 1 เดือน เนื่องจากน้ำนึ่งปลาจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำไม่ได้มีการใส่สารป้องกันเชื้อรา

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารปลากะพงขาว

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
น้ำนึ่งปลา	45.15	14.45	45.60	8.11	-
ข้าวโพด	7.36	4.72	8.95	2.62	2.2
ปลายข้าว	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., น้ำนึ่งปลา 18 บาท/กก., ปลายข้าว 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.

นำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว ชั่งให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณไว้ในแต่ละสูตร รวมทั้งวัตถุดิบที่เป็นของเหลว เช่น น้ำมัน โดยนำวัตถุแห้งทั้งหมดมาผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหาร เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงค่อย ๆ เติมน้ำมันลงไปทีละน้อย และ เปิดเครื่องผสมอาหารเป็นเวลา 5 นาทีแล้วค่อย ๆ เติมน้ำสะอาด เปิดเครื่องอีกครั้งนาน 10 นาที เมื่อวัตถุดิบอาหารผสมเข้ากันเป็นอย่างดี จึงนำ เข้าเครื่องอัดเม็ดอาหาร (Mincer) ที่มีหน้าแว่นขนาดเส้นผ่า นศูนย์กลาง 4-6 มิลลิเมตร (ตามขนาดของปากปลา) จากนั้นนำไปอบที่อุณ หภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้อบอาหารที่มีระบบการควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง นำอาหารที่อบแห้งแล้ววางให้เย็น อาหารที่ผลิตแล้วบรรจุลงในถุงโพลีเอทธีลีน และเก็บในถุงสีดำเพื่อป้องกันแสง เก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการใช้ง าน (ภาพผนวกที่ 11-14) นำอาหารทุกสูตรมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้น ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1990) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกซ์ , nitrogen free extract, NFE) คำนวณได้จากสูตร 100 – (ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เยื่อใย) (ตารางที่ 7 และภาพผนวกที่ 15 - 17) ตลอดจนทำการวิเคราะห์หาชนิดของกรดอะมิโน และกรดไขมัน (ตารางผนวกที่ 1 และ 2)

การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

อาหารและการให้อาหาร

ให้อาหารทั้ง 8 สูตรในทุกกระชังการทดลอง ตามแผนการทดลองในข้อ 1 และให้อาหารไม่เกิน10% ของน้ำหนักตัวทุกวัน แบ่งให้วันละ 2 ครั้ง ในช่วงเวลาประมาณ 08.00 น. และ 16.00 น. ให้

อาหารจนปลากินอิ่ม (Satiation) โดยสังเกตจากการที่ปลาไม่ขึ้นมาฮุบอาหาร (ภาพผนวกที่ 18)

ตารางที่ 4 สูตรอาหารปลากะพงขาวที่มีการทดแทนโปรตีนจากปลาป่นด้วยโปรตีนจากน้ำนึ่งปลา (%) ที่ได้จากการคำนวณ

วัตถุดิบอาหาร	การทดแทนโปรตีนจากปลาป่นด้วยโปรตีนจากน้ำนึ่งปลา (%)						
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%
ปลาป่น	52.53	47.28	42.02	36.77	31.52	26.27	21.01
กากถั่วเหลือง	18.69	19.07	19.44	19.82	20.20	20.58	20.96
รำละเอียด	6.82	5.97	5.13	4.28	3.43	2.58	1.74
ปลายข้าว	3.41	2.99	2.56	2.14	1.71	1.29	0.87
ข้าวโพดป่น	3.41	2.99	2.56	2.14	1.71	1.29	0.87
น้ำนึ่งปลา	0.00	6.64	13.29	19.93	26.58	33.22	39.87
อัลฟาสตาร์ช	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
น้ำมันพืช	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
น้ำมันปลา	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
วิตามินรวม	1.80	1.74	1.71	1.67	1.63	1.59	1.54
พรีมิกซ์	1.34	1.32	1.29	1.25	1.22	1.18	1.14
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
โปรตีน (%)	40	40	40	40	40	40	40
GE (Kcal/kg)	4457.23	4427.46	4396.50	4366.77	4336.10	4306.19	4276.70
DE (Kcal/kg)	3456.15	3456.37	3455.81	3456.06	3455.74	3455.85	3456.25
ไขมัน (%)	14.60	15.00	15.40	15.81	16.21	16.61	17.01
ต้นทุนอาหาร/กก.	27.79	27.14	26.50	25.85	25.21	24.56	23.90

หมายเหตุ : * Premix (สารผสมล่วงหน้า) ประกอบด้วยวิตามินและแร่ธาตุในปริมาณ/อาหาร 1 กก. ดังนี้ vitamin A 1,000 หน่วยสากลต่อมิลลิกรัม; vitamin D_3 250 หน่วยสากลต่อมิลลิกรัม; vitamin E 5 หน่วยสากลต่อมิลลิกรัม; vitamin B_1 2,000 มิลลิกรัม; vitamin B_2 800มิลลิกรัม; vitamin B_6 2,000 มิลลิกรัม; vitamin B_{12} 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

ตารางที่ 5 องค์ประกอบกรดอะมิโนในน้ำนึ่งปลา

กรดอะมิโน	ปริมาณ (g/100 g)
กรดอะมิโนที่จำเป็น	
Arginine	1.08
Histidine	1.66
Isoleucine	0.54
Leucine	0.22
Lysine	1.47
Methionine	0.11
Phenylalanine	0.08
Threonine	0.41
Tryptophan	-
Valine	0.96
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น	
Alanine	1.94
Aspartic acid	1.54
Asparagine	1.54
Cysteine	0.68
Glutamic acid	2.17
Glycine	1.94
Hydroxyproline	0.51
Proline	1.09
Serine	0.36
Tyrosine	0.62
ปริมาณรวมกรดอะมิโนที่จำเป็น	6.53
ปริมาณรวมกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น	12.39

ตารางที่ 6 องค์ประกอบกรดไขมันในน้ำนึ่งปลา

กรดไขมัน	ปริมาณ (mg/100 g)
Fatty acid Comprosition (group)	7,406.40
Myristic acid (C14:0)	351.57
Pentadecanoic acid (C15:0)	96.06
Plamitic acid (C16:0)	1,689.49
Palmitoleic acid (C16:1n7)	347.22
Heptadecanoic acid (C17:0)	136.86
Stearic acid (C18:0)	498.90
Elaidic acid (C18:1n9t)	28.56
Vaccenic acid (C18:2n6)	1,127.36
Linoleic acid (C18: 2n6)	142.67
Gamma- Linoleic acid (C18: 3n6)	15.66
Octadecatrienic acid (C18: 3n4)	82.31
Stearidonic acid ;SDA (C18: 4n3)	118.16
Arachidic acid (C20: 0)	54.47
Cis-11-Eicosenoic acid (C20: 1n9)	143.46
Cis-11,14-Eicosenoic acid (C20: 2n6)	23.14
Heneiosanioc acid (C21: 0)	20.44
Cis-8,11,14-Eicosenoic acid (C20: 3n6)	11.00
Arachidonic acid (C20: 4n6)	162.56
Cis-11,14,17-Eicosatrienoic acid (C20: 3n3)	14.68
Eicosatrienoic acid (ETA) (C20: 4n3)	36.55
Behenic acid (C22: 0)	28.11
Cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (20: 5n3)	601.10
Erucic acid (C22: 1n9)	56.47
Docosapentaenoic acid (C22: 5n6)	26.99
Lignoceric acid (C24: 0)	14.05
all-Cis-7,10,13,16,19- docosapentaenoic acid ;DPA (C22: 5n3)	144.48
Cis-4,7,10,13,16,19- docosahexaenoic acid ;DHA (C22: 6n3)	1,433.60
ปริมาณรวม	14,812.32

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารปลากะพงขาว (ค่าเฉลี่ย ± SD)

สูตรอาหาร	Percent on received basis					
	Protein	Fat	Moisture	Ash	Crude fiber	NFE
1 (0%)	40.74±0.10	17.59±0.16	7.41±0.19	15.38±0.15	4.52±0.13	14.36±0.20
2 (10%)	40.79±0.14	18.64±0.21	7.13±0.14	14.24±0.19	3.05±0.11	16.15±0.14
3 (20%)	41.09±0.09	18.32±0.05	6.19±0.21	13.47±0.09	2.59±0.12	18.34±0.16
4 (30%)	41.55±0.09	18.06±0.04	6.07±0.02	13.49±0.14	2.44±0.08	18.39±0.21
5 (40%)	41.54±0.15	18.63±0.26	8.19±0.13	12.66±0.38	2.12±0.08	16.86±0.19
6 (50%)	41.65±0.16	18.80±0.13	8.51±0.28	12.21±0.14	2.12±0.09	16.71±0.26
7 (60%)	41.92±0.06	18.38±0.10	7.17±0.10	12.36±0.09	2.12±0.10	18.05±0.22
8(อาหารเม็ด)	42.77±0.21	7.33±0.09	9.19±0.18	12.57±0.34	2.35±0.23	25.79±0.15

หมายเหตุ : ในวงเล็บคือ ระดับการทดแทนโปรตีนจากปลาป่นด้วยโปรตีนจากน้ำนึ่งปลา (%)

การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ทำการสุ่มตัวอย่างปลา กะพงขาว จากทุกชุดการทดลอง จำนวน 10 ตัว/กระชัง ทำการชั่งน้ำหนักพร้อมตรวจนับอัตรารอดตายทุก ๆ 1 เดือน ตลอดการเลี้ยง 8 เดือน (ภาพผนวกที่ 19 – 22) และนำมาศึกษาการเจริญเติ บโต (ในรูปค่าเฉลี่ยของข้อมูล) นำมาคำนวณค่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion rate: FCR) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate: SGR, % ต่อวัน) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, %) อัตรารอดตาย (survival rate, %) และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

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

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

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR, \% ต่อวัน)} = \frac{(\ln \text{น.น. ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \ln \text{น.น. ปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง})}{\text{ระยะเวลา (วัน)}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (weight gain, \%)} = \frac{(\text{น.น. ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{น.น. ปลาเมื่อเริ่มการทดลอง})}{\text{น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง}} \times 100$$

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

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

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่าง โดยการสุ่มเก็บเนื้อเยื่อตับ จากตัวอย่างปลากะพงขาวของทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ตัว มาแช่ในสารละลายฟอร์มาลิน 10 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปผ่านกรรมวิธีเตรียมเนื้อเยื่อของ Humason (1972) เนื้อเยื่อตับถูกตัดให้มีความหนา 3-4 ไมโครเมตร ย้อมด้วยสี Hematoxylin Eosin (HE) (Bancroft, 1967) จากนั้นนำตัวอย่างไปศึกษาเปรียบเทียบด้วยกล้องจุลทรรศน์

การศึกษาค่าองค์ประกอบเลือดของปลาทดลอง

สุ่มปลากะพงขาวจากทุกชุดการทดลองๆ ละ 9 ตัว ทำการสลบปลาด้วยยาสลบ MS-222 (tricaine methanesulfonate) และเจาะเลือดจาก เส้นเลือดบริเวณ บริเวณหาง (caudal vessel) โดยใช้ไซริงก์ขนาด 2 ml และเข็มเบอร์ 25 ใช้เฮพาริน 4 mg/ปริมาตรเลือด 1 ml เป็นตัวป้องกันการแข็งตัวของเลือด เพื่อศึกษาค่าองค์ประกอบเลือดของปลากะพงขาว ได้แก่

ศึกษาองค์ประกอบของเม็ดเลือดปลา (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)

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเลือดปลา (blood chemistry)

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

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของปลาทดลอง

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการ สุ่มตัวอย่างปลา กะพงขาวจาก ทุกชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ตัว มาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ของเนื้อปลา ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้า ตามวิธีการ AOAC (1990)

การศึกษาต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลากะพงขาว (unit feeding cost) โดยสมการ

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

การศึกษาคุณภาพน้ำ

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

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาหาค่า อัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 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 ปลากะพงขาว ระดับต่าง ๆ กัน 7 ระดับ (สูตรอาหาร) คือ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 เปอร์เซ็นต์ และสูตรที่ 8 (อาหารเม็ดสำเร็จรูป) เป็นสูตรเปรียบเทียบ เป็นระยะเวลา 8 เดือน ให้ผลการทดลอง ดังนี้

การเจริญเติบโต

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของ ปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 8 สูตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง 8 เดือน พบว่า ปลากะพงขาวจากทุกชุดการทดลอง มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการเลี้ยง (ดังแสดงในตารางที่ 8 ภาพที่ 1 และภาพที่ 2) ซึ่งเมื่อเริ่มการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว จากทุกชุดการทดลอง เท่ากับ 24.93±0.46 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยตั้งแต่เริ่มทำการทดลองเลี้ยงไปจนถึงการเลี้ยงในเดือนที่ 3 ปลากะพงขาวในทุกชุดการทดลองมีน้ำหนัก เฉลี่ยต่อตัว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะมีน้ำหนัก เฉลี่ยต่อตัวแตกต่างกันตั้งแต่เดือนที่ 4 ไปจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ในเดือนที่ 8 ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาแต่ละระดับของการใช้น้ำนึ่งปลา ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารที่ใช้เลี้ยง ปลากะพงขาว ในเดือนที่ 4 พบว่า ปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหาร สูตรที่ 3 (20 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงที่สุด (58.55±3.96 กรัม) ไม่แตกต่างอย่าง มีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p>0.05$) กับปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 7, 8, 5, 4, 6 และ 2 (10 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 58.42±3.37, 57.71±4.32, 57.27±1.19, 56.92±4.44, 56.68±2.74 และ 55.96±4.70 กรัม ตามลำดับ แต่ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตรดังกล่าวมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงกว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (0 เปอร์เซ็นต์) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวต่ำที่สุด เท่ากับ 50.48±3.05 กรัม และตั้งแต่เดือนที่ 5 ไปจนสิ้นสุดการทดลอง ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (40 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงกว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ ($p<0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 8 พบว่า ปลากะพงขาวสูตรที่ 5 ยังคงมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด (150.80±6.80 กรัม) สูงกว่าปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 8, 6, 4, 3, 7, 2 และ 1 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 8 ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 140.92±2.77 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวไม่แตกต่างจากปลากะพงขาวในสูตรที่ 6 ($p<0.05$) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 135.33±5.24 กรัม แต่ปลาทั้ง 2 สูตรอาหารมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงกว่าปลากะพงขาวสูตรที่ 4, 3, 7, และ 2 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 125.07±3.37, 117.34±2.03, 116.64±2.65 และ 111.75±2.27 กรัม ตามลำดับ และจากการทดลองครั้งนี้ปลากะพงขาว ที่ได้รับ

อาหารสูตรที่ 1 (0 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำหนัก เฉลี่ย ต่อตัว ต่ำที่สุด ซึ่งมี น้ำหนัก เฉลี่ย ต่อตัว เท่ากับ 104.52±1.71 กรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กับปลากะพงขาวจากทุกชุดการทดลองข้างต้น

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต (%SGR : %/วัน) อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) และประสิทธิภาพการใช้ โปรตีน ของปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 8 สูตร ที่มีการใช้น้ำนึ่งปลา ทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร ระดับแตกต่างกัน คือ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลองที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 8 เดือน แสดงดังตารางที่ 8 พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลากะพงขาว ชุดการทดลองที่ใช้อาหาร สูตรที่ 5 (40 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด (506.14±4.21 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหาร สูตรที่ 8, 6, 4, 3, 7, และ 2 ตามลำดับ ซึ่งมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น เท่ากับ 466.04±8.64, 443.96±5.07, 399.28±3.14, 369.04±3.44, 367.57±5.46 และ 353.86±2.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตรที่กล่าวมา มี น้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 ซึ่งไม่ได้ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยปลานิล ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (0 เปอร์เซ็นต์) มีน้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุด เท่ากับ 315.17±9.45 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 9)

ผลการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%SGR : %/วัน) ของปลากะพงขาว ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 9) โดยชุดการทดลองที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหาร 40 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ สูงที่สุด (0.75 $\pm$ 0.03 %/วัน) สูงกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่ ใช้น้ำนึ่งปลา ทดแทนโปรตีนจากปลาป่น สูตรอาหารที่ 8, 6, 4, 3, 7 และ 2 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ เท่ากับ 0.73 $\pm$ 0.01, 0.71 $\pm$ 0.02, 0.67 $\pm$ 0.01, 0.65 $\pm$ 0.01, 0.64 $\pm$ 0.01 และ 0.63 $\pm$ 0.01 %/วัน ตามลำดับ แต่ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตรที่กล่าวมา มีอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะสูงกว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 ซึ่งไม่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นใน สูตรอาหาร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (0 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการเจริญเติบโต จำเพาะต่ำที่สุด เท่ากับ 0.60 $\pm$ 0.01 %/วัน (ตารางที่ 9)

อัตราการรอดตายของ ปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหาร ทดลองทั้ง 8 สูตร ที่มี การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร ระดับแตกต่างกัน คือ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลองที่ได้ รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่า มี

อัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งมีอัตราการรอดตาย อยู่ระหว่าง 83.33 $\pm$ 3.06 – 86.67 $\pm$ 1.15 เปอร์เซ็นต์ โดยปลานิล ที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหารสูตรที่ 7 มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด (86.67 $\pm$ 1.15 เปอร์เซ็นต์) ส่วนชุดการทดลองสูตรที่ 3 (ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหาร 20 เปอร์เซ็นต์) มีอัตรารอดตายต่ำที่สุด เท่ากับ 83.33 $\pm$ 3.06 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 9)

สำหรับอัตราการรอดตายของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 8 สูตร ในแต่ละช่วงเวลาที่มีการทดลอง ซึ่งได้ทำการนับอัตราการรอดตายของปลากะพงขาวทุก ๆ เดือนที่มีการสุ่มวัดการเจริญเติบโต โดยตลอดการทดลองพบว่าอัตราการรอดตายเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาแต่ละเดือนของทุกชุดการทดลอง (ทุกสูตรอาหาร) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งมีอัตราการรอดตายลดลงตามระยะเวลาของการเลี้ยงที่เพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ระห ว่าง 100.00 $\pm$ 0.00 - 83.33 $\pm$ 3.06 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10)

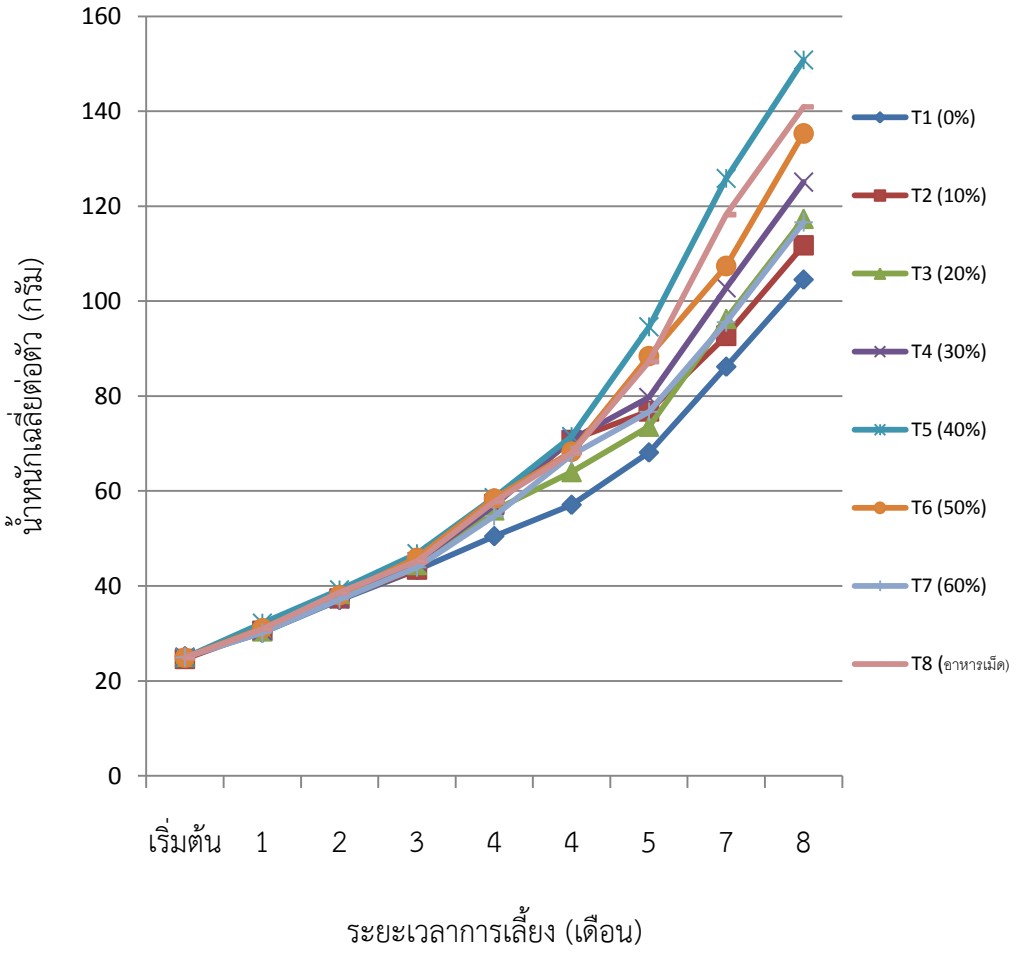
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 8 สูตร ที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร ระดับแตกต่างกัน คือ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลองที่ได้ รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่า ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของ ปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 8 สูตร มีค่าอยู่ระหว่าง 1.28$\pm$0.08 – 1.94$\pm$0.05 โดยปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 5 (ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร 40 เปอร์เซ็นต์) มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูง ที่สุด (1.94$\pm$0.05) สูงกว่าปลากะพงขาวที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารสูตรที่ 8, 6, 4, 7, 3 และ 2 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน เท่ากับ 1.75$\pm$0.06, 1.68$\pm$0.06, 1.59$\pm$0.09, 1.57$\pm$0.08, 1.52$\pm$0.05 และ 1.48$\pm$0.10 ตามลำดับ ส่วนปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (0 เปอร์เซ็นต์) มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับปลากะพงขาวจากทั้ง 7 สูตรอาหารที่กล่าวมา แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.28$\pm$0.08 (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 8 เดือน

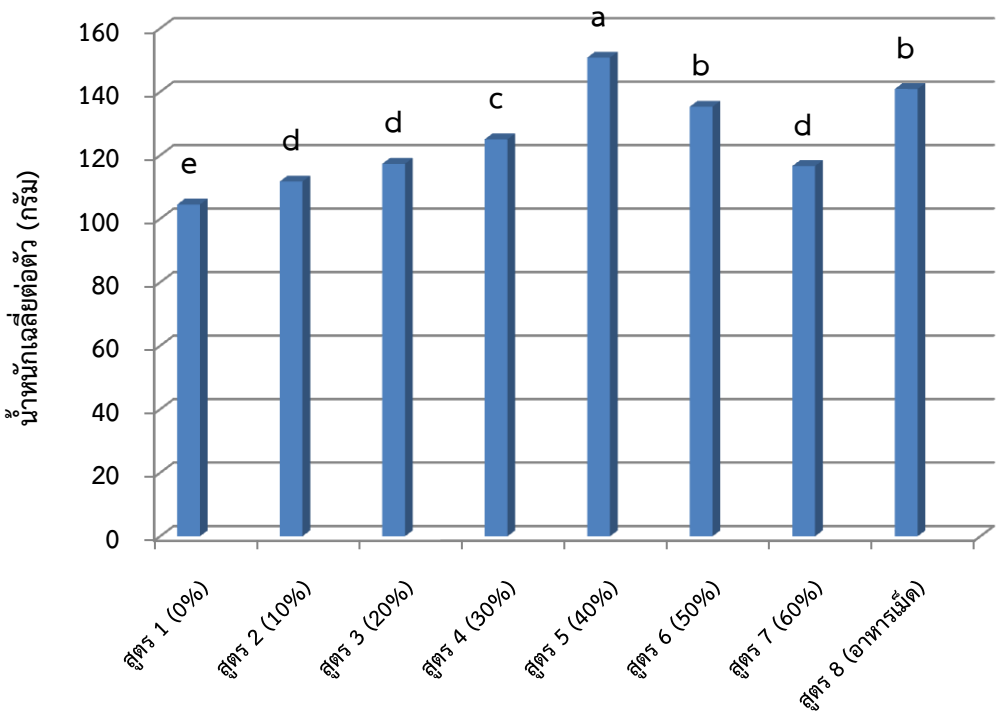
ระยะเวลา	สูตรอาหาร							
(เดือน)	1 (0 %)	2 (10 %)	3 (20 %)	4 (30 %)	5 (40 %)	6 (50 %)	7 (60 %)	8 (อาหารเม็ด)
เริ่มทดลอง	25.18±0.16 ^{a}	24.62±0.38 ^{a}	25.02±0.61 ^{a}	25.05±0.08 ^{a}	24.89±0.41 ^{a}	24.88±0.61 ^{a}	24.96±0.69 ^{a}	24.90±0.40 ^{a}
1	30.12±1.31 ^{a}	30.54±1.01 ^{a}	30.42±1.44 ^{a}	30.55±2.16 ^{a}	32.18±1.65 ^{a}	31.09±1.13 ^{a}	30.12±1.24 ^{a}	30.92±3.38 ^{a}
2	37.00±2.65 ^{a}	37.35±1.80 ^{a}	38.29±1.35 ^{a}	37.23±2.38 ^{a}	39.21±1.79 ^{a}	38.05±1.06 ^{a}	37.19±3.47 ^{a}	38.62±1.78 ^{a}
3	43.73±1.87 ^{a}	43.81±2.74 ^{a}	44.40±2.78 ^{a}	45.11±1.19 ^{a}	46.60±1.64 ^{a}	45.91±2.45 ^{a}	43.93±1.61 ^{a}	45.19±1.35 ^{a}
4	50.48±3.05 ^{b}	55.96±4.70 ^{ab}	58.55±3.96 ^{a}	56.92±4.44 ^{a}	57.27±1.19 ^{a}	56.68±2.74 ^{a}	58.42±3.37 ^{a}	57.71±4.32 ^{a}
5	57.09±2.68 ^{b}	70.75±3.79 ^{a}	65.22±3.45 ^{ab}	70.79±2.57 ^{a}	71.49±5.05 ^{a}	68.28±4.79 ^{ab}	67.60±6.68 ^{ab}	68.01±5.20 ^{ab}
6	68.11±2.08 ^{b}	76.79±4.85 ^{ab}	73.55±3.93 ^{ab}	79.70±2.64 ^{ab}	94.58±5.27 ^{a}	88.40±3.62 ^{ab}	76.68±5.02 ^{ab}	87.28±4.89 ^{ab}
7	86.18±1.77 ^{e}	92.69±2.08 ^{d}	96.26±2.31 ^{d}	102.79±3.43 ^{c}	125.85±6.34 ^{a}	107.40±5.24 ^{c}	95.54±2.88 ^{d}	118.22±2.46 ^{b}
8	104.52±1.71 ^{e}	111.75±2.27 ^{d}	117.34±2.03 ^{d}	125.07±3.37 ^{c}	150.80±6.80 ^{a}	135.33±5.24 ^{b}	116.64±2.65 ^{d}	140.92±2.77 ^{b}

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวนอนโดยใช้อักษร ถ้าอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)



ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตโดยน้ำหนัก (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว หน่วยเป็นกรัม) ของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีน้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 8 เดือน



ภาพที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว (กรัม) ของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นระดับต่าง ๆ กัน ในเดือนที่ 8 ของการทดลอง

ตารางที่ 9 น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการรอดตาย และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 8 เดือน

สูตรอาหาร	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (% ต่อวัน)	อัตราการรอดตาย (%)	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน
1 (0 %)	25.18±0.16 [a]	104.52±1.71 [e]	315.17±9.45 [e]	0.60±0.01 [e]	85.33±3.06 [a]	1.28±0.08 [e]
2 (10 %)	24.62±0.38 [a]	111.75±2.27 [d]	353.86±2.93 [d]	0.63±0.01 [d]	86.00±2.00 [a]	1.48±0.10 [d]
3 (20 %)	25.02±0.61 [a]	117.34±2.03 [d]	369.04±3.44 [d]	0.65±0.01 [d]	83.33±3.06 [a]	1.52±0.05 [d]
4 (30 %)	25.05±0.08 [a]	125.07±3.37 [c]	399.28±3.14 [c]	0.67±0.01 [c]	84.67±4.16 [a]	1.59±0.09 [cd]
5 (40 %)	24.89±0.41 [a]	150.80±6.80 [a]	506.14±4.21 [a]	0.75±0.03 [a]	84.67±2.31 [a]	1.94±0.05 [a]
6 (50 %)	24.88±0.61 [a]	135.33±5.24 [b]	443.96±5.07 [b]	0.71±0.02 [b]	85.33±4.16 [a]	1.68±0.06 [bc]
7 (60 %)	24.96±0.69 [a]	116.64±2.65 [d]	367.57±5.46 [d]	0.64±0.01 [d]	86.67±1.15 [a]	1.57±0.08 [cd]
8 (อาหารเม็ด)	24.90±0.40 [a]	140.92±2.77 [b]	466.04±8.64 [b]	0.73±0.01 [b]	85.33±1.15 [a]	1.75±0.06 [b]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร

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

ตารางที่ 10 อัตราการรอดตายของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยง ตลอดระยะเวลา 8 เดือน

ระยะเวลา	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)							
(เดือน)	1 (0 %)	2 (10 %)	3 (20 %)	4 (30 %)	5 (40 %)	6 (50 %)	7 (60 %)	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]	100.00±0.00 [a]	98.00±0.00 [a]	100.00±0.00 [a]	100.00±0.00 [a]	99.33±1.15 [a]	98.67±1.15 [a]	100.00±0.00 [a]
2	98.00±0.00 [a]	98.67±1.15 [a]	98.00±0.00 [a]	97.33±1.15 [a]	98.67±1.15 [a]	98.67±1.15 [a]	98.00±0.00 [a]	99.33±1.15 [a]
3	97.33±1.15 [a]	96.00±2.00 [a]	95.33±1.15 [a]	96.00±2.00 [a]	96.00±2.00 [a]	97.33±1.15 [a]	97.33±1.15 [a]	98.00±0.00 [a]
4	94.00±0.00 [a]	94.67±1.15 [a]	93.33±1.15 [a]	94.00±0.00 [a]	94.00±0.00 [a]	94.00±0.00 [a]	95.33±1.15 [a]	96.00±2.00 [a]
5	92.67±1.15 [a]	93.33±1.15 [a]	91.33±1.15 [a]	92.67±1.15 [a]	92.67±1.15 [a]	93.33±1.15 [a]	94.00±0.00 [a]	94.00±0.00 [a]
6	88.67±1.15 [a]	90.00±0.00 [a]	87.33±1.15 [a]	88.00±2.00 [a]	87.33±1.15 [a]	90.00±0.00 [a]	91.33±1.15 [a]	91.33±1.15 [a]
7	86.00±0.00 [a]	88.67±1.15 [a]	85.33±1.15 [a]	86.00±0.00 [a]	86.00±0.00 [a]	88.00±0.00 [a]	88.67±1.15 [a]	88.67±1.15 [a]
8	85.33±3.06 [a]	86.00±2.00 [a]	83.33±3.06 [a]	84.67±4.16 [a]	84.67±2.31 [a]	85.33±4.16 [a]	86.67±1.15 [a]	85.33±1.15 [a]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (เปอร์เซ็นต์) ในสูตรอาหาร

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

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิต

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาอาหาร และต้นทุน ค่าอาหารต่อหน่วย การผลิต ของปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 8 สูตร ที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นใน สูตรอาหารระดับแตกต่างกัน คือ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 เปอร์เซ็นต์ และ ชุดการทดลองที่ได้ รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป เป็นระยะเวลา 8 เดือน แสดงในตารางที่ 9 พบว่า ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 8 (อาหารเม็ดสำเร็จรูป) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด เท่ากับ 1.38$\pm$0.02 แต่ไม่แตกต่างกับปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 5 (ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร 40 เปอร์เซ็นต์) (p>0.05) ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 1.44$\pm$0.03 และปลากะพงขาวทั้ง 2 ชุดการทดลองที่กล่าวมา (สูตรที่ 8 และสูตรที่ 5) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าชุดการทดลองที่ได้รับอาหาร สูตรที่ 6, 4, 7, 3 และ 2 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เท่ากับ 1.59$\pm$0.02, 1.64$\pm$0.06, 1.68$\pm$ 0.03, 1.68$\pm$0.06 และ 1.72$\pm$0.05 ตามลำดับ แต่ปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตรที่กล่าวมา มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ต่ำกว่าปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 ซึ่งไม่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นใน สูตรอาหาร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (0 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงที่สุด เท่ากับ 1.94 $\pm$ 0.05 (ตารางที่ 11)

จากการคำนวณราคาค่าอาหารที่นำมาเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร ปลาทั้ง 7 สูตร พบว่าสูตรอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในสูตรอาหาร เพิ่มขึ้นจะทำให้อาหารมีราคาลดลง มีราคาอยู่ระหว่าง 23.90 – 27.79 บาท และราคาอาหารปลากะพงขาวที่ผลิตขึ้นในทุกสูตรอาหาร มีราคาต่ำกว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากท้องตลาดซึ่งมีราคาเท่ากับ 55.00 บาท นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าอาหารสูตรต่าง ๆ ต่อการผลิต ปลากะพงขาว 1 กิโลกรัม พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง ที่ได้รับอาหาร สูตรต่าง ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (ใช้น้ำนึ่งปลา ทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหาร 40 เปอร์เซ็นต์) มีต้นทุนค่า อาหารใน การผลิต ปลากะพงขาว ต่อหน่วยต่ำที่สุด เท่ากับ 36.22$\pm$0.81 บาทต่อกิโลกรัม และเพิ่มสูงขึ้นจากสูตรอาหารที่ 6, 7, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งมีต้นทุนค่าอาหารในการผลิต ปลาต่อหน่วย กิโลกรัม เท่ากับ 38.97$\pm$0.38, 40.23$\pm$0.60, 42.31$\pm$1.56, 44.53$\pm$1.65, 46.71$\pm$1.43 และ 53.9$\pm$11.27 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป มีต้นทุนค่าอาหาร ต่อผลผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 75.90$\pm$1.10 บาทต่อกิโลกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กับสูตรอาหารปลากะพงขาว ที่มีการใช้น้ำนึ่งปลา ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารทั้ง 7 สูตรที่กล่าวมาข้างต้น (ตารางที่ 11) เมื่อพิจารณาถึงการลดต้นทุนค่าอาหารในการผลิตปลา พบว่า สูตรอาหารที่ 4 สามารถลดต้นทุน ค่าอาหารต่อผลผลิตของปลา ได้เท่ากับ 39.68 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็น 52.27 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากตลาด

ตารางที่ 11 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ราคาค่าอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตปลากะพงขาว ที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร

สูตรอาหาร	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	ราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม)	ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักปลา (บาทต่อกิโลกรัม)
1 (0 %)	1.94±0.05 [a]	27.79	53.91±1.27 [b]
2 (10 %)	1.72±0.05 [b]	27.14	46.71±1.43 [c]
3 (20 %)	1.68±0.06 [bc]	26.50	44.53±1.65 [d]
4 (30 %)	1.64±0.06 [cd]	25.85	42.31±1.56 [e]
5 (40 %)	1.44±0.03 [e]	25.21	36.22±0.81 [g]
6 (50 %)	1.59±0.02 [d]	24.56	38.97±0.38 [f]
7 (60 %)	1.68±0.03 [bc]	23.90	40.23±0.60 [f]
8 (อาหารเม็ด)	1.38±0.02 [e]	55.00	75.90±1.10 [a]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

การเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อของตับ และค่าองค์ประกอบเลือดของปลาทดลอง

จากผลการศึกษาลักษณะของเนื้อเยื่อตับของปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารทดลองที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่า ตรวจไม่พบความผิดปกติของเนื้อเยื่อตับปลากะพงขาว ทุก ๆ ระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร (สูตรอาหารที่ 1 - 7) และสูตรที่ 8 ที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป โดยพบเซลล์ตับ (hepatocyte) เรียงตัวเป็นระเบียบ มีโครงสร้างปกติ และมีการสะสมอาหารปกติ (ภาพผนวกที่ 25 - 32) แต่พบว่าปลาที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป (สูตรที่ 8) มีการเกิดช่องว่าง (V = vacuole) ในเนื้อเยื่อตับ ทั้งขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ (ศรชี้) กระจายอยู่ภายใน เนื้อเยื่อของตับปลามากที่สุด รองลงมาคือ ตับปลาปลาที่ได้รับอาหารใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับ 40 % (สูตรที่ 5) สูตรที่ 6 และสูตรที่ 4 ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 32, 29, 30 และ 28) แสดงว่ามีการสะสมเม็ดไขมัน (lipid droplets) ในตับมากกว่าปลาในชุดการทดลองอื่น ๆ ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2, 3 และ 7 มีการสะสมเม็ดไขมันจำนวนน้อย (ภาพผนวกที่ 25, 26, 27 และ 31)

จากการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบเลือดของปลาทดลอง คือ องค์ประกอบของเม็ดเลือด ได้แก่ ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และองค์ประกอบทางเคมีของเลือด ได้แก่ พลาสมาโปรตีน ของปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารจำนวน 8 สูตร เป็นระยะเวลา 8 เดือน

พบว่า ค่าฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต ปริมาณเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และ พลาสมาโปรตีน ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยมีค่าฮีโมโกลบิน อยู่ในช่วงระหว่าง 6.91±0.85 - 7.88±0.50 g/dl ค่าฮีมาโตคริต อยู่ในช่วง 28.33±3.51 - 32.33±2.08 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเม็ดเลือดแดง อยู่ในช่วง 3.00±0.11 – 3.28±0.37×10^6 เซลล์ต่อไมโครลิตร ปริมาณเม็ดเลือดขาว อยู่ในช่วงระหว่าง 21.67±1.61 – 26.67±3.06 ×10^3 เซลล์ต่อไมโครลิตร และค่าพลาสมาโปรตีนอยู่ในช่วงระหว่าง 6.94±1.32 – 7.48±0.63 กรัมเปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ค่าองค์ประกอบเลือดของปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 เดือน

สูตรอาหาร	Hemoglobin (g/dl)	Hematocrit (%)	RBC (×10^6 cell/µl)	WBC (×10^3 cell/µl)	Plasma protein (g%)
1 (0 %)	6.91±0.85 [a]	28.33±3.51 [a]	3.23±0.44 [a]	26.67±3.06 [a]	7.16±1.24 [a]
2 (10 %)	7.64±0.28 [a]	31.33±1.15 [a]	3.20±0.51 [a]	21.67±1.61 [a]	7.01±0.58 [a]
3 (20 %)	7.23±0.37 [a]	29.67±1.53 [a]	3.15±0.18 [a]	23.15±2.59 [a]	7.14±1.24 [a]
4 (30 %)	7.40±0.61 [a]	30.33±2.52 [a]	3.05±0.23 [a]	22.00±3.12 [a]	6.94±1.32 [a]
5 (40 %)	7.88±0.50 [a]	32.33±2.08 [a]	3.28±0.37 [a]	24.67±4.25 [a]	7.48±0.63 [a]
6 (50 %)	7.23±0.51 [a]	29.67±2.08 [a]	3.04±0.17 [a]	24.67±3.69 [a]	7.33±0.45 [a]
7 (60 %)	7.48±0.51 [a]	30.67±2.08 [a]	3.00±0.11 [a]	24.00±3.50 [a]	7.04±1.47 [a]
8 (อาหารเม็ด)	7.72±0.37 [a]	31.67±1.53 [a]	3.24±0.36 [a]	21.83±1.76 [a]	7.40±0.98 [a]

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05)

องค์ประกอบทางเคมีของปลากะพงขาวทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหาร ทดลองใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร ระดับต่าง ๆ จากทุกชุดการมดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองเลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 เดือน (แสดงในตารางที่ 13) พบว่า ค่าความชื้น และปริมาณเถ้าของปลากะพงขาวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ในทุกระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร (สูตรที่ 1 – 7) และในสูตรที่ 8 ซึ่งใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปจากตลาดเป็นอาหาร โดยความชื้นมีค่าอยู่ในช่วง 59.17±1.72 – 61.31±1.69 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าของปริมาณเถ้ามีค่าอยู่ในช่วง

3.88±0.14 - 4.36±0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สำหรับการวิเคราะห์ระดับโปรตีนในเนื้อปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารทั้ง 8 สูตรพบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($p<0.05$) โดยอาหารสูตรที่ 8 (อาหารเม็ดสำเร็จรูป) มีระดับโปรตีนในเนื้อ สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 17.66±0.59 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือปลากะพงขาวที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5, 3, 4, 6, 7, 2 และ 1 ตามลำดับ โดยระดับโปรตีนในเนื้อมีค่าอยู่ในช่วง 14.62±0.13 - 17.66±0.59 เปอร์เซ็นต์ สำหรับไขมัน พบว่า ระดับไขมันในเนื้อปลากะพงขาวในทุกระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหาร มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสูตรอาหารที่ 5 (ทดแทนโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์) มีระดับไขมันสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.16±0.87 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่สูตรอาหารที่ 6, 8, 7, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งมีระดับไขมันในเนื้ออยู่ในช่วง 3.93±0.36 - 6.16±0.87 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 เดือน

สูตรอาหาร	องค์ประกอบทางเคมี (% น้ำหนักสด)			
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า
1 (0 %)	60.57±1.79 ^{a}	14.62±0.13 ^{d}	3.93±0.36 ^{e}	3.87±0.20 ^{a}
2 (10 %)	61.31±1.69 ^{a}	15.54±0.34 ^{c}	4.62±0.77 ^{d}	4.06±0.18 ^{a}
3 (20 %)	59.90±1.57 ^{a}	17.52±0.23 ^{ab}	4.84±0.52 ^{d}	3.92±0.22 ^{a}
4 (30 %)	60.78±0.89 ^{a}	16.85±0.18 ^{bc}	5.49±0.13 ^{b}	4.15±0.24 ^{a}
5 (40 %)	59.86±1.37 ^{a}	17.59±0.34 ^{ab}	6.16±0.87 ^{a}	4.34±0.23 ^{a}
6 (50 %)	60.25±1.75 ^{a}	16.80±0.29 ^{bc}	6.04±0.76 ^{a}	4.18±0.13 ^{a}
7 (60 %)	61.03±2.21 ^{a}	15.63±0.87 ^{c}	5.53±0.39 ^{b}	3.88±0.14 ^{a}
8 (อาหารเม็ด)	59.17±1.72 ^{a}	17.66±0.59 ^{a}	5.82±0.75 ^{c}	4.36±0.25 ^{a}

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร
- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งโดยใช้ตัวอักษร ถ้าตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงปลากะพงขาว 8 เดือน พบว่า ความเค็มมีค่าอยู่ระหว่าง 24.10±0.50 - 33.28±0.89 ppt, อุณหภูมิของน้ำ 26.59±1.35 – 30.30±0.50 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด -ด่าง 7.68±0.25 - 8.05±0.23 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

5.50±0.38 - 7.38±0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 105.08±2.65 - 113.26±3.40 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 0.23±0.02 - 0.42±0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนไตรท์ 0.03±0.08 - 0.30±0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่ปลากะพงขาว สามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองเลี้ยงปลากะพงขาว ด้วยอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 เดือน

ระยะเวลาเลี้ยง (เดือน)	ความเค็ม ppt	อุณหภูมิ (°C)	ความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มก./ล.)	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1 (มิ.ย. 57)	31.25±0.67	30.30±0.50	7.86±0.43	7.05±0.51	108.85±2.64	0.23±0.02	0.03±0.08
2 (ก.ค. 57)	30.25±0.89	29.25±0.13	7.61±0.32	5.50±0.38	113.26±3.40	0.30±0.03	0.11±0.04
3 (ส.ค. 57)	24.10±0.50	26.59±1.35	7.68±0.25	7.38±0.35	106.46±3.54	0.36±0.03	0.20±0.01
4 (ก.ย. 57)	26.82±0.54	28.45±0.67	7.15±0.60	7.04±0.05	112.40±2.38	0.40±0.01	0.15±0.04
5 (ต.ค. 57)	28.09±1.52	28.50±1.05	6.98±1.58	6.15±0.76	110.25±2.26	0.41±0.05	0.28±0.01
6 (พ.ย. 57)	29.20±0.94	29.86±0.45	7.06±0.50	6.42±0.12	105.08±2.65	0.40±0.04	0.21±0.02
7 (ธ.ค. 57)	30.85±0.24	29.65±0.24	8.05±0.23	5.66±0.37	104.61±2.78	0.40±0.02	0.26±0.03
8 (ม.ค. 58)	33.28±0.89	30.25±1.85	7.18±0.76	7.04±0.38	106.34±2.48	0.42±0.08	0.30±0.05

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร

อภิปรายและวิจารณ์ผล

ผลของการทดลองครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าอาหารปลากะพงขาวที่ผลิตขึ้นโดยใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ กัน ส่งผลให้ปลากะพงขาวมีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการเลี้ยง มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนตั้งแต่เดือนที่ 4 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง เป็นไปในทำนองเดียวกัน นั่นคือ การเจริญเติบโตของปลา ลดลงเมื่อเพิ่มระดับการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นในอาหาร โดยปลาที่ได้รับอาหารผสมน้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร 40 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 5) มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ทั้งน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ สูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป (สูตรที่ 8) และการเจริญเติบโตของปลามีแนวโน้มลดลง เมื่อระดับของน้ำนึ่งปลาในสูตรอาหารมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 6 และ 7) และจากการเปรียบเทียบผลด้านอื่น ๆ ก็เป็นไปในแนวเดียวกัน โดยพบว่า ค่าการใช้ประโยชน์จากอาหาร (feed utilization) ได้แก่ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อลดลงเมื่อปลาได้รับอาหารผสมน้ำนึ่งปลาในระดับที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาผลการเจริญเติบโต พบว่า การใช้น้ำนึ่งปลาผสมในอาหารที่ระดับ 40 % ให้ผลการเจริญเติบโตที่ดี ดีกว่าอาหารสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำอย่างชัดเจน ซึ่งน่าจะเกิดจากอาหารที่ผลิตขึ้นมีความสมดุลของสารอาหาร และปลาสามารถใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบอาหารได้ดีกว่า โดยเฉพาะคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ไขมัน และกรดไขมันจำเป็น ซึ่งอาหารที่ผลิตขึ้นมีปริมาณสูงกว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำ ทั้งนี้อาหารปลากะพงขาวควรมีไขมัน 15-18 % (Walton, 1985) แต่อาหารสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำมีไขมันเพียง 7 % ตลอดจนกรดไขมันกลุ่ม HUFA ในอาหารสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำในการทดลองครั้งนี้มีค่าต่ำกว่า ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการทดลองของ พิเชต และคณะ (2551) ที่ได้ผลิตอาหารเลี้ยงปลากะพงขาวเปรียบเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปลอยน้ำ รายงานว่าอาหารที่ผลิตขึ้นมีผลให้ปลากะพงขาวเจริญเติบโตดีกว่าอาหารสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำ เนื่องจากมีความสมดุลของสารอาหาร และปริมาณคุณค่าทางโภชนาการของ ไขมัน และกรดไขมันจำเป็นสูงกว่าอาหารเม็ดสำเร็จรูปชนิดลอยน้ำ ทำให้ปลาสามารถใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบอาหารได้ดีกว่า

การเจริญเติบโตของปลาลดลงเมื่อใช้น้ำนึ่งปลาผสมในอาหารมากกว่า 40 % แสดงให้เห็นว่าการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยน้ำนึ่งปลาที่ระดับ 40 % เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว ซึ่งจะเป็นระดับที่ มีความสมดุลของสารอาหาร โดยเฉพาะกรด อะมิโนที่จำเป็น ปลาสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด แต่เมื่อมีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยน้ำนึ่งปลาในระดับที่สูงกว่า 40 % จึงมีผลทำให้เกิดความไม่สมดุลของกรดอะมิโนที่จำเป็น และไม่เพียงพอต่อความต้องการของปลา มีผลทำให้ปลามีการเจริญเติบโตต่ำ เช่นเดียวกับ ชุติมา และคณะ (2550) ซึ่งทำการทดลองแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยโปรตีนไฮโดรไลเสตจากส่วนผสมของเครื่องในและหัวปลาทูน่าที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% พบว่า การแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยวัสดุเศษ

เหลือที่ระดับ 25 % เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว ปลามีการเจริญเติบโตสูงที่สุด แต่เมื่อมีการแทนที่โปรตี นจากปลาป่นในระดับที่สูงกว่า 25% จึงมีผลทำให้เกิดความไม่สมดุลของกรดอะมิโนที่จำเป็น และไม่เพียงพอต่อความต้องการของปลา มีผลทำให้ ปลามีการเจริญเติบโตต่ำ เป็นไปในทิศทางเดียวกับการทดลอง ของ เจษฎา และสุภาวดี (2553) โดยใช้น้ำนึ่งปลาจากการผลิตของโรงงานปลาทูน่ากระป๋องเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาสวายเนื้อขาว ตั้งแต่ระดับ 0-100% พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่ใช้น้ำนึ่งปลาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นที่ระดับ 20 % มีการเจริญเติบโตของปลาสูงที่สุด และเมื่ อเพิ่มระดับของการทดแทนสูงกว่า 20% จะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของ สุทิน และ วิชิต (2547) ใช้ตะกอนน้ำ นึ่งปลาเป็นวัตถุดิบในอาหารทดลองเลี้ยงปลาดุกลูกผสม 5 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15 และ 20% พบว่า ปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งมีตะกอนน้ำนึ่งปลา 10% มีการเจริญเติบโตสูงสุดไม่ต่างจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารชุดควบคุม 0% และเมื่อเพิ่มปริมาณตะกอนน้ำนึ่งปลาในอาหาร เพิ่มขึ้นเป็น 15-20 % จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง แสดงว่าสูตรอาหารที่มีตะกอนน้ำนึ่งปลาในระดับที่ใช้ทดลองนี้มีความสมดุลของสารอาหาร แต่ต้องผสมในอาหารไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

การใช้น้ำนึ่งปลาผสมในอาหารที่ระดับ 40% จากการทดลองครั้งนี้ เป็นระดับที่ดีและเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลา กะพงขาว เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าอาหารสูตรดังกล่าวมีความสมดุลของสัดส่วนของโภชนะในอาหารที่เหมาะสม เช่นระดับโปรตีน ไขมันและพลังงาน ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต และใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ NRC (1993) กล่าวว่า อาหารปลาที่ดีต้องมีสัดส่วนของระดับโปรตีนต่อพลังงานที่เหมาะสม เนื่องจากอาหารที่มีพลังงานน้อยเกินไปทำให้ร่างกายจำเป็นต้องเผาผลาญโปรตีนเพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีวิต และอาจไม่เหลือโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของปลากะพงขาวที่ทดลอง กับการทดลองของ วิเชียร และสมเดช (2526) ที่ทำการเลี้ยงปลากะพงขาวในแม่น้ำ โดยใช้กระชังขนาด 2 x 3 x 1.5 เมตร อัตราปล่อย 100 ตัว/ตร.ม. หรือ 76.9 ตัว/ลบ.ม. เป็นเวลา 6 เดือน ปลามีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 3.24 กรัม/วัน และการทดลองเลี้ยงปลากะพงขาวด้วยอาหารสำเร็จรูปของ พิเชต และคณะ (2551) ในกระชังขนาด 1.5x2x1.5 เมตร อัตราปล่อย 36.66 ตัว/ตร.ม. ให้อาหารสำเร็จรูปแบบจมน้ำ วันละ 2 ครั้ง ปลามีน้ำหนักเพิ่ม 7,453.12 % อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 1.80 %/วัน พบว่า การทดลองครั้งนี้ ปลามีการเจริญเติบโตต่ำกว่ามาก ทั้ง ๆ ที่มีการปล่อยในความหนาแน่นที่ต่ำกว่า เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาที่ทดลอง ทำให้ทราบว่าพื้นที่สำหรับการเลี้ยงปลา หรือจุดที่ตั้งกระชังเลี้ยงปลาไม่เหมาะสม เนื่องจากแขวนกระชังที่เลี้ยงปลาในบ่อดิน ซึ่ งมีการถ่ายเทของน้ำในบ่อกับธรรมชาติน้อยกว่าการเลี้ยงในแม่น้ำ หรือลำคลองธรรมชาติ น้ำในบ่อนิ่ง ไม่มีการขึ้นลงของน้ำหรือการเคลื่อนไหวของมวลน้ำ ส่งผลให้ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักต่อการเจริญเติบโตของ

ปลาในกระชังมีปริมาณน้อย ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบ โตของปลา สำหรับการเลือกพื้นที่เลี้ยงปลากะพงขาวในกระชังแบบแพที่เหมาะสมนั้น กรมประมง (2536) รายงานว่า จุดที่ตั้งกระชังควรเป็นคลองขนาดใหญ่ที่มีทางออกติดสู่ทะเล มีการเคลื่อนที่ของมวลน้ำเนื่องจากการขึ้นลงของน้ำ ซึ่งจะส่งผลให้มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในน้ำ และส่ งผลให้มีการนำออกซิเจนของน้ำเข้าสู่ด้านในกระชังได้ดี ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในกระชังเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของปลา

อัตราการรอดตายของ ปลากะพงขาว จากทุกสูตรอาหารไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) สอดคล้องกับการทดลองในปลาสวายเนื้อขาว (เจษฎา และ สุภาวดี , 2553) ปลาดุกลูกผสม (สุทิน และ วิชิต, 2547) ซึ่งรายงานว่าการน้ำนึ่งปลาผสมในอาหารระดับต่าง ๆ เลี้ยงปลาปลาสวายเนื้อขาว ปลาดุกลูกผสม ไม่ได้ส่งผลต่ออัตราการรอดตายของปลา และจากการสังเกตลักษณะปลาที่ตายนั้น ไม่ได้เกิดจากเชื้อโรค เพราะแต่ละกระชังไม่ได้ตายพร้อมกั นเป็นจำนวนมาก จะพบปลาตาย 1- 2 ตัว ในทุกชุดการทดลองจะเกิดหลังจากการสุ่มชั่งวัดในแต่ละเดือนแล้วประมาณ 1-2 วัน และลักษณะของปลาที่ตายก็ไม่ใช่ลักษณะของการติดเชื้อ การตายที่เกิดขึ้นของปลาทดลองในทุกชุดการทดลองน่าจะมาจากการช้ำจากการชั่งวัดในแต่ละเดือน เมื่อครบ การเลี้ยง 8 เดือนจึงมีการตายสะสมรวม และคิดเป็นอัตรารอดตายรวมเฉลี่ยประมาณ 84 % ซึ่งอัตรารอดตายของปลากะพงขาวจากการทดลองครั้งนี้สูงกว่าการทดลองของ กิติธร และคณะ (2539) ที่เลี้ยงปลากะพงขาวด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดจมน้ำเช่นกัน พบว่ามีอัตรารอดตายประมาณ 81 % ดังนั้น แสดงว่า ระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารจากการทดลองครั้งนี้ไม่ได้ส่งผลต่ออัตราการรอดตายของปลาทดลอง

จากการคำนวณราคาค่าอาหารเฉพาะต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ ที่นำมาเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารทั้ง 7 สูตร พบว่า สูตรอาหารที่มีส่วนประกอบของน้ำนึ่ งปลาเพิ่มขึ้นจะทำให้อาหารมีราคาต่ำลง และจากการคำนวณต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิต พบว่า ต้นทุนค่าอาหารมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และพบว่า สามารถใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ที่ระดับ 40 % ในสูตรอาหาร สามารถลดต้นทุนการผลิต ได้ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอาหารที่ 1 - 7 โดยทำให้ราคาอาหารต่อกิโลกรัมลดลง 29.79 บาท คิดเป็น 54.16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 8 ซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เกษตรกรใช้ในการเลี้ยงปลากะพงขาว กล่าวได้ว่า ราคาอาหารสูตรดังกล่าวนี้ก็ยังมีราคาต่ำกว่าอาหารสำเร็จรูปที่มีขายตามท้ องตลาดทั่ว ๆ ไป ทำให้มีผลกำไร มากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองในกุ้งก้ามกรามของ วัฒนา และคณะ (2557) รายงานว่าต้นทุนค่าอาหารมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ ยนอาหารเป็นเนื้อ โดยพบว่า สามารถใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ที่ระดับ 40 % ในสูตรอาหาร สามารถลดต้นทุนการผลิต โดยทำให้ราคาอาหารต่อกิโลกรัมลดลง 13.69 บาท คิดเป็น 38.03 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 8 ซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่เกษตรกรใช้ในการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

สำหรับลักษณะของเนื้อ เยื่อตับของ ปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหาร ทดลองที่มี การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร ระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 8 เดือน พบว่า เซลล์ตับเรียงตัวเป็นระเบียบ มีโครงสร้างปกติ และมีการสะสมอาหารปกติ แสดงให้เห็นว่าระดับต่าง ๆ ของการ ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร จากการทดลองนี้ (0 – 60 เปอร์เซ็นต์) ไม่ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของเนื้อเยื่อตับของ ปลากะพงขาว แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณเม็ดไขมัน (lipid droplets) ในตับปลาพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารระดับ 40 % (สูตรที่ 5) และ ปลาที่ได้รับอาหารเม็ดสำเร็จรูป (สูตรที่ 8) มีเม็ดไขมันสะสมในตับมากกว่าปลาในชุดการทดลองอื่น ๆ แสดงว่า อาหารที่มีการผสมน้ำนึ่งปลา 40 % และอาหารเม็ดสำเร็จรูปมีความสมดุลของสัดส่วนของโภชนะในอาหา รที่เหมาะสม ทำให้ปลาสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดี มีการเจริญเติบโตดี และสามารถเก็บสะสมไขมันในเซลล์ตับได้ดี สอดคล้องกับข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโตข้างต้น และสอดคล้องกับรายงานของ NRC (1993) กล่าวว่า อาหารที่มีความสมดุลของสัดส่วนของโภชนะในอาหารที่เหมาะสม เช่นระดับโปรตีน ไขมัน และพลังงาน ทำให้ปลามีการเจริญเติบโต และใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีขึ้น เป็นไปในทำนองเดียวกันกับการทดลองในกุ้งก้ามกรามของ วัฒนา และคณะ (2557) ที่ได้ทำการทดลองใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ที่ระดับ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกรามเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า ไม่พบความผิดปกติของ เนื้อเยื่อตับกุ้งก้ามกรามจากทุก ๆ ชุดของการทดลอง อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อตับ พบว่า โครงสร้างของเซลล์ตับยังคงเป็นปกติ ซึ่งใช้ยืนยันได้ว่า สามารถใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้สูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารปลากะพงขาว โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบตับ

ผลการวิเคราะห์ค่า องค์ประกอบ ของเลือด ปลากะพงขาว ที่เลี้ยงด้วยอาหาร ที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (สูตรที่ 1-7) และอาหารสำเร็จรูป (สูตรที่ 8) เป็นเวลา 8 เดือน พบว่า ปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหาร ทั้ง 8 สูตร มีค่าองค์ประกอบของเลือด ได้แก่ ค่าฮีมาโตคริต ฮีโมโกลบิน ปริมาณพลาสมาโปรตีน จำนวนเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาว ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้น การ ใช้น้ำนึ่งปลา เป็นวัตถุดิบ ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอ าหารทุกระดับ (0 – 60 เปอร์เซ็นต์) และอาหารเม็ดสำเร็จรูปเลี้ยงปลากะพงขาว ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเลือดในตัวปลา และเมื่อพิจารณาค่าองค์ประกอบเลือดของปลาที่ทดลอง พบว่า ค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ปกติของปลา กะพงขาว จากการศึกษาองค์ประกอบเลือดในปลากะพงขาวของ กิ จการ และคณะ (2530) ซึ่งรายงานว่า ปลากะพงขาวที่มีน้ำหนัก และความยาวอยู่ในช่วง 41.60-136.22 กรัม และ 13.88-22.00 ซม. นั้น มีค่าฮีมาโตคริต อยู่ในช่วง 16.00-35.08 เปอร์เซ็นต์ ค่าฮีโมโกลบิน อยู่ในช่วง 2.11-11.01 กรัมต่อเดซิลิตร ปริมาณพลาสมาโปรตีน อยู่ในช่วง 2.63-7.68 กรัมต่อเดซิลิตร จำนวนเม็ดเลือดแดง อยู่ในช่วง 2.05–4.81 x 10^6 เซลล์ต่อไมโครลิตร และจำนวนเม็ดเลือดขาว อยู่ในช่วง 3.53–24.10 x 10^4 เซลล์ต่อไมโครลิตร จากผลการศึกษา แสดงว่า สูตรอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ใช้

ในการทดลองนี้มีความสมดุลของสารอาหาร รวมทั้งการใช้วิตามินและแร่ธาตุที่เหมาะสม ทำให้ได้สูตรอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน เมื่อนำมาทดลองเลี้ยงปลาทำให้ปลาสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ ส่งผลให้กลไกการทำงานของระบบเลือดเป็นปกติ

สำหรับผลการวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ปลากะพงขาว ที่เลี้ยงด้วยอาหาร ที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (สูตรที่ 1-7) และอาหารสำเร็จรูป (สูตรที่ 8) เป็นเวลา 8 เดือน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ความชื้นและเถ้าของปลาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ในทุกสูตรอาหารทดลองที่ใช้น้ำ นึ่งปลา รวมถึงสูตรเปรียบเทียบ (อาหารสำเร็จรูป) แสดงว่า สูตรอาหารที่ผลิตมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เลี้ยงปลาได้เช่นเดียวกับอาหารสำเร็จรูปในท้องตลาด โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อปลาในส่วนของความชื้นและเถ้า

ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาจากสูตรอาหารทั้ง 8 สูตร มีความแตกต่างกัน พบว่า สูตรอาหารสำเร็จรูป (สูตรที่ 8) มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด สูงกว่าปลาในสูตรอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทั้ง 7 สูตร แต่ไม่ต่างกับปลาในสูตรอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนที่ระดับ 40 % แสดงว่า ระดับของการแทนที่โปรตีนที่ระดับ 40 % ส่งผลให้เนื้อปลากะพงขาวมีปริมาณโปรตีนไม่ต่างจากปลาที่ได้รับอาหารสำเร็จรูป และเมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีนในเนื้อปลากะพงขาวที่เลี้ยงด้วยอาหาร ที่ใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น (สูตรที่ 1-7) พบว่า มีค่าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของการใช้น้ำนึ่งทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร สูงมากที่สุดในระดับของการแทนที่โปรตีนที่ระดับ 40 % (สูตรที่ 5) และลดลงเมื่อระดับของน้ำนึ่งปลาในสูตรอาหารมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า การใช้น้ำนึ่งปลาที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมต่อระดับการสร้างโปรตีนในเนื้อปลามากกว่าสูตรอื่น สอดคล้ องกับระดับการเจริญเติบโตของปลานิลที่พบว่าสูตรอาหารผสมน้ำนึ่งปลาระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ให้การเจริญเติบโตดีที่สุด

ส่วนปริมาณไขมันในเนื้อปลาให้ผลในทางเดียวกับปริมาณโปรตีน คือ สูงมากที่สุดในระดับของการแทนที่โปรตีนที่ระดับ 40 % (สูตรที่ 5) และลดลงเมื่อระดับของน้ำนึ่งปลาในสูตรอาหารมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า การใช้น้ำนึ่งปลาระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมต่อระดับการสร้างไขมันในเนื้อปลามากกว่าสูตรอื่น ๆ และพบว่า สูตรอาหารที่มีการใช้น้ำนึ่งปลาระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดไขมันเกือบทุกตัวอยู่ในปริมาณสูงกว่าสูตรอาหารทดลองอื่น จึงมีปริมาณไขมันในเนื้อปลามากกว่าสูตรอื่น ๆ สอดคล้องกับระดับการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว ที่พบว่าสูตรอาหารผสมน้ำนึ่งปลาระดับ 40 % ให้การเจริญเติบโตดีที่สุด แสดงว่า การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 40 % (สูตรที่ 5) เป็นสูตรอาหารที่มีสัดส่วนของระดับโปรตีน และไขมันเหมาะสม ส่งผลให้ปลามีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณไขมันในตัวปลาเพิ่มขึ้นเช่นกัน สอดคล้องกับ สุภาพร (2549) ที่ทำการทดลองใช้วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารปลากะพงขาว และ Choo *et al*. (1991) กล่าวว่า เมื่อปลามีการเจริญเติบโตน้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้น ทำให้ไขมันในตัวปลาเพิ่มขึ้นเช่นกัน เช่นเดียวกับปลานิลที่

ได้รับอาหารทดลองที่มีการเจริญเติบโตดี ทำให้ปริมาณไขมันในตัวปลาสูงกว่าปลาที่มีการเจริญ เติบโตน้อยกว่า

สำหรับคุณภาพน้ำในบ่อพักน้ำบริเวณกระชังทดลอง ตลอดการทดลอง เลี้ยงปลากะพงขาว เป็นเวลา 8 เดือน ได้แก่ ความเค็ม อุณหภูมิ ความเป็นกรด -ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นด่าง แอมโมเนีย และไนไตรท์ พบว่า คุณภาพน้ำโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม มีค่าอยู่ในช่วงที่ปลากะพงขาวสามารถดำรงชีวิตได้อย่าง ปกติ (NACA, 1989) เมื่อนำไปพิจารณากับการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว โดยเฉพาะค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา พบว่า ไม่สัมพันธ์กัน เนื่องจาก ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ที่วัดได้มีค่ าอยู่ในช่วง 5.50$\pm$0.38 - 7.38$\pm$0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม (NACA, 1989) และปลามีการเจริญเติบโตดี แต่จากผลการทดลอง พบว่า ปลามีการเจริญเติบโตต่ำมากเมื่อเทียบกับการเลี้ยงปลากะพงขาวในกระชังของนักวิจัยท่านอื่น ๆ เช่น วิเชียร และสมเดช (2526) และพิเชต และคณะ (2551) ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำในบริเวณกระชังทดลอง จะเก็บข้อมูลในเวลาบ่าย (14.00 น.) ทุก ๆ 2 สัปดาห์ ทำให้ได้ค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำมีค่าสูง แต่ในช่วงเวลาอื่นไม่ได้ทำการวัดคุณภาพน้ำ ดังนั้น โอกาสที่น้ำในบ่อทดลองจะขาดออกซิเจนจึงเป็นไปได้สูง เช่นในเวลากลางคืน และสภาพน้ำในบ่อนิ่ง ซึ่งน่าจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลากะพงขาวในกระชัง แต่ไม่ถึงกับทำให้ปลาตาย สอดคล้องกับรายงานของ นิคม และคณะ (2549) รายงานว่า ในสภาพที่น้ำนิ่งจะเกิดการขาดแคลนออกซิเจนในน้ำ และเมื่อน้ำนิ่งนานกว่า 2 ชั่วโมง ปริมาณออกซิเจนจะลดลงต่ำกว่า 4 มก./ล. แต่ยังเป็นระดับที่ปลากะพงขาวสามารถทนอยู่ได้

นอกจากนี้พบว่า พื้นที่วางกระชังไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากเป็นบ่อดินซึ่งมีการถ่ายเทของน้ำในบ่อกับน้ำธรรมชาติน้อยน้อยกว่าการเลี้ยงในแม่น้ำ หรือลำคลองธรรมชาติ น้ำนิ่ง ไม่มีการขึ้นลงของน้ำหรือการเคลื่อนไหวของมวลน้ำ ส่งผลให้ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักต่อการเจริญเติบโตของปลาในกระชังมีปริมาณน้อย ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของปลา สำหรับการเลือกพื้นที่เลี้ยงปลากะพงขาวในกระชังแบบแพที่เหมาะสมนั้น กรมประมง (2536) รายงานว่า จุดที่ตั้งกระชังควรเป็นคลองขนาดใหญ่ที่มีทางออกติดสู่ทะเล มีการเคลื่อนที่ของมวลน้ำเนื่องจากการขึ้นลงของน้ำ ซึ่งจะส่งผลให้มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในน้ำ และส่งผลให้มีการนำออกซิเจนของน้ำเข้าสู่ด้านในกระชังได้ดี

จากการทดลองครั้งนี้ทำให้ทราบว่า สามารถใช้น้ำนึ่งปลา ทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหาร เพื่อลดการใช้ปลาป่น สำหรับ เลี้ยง ปลากะพงขาว ได้เป็นอย่างดี โดยในระดับ การใช้ 40 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการเจริญเติบโต ดีที่สุด เทียบเท่าอาหารเม็ดสำเร็จรูป และลดต้นทุนค่าอาหารได้มากกว่า แต่ควรเลือกพื้นที่สำหรับการวางกระชังให้มีความเหมาะสม มีการเคลื่อนที่ของมวลน้ำทำให้มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในน้ำ เพื่อป้องกันปัญหาคุณภาพน้ำที่อาจจะ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาทดลอง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. จากการวิเคราะห์ น้ำนึ่งปลาจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ ที่ใช้ในการทดลอง พบว่า ยังคงมีคุณสมบัติทางเคมี กรดอะมิโนที่จำเป็น กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น และกรดไขมันใน ปริมาณที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทดแทนโปรตีนจากปลาป่น เพื่อผลิตอาหารเลี้ยงปลากะพงขาวได้เป็นอย่างดี โดยมีระดับโปรตีน 45.15 เปอร์เซ็นต์ กรดอะมิโนที่จำเป็น 9 ชนิด ปริมาณ 6.53 g/100 g และกรดไขมัน 28 ชนิด ปริมาณ 14,812.32 mg/100 g และเมื่อนำไปผสมในสูตรอาหาร พบว่า อาหารมีปริมาณกรดอะมิโน และกรดไขมันเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าอาหารที่ไม่มีการใช้น้ำนึ่งปลา

2. สามารถใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหารสำหรับการเลี้ยงปลากะพงขาว ในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ส่งผลต่ออัตราการรอดตาย แต่ส่งผลให้มีการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลากะพงขาวที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 24.93$\pm$0.46 กรัม ดีที่สุด เมื่อเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูป และที่ระดับ 50, 30, 20, 60, 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3. การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ปลากะพงขาวมีปริมาณโปรตีน และไขมันในเนื้อปลาสูงกว่าการผสมน้ำนึ่งปลาระดับอื่น ๆ แต่ไม่ส่งผล ให้เกิดความผิดปกติของเนื้อเยื่อตับ และองค์ประกอบเลือดของปลา

4. การใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ในอาหารที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมทั้งในด้านการเจริญเติบโต และด้านเศรษฐศาสตร์ สามารถลดการใช้ปลาป่นในการผลิตอาหารปลา และ ส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัมในการผลิต ปลากะพงขาวต่ำที่สุด (36.22$\pm$0.81 บาท/กิโลกรัม) สามารถลดต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลากะพงขาวได้เท่ากับ 39.68 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็น 52.27 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปจากตลาด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาหาวิธีการเก็บรักษาน้ำนึ่งปลาเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเชื้อรา และการหืน ทำให้สามารถเก็บน้ำนึ่งปลาไว้ใช้ได้นานขึ้น เช่น การใส่สารป้องกันเชื้อรา และสารกันหืน BHA

2. ควรมีการศึกษากรดอะมิโน และกรดไขมันที่เกิดขึ้นในเนื้อปลาภายหลังจากปลาได้รับอาหารทดลอง เพื่อจะได้ทราบว่า น้ำนึ่งปลาส่งผลให้กรดอะมิโน และกรดไขมัน ในตังปลา เพิ่มขึ้นหรือไม่

3. แม้ว่าการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะให้ผลการทดลองที่น่าพอใจคือ สามารถใช้น้ำนึ่งปลาได้สูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ แต่เพื่อให้สามารถใช้น้ำนึ่งปลา เป็นส่วนผสมในอาหารปลากะพงขาวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนค่าอาหารลดลงได้อีก ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของการแปรรูปน้ำนึ่งปลาเป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนหลายประเภท เช่น โปรตีนเข้มข้น โปรตีนสกัด และโปรตีนไฮโดรไลเสด

อาจจะส่งผลให้ปลามีการใช้ประโยชน์จากโปรตีนดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้น

4. การเจริญเติบโตของปลาทดลองในการวิจัยครั้งนี้ ต่ำกว่าการเลี้ยงของเกษตรกรทั่ว ๆ ไป เมื่อเปรียบเทียบการเลี้ยงในระยะเวลาที่เท่ากัน เนื่องจากการเลือกพื้นที่วางกระชังทดลองไม่มีความเหมาะสม เพราะเป็นบ่อดินซึ่งไม่มีการขึ้นลงของน้ำ หรือการเคลื่อนไหวของมวลน้ำ จึง มีการถ่ายเทของน้ำในบ่อกับน้ำธรรมชาติน้อยกว่าการเลี้ยงใน ทะเล หรือลำคลองธรรมชาติ ส่งผลให้ออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าต่ำ ดังนั้น ควรทำการทดลองในพื้นที่ เลี้ยงจริง เพื่อควบคุมปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมภายนอกที่อาจมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของปลา

5. ควรนำอาหารที่ผลิตขึ้น ให้เกษตรกรทดลองใช้เลี้ยงปลาในกระชังด้วยตนเอง เพื่อจะได้ทราบถึงประสิทธิผลของอาหารต่อการเจริญเติบโตของปลาในพื้นที่เลี้ยงจริง

บรรณานุกรม

กรมประมง. 2536. การเลี้ยงปลาน้ำกร่อย. เอกสารคำแนะนำ กองส่งเสริมการประมง, กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 43 น.

กรมประมง. 2555. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2555. เอกสารฉบับที่ 9 / 2557. ศูนย์สารสนเทศ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 91 น.

กรมเศรษฐกิจพาณิชย์. 2535. ข้อมูลปริมาณและมูลค่าการนำเข้ากากถั่วเหลืองของไทย. กองวิจัยสินค้าและตลาด, กรมเศรษฐกิจพาณิชย์, กระทรวงพาณิชย์.

กิจการ ศุภมาตย์, เยาวนิตย์ ดนยดล และสถาพร ดิเรกบุษราคม. 2530. การศึกษาองค์ประกอบเลือดของปลากะพงขาว. วารสารสงขลานครินทร์. 9 : 59-68.

กิติธร สรรพานิช, สันติ เอี่ยนเหล็ง และสาธิต โกวิทวที. 2539. การเปรียบเทียบอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลากะพงขาวที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. น. 392-399. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34. สาขาพืช – ประมง, กรุงเทพฯ.

จิตรวดี ไตรเรกพันธุ์. 2540. การผลิตโปรตีนปลาสกัดจากหัวและเครื่องในปลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เจษฎา อิสเหาะ และสุภาวดี โกยดุล. 2553. การใช้น้ำนึ่งปลาจากการผลิตของโรงงานปลาทูน่ากระป๋องเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารสำหรับเลี้ยงปลาสวายเนื้อขาว. น. 65-71. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3. 24-26 พฤศจิกายน 2553 ณ ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์, กรุงเทพฯ.

จูอะดี พงษ์มณีรัตน์ และมะลิ บุณยรัตผลิน. 2538. การใช้แหล่งโปรตีนพืชบางชนิดในอาหารสำหรับปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 14/2538. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา, กรมประมง. 12 น.

จูอะดี พงษ์มณีรัตน์, มะลิ บุณยรัตผลิน และ ชูศักดิ์ บริสุทธิ์. 2540. ผลของปลาป่นไทยต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 1/2540. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา, กรมประมง. 16 น.

ชุติมา ตันติกิตติ, สุภาพร มหันต์กิจ, ไพรัตน์ โสภโณดร และอดุลย์ แมเร๊าะ. 2550. การใช้วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch). วารสารสงขลานครินทร์ วทท. 29(5) : 1321-1340.

ถนอม พิมลจินดา และมะลิ บุณยรัตผลิน. 2532. การศึกษาความต้องการวิตามินในปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดภูเก็ต, กองประมงน้ำกร่อย, กรมประมง. 24 น.

ทัศนีย์ คชสีห์. 2546. การใช้ดักแด้ไหมบ้านเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลาดุกลูกผสม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนาคารไทยพาณิชย์. 2535. วิกฤตการณ์วัตถุดิบอาหารสัตว์. เศรษฐกิจปริทัศน์. ปีที่ 14 ฉบับที่ 10 ตุลาคม 2535.

ธวัช ศรีวีระชัย. 2538. การอนุรักษ์ลูกปลากะพงขาวในกระชังด้วยอาหารต่างชนิด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 45/2538. ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสตูล. กรมประมง. 13 น.

ธีรภัทร์ เด่นประเสริฐกุล. 2534. การแยกโปรตีนจากน้ำนึ่งปลาทูน่า. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นันทิการ พรงาม, ประดิษฐ์ ชนชื่นชอบ และอุดม บุญชุม. 2531. ความต้องการเกลือแร่ในอาหารปลากะพงขาว. น. 99-106. *ใน* รายงานการสัมมนาวิชาการ ประจำปี 2531, กรมประมง.

นิคม ละอองศิริวงศ์, ยงยุทธ ปรีดาลัมภบุตร และทองเพชร สันบูกา. 2549. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับตะกอนดินและสาเหตุการตายของปลากะพงขาวในทะเลสาบสงขลาตอนนอก. เอกสารวิชาการฉบับที่ 28/2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. 36 น.

นิรุทธิ์ สุขเกษม. 2544. ผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันต่อการเจริญเติบโตของปลานิล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พัชรี มงคลวัย. 2553. การอนุบาล การเลี้ยงและการผลิตอาหารปลาช่อนโดยใช้หอยเชอรี่เป็นแหล่งโปรตีนหลัก. รายงานการวิจัยประจำปี พ.ศ. 2552-2553. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร. สกลนคร.

พิเชต พลายเพชร, มนทกานติ ท้ามติ้น, สิริพร ลือชัย ชัยกุล, จีรรัตน์ เกื้อแก้ว, เพ็ญศรี เมืองเยาว์, นงลักษณ์ สำราญราษฎร์ และสุพิศ ทองรอด. 2551. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อของปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch, 1970) ที่เลี้ยงด้วยปลาสดและอาหารสำเร็จรูป. น. 156-166. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 : สาขาประมง, กรุงเทพฯ.

มะลิ บุณยรัตผลิน, นันทิยา อุ่นประเสริฐ, ไพรัตน์ กอสุธารักษ์, วิษณุ โศธนะ และศิริวิมล ชุ่มสูงเนิน. 2531. ผลของวิตามินโคลีน ไนอาซีน อินโนซิทอล และวิตามินอี ต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพอาหาร และอัตรารอดของปลากะพงขาววัยรุ่นในน้ำจืด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 7/2531. สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งแห่งชาติ, กรมประมง. 21 น.

มะลิ บุณยรัตผลิน, ธิดา เพชรมณี, สุพจน์ จึงแย้มปิ่น และจารุรัตน์ บูรณะพานิชย์กิจ. 2532. อาหาร การให้อาหาร และอาการขาดธาตุอาหารของปลากะพงขาว. เอกสารคำแนะนำฉบับที่ 1/2532. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, สงขลา. 12 น.

มะลิ บุณยรัตผลิน และจูอะดี พงศ์มณีรัตน์. 2533. การศึกษาต้องการฟอสฟอรัสในอาหารปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2553. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง,

กรมประมง. 24 น.

มะลิ บุณยรัตผลิน, ประวิทย์ สุรนีรนาถ และ ธำมรงค์ ตันภิบาล. 2539. การแทนที่ปลาป่นด้วยผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองชนิดต่างๆ ในอาหารปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 9/2539. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา, กรมประมง. 30 น.

วิมล จันทรโรทัย, ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ , ศิริมล ชุ่มสูงเนิน และ สมฤกษ์ ชินมุก. 2535. อาหารที่มีโปรตีนระดับต่างกันแต่พลังงานคงที่ต่อการเจริญเติบโต และการสะสมไขมันของปลาสวาย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 124. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, กรมประมง. 13 น.

วิเชียร สาคเรศ และสมเดช สุขบันเทิง. 2526. การเจริญเติบโตและผลผลิตของปลากะพงขาวจากการเลี้ยงในกระชัง. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 5/2556. สถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดระยอง, กรมประมง. 30 น.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2528. อาหารปลา. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 111 น.

วัฒนา วัฒนกุล, อุไรวรรณ วัฒนกุล และเจษฎา อิสเหาะ. 2552. การทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในอาหารที่มีระดับพลังงานที่ย่อยได้ในอาหารต่างกันต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม. รายงานการวิจัยประจำปี 2552. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง, ตรัง.

_____. 2557. การใช้น้ำนึ่งปลาจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเพื่อพัฒนาเป็นอาหารกุ้งก้ามกราม. รายงานการวิจัยประจำปี 2556. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง, ตรัง.

สุทิน สมบูรณ์ และ วิชิต เสมาชัย. 2547. การใช้ตะกอนน้ำนึ่งปลาเป็นสารแต่งกลิ่นในอาหารปลาดุกลูกผสม. น. 93-100. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 : สาขาประมง สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2534. แนวทางการใช้ประโยชน์จากเปลือกกุ้ง : ไคตินและไคโตแซน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุนิตย์ โรจนพิทยากุล, เจนจิตต์ คงกำเนิด และ อัตรา ไชยมงคล. 2547. การเลี้ยงปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch) ด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีนต่ำสลับกับอาหารที่มีระดับโปรตีนปกติ ต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 9/2547. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, สงขลา. 17 น.

สุพจน์ จึงแย้มปิ่น, มะลิ บุณยรัตผลิน และสุพักตร์ ร่อนรา. 2533. การทดลองใช้ไขมันชนิดต่าง ๆ ในอาหารปลากะพงขาว. เอกสารวิชาการฉบับที่ 10/2533. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา, กรมประมง. 24 น.

สุภาพร มหันต์กิจ. 2549. การใช้วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นในอาหารปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* Bloch). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุวิทย์ สุวรรณโณ. 2535. การเลี้ยงแบคทีเรียสังเคราะห์แสงในน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปอาหารอาหารทะเล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อัตรา ไชยมงคล, มะลิ บุณยรัตผลิน, สุจินต์ บุญช่วย และชูศักดิ์ บริสุทธิ์. 2547. ผลของคุณภาพปลาป่นในอาหารต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของปลากะรังดอกแดง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 45/2547. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 9 น.

อัตรา ไชยมงคล. 2547. ผลของสัดส่วนระหว่างโปรตีนและไขมันในอาหารต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางเคมีของปลากะรังดอกแดง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 46/2547. สถาบันวิจัยสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 10 น.

อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์. 2536. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักแช่แข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

AOAC . 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Fifteenth edition, Washington, D.C. 1298 pp.

Bancroft. J. D. 1967. Histochemical techniques. Butterworths, London.

Berge, G. M. and T. Storebakken. 1996. Fish protein hydrolysate in starter diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. Aquaculture. 145 : 205-212.

Besedits, 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 finfish in serveral SE Asia regions. Akvasmart Pty. Ltd. Australia. 18 pp.

Boonyaratpalin, M. 1989. Seabass culture and nutrition. p. 43 – 91 *In* : Proceeding of The People's Republic of China Aquaculture and Feed workshop. (ed. D. M. Akiyama) American Soybean Association, Singapore.

_____. 1991. Nutritional studies on seabass (*Lates calcarifer*). p. 33 - 41. *In* : Fishtech Nutrition Research in Asia. Proceeding of the Fourth Asian Fish Nutrition Workshop. (ed.S.S.De Silva). Asian Fisheries Society, Philippines.

_____. 1997. Nutritional requirements of marine food fish cultured in Southeast Asia. Aquaculture. 151 : 283-313.

_____. 2002. Nutritional requirements of grouper (*Epinephelus* spp). p. 119–126. *In* : Report of the APEC/NACA Cooperation Grouper Aquaculture Workshop. 7-9 April 1999. Hat Yai, Thailand.

Buranapanidgit, J., M. Boonyaratpalin and S. Kaeningglard. 1989. Optimum level of W3 HUFA on juvenile seabass *Lates calcarifer*, p.7 *In* : IDRC Fish Nutrition Project Annual Report. Department of Fisheries, Thailand.

Cahu, C. L., J. L. Zambonino Infante, P. Quazugule, and M. M. Le Gall. 1999. Protein hydrolysate vs. fish meal in compound diets for 10 – day old seabass *Dicentrarchus labrax* larvae. Aquaculture. 171 : 109-119.

Catacutan, M.R. and R.M. Coloso. 1997. Growth of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*, fed varying carbohydrate and lipid levels. Aquaculture. 149 : 137-144.

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.

Chu, J. C. W. 2002. Environmental management of mariculture : the effect of feed types on feed waste. p. 61-92. *In* : Report of the Regional Workshop on Sustainable Seafarming and Grouper Aquaculture. 17-20 April 2000. Medan, Indonesia.

Cuzon, G. 1988. Preliminary nutritional studies of sea bass *Lates calcarifer* (Bloch) protein and lipid requirements. *In* : 19th Annual Conference and Exposition, World Aquaculture Society, Hawaii 88 Program and Abstracts. 15 pp.

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.

Humason, G. L. 1972. Animal Tissue Technique, 4th ed. San Francisco. CA : W.H. Freeman And Company.

Kongkeo, H. and M. Phillips. 2002. Regional overview of marine finfish farming, with an Emphasis on groupers and regional cooperation. p. 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.

Lovell, T. 1989. Nutrition and feeding of fish. New York : Van Nostrand Reinhold. 260 pp.

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.

Marte, C. L. 2002. Grouper research and the southeast asian fisheries development center aquaculture department. p. 143-151. *In* : Report of the APEC/NACA Cooperation Grouper Aquaculture Workshop. 7-9 April 1999. Hat Yai, Thailand.

Millamena, O. M. 1994. Review of SEAFDEC/AQD fish nutrition and feed development Research. p. 52-63. *In* : C.B. Santiago, R. M. Coloso, O. M. Millamena and I.G. Borlongan (eds.). Feeds for Small-Scale Aquaculture. Proceeding of the National Seminar-workshop on Fish Nutrition and Feeds, SEAFDEC Aquaculture Department. Iloilo, Philippines.

Millamena, O. M. and J. D. Toledo. 2004. Development of formulated feeds for growout culture of Grouper *(Epinephelus coioides)* tank and field studies. p. 115-118. *In* : Rimmer, M.A., S. Macbride and K.C. Williams (eds.). Advanced in Grouper Aquaculture. Canberra. ACIAR monograph 110.

Network of Aquaculture Centres in Asia (NACA). 1989. Site selection criteria for marine finfish netcage culture in Asia. UNDP/FAO Regional Seafarming Development and Demonstration Project. 18 pp.

NRC. 1993. Nutrient requirements of fishes. National Academy Press, Washington, D. C.

Prasertsan, P., P. Wuttijumnong, P. Sophadora and W. Choorit. 1988. Seafood processing industries within Songkhla-Hatyai region : The survey of basic

data emphasis on wastes. Songkhalnakarin. J. Sci. Technol. 10 : 447-451.

Rimmer, M. A., K. C. Williams, M. J. Phillips and H. Kongkeo. 2002. Development of a regional cooperative network for grouper aquaculture research. p. 63-73. *In* : Report of the APEC/NACA Cooperation Grouper Aquaculture Workshop. 7-9 April 1999. Hat Yai, Thailand.

Rosario, W. P. 2002. Grouper aquaculture in the Philippines. p. 119-121. *In* : Report of the Regional Workshop on Sustainable Seafarming and Grouper Aquaculture. 17-20 April 2000. Medan, Indonesia.

Sakaras, W., M. Boonyaratpalin and N. Unprasert. 1989. Optimum dietary protein energy ratio in seabass feed II. Technical paper No. 8. Rayong Brackishwater Fisheries Station, Thailand. 20 pp.

Sanguandeekul, R., P. Jantawat 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.

Shahidi, F., X. Q. Han and J. Synowiecki. 1995. Production and characteristics of Protein hydrolysate from capelin (*Mallotus villosus*). Food Chem. 53 : 285-293.

Sheriff, N. 2002. Accessing the sustainability of small-scale grouper culture in Southern Thailand. p. 209-211. *In* : Report of the Regional Workshop on Sustainable Seafarming and Grouper Aquaculture. 17-20 April 2000. Medan, Indonesia.

Sim, S. Y., M. A. Rimmer, J. D. Toledo, K. Sugama, I. Rumengan, K. C. Williams and M. J. Phillips. 2005. A practical guide to feeds and feed management for culture grouper. NACA, Bangkok, Thailand. 18 pp.

Steffens, W. 1981. Protein utilization by rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and carp (*Cyprinus carpio*) : a brief review. Aquaculture. 23 : 337-345.

Strickland J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis 2 ed. Ottawa : Fisheries Research Board of Canada.

Walton, M. J. 1985. Aspect of amino acid metabolism in teleost fish. pp. 47-67. *In* Nutrion and feeding in fish. Academic Press, London.

Wanagowat, J., M. Boonyaratpalin and T. Watanabe. 1989. Essential fatty acid Requirement of juvenile seabass, p. 105-113. *In* : M. Boonyaratpalin (ed.)

Fish Nutrition (THAILAND) Project. 1987-1991.

Williams, K. C., C. G. Barlow, L. J. Rogers and L. Ruscoe. 2003. Potential of meat meal to replace fish meal in extruded dry diets for barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch). in Growth performance. Aquaculture Research. 34 : 23-32.

Wong, F. J. and R. Chou. 1989. Dietary protein requirement of early grow-out seabass (*Lates calcarifer*, Bloch) and some observations on the performance of two practical formulated feeds. Singapore J. of Primary Industries. 17 : 134.

ภาคผนวก 1

1. ตารางผนวกที่ 1 องค์ประกอบกรดอะมิโนในอาหารปลากะพงขาว
2. ตารางผนวกที่ 2 องค์ประกอบกรดไขมันในอาหารปลากะพงขาว
3. ภาพผนวกที่ 1 – 32 ภาพกิจกรรมโครงการวิจัย และลักษณะเนื้อเยื่อของตับปลากะพงขาว

ตารางผนวกที่ 1 องค์ประกอบกรดอะมิโนในอาหารปลากะพงขาว

กรดอะมิโน	สูตรอาหาร							
	1 (0%)	2 (10%)	3 (20%)	4 (30%)	5 (40%)	6 (50%)	7 (60%)	8 (อาหารเม็ด)
กรดอะมิโนที่จำเป็น								
Arginine	3.23	2.27	1.69	1.69	2.40	2.21	2.41	2.11
Histidine	0.61	0.71	0.86	0.72	0.85	1.01	1.09	0.72
Isoleucine	1.00	0.80	0.62	0.68	0.73	0.67	0.73	1.03
Leucine	1.88	1.55	1.20	1.33	1.41	1.20	1.45	1.99
Lysine	4.05	3.56	3.71	2.93	3.10	2.95	3.13	3.92
Methionine	0.15	0.07	0.45	0.32	0.01	0.03	0.02	0.07
Phenylalanine	1.10	0.95	0.72	0.70	0.74	0.74	0.85	1.13
Threonine	0.88	0.55	0.48	0.54	0.47	0.46	0.52	0.70
Tryptophan	0.24	0.08	0.09	0.21	0.09	0.09	0.10	0.14
Valine	1.03	0.89	0.73	0.73	0.78	0.59	0.76	1.08

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ) องค์ประกอบกรดอะมิโนในอาหารปลากะพงขาว

กรดอะมิโน	สูตรอาหาร							
	1 (0%)	2 (10%)	3 (20%)	4 (30%)	5 (40%)	6 (50%)	7 (60%)	8 (อาหารเม็ด)
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น								
Alanine	1.29	1.02	1.11	1.09	1.21	0.91	1.28	1.38
Aspartic acid	2.42	1.47	1.71	1.61	1.38	1.38	1.37	2.06
Cystine	0.01	-	0.12	0.06	-	0.01	-	0.06
Glutamic acid	3.55	2.57	3.34	2.70	2.40	2.35	2.33	3.59
Glycine	1.42	1.12	1.12	1.27	1.32	1.27	1.57	1.23
Proline	1.28	1.02	1.12	1.13	1.17	1.04	1.23	1.35
Serine	0.78	0.47	0.04	0.47	0.43	0.41	0.49	0.61
Tyrosine	0.74	0.48	0.88	0.55	0.45	0.67	0.46	0.74

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร

ตารางผนวกที่ 2 องค์ประกอบกรดไขมันในอาหารปลากะพงขาว

กรดไขมัน	สูตรอาหาร							
	1 (0%)	2 (10%)	3 (20%)	4 (30%)	5 (40%)	6 (50%)	7 (60%)	8 (อาหารเม็ด)
caproic acid (C6:0)	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-
lauric acid (C12:0)	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	-	0.02	0.04
Myristic acid (C14:0)	0.25	0.28	0.29	0.31	0.31	0.31	0.35	0.16
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.04
Cis-10- Pentadecanoic acid (C15: 1)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.01	0.01
Plamitic acid (C16:0)	3.84	4.02	4.38	4.21	4.22	4.60	4.22	1.88
Palmitoleic acid (C16:1n7)	0.46	0.52	0.54	0.53	0.51	0.51	0.54	0.27
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.12	0.13	0.14	0.14	0.14	0.13	0.15	0.08
Cis-10- heptadecanoic acid (C17: 1)	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	-	0.07	0.04
Stearic acid (C18:0)	1.15	1.21	1.29	1.25	1.24	1.18	1.24	0.53
Elaidic acid (C18:1n9t)	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	-	-	0.01
oleic acid (C18:1n9c)	4.84	4.99	5.62	5.08	5.10	4.97	4.80	1.78

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ) องค์ประกอบกรดไขมันในอาหารปลากะพงขาว

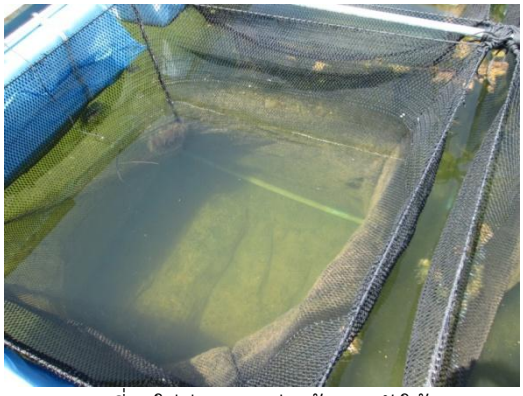
กรดไขมัน	สูตรอาหาร							
	1 (0%)	2 (10%)	3 (20%)	4 (30%)	5 (40%)	6 (50%)	7 (60%)	8 (อาหารเม็ด)
Linolelaidic acid (C18:2n6t)	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.12	0.04	0.01
Linoleic acid (C18:2n6c)	2.94	3.49	4.08	3.73	3.90	4.06	3.55	0.70
Linoleic acid (ALA) (C18: 3n3)	0.21	0.28	0.33	0.31	0.34	0.35	0.31	0.07
Arachidic acid (C20:0)	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	-	0.10	0.03
Cis-11-Eicosenoic acid (C20: 1n9)	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.11	0.17	0.08
Cis-11,14-Eicosenoic acid (C20: 2n6)	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	-	-	0.02
Arachidonic acid (C20: 4n6)	0.04	0.07	0.08	0.08	0.07	-	0.07	0.09
Behenic acid (C22: 0)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	-	0.06	0.01
Cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (20: 5n3)(EPA)	0.08	0.14	0.16	0.15	0.17	0.17	0.16	0.21
Erucic acid (C22: 1n9)	0.02	-	0.02	0.02	-	-	0.04	0.04
Cis-4,7,10,13,16,19- docosahexaenoic acid ;DHA (C22: 6n3)	0.13	0.26	0.27	0.28	0.29	0.33	0.29	0.75

หมายเหตุ : - ในวงเล็บ คือระดับของการใช้น้ำนึ่งปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร

ภาพผนวกที่ 1 วางกระชังทดลองในบ่อพักน้ำ

ภาพผนวกที่ 2 ขึงกระชังทดลองกับโครงกระชัง

ภาพผนวกที่ 3 กรอบท่อ PVC ใส่ทรายถ่วงกระชัง



ภาพผนวกที่ 4 ใส่ท่อ PVC ถ่วงก้นกระชังให้คงรูป

ภาพผนวกที่ 5 กระชังที่เตรียมพร้อมสำหรับทดลอง

ภาพผนวกที่ 6 ขนส่งปลากะพงขาวจากฟาร์มเอกชน

ภาพผนวกที่ 7 พักปลากะพงขาวเพื่อสุ่มนับจำนวน

ภาพผนวกที่ 8 ปลากะพงขาวที่ใช้ทดลอง

ภาพผนวกที่ 9 สุ่มนับจำนวนปลาที่ใช้ทดลอง

ภาพผนวกที่ 10 ปล่อยปลาลงกระชังทดลอง

ภาพผนวกที่ 11 ชั่งวัตถุดิบอาหารตามสูตรทดลอง

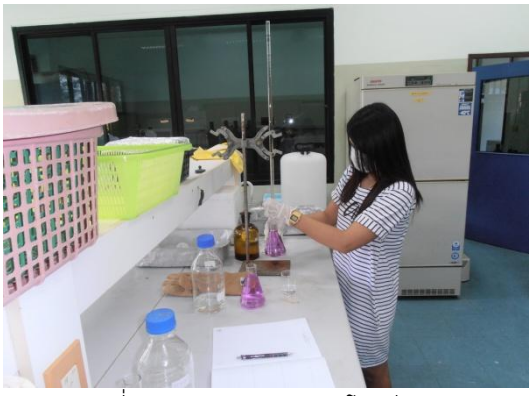
ภาพผนวกที่ 12 นำวัตถุดิบอาหารเข้าเครื่องอัดเม็ด

ภาพผนวกที่ 13 อบอาหารที่อัดเม็ดแล้วในตู้อบ

ภาพผนวกที่ 14 อาหารทดลองที่อบเสร็จแล้ว

ภาพผนวกที่ 15 วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในอาหาร

ภาพผนวกที่ 16 วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน



ภาพผนวกที่ 17 titrate หาปริมาณโปรตีน

ภาพผนวกที่ 18 ให้อาหารปลาทดลอง

ภาพผนวกที่ 19 ยกกระชังเพื่อสุ่มปลาทดลอง

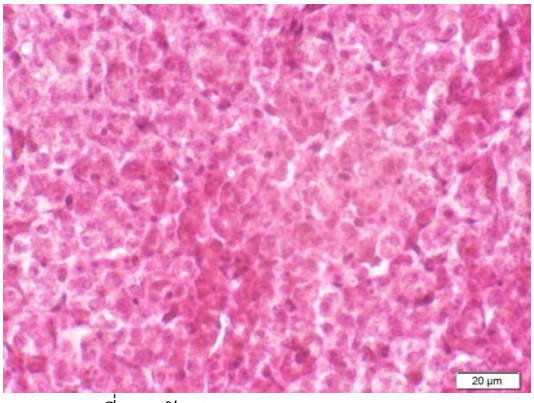
ภาพผนวกที่ 20 สุ่มปลากะพงขาวจากกระชังทดลอง

ภาพผนวกที่ 21 ชั่งน้ำหนักปลาทดลองทุกๆ เดือน

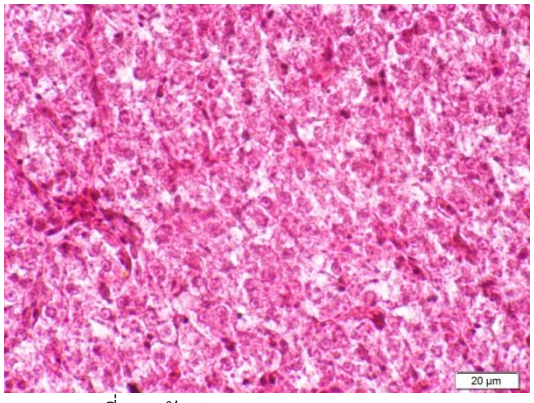
ภาพผนวกที่ 22 นับอัตรารอดตายของปลาทดลอง

ภาพผนวกที่ 23 เก็บกระชังเลี้ยงปลาทดลองที่สกปรก

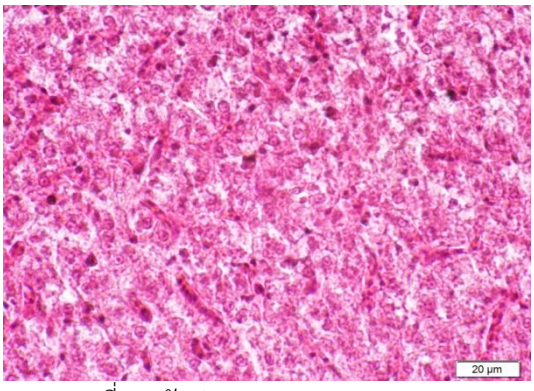
ภาพผนวกที่ 24 ทำความสะอาดกระชังทดลอง



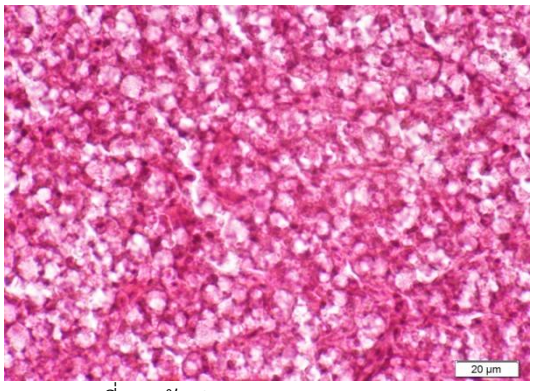
ภาพผนวกที่ 25 ตับปลากะพงขาวจากสูตร 1 (0%)



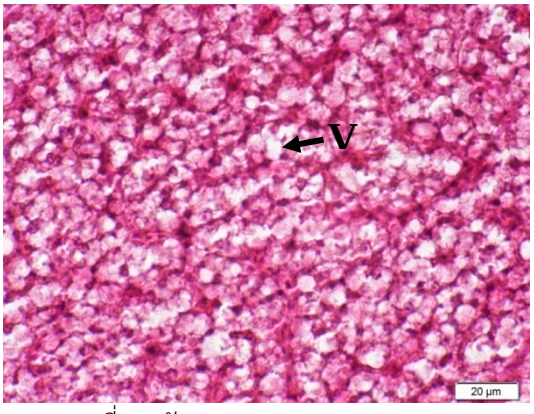
ภาพผนวกที่ 26 ตับปลากะพงขาวจากสูตร 2 (10%)



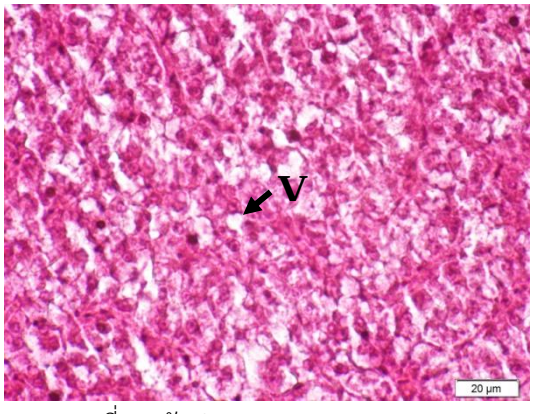
ภาพผนวกที่ 27 ตับปลากะพงขาวจากสูตร 3 (20%)



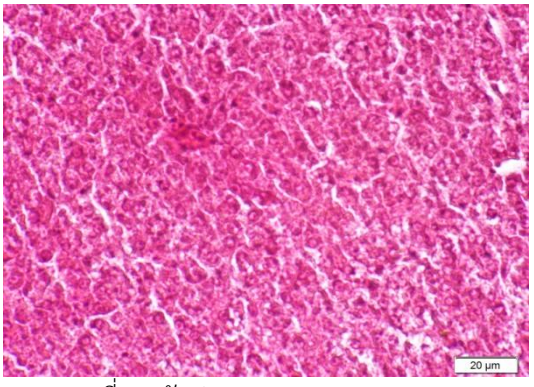
ภาพผนวกที่ 28 ตับปลากะพงขาวจากสูตร 4 (30%)



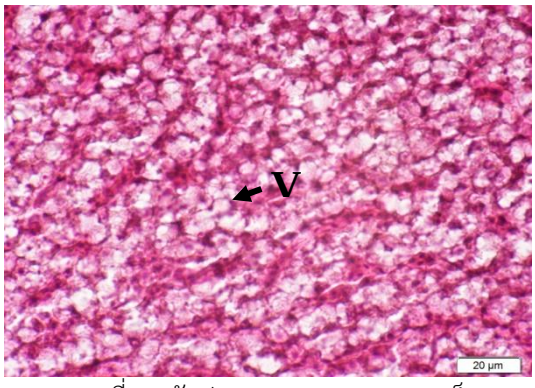
ภาพผนวกที่ 29 ตับปลากะพงขาวจากสูตร 5 (40%)



ภาพผนวกที่ 30 ตับปลากะพงขาวจากสูตร 6 (50%)



ภาพผนวกที่ 31 ตับปลากะพงขาวจากสูตร 7 (60%)



ภาพผนวกที่ 32 ตับปลากะพงขาวจากอาหารเม็ด