รหัสโครงการ SUT3-303-54-24-18

รายงานการวิจัย

การพัฒนาและเพิ่มผลผลิตปลาสวายโมง(Thai Panga) เพื่อการส่งออก

(The improvement of Thai Panga production for export)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-303-54-24-18

รายงานการวิจัย

การพัฒนาและเพิ่มผลผลิตปลาสวายโมง (Thai Panga) เพื่อการส่งออก (The improvement of Thai Panga production for export)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

อาจารย์ ดร. สมร พรชื่นชูวงศ์

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา พยุหะ

รองศาสตราจารย์ ดร. จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล

นาย ชำนาญ แก้วมณี

นายอรรณพ อิ่มศิลป์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2554-2555

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤษภาคม 2558

บทคัดย่อ

จากการที่มีการเริ่มเลี้ยงปลาสวายโมงซึ่งเป็นปลาลูกผสมในสกุล *Pangasius* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงต้องการหาแหล่งพลังงานสำหรับอาหารปลาที่มีราคาถูก เพื่อนำมาเป็นส่วนประกอบในการทำอาหารสำหรับปลาสวายโมง โดยได้ศึกษาความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตในอาหารสำหรับปลาสวายโมงขนาดเล็กและปลาขนาดวัยรุ่นจนถึงตัวเต็มวัย เพื่อทราบความเป็นไปได้ในการใช้มันสำปะหลัง ซึ่งมีจำนวนมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับการทดสอบอาหารในปลาขนาดเล็ก ได้ทดลองเลี้ยงปลาสวายโมงด้วยขนาดเริ่มต้น 11.55±1.70 กรัม ด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนประมาณ 30%และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 5 ระดับได้แก่ 42% 44% 46% 48%และ 50% ตามลำดับ โดยใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนผสมในการปรับระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหาร ที่ระดับ 19% 23% 27% 31%และ 34% ตามลำดับ ทดลองเลี้ยงในตู้กระจกขนาด 12×24×15.2 นิ้ว ใช้ระบบน้ำหมุนเวียน ความหนาแน่น 20 ตัวต่อตู้ทดลอง ให้อาหารแบบกินจนอิ่มวันละ 2 ครั้ง ระยะเวลาทดลอง 90 วัน ผลการศึกษาพบว่าน้ำหนักสุดท้ายมีค่าประมาณ 81-144 กรัมน้ำหนักเพิ่มต่อวัน และ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุดในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 46 % โดยมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)กับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ระดับ 44% แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มอื่นๆ($P>0.05$) น้ำหนักเพิ่มต่อวันของปลาทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 0.77-1.47 กรัมต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.9-2.7 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน อัตราแลกเนื้อมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5-2.3 โดยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 50% มีค่าอัตราแลกเนื้อสูงที่สุดและแตกต่างทางสถิต($P<0.05$) กับกลุ่มอื่นๆ แต่ค่าอัตราแลกเนื้อในระหว่างกลุ่มอื่นๆไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหาร แต่มีค่าลดลงเมื่อระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารเพิ่มเป็น 50% จากผลการศึกษาสรุปว่าระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารสำหรับปลาสวายโมงอายุ 1-4 เดือน มีค่าประมาณ 46% โดยมีส่วนผสมของมันสำปะหลังประมาณ 27%

ทดลองเลี้ยงปลาสวายโมงขนาดเริ่มต้น192.94±24.38 กรัม ด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันดังนี้ กลุ่มที่ 1 -3 เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 25% และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 37% 46%และ 53% ตามลำดับ กลุ่มที่ 4 เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 23% คาร์โบไฮเดรต 57% กลุ่มที่ 5 เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 19% คาร์โบไฮเดรต 61%ทดลองเลี้ยงในกระชังโครงเหล็กตาข่ายทำจากไนลอน กระชังขนาด 1x1x1.5 ลูกบาศก์เมตรแขวนอยู่ในบ่อดินขนาด 5 ไร่ บ่อลึก 1.2 เมตร ความหนาแน่น 20 ตัวต่อกระชัง ให้อาหารแบบกินจนอิ่มวันละ 2 วันละ2 ครั้ง ทดลองเลี้ยงเป็นเวลา 171 วัน ผลการศึกษาพบว่า น้ำหนักสุดท้ายมีค่าอยู่ระหว่าง 861-1,109 กรัม น้ำหนักเพิ่มต่อวันสูง

ที่สุด 5.25 กรัมต่อวัน พบในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25% คาร์โบไฮเดรต 53% แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) กับอีก 2 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน และมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 23%และ 19% ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างทางสถิติ(P<0.05) อัตราแลกเนื้อมีค่าอยู่ระหว่าง 2.3-2.4 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ(P>0.05) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงที่สุด 2.2 พบในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 19% โดยมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)กับทั้ง 3 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีโปรตีน 25% แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ(P>0.05)กับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 23%สำหรับองค์ประกอบทางเคมีพบว่า เปอร์เซ็นต์เถ้า เปอร์เซ็นต์ไขมัน ในเนื้อปลา มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) แต่ค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลาในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 25% มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีน 23และ 19% ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) ผลการศึกษาการทำงานของกิจกรรมเอนไซม์ในท่อทางเดินอาหารและตับในปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย พบว่าปลาสวายโมงมีเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ในสัดส่วนที่ไม่แตกต่างกันมากนัก เอนไซม์ทั้งสามชนิดได้แก่ โปรติเอส (protease) อะไมเลส (amylase)และ ไลเปส (lipase) สามารถพบได้ในทั้ง 3 อวัยวะได้แก่ กระเพาะอาหาร ลำไส้ และ ตับ โดยค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรตีเอสในลำไส้มีค่าค่อนข้างสูงกว่าค่ากิจกรรมเอนไซม์ชนิดอื่นในทั้ง 3 อวัยวะ และการเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน ไม่ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมเอนไซม์ในทั้งสามอวัยวะมากนัก ยกเว้นค่ากิจกรรมของไลเปสในลำไส้ของปลาทดลองในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มคาร์โบไฮเดรตจาก 37 เปอร์เซ็นต์ เป็น 53 และ 57 ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ไลเปสลดลง และมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)สรุปจากผลการศึกษาครั้งนี้ในการเลี้ยงปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย สามารถใช้อาหารที่มีระดับโปรตีนที่ 23 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 57 เปอร์เซ็นต์ โดยมีส่วนผสมของมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลอัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกที่มีระดับโปรตีน 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

Abstract

As the Thai Panga or hybrid Pangasius have been cultured and more practiced recently in Northeast of Thailand so it is necessary to find the cheap energy source for the fish diet. This study had been carried out to investigate the efficiency of carbohydrate utilization of fingerlings and juvenile to adult of Thai Panga. Cassava had been selected to be the carbohydrate source of the practical diets as it is ubiquitous in Northeast of Thailand.The fingerlings of Thai Pangawith the average initial weight of 11.55±1.70 g had been stocked in the recirculating aquarium with the size of 12×24×15.2 inches for 90 days. The experimental diets contained30% protein and composed of 5 levels of carbohydrate. Fish had been fed satiation twice a day. The final weight of experimental fish were between 81-144 g. The maximum daily weight gain (DWG) and specific growth rate (SGR) were obtained from fish fed 46% of dietary carbohydrate and significantly higher ($P<0.05$) than those fed 44% dietary carbohydrate but was not significantly different ($P>0.05$) from the others. DWG and SGR were between 0.77-1.47 g/day and 1.9-2.7%/day respectively. The highest FCR was obtained from fish fed 50% dietary carbohydrate and significantly different ($P<0.05$) from the others. Protein efficiency ratio (PER) had the tendency increased with the increasing of dietary carbohydrate but decreased once dietary carbohydrate increased to 50%.The result showed the optimum of dietary carbohydrate around 46% which contained 27% of cassava meal.

The juvenile of Thai panga with the initial weight of 192.94±24.38 g were stocked in nylon cages at rate of 20 fish/cage ,cages were suspended in the earthen pond with 1.2 m. depth. The experimental diets contained 25%, 23% and 19% protein respectively, while diets contained 25% protein varied 3 levels of carbohydrate i.e. 38, 46, 53% respectively and diets contained 23 and 19% protein had 57 and 61% dietary carbohydrate respectively.Fish were fed satiation twice a day for 171 days. The final weight were between 861-1,109 g. and the highest DWG was obtained from fish fed 25% dietary protein and 53% dietary carbohydrate and there was not significantly different ($P>0.05$) from those fed 25% dietary protein and lower levels of dietary carbohydrate. But the DWG of fish fed 25% dietary

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

protein and 53% dietary carbohydrate was significantly higher than those fed 23% or 19%. While the DWG of fish fed 25% dietary protein and 38% carbohydrate was not significantly different (P>0.05) than those fed 23% or 19% which contained 57% and 61% carbohydrate respectively. FCR was between 2.3-2.4 and there was not significantly differently(P>0.05) among treatments.The highest PER was obtained from fish fed 19% dietary protein and was significantly different (P<0.05) from those fed 25% dietary protein but was not significantly different from those fed 23% dietary protein. There were no significantly different (P>0.05) of fillet ash and lipid but the fillet protein of fish fed 25% dietary protein was higher significantly(P<0.05) than the others. Three digestive enzymes i.e. amylase protease and lipase were found in three organ; stomach, intestine and liver andthe level of enzyme activities were not much different. The activity of protease in intestine was higher than the other enzymes in 3 organs. The increasing of dietary carbohydrate was not clearly affecting the enzyme activities except in fish fed 25% dietary protein once increased carbohydrate from 37% to 53% and 61% respectively the level of lipase activity was decrease significantly (P<0.05). The result showed the optimum of dietary protein and carbohydrate for the juvenile to adult of Thai Panga at 23% and 57% respectively which composed of 50% of cassava meal.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ

จากการที่รัฐบาลมีนโยบายในการส่งเสริมให้เกษตรกรในจังหวัดนครพนมเลี้ยงปลาในตระกูล *Pangasius* ซึ่งได้แก่ปลาสวายโมงเป็นปลาลูกผสมเพื่อการส่งออก แต่จากการสัมภาษณ์เกษตรกรในจังหวัดนครพนมที่มีการเลี้ยงปลาในสกุลนี้ พบว่าถ้าใช้อาหารเม็ดเช่นเดียวกับการเลี้ยงปลานิลจะทำให้ต้นทุนค่าอาหารอยู่ระหว่าง 37-42 บาทต่อปลาหนึ่งกิโลกรัม แต่เนื่องจากใช้เวลาเลี้ยงนานกว่าปลานิล ดังนั้นการศึกษาเพื่อลดต้นทุนค่าอาหารปลาใน สกุล *Pangasius* จึงมีประโยชน์โดยตรงต่อเกษตรกร โดยหลักโภชนศาสตร์ แหล่งพลังงานในอาหารที่มีราคาถูกได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของวัตถุดิบที่ราคาถูกหลายชนิดที่มีทั่วไปในท้องถิ่น โดยเฉพาะมันสำปะหลัง มีการปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากปลาในสกุล *Pangasius* เป็นปลาในกลุ่ม Omnivore ดังนั้นจึงมีความสามารถในการใช้วัตถุดิบในอาหารที่มาจากพืชและสัตว์ การศึกษาเบื้องต้นเพื่อทราบผลของคาร์โบไฮเดรตต่อการทำงานของ digestive enzyme ประสิทธิภาพในการใช้อาหาร การเจริญเติบโต และคุณภาพเนื้อปลา จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาสูตรอาหารเพื่อให้การพัฒนาการเลี้ยงปลาสวายโมงประสบความสำเร็จ

1.2 วัตถุประสงค์

1. ทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพเนื้อปลาสวายโมงที่ได้รับอาหารที่มีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ต่างกัน

2. ทำให้ทราบข้อมูลพื้นฐานการทำงานของ digestive enzyme (protease, lipase and amylase) ของปลาสวายโมง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสูตรอาหารสำหรับการเลี้ยงปลาสวายโมง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ทราบข้อมูลระดับคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมของปลาสวายโมงในช่วงอนุบาลปลาขนาดเล็ก และทราบระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสม ในช่วงปลาขนาดวัยรุ่นจนถึงตัวเต็มวัย และข้อมูลพื้นฐานการทำงานของ digestive enzyme ของปลาสวายโมงซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสูตรอาหารสำหรับปลาสวายโมงที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งเพื่อเพิ่มพื้นที่การเลี้ยงปลาสวายโมง ซึ่งปกติจะกระจายตัวอยู่ในแถบแนวแม่น้ำโขง จึงน่าจะเป็นการเพิ่มผลผลิตและการนำไปสู่การพัฒนาการเลี้ยงปลาเชิงพาณิชย์เพื่อการส่งออกต่อไป และนำเทคนิคนี้ที่ได้นี้ไปเผยแพร่บริการวิชาการแก่ประชาชน (เกษตรกรที่ทำการเลี้ยงปลา) และฟาร์มเอกชนที่สนใจ

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ สถาบันการศึกษาต่างๆ กรมประมง ตลอดจนหน่วยงานของรัฐและเอกชนที่สนใจ นอกจากนี้ผลงานวิจัยยังสามารถตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติที่เป็นที่ยอมรับ เช่น Aquaculture, Aquaculture Nutrition และ Fish Nutrition

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความต้องการคาร์โบไฮเดรตของปลา

คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานราคาถูกที่สุดและยังเป็นแหล่งพลังงานที่อาจถูกใช้อย่างทันทีทันใดหรืออาจเป็นพลังงานสำรองของสัตว์ โดยที่สัตว์นั้นจะแปรรูปคาร์โบไฮเดรตให้อยู่ในรูปของไขมัน (ประเสริฐ และคณะ, 2525) แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญในการผลิตอาหารปลา ได้แก่ รำ ปลายข้าว ข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น โดยทั่วไปด้านโภชนาการอาหารปลาถือว่าแป้งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของปลามากกว่าน้ำตาล เนื่องจากแป้งเป็นสารโมเลกุลขนาดใหญ่ เมื่อถูกย่อยได้เป็นสารโมเลกุลขนาดเล็ก ได้แก่ เด็กซตริน (Dextrin) มัลโตส (Maltose) และกลูโคส (Glucose) เป็นต้น การศึกษาความต้องการคาร์โบไฮเดรตหรือแป้งของปลาสามารถทำได้โดยการผลิตอาหารทดสอบที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน (ระดับโปรตีนที่เหมาะสม) แต่มีระดับแป้งแตกต่างกัน จากนั้นนำไปให้ปลากินระยะเวลาหนึ่ง (ประมาณ 2-3 เดือน) สามารถประเมินระดับแป้งที่เหมาะสมได้จากการเจริญเติบโตของปลา ระดับแป้งที่เหมาะสมในสูตรอาหารของปลากินเนื้อ ปลากินพืชและเนื้อและปลากินพืช ควรอยู่ในช่วงประมาณ 10-20, 30-40 และ 40-50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (วีรพงษ์, 2536) เจษฎา และสุภาวดี (2540) ศึกษาระดับของคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมในอาหารสำหรับลูกปลาสวายเผือกที่เลี้ยงในกระชัง ที่ระดับคาร์โบไฮเดรตต่างกัน 5 ระดับ พบว่า ลูกปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแป้งเหนียวเป็นส่วนประกอบมีการเจริญเติบโตสูงสุด ปลามีสัมประสิทธิ์การย่อยและอัตราการดูดซึมเพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานสูงกว่าชนิดอื่นๆ เพราะระดับแป้งที่เหมาะสมในอาหารปลามีความแตกต่างกันไปโดยขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ชนิดและลักษณะของแป้ง ความสุกของแป้งและปริมาณแป้งที่มีอยู่ในอาหารปลาด้วย และพบแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมสำหรับลูกปลาสวายเผือกคือ ปลายข้าว เนื่องจากปลายข้าวมีราคาต้นทุนต่ำและหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดเมื่อเทียบกับแป้งเหนียว Ufodike and Matty (1983) รายงานว่า ปลาไนที่ได้รับแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้า ในปริมาณ 15 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ พบมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับแป้งทั้ง 2 ชนิด โดยแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปลาไนเจริญเติบโตเร็วที่สุด แป้งเหล่านี้ยังมีผลทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยของปลาดีขึ้น แต่ในทางตรงข้ามของปลากินสัตว์เมื่อได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตในระดับสูงๆ กลับทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง เนื่องจากมีเอ็นไซม์ที่ใช้ย่อยคาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่จำกัด Krishna and Kumar (2001) ศึกษาระดับคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมสำหรับลูกปลายี่สกเทศ พบว่า ที่ระดับคาร์โบไฮเดรต 40 เปอร์เซ็นต์เหมาะสมสำหรับลูกปลายี่สกเทศและลูกปลายี่สกเทศสามารถกินอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตได้ตั้งแต่ 35 - 45 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอัตราการเจริญเติบโตสูงและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าอาหารสูตรอื่นๆ ขณะที่ กาญจนา และคณะ (2550) รายงานว่าปลาโมงสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตที่ระดับ 66 เปอร์เซ็นต์

2.2 กิจกรรมเอนไซม์ในท่อทางเดินอาหารของปลา

รูปแบบการทำงานของ digestive enzyme แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการกินอาหารของปลา ซึ่งจำแนกได้ 4 ประเภทได้แก่ ปลากินพืช (herbivore) ปลากินซากพืชซากสัตว์ (detritivore) ปลากินพืชและสัตว์ (omnivore) และปลากินเนื้อ (carnivore) (Smith, 1980) ชนิด แหล่ง และปริมาณของอาหารปลามีผลต่อรูปแบบและการทำงานของ digestive enzyme ดังนั้นจึงเป็นประโยชน์ต่อการที่จะปรับสูตรอาหารให้สอดคล้องกับปลาแต่ละชนิด (Moraes and Bidinotto, 2000) การทำงานของ digestive enzyme เปลี่ยนแปลงตาม ชนิด และอายุของปลา นอกจากนี้ชนิดและปริมาณของอาหารที่ปลาได้รับก็มีผลต่อกิจกรรมการทำงานของ digestive enzyme (Peres et al., 1998) การศึกษาในปลา cod ซึ่งเป็นปลากินเนื้อพบว่ากิจกรรมเอนไซม์ trypsin มีผลต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Lemieux et al., 1999) และการศึกษาในปลา Atlantic salmon ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน (Torrisen and Shearer, 1992) การศึกษาในปลาดุกด้านพบว่า เมื่อมีการทดแทนปลาป่นด้วยกากถั่วเหลือง กิจกรรมเอนไซม์ protease ลดลงอย่างชัดเจน (Giri et al, 2000 มีการศึกษาการทำงานของ proteolytic enzyme และ amylase ในปลา rohu พบว่ามีการทำงานที่เพิ่มขึ้นตามระดับโปรตีนในอาหารที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าปลากินพืชบางชนิดก็สามารถผลิตเอนไซม์ย่อยโปรตีนในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอาหารที่มีโปรตีนเพิ่มขึ้น (Debnath et al., 2007) มีการศึกษาในปลา dentex ซึ่งเป็นปลากินสัตว์ในเขตอบอุ่น พบว่าการทำงานของ protease amylase และพบว่าว่ากิจกรรม lipase เพิ่มขึ้น เมื่อระดับโปรตีนในอาหารเพิ่มขึ้นและระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด (Gisbert, et al., 2009) และ Perez-Jimenez et al. (2009) ศึกษาในปลา dentex เช่นกัน พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง มีกิจกรรมเอนไซม์ amylase ที่สูงเช่นกัน แสดงให้เห็นถึงการปรับตัวของปลากินสัตว์บางชนิด ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการปรับสูตรอาหารเพื่อลดต้นทุนในการเพิ่มคาร์โบไฮเดรตเพื่อเป็นเป็นแหล่งพลังงานแทนโปรตีนที่มีราคาสูงกว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีไขมันสูงก็พบกิจกรรมเอนไซม์ lipase ในปริมาณเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยผู้วิจัยได้ให้ความคิดเห็นว่า เมื่อศึกษารูปแบบการทำงานของ digestive enzyme ของปลา dentex พบว่า น่าจะเป็นลักษณะของปลากินพืชและเนื้อ มากกว่าจะเป็นปลากินเนื้อ ซึ่งเป็นที่เข้าใจมาก่อนหน้านี้ การศึกษาในปลาไน (Kawai and Ikeda, 1972) และปลาทอง (Fountoulaki et al., 2005) ให้ผลคล้ายคลึงกันกับการศึกษาในปลา dentex ซึ่งกิจกรรมเอนไซม์ amylase มีการตอบสนองต่อระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหาร นอกจากนี้การศึกษากิจกรรมเอนไซม์ amylase ในปลาตะพัดซึ่งเป็นปลากินเนื้อ ทำให้สามารถที่จะปรับสูตรอาหารที่มีสัดส่วนคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นได้ (Natalia et al., 2004) โดยทั่วไปปลากินพืชและปลากินพืชและเนื้อจะมีกิจกรรมเอนไซม์ amylase สูงกว่า ปลากินเนื้อ (Vonk and Western, 1984) ปลากินเนื้อบางชนิดในเขตอบอุ่นแทบจะไม่สามารถใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตได้เลย เช่น การศึกษาในปลาทะเล 3 ชนิด ซึ่งเป็นปลากินสัตว์ ได้แก่ ปลา sea bream ปลา turbot และปลา redfish พบว่ากิจกรรมเอนไซม์ amylase ในท่อทางเดินอาหารของปลาทั้งสามชนิดต่ำมาก แสดงถึง

ประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตที่ต่ำ (Munilla-Moran and Saborido-Rey, 1996) การศึกษากิจกรรมเอนไซม์ lipase ส่วนใหญ่มีผลการศึกษาคล้ายกันคือ ปลาที่ได้รับอาหารที่มีไขมันเพิ่มขึ้นจะพบกิจกรรมเอนไซม์ lipase เพิ่มขึ้นเช่นกัน ถึงแม้ว่าจะเป็นในกลุ่มปลากินพืช เช่น การศึกษาในปลายี่สกเทศ (Gangadhara et al., 1997) การศึกษาในปลาตะเพียน (Mohanta et al., 2008) ในขณะที่การศึกษากิจกรรมเอนไซม์ lipase ในปลานิล พบว่ามีค่าต่ำมาก เนื่องจากเป็นปลาที่กินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร (Tengjareonkul et al., 2000)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การทดสอบอาหารในปลาสวายโมงขนาด 10 กรัม

อุปกรณ์

1. ปลาทดลอง

อนุบาลปลาสวายโมงอายุ 1 เดือน ในมุ้งเขียวที่แขวนในบ่อดิน เพื่อให้ได้ขนาดประมาณ 10 กรัม สำหรับใช้ในการทดสอบอาหาร น้ำหนักปลาทดลองเริ่มต้นเฉลี่ย 11.55±1.70 กรัม

2. ชุดตู้ทดลอง

เป็นตู้กระจกขนาด 12×24×15.2 นิ้ว (ก×ย×ส) จำนวน 21 ตู้ ใช้ระบบน้ำหมุนเวียน ซึ่งประกอบด้วยถังกรองขนาด 28×48×18.8 นิ้ว (ก×ย×ส) จำนวน 2 ถัง ถังพักน้ำขนาด 1 ตัน จำนวน 2 ถัง ปั๊มน้ำขนาด 60 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ระบบกรองใช้ใยแก้วเป็นวัสดุกรองหยาบ และไบโอบอลเป็นวัสดุกรองชีวภาพ

3. อุปกรณ์สำหรับผลิตอาหารทดลอง

เครื่องบดวัตถุดิบอาหาร เครื่องผสมอาหารแบบแนวนอน และเครื่องอัดเม็ดอาหารแบบง่ายหรือเครื่องบดเนื้อ

4. วัตถุดิบอาหารปลา

ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด มันสำปะหลังบดละเอียด แกลบบด น้ำมันปาล์ม และพรีมิกส์ (วิตามินและแร่ธาตุรวม)

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมอาหารทดลอง

นำวัตถุดิบอาหารปลามาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (โปรตีน ความชื้น ไขมัน เถ้า เยื่อใย) ตามวิธีการของ A.O.A.C. (1995) และคำนวณสูตรอาหารทดลองที่มีโปรตีน 30% และมีคาร์โบไฮเดรตต่างกัน 5 ระดับ โดยใช้มันสำปะหลังเป็นตัวเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารทดสอบ ดังตารางที่ 1 นำส่วนผสมของอาหารแต่ละสูตรผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมอาหารแบบแนวนอน และเติมน้ำประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ นำมาอัดเม็ดด้วยเครื่องบดเนื้อ อาหารจะมีลักษณะเป็นเส้นยาว นำมาตากในห้องอบความร้อนโดยใช้แสงแดด เป็นห้องอบแบบง่ายใช้พลาสติกคลุมมีตะแกรงภาชนะมุ้งเขียวรองเป็นชั้นๆ พอแห้งแล้ว หักเป็นท่อนเล็กๆ ประมาณ 1-2 เซนติเมตร เก็บไว้ในตู้เย็น

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองโดยใช้ การทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 7 ทรีทเม้นต์ (Treatment) แต่ละทรีทเม้นต์มี 3 ซ้ำ (Replication)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทรีทเม้นต์ 1-5 เป็นอาหารทดสอบที่มีระดับคาร์โบไฮเดรตได้แก่ 42 44 46 48 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ทรีทเม้นต์ 6 และ7 เป็นอาหารปลาดุกที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความหนาแน่นของปลาทดลองเท่ากับ 20 ตัวต่อตู้ (เหตุผลในการเลือกระดับคาร์โบไฮเดรต อ้างอิงจากการศึกษาของ Phoung (1998) ที่ทดสอบระดับคาร์โบไฮเดรตในปลาโมงขนาดใกล้เคียงกัน โดยพบว่าสามารถให้อาหารที่มีระดับคาร์โบไฮเดรตได้ถึง 46 เปอร์เซ็นต์

3. การจัดการทดลอง

ให้อาหารปลาทดลองแบบให้กินจนอิ่ม (satiation feeding) วันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเช้าเวลา 09.00 น. และ ช่วงเย็นเวลา 15.00 น. หลังจากให้อาหารประมาณ 30 นาที เก็บอาหารเหลือในตู้ทดลอง มาอบแห้งและชั่งน้ำหนัก เพื่อทราบปริมาณอาหารทั้งหมดที่ปลากิน ตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำทุกวันโดยใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปร (YSI-556 MPS) เพื่อวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิและค่า pH ทุกวันตลอดการทดลอง และทำการวิเคราะห์หาค่าแอมโมเนีย (Ammonia) อัลคาไลน์นิตี้ (Alkalinity) ในทุกๆ 2 สัปดาห์ตลอดการทดลอง เลี้ยงปลาทดลองเป็นเวลา 90 วัน ประเมินการเจริญเติบโตทุก 30 วัน โดยการชั่งน้ำหนักและวัดความยาว เมื่อสิ้นสุดการทดลอง เก็บตัวอย่างปลาตู้ละ 3 ตัว เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 1 แสดงร้อยละของส่วนผสมและองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารสำหรับปลาทดลองขนาด 30 กรัม

วัตถุดิบ (กรัม/100กรัม)	**สูตรที่**						
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
ปลาป่น	20	20	20	20	20	อาหารปลาดุกเม็ดกลาง	อาหารปลาดุกเม็ดใหญ่
กากถั่วเหลือง	41	41	42	42	42		
รำละเอียด	11	8	5	2	0		
มันสำปะหลังเส้น	19	23	27	31	34		
แกลบบด	5	4	2	1	0		
น้ำมันพืช	3	3	3	3	3		
วิตามินและแร่ธาตุ	1	1	1	1	1		
รวม	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**		
องค์ประกอบทางเคมี (% น.น.แห้ง)							
โปรตีน	30	30	30	30	30	30	25
คาร์โบไฮเดรต	42	44	46	48	50		
พลังงานที่ย่อยได้ (kcal/100g)[a]	286	286	287	287	285	275	265
อัตราส่วนโปรตีน : พลังงาน (mg/kcal)[b]	106	105	105	104	105	109	95

หมายเหตุ : Nitrogen free extracts คือ สารสกัดที่ปราศจากไนโตรเจนของวัตถุดิบที่ปราศจากความชื้น = 100-% (protein + lipid + fiber + ash)

[a] Digestible energy คือ พลังงานที่ย่อยได้ โดยใช้ค่าพลังงานที่ย่อยได้ของโปรตีน 4 kca/g ไขมัน 8 kca/g และ คาร์โบไฮเดรต 2.5 kcal/g อ้างอิงจาก วิมล จันทโรทัย และคณะ 2535

[b] Protein : Energy คืออัตราส่วนโปรตีนต่อพลังงาน

3.2 การทดสอบอาหารในปลาสวายโมงขนาด 200 กรัม

อุปกรณ์

1.ปลาทดลอง

นำลูกปลาสวายโมงอายุ 1 เดือน ซึ่งได้จากการเพาะพันธุ์โดยวิธีผสมเทียมจากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดนครพนม อนุบาลในบ่อดินขนาด 1 ไร่ ด้วยอาหารปลาดุกขนาดเล็กที่มีโปรตีน

เท่ากับ 32 เปอร์เซ็นต์ โดยให้อาหารเช้า-เย็นจนได้ปลามีน้ำหนักเฉลี่ย 200 กรัม จากนั้นทำการสุ่มปลาเพื่อจัดลงกระชังทดลอง ปลาทดลองขนาดเริ่มต้นมีน้ำหนักเฉลี่ย 192.94±24.38 กรัม

2. กระชังทดลอง

กระชังทดลองโครงเหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 1x1x1.5 ลูกบาศก์เมตร โดยทำด้วยตาข่ายไนลอนขนาดตา 2x2 เซนติเมตร จำนวน 21 กระชัง ตั้งอยู่ในบ่อดินขนาด 5 ไร่ ที่มีระดับน้ำลึก 1.2 เมตร

4. อุปกรณ์ในการผลิตอาหารทดลอง

เครื่องบดวัตถุดิบอาหาร เครื่องผสมอาหารแบบแนวนอน ชุดเครื่องอัดเม็ดอาหารลอยน้ำ

4.วัตถุดิบอาหารปลา

ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง รำละเอียด มันสำปะหลังบดละเอียด แกลบบด วิตามินและแร่ธาตุ (Vita F) และน้ำมันข้าวโพด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2 แสดงร้อยละของส่วนผสมและองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารสำหรับปลาทดลอง ขนาด 200 กรัม

วัตถุดิบ (กรัม/100กรัม)	**สูตรที่**						
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
ปลาป่น	20	20	20	20	20	อาหารปลาดุกเม็ดกลาง	อาหารปลาดุกเม็ดใหญ่
กากถั่วเหลือง	28	28	28	23	13		
รำละเอียด	10	10	8	3	3		
มันสำปะหลังเส้น	20	30	40	50	60		
แกลบบด	18	8	0	0	0		
น้ำมันพืช	2	2	2	2	2		
วิตามินและแร่ธาตุ	2	2	2	2	2		
รวม	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**		
องค์ประกอบทางเคมี (% น.น.แห้ง)							
โปรตีน	25	25	25	23	19	30	25
ไขมัน	6	6	6	5	5		
คาร์โบไฮเดรต	37	46	53	57	61		
เยื่อใย	13	9	6	5	6		
เถ้า	10	10	10	10	10		
พลังงานที่ย่อยได้ (kcal/100g)[a]	242.71	265.31	281.33	273.07	266.91	275	265
อัตราส่วนโปรตีน : พลังงาน (mg/kcal)[b]	101.29	94.09	89.21	83.2	70.46	109	95

หมายเหตุ : Nitrogen free extracts คือ สารสกัดที่ปราศจากไนโตรเจนของวัตถุดิบที่ปราศจากความชื้น = 100-% (protein + lipid + fiber + ash)

[a] Digestible energy คือ พลังงานที่ย่อยได้ โดยใช้ค่าพลังงานที่ย่อยได้ของโปรตีน 4 kca/g ไขมัน 8 kca/g และ คาร์โบไฮเดรต 2.5 kcal/g อ้างอิงจาก วิมล จันทโรทัย และคณะ 2535

[b] Protein : Energy คืออัตราส่วนโปรตีนต่อพลังงาน

วิธีการศึกษา

1.การเตรียมอาหารทดลอง

นำวัตถุดิบอาหารปลามาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (โปรตีน ความชื้น ไขมัน เถ้า เยื่อใย) ตามวิธีการของ A.O.A.C. (1995) และคำนวณสูตรอาหารทดลองทั้งหมด 5 สูตร โดยใช้มันสำปะหลังระดับต่างๆ กันในสูตรอาหาร และสร้างสูตรอาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลดต้นทุนค่าอาหาร ดังตารางที่ 2 นำส่วนผสมของอาหารแต่ละสูตรผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมอาหารแบบแนวนอน และเติมน้ำประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ นำมาอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ดอาหารแบบลอยน้ำ นำมาตากในห้องอบความร้อนโดยใช้แสงแดด เป็นห้องอบแบบง่ายใช้พลาสติกคลุมมีตะแกรงภาชนะมุ้งเขียวรองเป็นชั้นๆ พอแห้งแล้ว เก็บไว้ในตู้เย็น

2.การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองโดยใช้ การทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 7 ทรีทเม้นต์ (Treatment) แต่ละทรีทเม้นต์มี 3 ซ้ำ (Replication) ทรีทเม้นต์ 1-5 เป็นอาหารทดสอบที่มีระดับคาร์โบไฮเดรตได้แก่ 38 46 53 57 และ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยทรีทเม้นท์ 1-3 มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ทรีทเม้นต์ 4 ระดับโปรตีน 23 เปอร์เซ็นต์ ทรีทเม้นต์ 5 ระดับโปรตีน 19 เปอร์เซ็นต์ ทรีทเม้นต์ 6 และ7 เป็นอาหารปลาดุกที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความหนาแน่นของปลาทดลองเท่ากับ 20 ตัวต่อกระชัง (เหตุผลในการสร้างสูตรอาหารทดลอง จากผลการศึกษาของ จิตรา (2551) พบว่าปลาโมงขนาด 200 กรัมขึ้นไปสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตถึงระดับ 66 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับโปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ แต่อัตราการเจริญค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงปรับระดับคาร์โบไฮเดรตต่ำลงมาและเพิ่มระดับโปรตีน ขณะเดียวกัน ต้องการทดสอบอาหารที่ระดับโปรตีนที่ต่ำลงมาเช่นเดียวกันเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลดโปรตีนแต่เพิ่มคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานในอาหารที่มีราคาถูกกว่า)

3.การจัดการทดลอง

ให้อาหารปลาทดลองแบบให้กินจนอิ่ม (satiation feeding) วันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเช้าเวลา 09.00 น. และ ช่วงเย็นเวลา 15.00 น. หลังจากให้อาหารประมาณ 30 นาที เก็บอาหารเหลือในกระชังมาอบแห้งและชั่งน้ำหนัก เพื่อทราบปริมาณอาหารทั้งหมดที่ปลากิน ตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำทุกวันโดยใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปร (YSI-556 MPS) เพื่อวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิและค่า pH ทุกวันตลอดการทดลอง และทำการวิเคราะห์หาค่าแอมโมเนีย (Ammonia) อัลคาไลน์นิตี้ (Alkalinity) ในทุกๆ 2 สัปดาห์ตลอดการทดลอง มีการเติมน้ำในบ่อเพื่อรักษาระดับความลึกที่ 1.2 เมตร เลี้ยงปลาทดลองเป็นเวลา 171 วัน ประเมินการเจริญเติบโตทุก 30 วัน โดยการชั่งน้ำหนักและวัดความยาว เมื่อสิ้นสุดการทดลอง เก็บตัวอย่างปลากระชังละ 3 ตัว เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา และกระชังละ 3 ตัว สำหรับเก็บอวัยวะภายใน ได้แก่ กระเพาะอาหาร ลำไส้ และตับ เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ proteinase amylase และ lipase

3.3 ข้อมูลที่ทำการศึกษา

- อัตราการเจริญเติบโต

น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน (Daily Weight Gain : DWG ; กรัม/วัน)

$$DWG = \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (กรัม) – น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน)}}$$

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (% Weight Gain : WG ; เปอร์เซ็นต์)

$$WG = \frac{\text{(น้ำหนักครั้งสุดท้ายที่จับ-น้ำหนักเริ่มต้นที่เลี้ยง)}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้นเลี้ยง}} \times 100$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate : SGR ; เปอร์เซ็นต์/วัน)

$$SGR = \frac{\text{(ค่า ln ของน้ำหนักสุดท้าย- ค่า ln ของน้ำหนักเริ่มต้น)}}{\text{เวลา (วัน)}} \times 100$$

เปอร์เซ็นต์อัตราการรอด (Survival Rate : SR ; เปอร์เซ็นต์)

$$SR = \frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือในแต่ละครั้งของการชั่งวัด}}{\text{จำนวนปลาที่เริ่มทำการทดลอง}} \times 100$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio : FCR)

$$FCR = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้}}{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}$$

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (Protein Efficiency Ratio : PER)

$$PER = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น}}{\text{น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน}}$$

-องค์ประกอบทางเคมี

เตรียมตัวอย่างโดยเอาเฉพาะเนื้อปลาที่แล่เอาหนังออกมาอบแห้งที่ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด โดยผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร และนำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้วิธีการของ A.O.A.C. (1995)

วิเคราะห์หาค่าความชื้น (Moisture) ด้วยวิธี Oven drying

วิเคราะห์หาสารไขมัน (Crude Lipid) ด้วยวิธี ether extraction

วิเคราะห์หาโปรตีนหยาบ (Crude Protein) ด้วยวิธี macro-Kjeldahl

วิเคราะห์หาเถ้าทั้งหมด (Total Ash) ด้วยวิธี muffle furnace combustion

กิจกรรมเอนไซม์ของทางเดินอาหาร

เก็บอวัยวะภายในได้แก่ กระเพาะอาหาร ลำไส้ และตับ ของปลาทดลอง โดยเก็บรักษาไว้ในถุงซิป และแช่แข็งไว้ในตู้แช่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ proteolytic enzyme activity โดยวิธีของ Bezerra et al. (2005) lipase activity โดยวิธีของ Markweg et al. (1995) และ amylase activity โดยวิธีของ Hashini et al. (2003)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance) โดยวิเคราะห์ค่าวาเรียนซ์ (one-way analysis of variance) ตามการจัดการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design : CRD) ทดสอบความความแตกต่างระหว่างการทดลองโดยใช้ค่า F-test ใช้ Least Significant Difference (LSD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในกรณีที่พบความแตกต่างระหว่างในชุดการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS for window version 12.0 และใช้โปรแกรม R สำหรับวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล

3.5 สถานที่ทำวิจัย

บ่อดินโรงเรือนเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในฟาร์มประมง ห้องปฏิบัติการคุณภาพน้ำ ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์ ห้องปฏิบัติการชีวโมเลกุล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาสวายโมง (Thai Panga) ขนาดเล็ก

ข้อมูลการเจริญเติบโตของปลาสวายโมงขนาดประมาณ 10 กรัม ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดสอบที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับคาร์โบไฮเดรตต่างกัน 5 ระดับ แสดงในตารางที่ 3 ลูกปลาสวายโมงขนาดอายุประมาณ 1 เดือน หรือ น้ำหนักประมาณ 10 กรัม หลังจากเลี้ยงด้วยอาหารทดสอบและอาหารเม็ดปลาดุก เป็นเวลา 90 วัน มีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 80-144 กรัม โดยมีน้ำหนักเพิ่มต่อวันอยู่ระหว่าง 0.7-1.4 กรัมต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.9-2.7 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างทางสถิติจากกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกซึ่งมีระดับโปรตีนเท่ากันคือ 30 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 ซึ่งมีระดับคาร์โบไฮเดรต 44 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุด กลุ่มที่มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด ได้แก่ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 46 เปอร์เซ็นต์ โดยมีน้ำหนักเพิ่มต่อวัน 1.4 กรัมต่อวัน และมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 2.7 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 ที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 42 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโตตามระดับคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้นในอาหาร พบว่าอัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารจนถึงระดับ 46 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตเป็น 48 และ 50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลง ตามที่แสดงในภาพที่ 1 และภาพที่ 2 โดยการใช้ box-plot ของโปรแกรม R เพื่อให้แสดงให้เห็นแนวโน้มของข้อมูลชัดเจนขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอัตราการเจริญเติบโตก็ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาสวายโมง (Thai Panga) ขนาด 10 กรัมที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรตต่างๆ กัน

สูตรอาหาร	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (กรัม/วัน)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)	อัตราแลกเนื้อ	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	อัตรารอด (เปอร์เซ็นต์)
1	11.850±0.962^{ns}	81.265±4.787^{b}	586.402±15.306^{b}	0.771±0.042^{c}	2.141±0.025^{bc}	1.545±0.060^{bc}	2.111±0.082^{bc}	97.7±2.5^{ns}
2	10.170±1.556^{ns}	80.475±8.662^{b}	707.256±208.653^{ab}	0.781±0.113^{c}	1.977±0.168^{c}	1.642±0.359^{b}	2.569±0.267^{ab}	97.0±2.7^{ns}
3	12.015±0.686^{ns}	144.260±2.956^{a}	1103.329±93.294^{a}	1.470±0.043^{a}	2.762±0.086^{a}	1.787±0.121^{b}	1.877±0.127^{cd}	96.7±1.5^{ns}
4	10.615±2.001^{ns}	94.345±8.224^{ab}	486.558±347.935^{b}	0.930±0.069^{c}	2.436±0.114^{abc}	1.092±0.163^{c}	2.601±0.306^{a}	97.3±3.1^{ns}
5	11.870±0.000^{ns}	99.365±1.082^{ab}	737.110±9.114^{ab}	0.973±0.012^{bc}	2.361±0.012^{abc}	2.342±0.337^{a}	1.463±0.211^{d}	98.3±1.5^{ns}
6	11.685±0.545^{ns}	107.030±2.956^{ab}	817.546±68.049^{ab}	1.343±0.439^{ab}	2.462±0.083^{ab}	1.263±0.027^{bc}	2.641±0.057^{a}	96.0±2.0^{ns}
7	12.200±5.614^{ns}	76.960±3.380^{b}	598.399±293.698^{b}	0.720±0.025^{c}	2.108±0.482^{bc}	1.632±0.118^{b}	2.458±0.187^{ab}	96.7±1.6^{ns}

หมายเหตุ : ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

อาหารทดลอง 1-5 มีระดับโปรตีน 30%

1 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 42 %

2 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 44 %

3 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 46 %

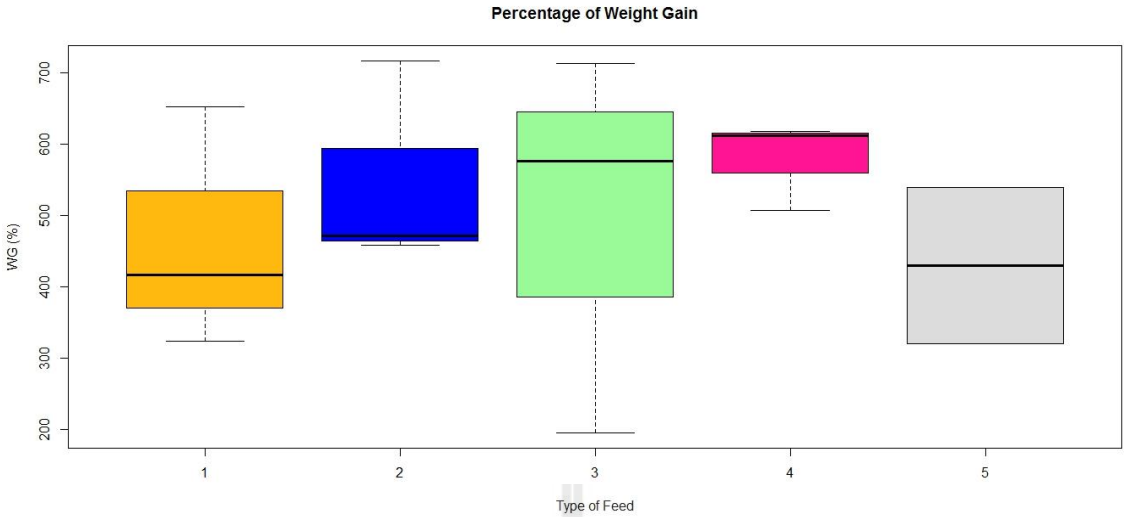
4 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 48 %

5 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 50 %

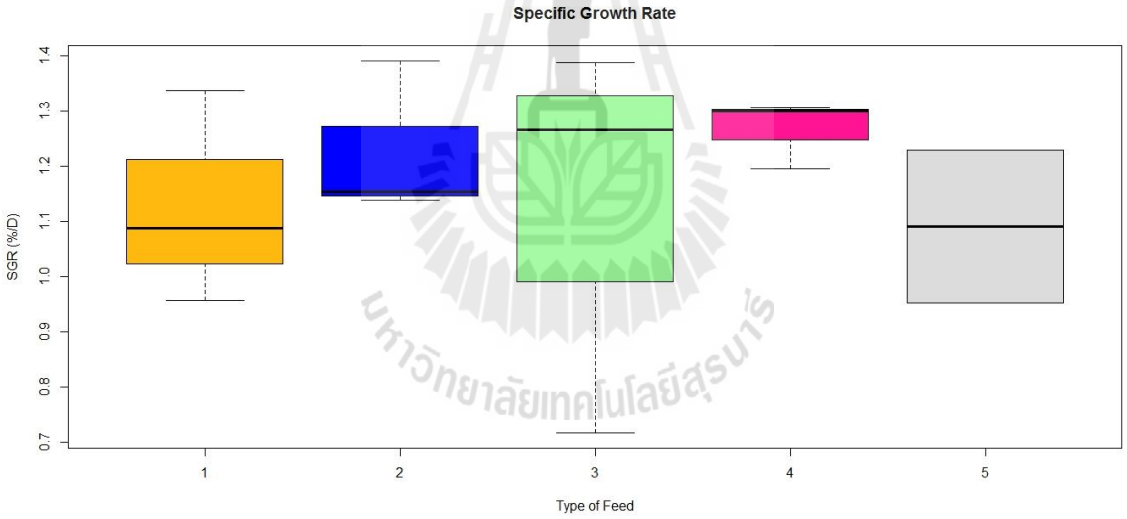
6 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 30%

7 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 25%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักปลาทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับ คาร์โบไฮเดรต ต่างๆ กัน

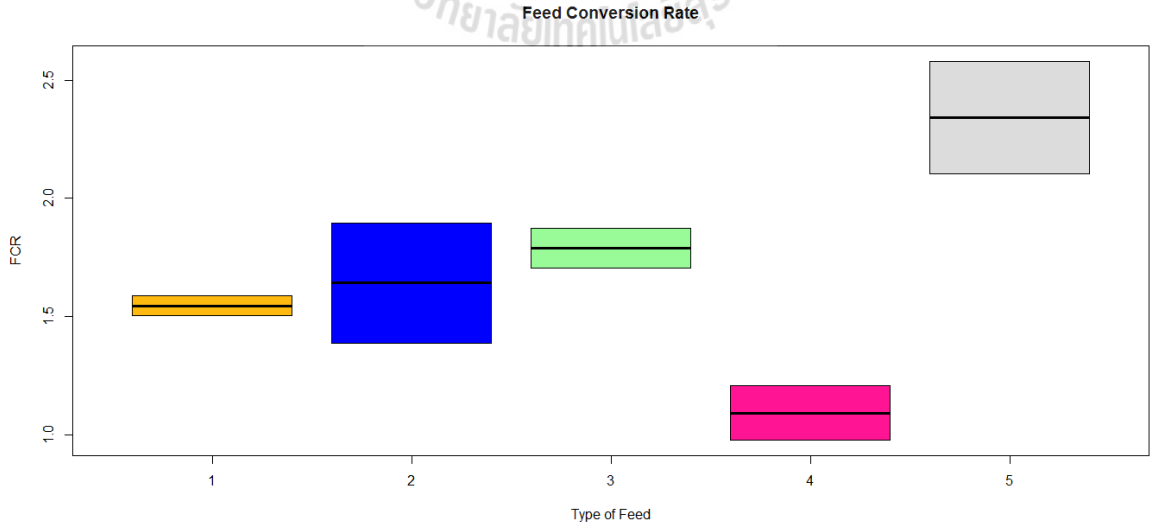


ภาพที่ 2 แสดงอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับ คาร์โบไฮเดรต ต่างๆ กัน

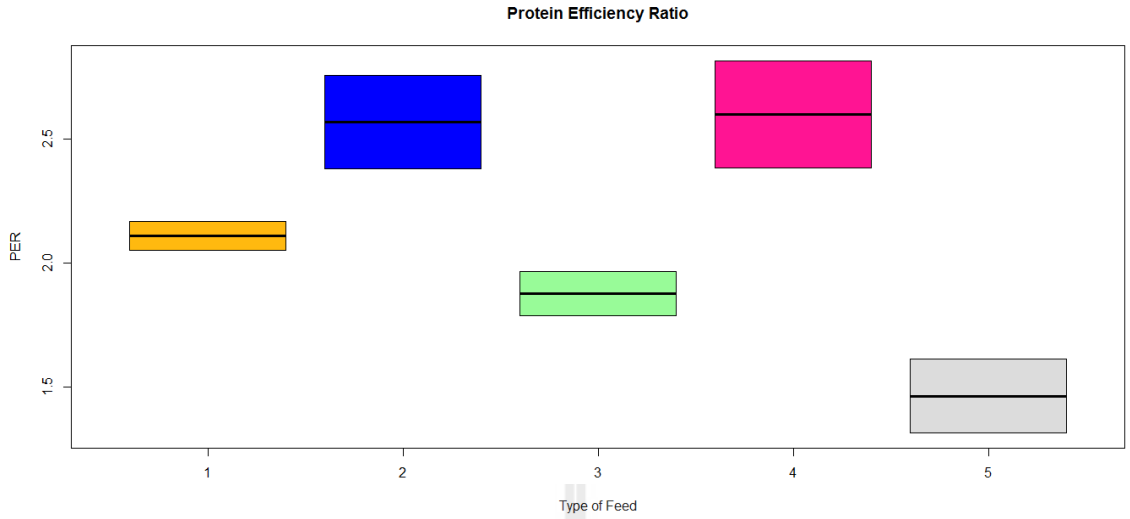
ข้อมูลประสิทธิภาพการใช้อาหารแสดงในตารางที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า อัตราแลกเนื้อของปลาทดลองทั้ง 7 กลุ่ม มีค่าอยู่ระหว่าง 1.1-2.3 โดยอัตราแลกเนื้อสูงที่สุดในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 50 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าต่ำสุดในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 48 เปอร์เซ็นต์ โดยอัตราแลกเนื้อของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในสูตรที่ 1-4 ซึ่งมีระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารอยู่ระหว่าง 42-48 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกที่มีระดับโปรตีนเท่ากันคือ 30 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่

5 ซึ่งมีระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราแลกเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกที่มีระดับโปรตีนเท่ากันคือ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุก พบว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์มีค่าอัตราแลกเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อใช้ box-plot ของโปรแกรม R เพื่อดูแนวโน้มของข้อมูล ตามที่แสดงในภาพที่ 3 พบว่า เมื่อเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารตั้งแต่ระดับ 42 จนถึงระดับ 46 เปอร์เซ็นต์ ค่าอัตราแลกเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารเป็น 48 ค่าอัตราแลกเนื้อลดลงอย่างชัดเจน และเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารเป็น 50 เปอร์เซ็นต์

สำหรับข้อมูลประสิทธิภาพการใช้โปรตีน ผลการศึกษาพบว่า มีค่าใกล้เคียงกันในทุกกลุ่มทดลอง กลุ่มที่มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงได้แก่ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลอง สูตร 2 และ 4 ซึ่งมีระดับคาร์โบไฮเดรต 44 และ 48 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 42 และ 46 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 50 เปอร์เซ็นต์มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนต่ำที่สุด โดยมีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 42 44 และ 48 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุก พบว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สำหรับแนวโน้มของข้อมูลจากการใช้ box-plot ของโปรแกรม R ตามที่แสดงในภาพที่ 4 พบว่าค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาทดลองลดลง เมื่อระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารเพิ่มขึ้นมาที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 3 แสดงอัตราแลกเนื้อของปลาทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับคาร์โบไฮเดรตต่างๆ กัน



ภาพที่ 4 แสดงประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับคาร์โบไฮเดรตต่างๆ กัน

4.2 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาสวายโมง (Thai Panga) ขนาดเล็ก

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลาสวายโมงขนาดเล็กที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองและอาหารเม็ดปลาดุกแสดงในตารางที่ 4 ผลการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์เถ้าของเนื้อปลาสวายโมงในเกือบทุกกลุ่มทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์เถ้าในเนื้อปลาต่ำกว่ากลุ่มอื่น โดยมีความแตกต่างทางสถิติ ขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อปลามีความแตกต่างทางสถิติในเกือบทุกกลุ่มทดลอง ยกเว้นกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 42 และ 50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 48 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อปลามากที่สุดประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างทางสถิติกับทุกกลุ่มที่เหลือ รองลงมาได้แก่ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 30 และ 25 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองระดับคาร์โบไฮเดรต 44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อต่ำสุดได้แก่ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองระดับคาร์โบไฮเดรต 42 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีไขมันในเนื้อปลาประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลา พบว่าทุกกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองมีโปรตีนในเนื้อปลาไม่แตกต่างทางสถิติกับทั้ง 2 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุก โปรตีนในเนื้อปลาสูงสุดในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองระดับคาร์โบไฮเดรต 46 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าประมาณ 88 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าต่ำสุดในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองระดับคาร์โบไฮเดรต 44 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีค่าประมาณ 82 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาของปลาสวายโมง ขนาด 10 กรัม ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับคาร์โบไฮเดรตต่างๆ กันเป็นระยะเวลา 90 วัน

สูตรอาหาร	องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา (เปอร์เซ็นต์)			
	ความชื้น	เถ้า	ไขมัน	โปรตีน
1	10.131±0.098^{b}	4.996±0.146^{b}	10.816±0.084^{e}	86.991±2.074^{ab}
2	10.866±0.105^{a}	4.343±0.028^{b}	14.188±0.094^{c}	82.630±3.113^{b}
3	11.129±0.049^{a}	4.925±0.256^{b}	12.680±0.330^{d}	88.245±2.321^{a}
4	5.209±0.064^{e}	4.936±0.032^{b}	18.143±0.112^{a}	84.806±0.466^{ab}
5	7.150±0.138^{d}	4.511±0.022^{b}	11.405±0.126^{e}	82.258±1.901^{b}
6	7.195±0.127^{d}	4.770±0.131^{b}	15.909±0.346^{b}	85.035±2.768^{ab}
7	7.497±0.138^{c}	5.861±0.827^{a}	14.400±0.336^{c}	85.975±2.443^{ab}

หมายเหตุ : ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)

อาหารทดลอง 1-5 มีระดับโปรตีน 30%

1 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 42 %

2 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 44 %

3 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 46 %

4 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 48 %

5 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 50 %

6 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 30%

7 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 25%

4.3 การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาสวายโมง (Thai Panga) ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย

ข้อมูลการอัตราการเจริญเติบโตของปลาสวายโมงขนาดประมาณ 200-1,000 กรัม แสดงในตารางที่ 5 จากการศึกษาพบว่า ปลาทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่แตกต่างกันทั้งระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต มีน้ำหนักสุดท้ายอยู่ระหว่าง 802-1,091 กรัม น้ำหนักเพิ่มต่อวันอยู่ระหว่าง 3.9-5.2 กรัม อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.6-1.8 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มและค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ของปลาทดลองทุกกลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ น้ำหนักเพิ่มต่อวันมีค่าใกล้เคียงกันทุกกลุ่มทดลอง โดยมีค่าสูงสุดในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 3 ซึ่งมีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 53 เปอร์เซ็นต์ โดยมีน้ำหนักเพิ่มต่อวันประมาณ 5.25 กรัมต่อวัน เมื่อใช้ box-plot โปรแกรม R ดูแนวโน้มของข้อมูล พบว่า กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรต มีแนวโน้มที่น้ำหนักจะเพิ่มขึ้น และเมื่อลดระดับโปรตีนในอาหารลงมาเป็น 23 และ 19 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตามที่แสดงในภาพ 5 และ 6

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาสวายโมง ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย

สูตรอาหาร	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (กรัม/วัน)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์/วัน)	อัตราแลกเนื้อ	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	อัตรารอด (เปอร์เซ็นต์)
1	192.640±19.761^{ns}	1026.689±65.816^{ab}	425.891±34.259^{ns}	4.773±0.197^{ab}	1.803±0.071^{ns}	2.422±0.056^{a}	1.681±0.029^{b}	93.3±2.9^{ns}
2	200.580±21.369^{ns}	1091.750±42.214^{a}	448.531±79.484^{ns}	5.212±0.371^{a}	1.845±0.158^{ns}	2.353±0.071^{ab}	1.717±0.067^{b}	91.7±7.6^{ns}
3	210.085±38.955^{ns}	1109.086±54.892^{a}	439.621±126.186^{ns}	5.257±0.549^{a}	1.818±0.257^{ns}	2.352±0.115^{ab}	1.692±0.114^{b}	95.0±5.0^{ns}
4	184.093±36.879^{ns}	879.430±61.833^{bc}	386.405±65.814^{ns}	4.066±0.147^{b}	1.713±0.145^{ns}	2.385±0.239^{ab}	1.847±0.064^{ab}	100.0±0.0^{ns}
5	191.863±23.159^{ns}	861.290±66.043^{bc}	354.350±77.423^{ns}	3.915±0.802^{b}	1.635±0.178^{ns}	2.405±0.364^{a}	2.237±0.304^{a}	93.3±7.6^{ns}
6	186.483±35.006^{ns}	802.743±44.407^{c}	685.790±137.654^{ns}	4.020±0.802^{b}	1.686±0.329^{ns}	2.036±0.142^{ab}	1.587±0.147^{b}	91.7±5.8^{ns}
7	193.073±17.737^{ns}	1067.055±75.633^{a}	453.756±25.920^{ns}	5.111±0.355^{b}	1.860±0.051^{ns}	2.260±0.002^{ab}	1.763±0.012^{b}	100.0±0.0^{ns}

หมายเหตุ : ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

อาหารทดลอง 1-3 มีระดับโปรตีน 25%

อาหารทดลอง 4 มีระดับโปรตีน 23%

อาหารทดลอง 5 มีระดับโปรตีน 19%

1 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 37 %

2 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 46 %

3 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 53 %

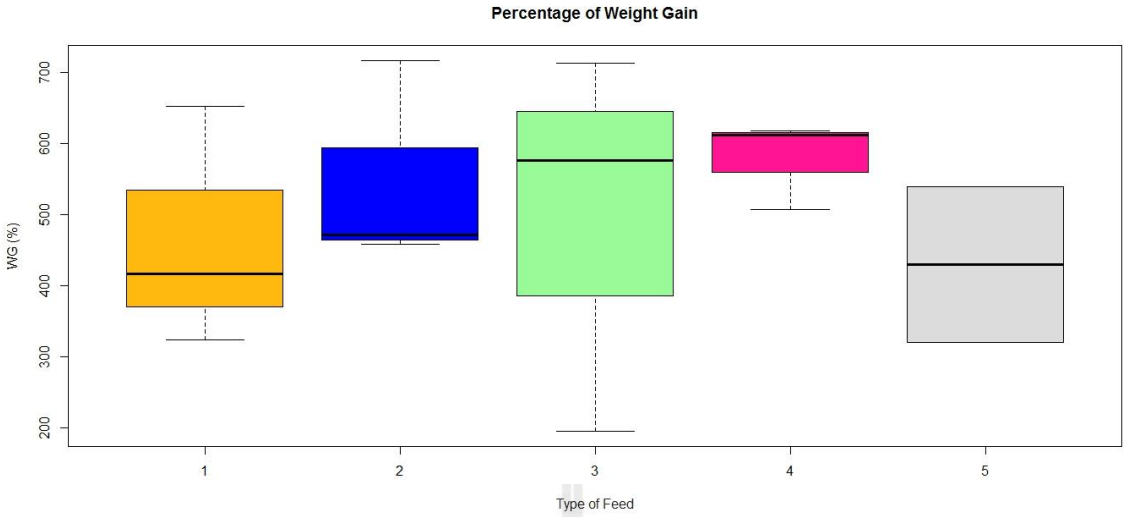
4 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 57 %

5 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 61 %

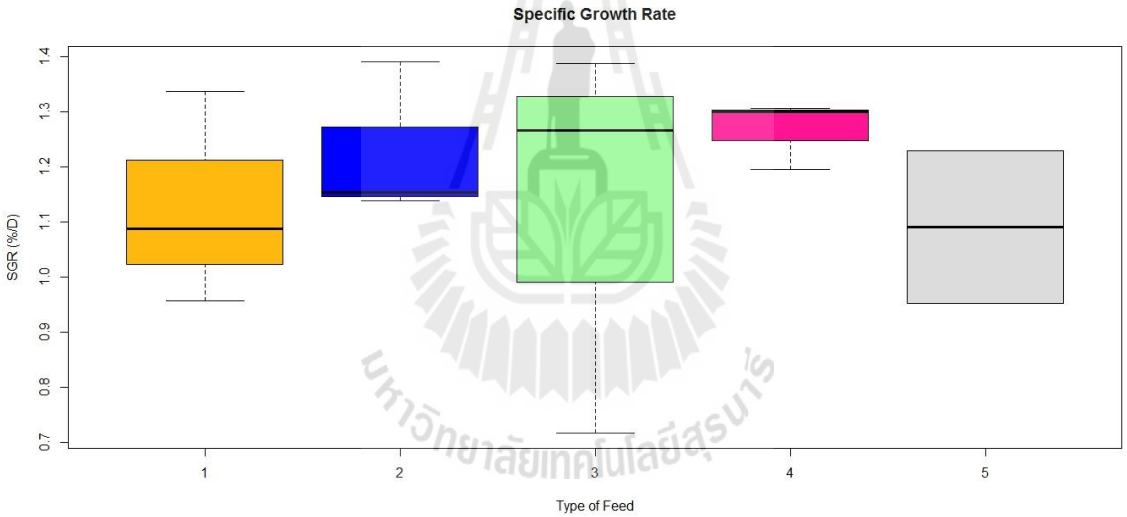
6 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 30%

7 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 25%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักปลาทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่างๆ กัน

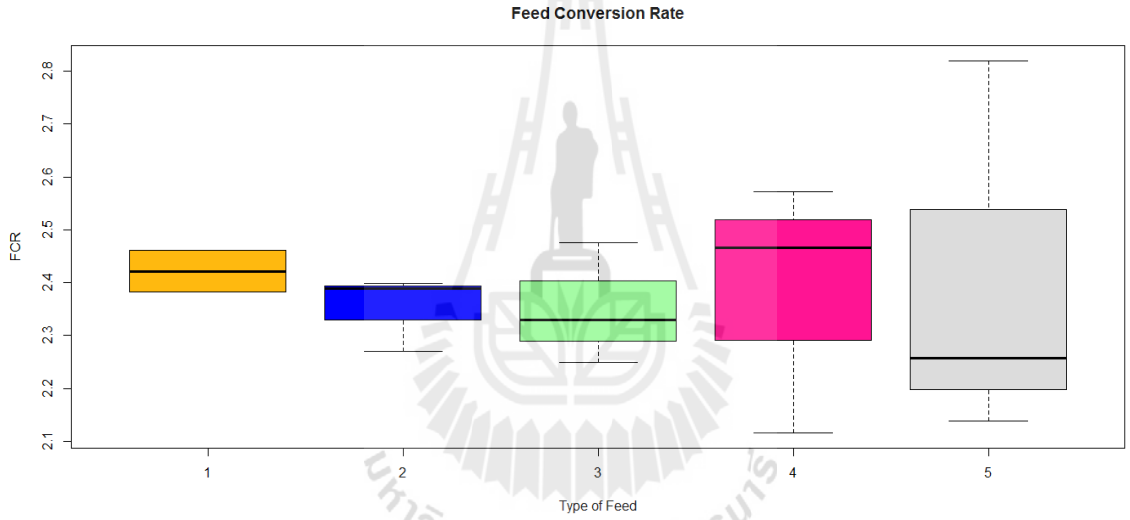


ภาพที่ 6 แสดงอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่างๆกัน

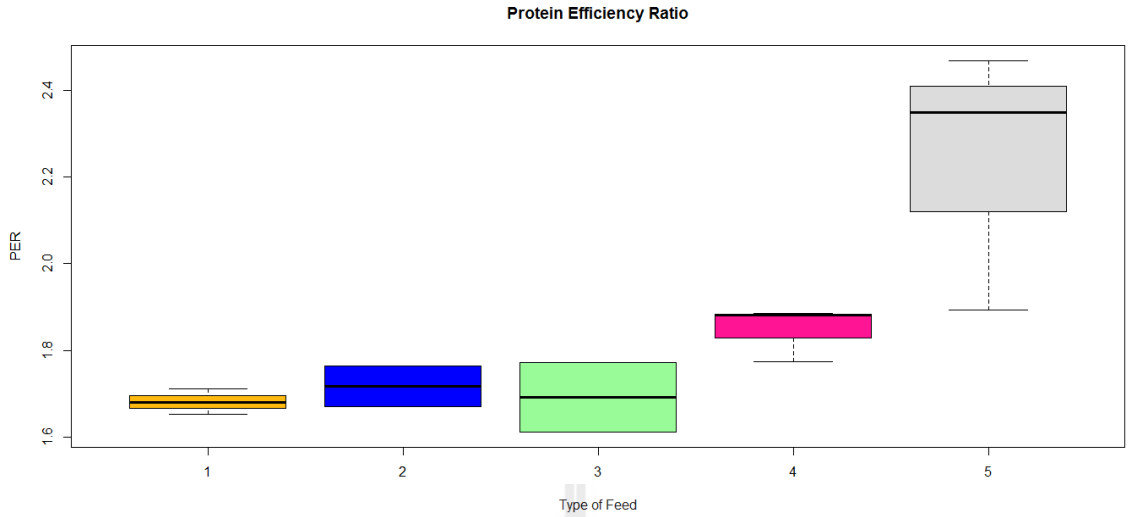
ประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย ดังแสดงในตารางที่ 5 จากการศึกษาพบว่า อัตราแลกเนื้อมีค่าอยู่ระหว่าง 2.0-2.4 โดยในทุกกลุ่มทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าอัตราแลกเนื้อสูงสุด พบในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 19 เปอร์เซ็นต์ และระดับคาร์โบไฮเดรต 61 เปอร์เซ็นต์ ค่าอัตราแลกเนื้อต่ำสุดพบในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ค่าอัตราแลกเนื้อของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนต่างกันได้แก่ 25 23 และ 19 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ พบว่าอัตราแลกเนื้อของทั้งสอง

กลุ่มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อใช้ box-plot ของโปรแกรม R ดูแนวโน้มของข้อมูล พบว่า ค่าอัตราแลกเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการลดลงของระดับโปรตีนในอาหารทดลอง และในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน พบว่า อัตราแลกเนื้อมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหาร ตามที่แสดงในภาพ 7

สำหรับประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 1.6-2.2 โดยค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงสุดในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนต่ำสุด 19 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าต่ำสุดในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน 25 เปอร์เซ็นต์ แต่ระดับคาร์โบไฮเดรตต่างกัน ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อใช้ box-plot ของโปรแกรม R ดูแนวโน้มของข้อมูล พบว่า ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการลดระดับของโปรตีนในอาหารทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 7 อัตราแลกเนื้อของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 8 ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน

4.4 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาสวายโมง ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่างๆ กัน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงเต็มวัย ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่างๆ กัน และอาหารเม็ดปลาดุก แสดงในตารางที่ 6 ผลการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์เถ้าและเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อปลาไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ขณะที่ความชื้นและเปอร์เซ็นต์โปรตีน มีความแตกต่างกันทางสถิติในบางกลุ่มทดลอง ขณะที่เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลามีความแตกต่างกันทางสถิติในบางกลุ่มทดลอง โดยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 53 และ 46 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลามากที่สุดประมาณ 76 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างทางสถิติกับทุกกลุ่มที่เหลือ รองลงมาได้แก่ กลุ่มที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์และคาร์โบไฮเดรต 37 กลุ่มที่มีระดับโปรตีน 23 และ 19 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 57 และ 61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาสวายโมง (Thai Panga) ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่างๆ กัน

สูตรอาหาร	องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา (เปอร์เซ็นต์)			
	ความชื้น	เถ้า	ไขมัน	โปรตีน
1	11.891±0.586^{b}	7.768±0.368^{ns}	11.790±2.043^{ns}	70.270±1.885^{b}
2	4.846±0.081^{d}	7.443±0.498^{ns}	10.624±0.553^{ns}	75.867±1.831^{a}
3	8.394±0.222^{c}	8.696±2.864^{ns}	13.001±0.213^{ns}	76.684±0.820^{a}
4	13.636±0.069^{b}	6.615±0.134^{ns}	12.568±1.753^{ns}	67.315±2.266^{bc}
5	13.458±0.46^{b}	8.259±0.443^{ns}	12.813±2.501^{ns}	64.752±0.509^{c}
6	9.064±0.081^{c}	7.614±0.138^{ns}	13.728±1.925^{ns}	68.446±1.211^{bc}
7	16.664±2.184^{a}	8.187±1.376^{ns}	11.146±1.973^{ns}	65.719±0.737^{c}

หมายเหตุ : ^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)
ความชื้นที่แสดงในตาราง หมายถึง ความชื้นของเนื้อปลาที่ผ่านการอบแล้ว
อาหารทดลอง 1-3 มีระดับโปรตีน 25%
อาหารทดลอง 4 มีระดับโปรตีน 23%
อาหารทดลอง 5 มีระดับโปรตีน 19%
1 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 37 %
2 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 46 %
3 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 53 %
4 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 57 %
5 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 61 %
6 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 30%
7 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 25%

4.5 การทำงานของเอนไซม์ในท่อทางเดินอาหารของปลาสวายโมง ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่างๆ กัน

ผลการวิเคราะห์การทำงานของเอนไซม์โปรติเอสในท่อทางเดินอาหารของปลาสวายโมง ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่างๆ กัน แสดงในตารางที่ 7 ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์โปรติเอสที่ลำไส้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกลุ่มการทดลอง กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์โปรติเอสที่ตับ ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์โปรติเอสที่กระเพาะอาหารมีความแตกต่างกันทางสถิติในบางกลุ่มทดลอง โดยกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 37 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมการทำงานในกระเพาะอาหารมากที่สุดประมาณ 0.202 ยู

นิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน รองลงมาได้แก่ กลุ่มที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์เช่นเดียวกัน แต่มีระดับคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกันคือ 46 และ 53 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตารางที่ 7 กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์โปรติเอส ที่สกัดจากกระเพาะอาหาร ลำไส้ และตับของปลาสวายโมง ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่างๆ กัน

สูตรอาหาร	กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส ที่สกัดจากอวัยวะต่างๆ		
	กระเพาะอาหาร	ลำไส้	ตับ
1	0.202±0.096^{a}	0.421±0.193^{ns}	0.249±0.131^{ns}
2	0.131±0.027^{ab}	0.429±0.169^{ns}	0.211±0.117^{ns}
3	0.121±0.025^{ab}	0.381±0.197^{ns}	0.181±0.099^{ns}
4	0.107±0.036^{b}	0.432±0.346^{ns}	0.157±0.034^{ns}
5	0.115±0.032^{b}	0.435±0.089^{ns}	0.171±0.051^{ns}
6	0.115±0.032^{b}	0.422±0.093^{ns}	0.155±0.034^{ns}
7	0.120±0.024^{b}	0.404±0.129^{ns}	0.160±0.036^{ns}

หมายเหตุ : * specific activity = Unit/mg protein

^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)

อาหารทดลอง 1-3 มีระดับโปรตีน 25%

อาหารทดลอง 4 มีระดับโปรตีน 23%

อาหารทดลอง 5 มีระดับโปรตีน 19%

1 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 37 %

2 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 46 %

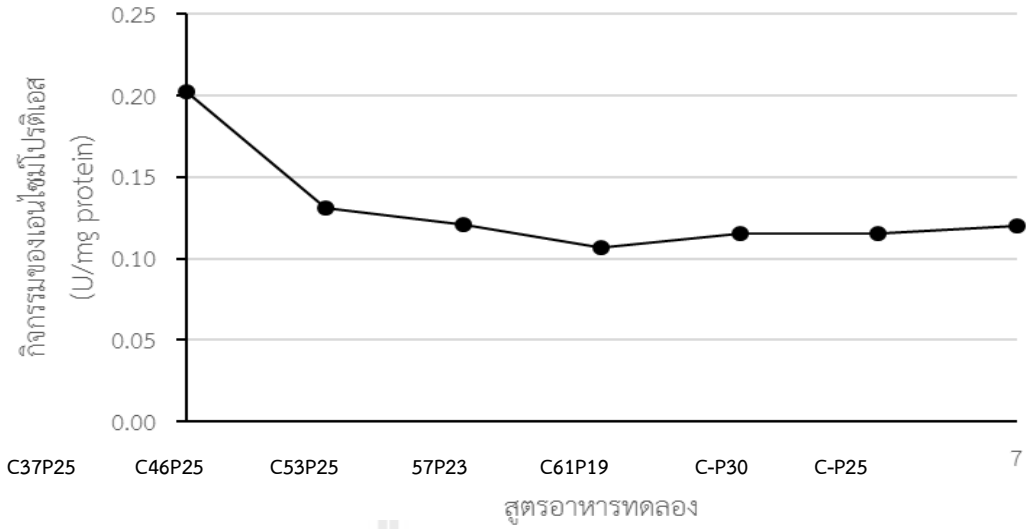
3 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 53 %

4 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 57 %

5 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 61 %

6 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 30%

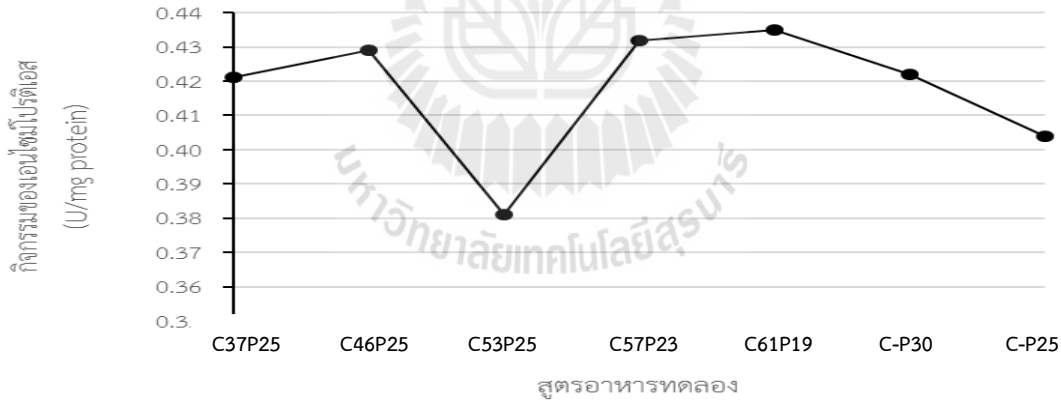
7 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 25%



หมายเหตุ : C หมายถึง ระดับคาร์โบไฮเดรต; P หมายถึง ระดับโปรตีน

ภาพที่ 9 กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส ที่สกัดจากกระเพาะของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน

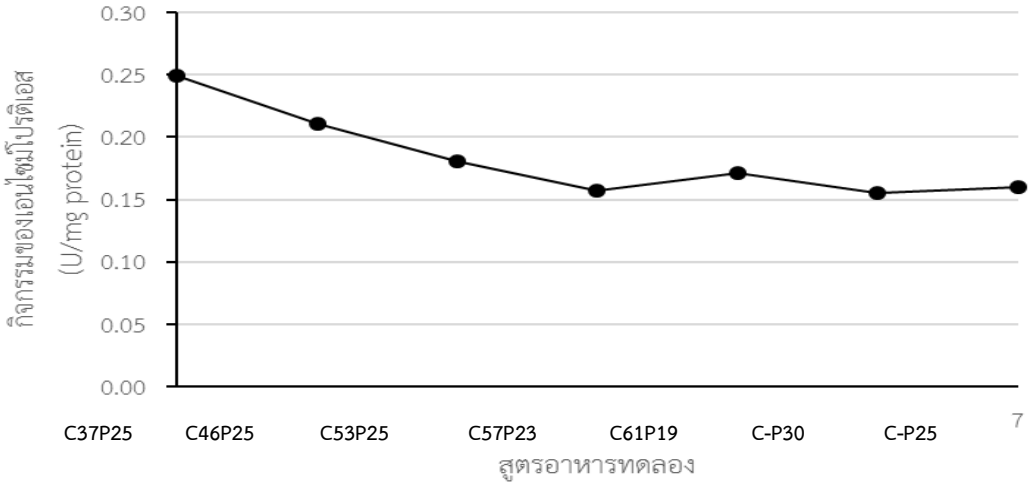
เมื่อพิจารณาแนวโน้มของข้อมูลจากภาพที่ 9 พบว่า กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์โปรติเอสในกระเพาะอาหาร มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มของระดับโปรตีนและมีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ลดลง ในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน คือ 25 เปอร์เซ็นต์



หมายเหตุ : C หมายถึง ระดับคาร์โบไฮเดรต; P หมายถึง ระดับโปรตีน

ภาพที่ 10 กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส ที่สกัดจากลำไส้ของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน

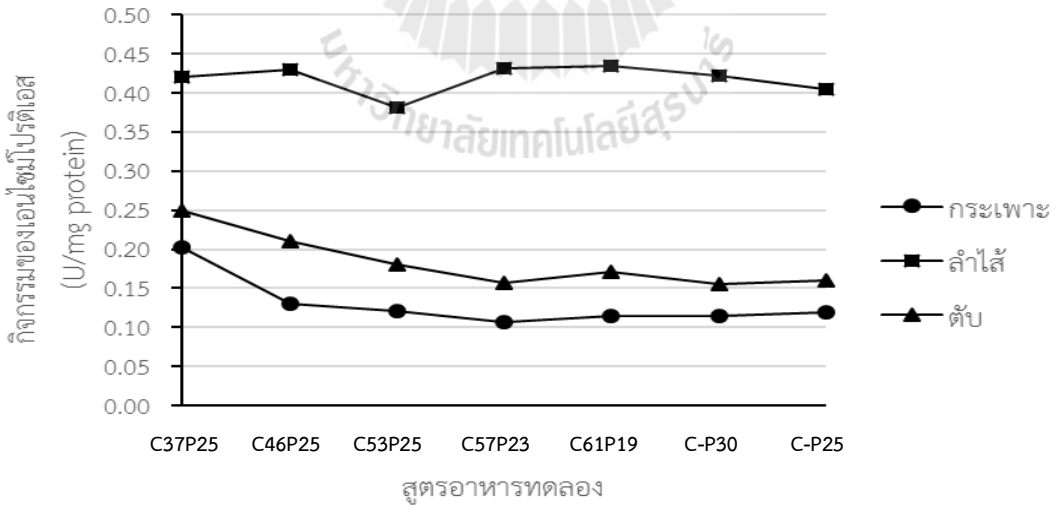
เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มของข้อมูล จากภาพ 10 พบว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์โปรติเอสในลำไส้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการลดลงของระดับโปรตีน แต่มีความระดับคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้น ในกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่างๆกัน แต่ในกลุ่มที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ เท่ากัน กลับมีการลดลงของกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ที่ระดับคาร์โบไฮเดรต 53 เปอร์เซ็นต์



หมายเหตุ : C หมายถึง ระดับคาร์โบไฮเดรต; P หมายถึง ระดับโปรตีน

ภาพที่ 11 กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดจากตับของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มของข้อมูลจาก ภาพที่ 11 พบว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์โปรติเอสในตับ มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของระดับคาร์โบไฮเดรต กลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับคาร์โบไฮเดรตต่างกัน กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกมีกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ใกล้เคียงกัน



หมายเหตุ : C หมายถึง ระดับคาร์โบไฮเดรต; P หมายถึง ระดับโปรตีน

ภาพที่12 กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส ที่สกัดจากอวัยวะต่างๆ ของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มของข้อมูลจาก ภาพที่ 12 พบว่าลำไส้มีกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์มากที่สุด รองลงมาคือตับและกระเพาะอาหาร ตามลำดับ แนวโน้มกิจกรรมของเอนไซม์ในอวัยวะทั้งสองมีแนวโน้มคล้ายคลึงกัน คือ ในกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน 25 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ต่างกัน พบว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์จะลดลงเมื่อมีการเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรต ขณะที่ในตับกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์จะเพิ่มมากขึ้นตามระดับคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์การทำงานของเอนไซม์อะไมเลสในท่อทางเดินอาหารของปลาสวายโมง ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่างๆกัน แสดงในตารางที่ 8 ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสในกระเพาะอาหาร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในลำไส้กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์มีความแตกต่างทางสถิติในบางกลุ่ม ซึ่งกลุ่มอาหารทดลองที่มีกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์มากที่สุดประมาณ 0.185 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน คือกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองระดับโปรตีน 23 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 57 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองระดับโปรตีน 25 และ 19 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 37 และ 61 เปอร์เซ็นต์ และกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในตับนั้น มีกิจกรรมการทำงานมากที่สุดประมาณ 0.232 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน ในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 46 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 25 และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 53 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 8 กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส ที่สกัดจากกระเพาะอาหาร ลำไส้ และตับของปลาสวายโมง ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่างๆกัน

สูตรอาหาร	กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส ที่สกัดจากอวัยวะต่างๆ		
	กระเพาะอาหาร	ลำไส้	ตับ
1	0.095±0.014^{ns}	0.153±0.097^{ab}	0.140±0.053^{b}
2	0.104±0.008^{ns}	0.124±0.015^{ab}	0.232±0.098^{a}
3	0.108±0.022^{ns}	0.114±0.019^{ab}	0.176±0.045^{ab}
4	0.082±0.024^{ns}	0.185±0.058^{a}	0.159±0.060^{ab}
5	0.114±0.039^{ns}	0.134±0.040^{ab}	0.132±0.054^{b}
6	0.115±0.035^{ns}	0.121±0.029^{ab}	0.145±0.068^{ab}
7	0.114±0.018^{ns}	0.116±0.017^{b}	0.166±0.050^{ab}

หมายเหตุ : * specific activity = U/mg protein

^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)

อาหารทดลอง 1-3 มีระดับโปรตีน 25%

อาหารทดลอง 4 มีระดับโปรตีน 23%

อาหารทดลอง 5 มีระดับโปรตีน 19%

1 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 37 %

2 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 46 %

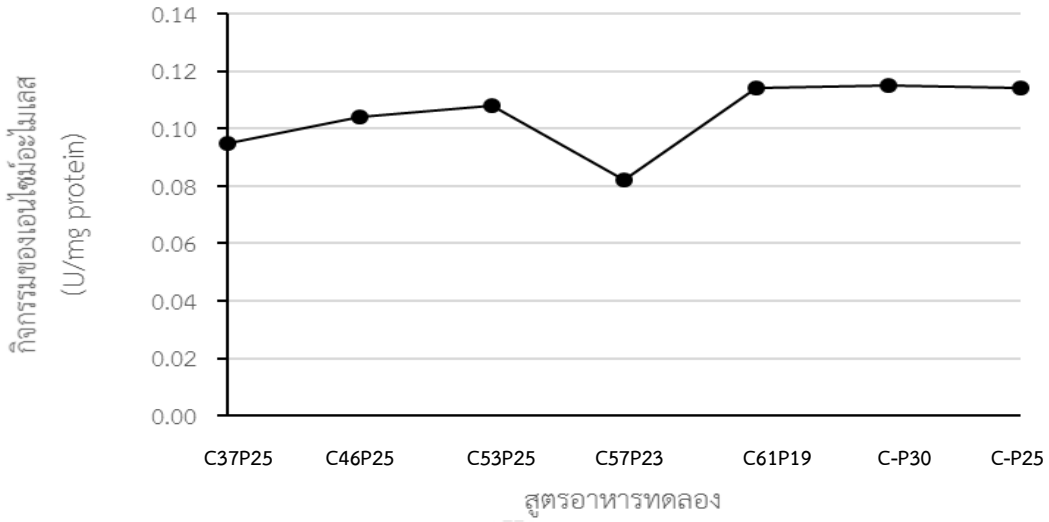
3 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 53 %

4 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 57 %

5 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 61 %

6 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 30%

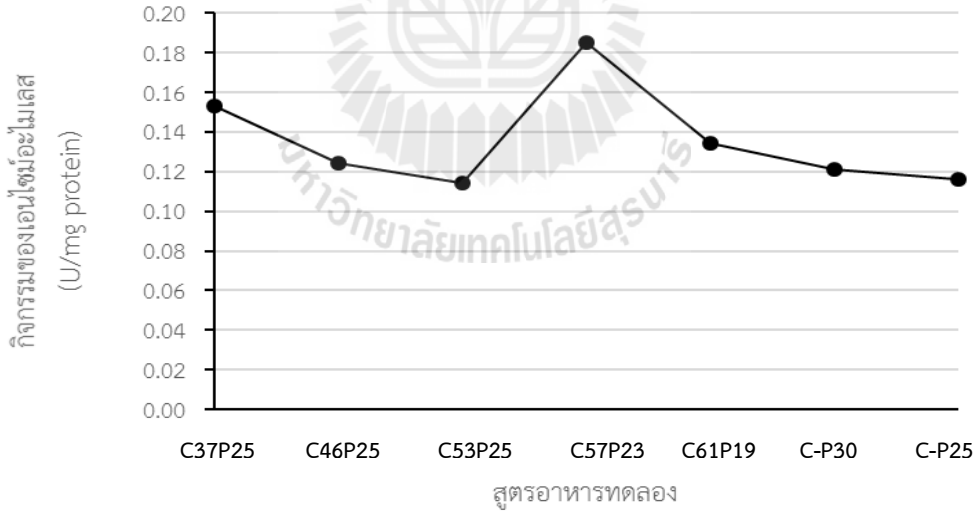
7 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 25%



หมายเหตุ : C หมายถึง ระดับคาร์โบไฮเดรต; P หมายถึง ระดับโปรตีน

ภาพที่ 13 กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส ที่สกัดจากกระเพาะอาหารของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน

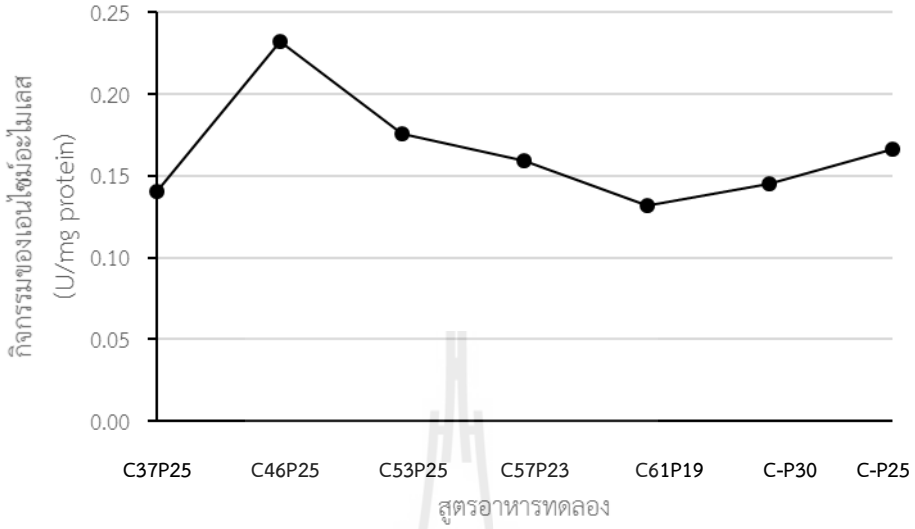
เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มของข้อมูลจาก ภาพที่ 13 พบว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในกระเพาะอาหารมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้น ส่วนกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกมีกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ไม่ต่างกันที่ระดับโปรตีนต่างกัน



หมายเหตุ : C หมายถึง ระดับคาร์โบไฮเดรต; P หมายถึง ระดับโปรตีน

ภาพที่ 14 กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส ที่สกัดจากลำไส้ของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน

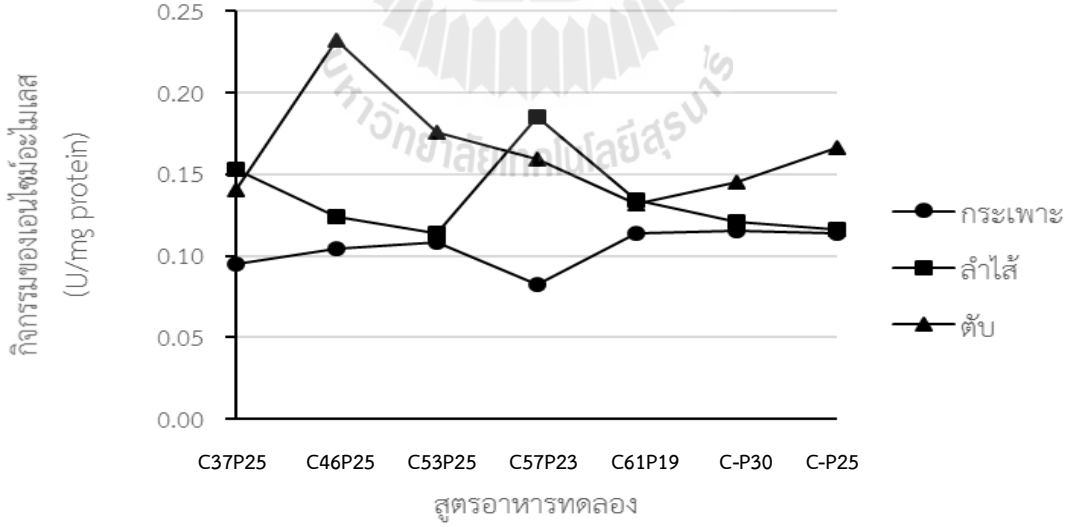
เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มของข้อมูลจาก ภาพที่ 14 พบว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในลำไส้มีแนวโน้มลดลงตามระดับคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้น ส่วนกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกมีกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ใกล้เคียง



หมายเหตุ : C หมายถึง ระดับคาร์โบไฮเดรต; P หมายถึง ระดับโปรตีน

ภาพที่ 15 กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส ที่สกัดจากตับของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มของข้อมูลจาก ภาพที่ 15 พบว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในตับมีแนวโน้มลดลงตามระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น และระดับคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้น



หมายเหตุ : C หมายถึง ระดับคาร์โบไฮเดรต; P หมายถึง ระดับโปรตีน

ภาพที่ 16 กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส ที่สกัดจากอวัยวะต่างๆ ของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มของข้อมูลจาก ภาพที่ 16 พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสสูงสุดในตับ รองลงมา คือ ลำไส้และกระเพาะอาหาร ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์ในตับมีแนวโน้มลดลงตามระดับคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์การทำงานของเอนไซม์ไลเปสในท่อทางเดินอาหารของปลาสวายโมง ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่างๆกัน แสดงในตารางที่ 9 ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในกระเพาะอาหารและตับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ขณะที่กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในลำไส้มีความแตกต่างทางสถิติในบางกลุ่มการทดลอง กลุ่มอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์และคาร์โบไฮเดรต 37 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ไลเปสสูงที่สุดประมาณ 0.206 ยูนิตต่อมิลลิกรัมโปรตีน รองลงมาคือกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน 25 และ 19 เปอร์เซ็นต์ และระดับคาร์โบไฮเดรต 46 และ 61 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 9 กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ไลเปส ที่สกัดจากกระเพาะอาหาร ลำไส้ และตับของปลาสวายโมง ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย ที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่างๆกัน

สูตรอาหาร	กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส ที่สกัดจากอวัยวะต่างๆ		
	กระเพาะอาหาร	ลำไส้	ตับ
1	0.214±0.081^{ns}	0.206±0.072^{a}	0.225±0.138^{ns}
2	0.199±0.029^{ns}	0.183±0.063^{ab}	0.208±0.014^{ns}
3	0.190±0.011^{ns}	0.124±0.017^{b}	0.106±0.067^{ns}
4	0.173±0.007^{ns}	0.119±0.052^{b}	0.187±0.104^{ns}
5	0.232±0.123^{ns}	0.151±0.034^{ab}	0.193±0.128^{ns}
6	0.196±0.023^{ns}	0.116±0.020^{b}	0.186±0.015^{ns}
7	0.136±0.015^{ns}	0.111±0.018^{b}	0.146±0.047^{ns}

หมายเหตุ : * specific activity = U/mg protein

^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)

อาหารทดลอง 1-3 มีระดับโปรตีน 25%

อาหารทดลอง 4 มีระดับโปรตีน 23%

อาหารทดลอง 5 มีระดับโปรตีน 19%

1 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 37 %

2 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 46 %

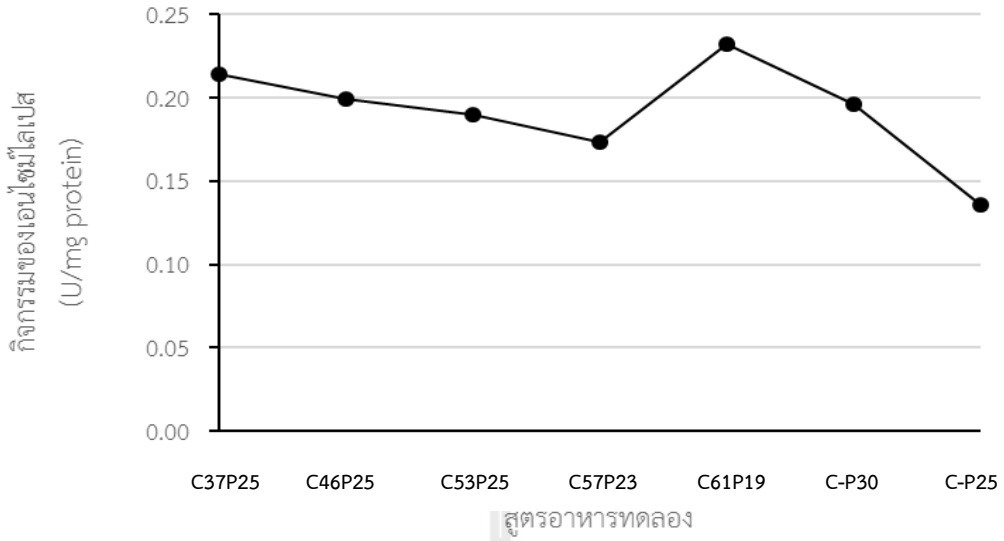
3 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 53 %

4 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 57 %

5 หมายถึง อาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 61 %

6 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 30%

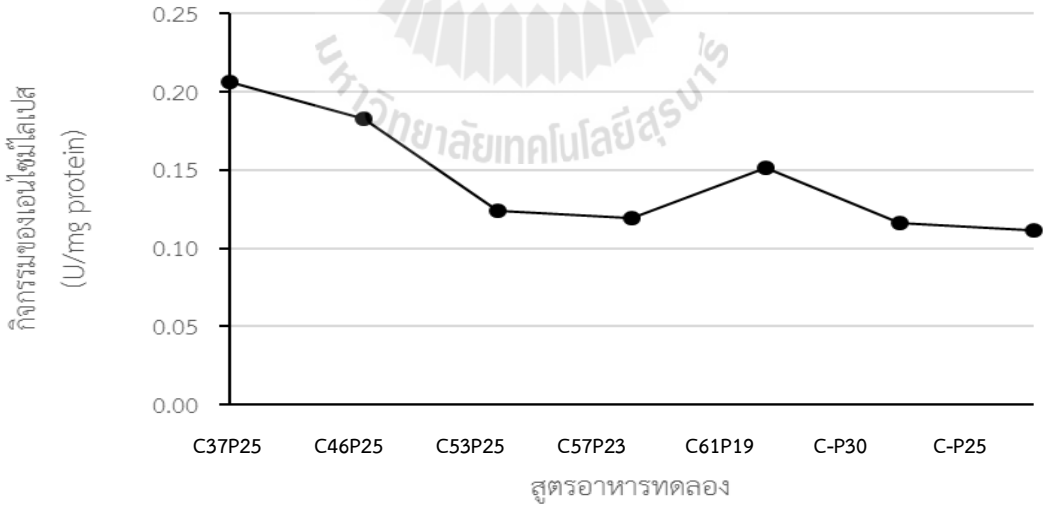
7 หมายถึง อาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 25%



หมายเหตุ :C หมายถึง ระดับคาร์โบไฮเดรต; P หมายถึง ระดับโปรตีน

ภาพที่ 17 กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส ที่สกัดจากกระเพาะอาหาร ของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน

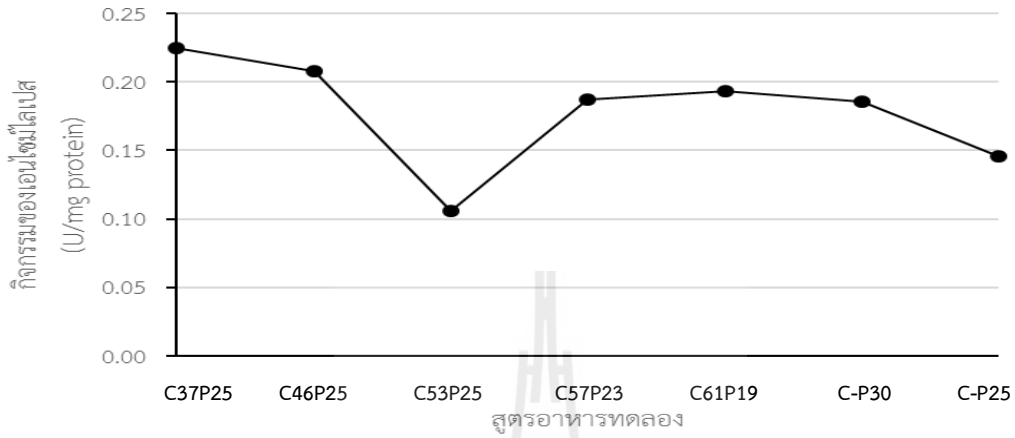
เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มของข้อมูลจาก ภาพที่ 17 พบว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในกระเพาะอาหารของกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน แต่ระดับคาร์โบไฮเดรตต่างกันจะมีแนวโน้มกิจกรรมของเอนไซม์ที่ลดลงตามระดับคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้น ส่วนกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกมีแนวโน้มลดลงตามระดับโปรตีนที่ลดลง



หมายเหตุ : C หมายถึง ระดับคาร์โบไฮเดรต; P หมายถึง ระดับโปรตีน

ภาพที่ 18 กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส ที่สกัดจากลำไส้ของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน

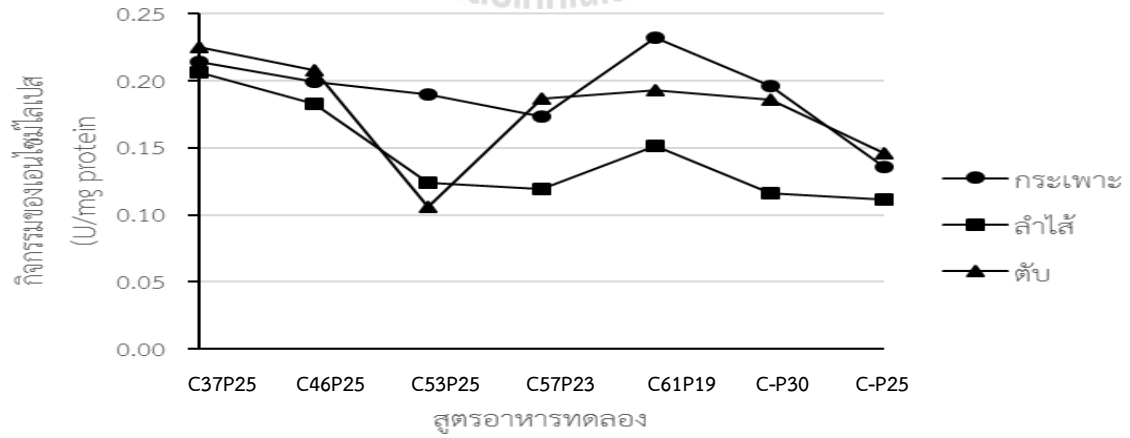
เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มของข้อมูลจาก ภาพที่ 18 พบว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในลำไส้เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน แต่ระดับคาร์โบไฮเดรตต่างกันจะมีแนวโน้มกิจกรรมของเอนไซม์ที่ลดลงตามระดับคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้น ส่วนกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกมีแนวโน้มลดลงตามระดับโปรตีนที่ลดลง



หมายเหตุ : C หมายถึง ระดับคาร์โบไฮเดรต; P หมายถึง ระดับโปรตีน

ภาพที่ 19 กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส ที่สกัดจากตับของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มของข้อมูลจาก ภาพที่ 19 พบว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในตับ กลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน แต่มีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ต่างกัน มีแนวโน้มลดลงตามระดับคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้น กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีน และระดับคาร์โบไฮเดรตต่างกัน มีกิจกรรมของเอนไซม์ใกล้เคียงกัน ส่วนกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกกิจกรรมของเอนไซม์มีแนวโน้มลดลงตามระดับโปรตีนที่ลดลง



หมายเหตุ : C หมายถึง ระดับคาร์โบไฮเดรต; P หมายถึง ระดับโปรตีน

ภาพที่ 20 กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส ที่สกัดจากอวัยวะต่างๆ ของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มของข้อมูลจาก ภาพที่ 20 พบว่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ในอวัยวะต่างๆ มีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งกลุ่มทดลองที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน แต่มีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ต่างกัน กิจกรรมของเอนไซม์มีแนวโน้มลดลงตามระดับคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้น ส่วนกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกกิจกรรมของเอนไซม์มีแนวโน้มลดลงตามระดับโปรตีนที่ลดลง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
วิจารณ์ผลและสรุปผลการศึกษา

5.1 การใช้คาร์โบไฮเดรตของปลาสวายโมงขนาดเล็ก

จากการที่อัตราการเจริญเติบโตของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองซึ่งมีมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุก ทำให้มีความเป็นไปได้ในการใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในอาหารสำหรับการอนุบาลลูกปลาสวายโมงขนาดอายุ 1 เดือน จากผลการศึกษาในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 46 เปอร์เซ็นต์ โดยมีส่วนผสมจากมันสำปะหลัง 27 เปอร์เซ็นต์ ให้อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดและไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกที่มีระดับโปรตีนเท่ากันคือ 30 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าปลาสวายโมงขนาดเล็ก มีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานได้ดีพอสมควร แต่เมื่อเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหาร ถึงระดับ 48 และ 50 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักเพิ่มต่อวันของปลาทดลองลดลงชัดเจน ถึงแม้อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ก็ทำให้เห็นแนวโน้มการลดลงของอัตราการเจริญเติบโต ดังนั้นจากผลการศึกษาในครั้งนี้ ระดับคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมในอาหารสำหรับลูกปลาสวายโมงอายุ1-4 เดือน น่าจะอยู่ที่ระดับ 46 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนผสมได้ประมาณ 27 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากไม่มีข้อมูลการใช้คาร์โบไฮเดรตของปลาสวายโมง จึงเปรียบเทียบกับปลาโมง (*Pangasius bocourti*) ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Phuong (1988) ซึ่งพบว่าระดับคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมสำหรับอนุบาลลูกปลาโมงขนาดประมาณ 30 กรัม อยู่ที่ 46 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้คาร์โบไฮเดรตในปลาโมงและปลาสวายขนาดประมาณ 4.6 กรัม พบว่าปลาโมง (*Pangasius bocourti*) และปลาสวาย (*Pangasius hypophthalmus*) เจริญเติบโตได้ดีเมื่อผสมแป้ง (starch) ที่ระดับ 60 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มระดับสูงขึ้นส่งผลต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการย่อยได้ (Hung et al., 2003) สาเหตุที่สามารถผสมแป้งในอาหารปลาโมงขนาดเล็กได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ น่าจะมาจากรูปแบบของแป้งที่ใช้ผสมอาหารซึ่งเป็นแป้งสำเร็จรูป แต่การทดลองครั้งนี้เป็นการใช้มันเส้นที่ซื้อขายทั่วไปในร้านวัตถุดิบอาหารสัตว์ เพื่อจำลองการประยุกต์ใช้วัตถุดิบที่หาได้ทั่วไปในท้องถิ่น ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการทดลองในปลากลุ่มเดียวกับปลาสวายที่นิยมเลี้ยงในประเทศอินโดนีเซีย (*Pangasius djambal*) ซึ่งทดลองเลี้ยงปลาขนาดประมาณ 5 กรัม มีการใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต โดยมีส่วนผสมของมันสำปะหลัง 37 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้ปลาป่นและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานหลัก กลุ่มที่ใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต ซึ่งลดปริมาณปลาป่นและกากถั่วเหลืองได้ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลอัตราการเจริญเติบโตของปลาไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานได้เป็นอย่างดี มีงานทดลองในลูกปลาสวายเผือกวัยอ่อน (*Pangasius hypophthalmus*) ขนาดประมาณ 0.9

กรัม ซึ่งทดลองใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นแหล่งพลังงานหลักในอาหารทดลอง ผลการศึกษาพบว่า สามารถผสมแป้งข้าวเจ้าได้ถึง 47 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรตประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ งานทดลองแสดงให้เห็นว่าปลาในกลุ่มปลาสวาย Pangasius มีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตจากแป้งแม้แต่ในช่วงอายุลูกปลาวัยอ่อน (เจษฎาและสุภาวดี, 2540) ในปลา Catfish กลุ่มอื่น เช่น African catfish (*Clarius gariepinus*) ขนาดประมาณ 8 กรัม ซึ่งสามารถใช้กากข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานได้เป็นอย่างดี และทดแทนโปรตีนได้ โดยเกิดปรากฏการณ์ protein sparing effect (Orire and Sadiku, 2014) ในการศึกษาในลูกปลาดุกด้านอินเดียวัยอ่อน *Clarius batrachus* ขนาดประมาณ 1 กรัม ซึ่งสามารถผสมแป้งข้าวสาลีในอาหารทดลองได้ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ และมีคาร์โบไฮเดรตในอาหาร 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ลูกปลามีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี (Mollah and Alam, 1990) ในปลา Catfish อื่นๆ เช่น ปลากดอินเดีย (*Mystus montanus*) ซึ่งเป็นปลาเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่นิยมเลี้ยงในตอนใต้ของอินเดีย มีการศึกษาในลูกปลาอายุประมาณ 1 เดือน ขนาดประมาณ 0.75 กรัม ปลาในกลุ่มนี้ถึงแม้จะจัดอยู่ในกลุ่ม Catfish แต่สามารถใช้คาร์โบไฮเดรตได้ต่ำมาก โดยอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดในกลุ่มที่ผสมแป้งข้าวสาลี 18 เปอร์เซ็นต์และระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์ (Raj et al., 2008) นอกจากนี้ได้มีการศึกษาในปลากระโห้อินเดีย *Catla catla* ขนาดประมาณ 1 กรัม ซึ่งเป็นปลาในกลุ่ม omnivore เช่นเดียวกับปลาสวายโมง สามารถผสมแป้งในอาหารทดลองซึ่งมีระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อัตราการเจริญเติบโตดี (Seenappa and Devaraj, 1995) ในปลากลุ่ม Indian carp เช่น ปลายีสกเทศ (*Labeo rohita*) ก็มีการศึกษาในลูกปลาขนาดประมาณ 2 นิ้ว โดยใช้ dextrin เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต เมื่อเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรต ในอาหารทดลองจาก 30 เป็น 40 เปอร์เซ็นต์ ขณะเดียวกันลดระดับโปรตีนจาก 40 เป็น 30 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาพบว่าอัตราการเจริญเติบโต และอัตราแลกเนื้อไม่แตกต่างกัน ดังนั้นในกลุ่มปลายี่สกเทศสามารถใช้คาร์โบไฮเดรต ทดแทนโปรตีนได้เป็นอย่างดี (protein sparing effect) (Erfanullah and Jafri, 1995) ในกลุ่มปลากินเนื้อ เช่น ปลาช่อน (*Channa striatus*) มีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตในระดับต่ำ จากการศึกษาของ Arockiaraj et al. (1999) ซึ่งทดลองให้อาหารลูกปลาช่อนอายุประมาณ 1 เดือน ขนาดประมาณ 0.39 กรัม พบว่าลูกปลาช่อนเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 12 เปอร์เซ็นต์

จากผลการศึกษาครั้งนี้ทำให้เห็นแนวทางเป็นไปได้ที่จะใช้มันสำปะหลังผสมในอาหารสำหรับอนุบาลปลาสวายโมงช่วงอายุ 1-4 เดือน หรือขนาดประมาณ 10-100 กรัม เนื่องจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญ และเศษเหลือจากการผลิตแป้งมันและผลิตภัณฑ์อื่นๆ สามารถนำมาเป็นส่วนผสมในอาหารสำหรับอนุบาลลูกปลาสวายโมงอายุ 1-4 เดือน โดยสามารถผสมในอาหารได้ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และปลาสวายโมงสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตในอาหารเป็นอย่างดี อาหารสำหรับอนุบาลในช่วงอายุดังกล่าวสามารถมีสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตได้ประมาณ 46 เปอร์เซ็นต์

5.2 การใช้คาร์โบไฮเดรตของปลาสวายโมง ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย

ในการศึกษาการทดสอบอาหารในปลาสวายโมงวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย ได้ออกแบบการทดลอง โดยอ้างอิง จากข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปลาโมง และปลาสวาย จากข้อมูลงานวิจัยเดิมที่ทดลองในปลาโมง พบการใช้โปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำเกินไป (กาญจนา และคณะ, 2550) ดังนั้นจึงมีการกำหนดระดับโปรตีนเพิ่มขึ้นมาที่ 25 และ 23 เปอร์เซ็นต์ แต่ขณะเดียวกันเนื่องจากปลาสวายโมงเป็นปลาลูกผสม ดังนั้นจึงน่าจะได้ลักษณะการใช้โปรตีนในระดับต่ำๆ ได้เช่นเดียวกับปลาสวาย ดังนั้นจึงกำหนดระดับโปรตีนที่ 19 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้อาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำในปลาขนาดโตขึ้นเพื่อนำไปสู่การลดต้นทุนได้ สำหรับระดับมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองได้อ้างอิงจากการใช้มันสำปะหลังในปลาโมง ซึ่งสามารถผสมมันสำปะหลังในอาหารสำหรับปลาโมงได้ในระดับ 56 เปอร์เซ็นต์ (กาญจนา และคณะ, 2550)

ผลการศึกษาที่อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของทุกกลุ่มทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทำให้เห็นความเป็นไปได้ในการใช้อาหารที่มีระดับโปรตีนที่ต่ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปฟาร์มเกษตรกรนิยมใช้อาหารเม็ดปลาดุกโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ แต่ผลการทดลองก็เห็นแนวโน้มอัตราการเจริญที่ลดลง เมื่อลดระดับโปรตีนจาก 25 เป็น 23 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่การลดลงดังกล่าวไม่แตกต่างทางสถิติ ที่น่าสนใจได้แก่กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ระดับคาร์โบไฮเดรต 53 เปอร์เซ็นต์ มีส่วนผสมของมันสำปะหลัง 40 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างทางสถิติ สำหรับในประเด็นนี้ น่าจะเนื่องจาก อาหารเม็ดปลาดุกที่มีโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดเม็ดอาหารค่อนข้างเล็กซึ่งไม่เหมาะสำหรับการใช้เลี้ยงปลาขนาดใหญ่ และส่วนประกอบวัตถุดิบในอาหารเม็ดปลาดุก อาจจะมีผลต่อความสามารถในการย่อยได้ของปลาสวายโมง และในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ก็มีน้ำหนักเพิ่มต่อวันสูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ น่าจะมาจากสาเหตุของขนาดเม็ดอาหารที่เล็กเกินไป ซึ่งจากการสังเกตพฤติกรรมการกินอาหารของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ ปลาจะไม่ค่อยมารุมกินอาหารที่ให้เหมือนปลาทดลองกลุ่มอื่นๆ สำหรับความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปลาสวายโมงสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีปรากฏการณ์ของการเกิด protein sparing effect เช่นเดียวกับที่พบในการทดลองกับปลาโมง (*Pangasius bocourti*) และปลาสวาย (*Pangasius hypophthalmus*) ขนาดประมาณ 5 กรัม (Hung et al., 2003) โดยเมื่อลดระดับโปรตีนในอาหารจาก 25 เป็น 23 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตจาก 53 เป็น 57 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักเพิ่มต่อวันไม่แตกต่างทางสถิติ นอกจากนี้เมื่อพิจารณา ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 19 เปอร์เซ็นต์ แต่มีระดับคาร์โบไฮเดรตค่อนข้างสูงถึง 61 เปอร์เซ็นต์ โดยมีส่วนผสมของมันสำปะหลังถึง

60 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตของกลุ่มนี้ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 25 และ 23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ข้อมูลการศึกษาการใช้คาร์โบไฮเดรตในปลาขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยไม่ค่อยมีมากนัก เนื่องจากใช้เวลาในการศึกษาค่อนข้างนาน มีการศึกษาระดับคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมสำหรับในปลาโมง (*Pangasius bocourti*) และปลาเทโพ (*Pangasius larnaudii*) ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย โดยกาญจนาและคณะ (2550) พบว่า ปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่ระดับโปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ และระดับคาร์โบไฮเดรต 46- 65 เปอร์เซ็นต์ โดยมีส่วนผสมของมันสำปะหลังอยู่ระหว่าง 15- 56 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาพบว่าอัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่อัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าน้ำหนักเพิ่มต่อวันอยู่ระหว่าง 1.97-2.46 กรัมต่อวัน สำหรับปลาโมง และ 1.49-1.97 กรัมต่อวัน สำหรับปลาเทโพ ขณะที่การศึกษาครั้งนี้ในปลาสวายโมง ทดสอบในอาหารที่มีระดับโปรตีน 19-25 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรตอยู่ระหว่าง 37-61 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักเพิ่มต่อวันของปลาทดลองอยู่ระหว่าง 3.9-5.2 กรัมต่อวัน นอกจากข้อมูลเบื้องต้นจากกรมประมงที่ระบุว่าปลาลูกผสมสวายโมงมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลาโมงแล้ว ระดับโปรตีนในอาหารทดลองน่าจะเป็นอีกสาเหตุที่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของปลาสวายโมงดีกว่าปลาโมง และในปลาสวายโมงกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับโปรตีน 19 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 61 เปอร์เซ็นต์ ยังมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลาโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองโปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 65 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นพอที่จะอนุมานได้ว่า ปลาสวายโมงมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าปลาโมง และมีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตในอาหารได้ดีพอๆกับปลาโมง เมื่อเปรียบเทียบกับปลาเทโพขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย พบว่าปลาเทโพสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตได้ดีถึงระดับ 56 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนผสมของมันสำปะหลัง 42 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าปลาเทโพมีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกับปลาสวายโมง ในส่วนของปลาสวายเองก็มีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตได้ดีเช่นกัน ดังนั้นปลาสวายโมงน่าจะได้ลักษณะดังกล่าวจากปลาสวายเช่นกัน จากการศึกษาของ Payooha (2001) ซึ่งได้สำรวจการเลี้ยงปลาสวายในเขตภาคกลาง พบว่าเกษตรกรที่เลี้ยงปลาสวายในจังหวัดปทุมธานีและนครนายก รับซื้อเศษอาหารจากร้านอาหาร ภัตตาคาร ห้างสรรพสินค้า และโรงแรม ในกรุงเทพมหานคร เพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงปลาสวาย และบางฟาร์มรับซื้อเศษขนมปังจากโรงงานขนมปังเลี้ยงปลาสวาย นอกจากนี้ยังมีบางฟาร์มที่ใช้เลี้ยงปลาสวายด้วยใบผักตบชวา ไม่มีการใช้อาหารเม็ด เศษอาหารมีข้าวและขนมปังเป็นส่วนประกอบหลัก ปลาสวายที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักมีอัตราการเจริญเติบโตดีพอสมควร ใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 8 เดือน ถึง 1 ปี ปลาสวายมีน้ำหนักประมาณ 1-1.2 กิโลกรัม ในการเลี้ยงปลาสวายในประเทศเวียดนามซึ่งเป็นประเทศที่เลี้ยงปลาสวายส่งออกมากที่สุดในโลก เกษตรที่ทำอาหารเองในฟาร์มสำหรับเลี้ยงปลาสวาย จะใช้ส่วนผสมที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญได้แก่ รำ ประมาณ 39 เปอร์เซ็นต์ และปลายข้าวประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ Phan et al. (2009) พบว่าปลาในกลุ่ม *Pangasius* หลายชนิด มีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตได้เป็นอย่างดี ดังนั้น

ปลาสวายโมงซึ่งเป็นปลาลูกผสมจากแม่พันธุ์ปลาสวายและพ่อพันธุ์ปลาโมงจึงได้รับการถ่ายทอดลักษณะดังกล่าว ซึ่งเป็นข้อดีในการที่จะพัฒนาสูตรอาหารที่ใช้วัตถุดิบที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและราคาไม่แพง จะทำให้เกษตรกรสามารถเลี้ยงปลากลุ่มนี้ได้ด้วยต้นทุนไม่สูงมากโดยไม่พึ่งพาอาหารเม็ดปลาดุก หรืออาหารเม็ดสำหรับปลานิล เช่นกับการเลี้ยงในปัจจุบัน

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตของปลาสวายโมงกับปลาชนิดอื่นๆ ตามที่สรุปในตารางที่ 10 พบว่าความสามารถของการใช้คาร์โบไฮเดรตของปลาสวายโมงใกล้เคียงกับปลาจีน Grass Carp ซึ่งเป็นปลาในกลุ่มปลากินพืช (herbivore) และใกล้เคียงกับปลาในกลุ่ม *Pangsisus* ซึ่งเป็นปลาในกลุ่มปลากินพืชและกินเนื้อ (omnivore) นอกจากนี้ปลาสวายโมงยังมีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตสูงกว่าปลากลุ่ม omnivore บางชนิด เช่นปลาไน (common carp) และสูงกว่าปลาในกลุ่มปลากินพืชบางชนิด เช่น ปลานวลจันทร์เทศ (milk fish) และปลานิล (tilapia) ในกลุ่มปลากินเนื้อ เช่น ปลากะพงขาว (Asian seabass) ปลาเทราต์ และปลาแซลมอน มีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตค่อนข้างต่ำ ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 10 ระดับคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมในปลาแต่ละชนิด

ชนิดปลา	(เปอร์เซ็นต์) คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้	ที่มา
Marine or coldwater		
Asian seabass	≤ 20	Boonyaratpalin (1991)
Atlantic salmon	≤ 20	Helland et al. (1991)
Plaice	≤ 20	Cowey et al. (1975)
Pacific salmon	≤ 20	Hardy (1991)
Rainbow trout	≤ 20	NRC (1981)
Yellowtail	≤ 10	Shimeno (1991)
Fresh or warmwater		
Channel catfish	25-30	Wilson (1991)
Common carp	30-40	Satoh (1991)
Eel	20-30	Arai (1991)
Grass carp	37-56	Lin (1991)
Milkfish	35-45	Lim (1991)
Red drum	~ 25	Ellis and Reigh (1991)
Striped bass and	25-30	Berger And Halaver (1987)
hybrid		Nematipour et al. (1992)
Tilapia	~40	Luquet (1991)
Pangasius bocourti (fingerlings)	~46	Phuong (1998)
Pangasius bocourti (juvenile-adult)	~65	กาญจนาและคณะ (2550)
Pangasius larnaudii (juvenile-adult)	~ 56	กาญจนาและคณะ (2550)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Wilson (1994)

สำหรับประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับคาร์โบไฮเดรตต่างๆ กัน ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 2.3-2.4 เมื่อเทียบกับปลาในกลุ่ม *Pangaius* ด้วยกันเช่น ปลาโมง พบว่าปลาโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 65 เปอร์เซ็นต์ โดยมีส่วนผสมของมันสำปะหลัง 56 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราแลกเนื้อประมาณ 2.1 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอัตราแลกเนื้อของปลาสวายโมง และเมื่อเปรียบเทียบกับปลาเทโพ

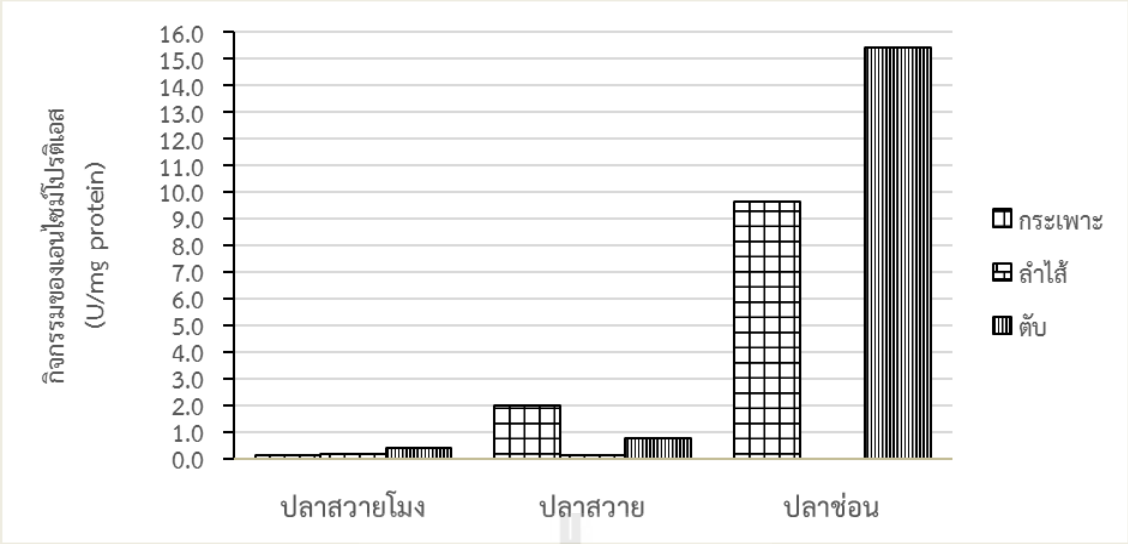
ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับคาร์โบไฮเดรต 56 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนผสมของมันสำปะหลัง 42 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราแลกเนื้อ 2.02 แสดงว่าปลาเทโพมีประสิทธิภาพในการใช้อาหารทดลองค่อนข้างดีกว่าปลาโมงและปลาสวายโมง และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราแลกเนื้อของปลาสวายโมงที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 25 23 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอัตราแลกเนื้อไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มที่เลี้ยงอาหารเม็ดปลาดุกที่มีระดับโปรตีน 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงทำให้เห็นความเป็นไปได้ในการใช้มันสำปะหลังเป็นส่วนผสมที่สำคัญสำหรับเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ปลาสวายโมงสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในการดำรงชีพได้เป็นอย่างดี

สรุปจากผลการศึกษาครั้งนี้ ในการเลี้ยงปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย สามารถใช้อาหารที่มีระดับโปรตีนที่ 23 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 57 เปอร์เซ็นต์ โดยมีส่วนผสมของมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลอัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดปลาดุกที่มีระดับโปรตีน 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.3 การทำงานของเอนไซม์ในท่อทางเดินอาหาร (digestive enzyme) ของปลาสวายโมง (Thai Panga) ขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย

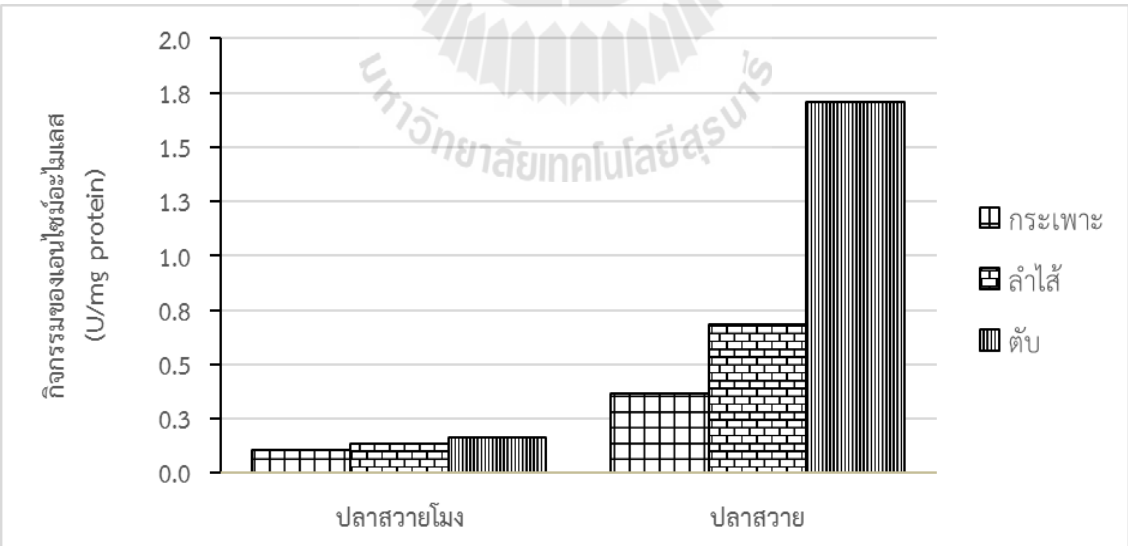
จากผลการศึกษาการทำงานของเอนไซม์ในท่อทางเดินอาหารและตับในปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย พบว่าปลาสวายโมงมีเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ในสัดส่วนที่ไม่แตกต่างกันมากนัก เอนไซม์ทั้งสามชนิด ได้แก่ โปรติเอส (protease) อะไมเลส (amylase) และ ไลเปส (lipase) สามารถพบได้ในทั้ง 3 อวัยวะ ได้แก่ กระเพาะอาหาร ลำไส้ และ ตับ โดยค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสในลำไส้มีค่าค่อนข้างสูงกว่าค่ากิจกรรมเอนไซม์ชนิดอื่นในทั้ง 3 อวัยวะ และการเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารที่มีระดับโปรตีนเท่ากัน ไม่ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเอนไซม์ในทั้งสามอวัยวะมากนัก เนื่องจากค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดในทั้งสามอวัยวะ ไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหาร ยกเว้นไลเปสในลำไส้ของปลาทดลองในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มคาร์โบไฮเดรตจาก 37 เปอร์เซ็นต์ เป็น 53 และ 57 เปอร์เซ็นต์ ค่ากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ไลเปสลดลง และมีความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบค่ากิจกรรมเอนไซม์ทั้งสามชนิดกับปลาชนิดอื่น พบว่าค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสของปลาสวายโมงมีค่าใกล้เคียงปลาสวาย (วรรณภา, 2555) และมีค่าน้อยกว่าปลาช่อน (สุดาวรรณ, 2548) ตามที่แสดงในภาพ 21 เนื่องจากปลาช่อนเป็นในกลุ่มปลากินเนื้อดังนั้นจึงมีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสค่อนข้างสูง ขณะที่ปลาสวาย และปลาสวายโมง เป็นกลุ่มปลากินพืชและกินเนื้อจึงมีค่าน้อยกว่า



ภาพที่ 21 กิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสในอวัยวะต่างๆ ของปลาสวายโมง ปลาสวาย และปลาช่อน

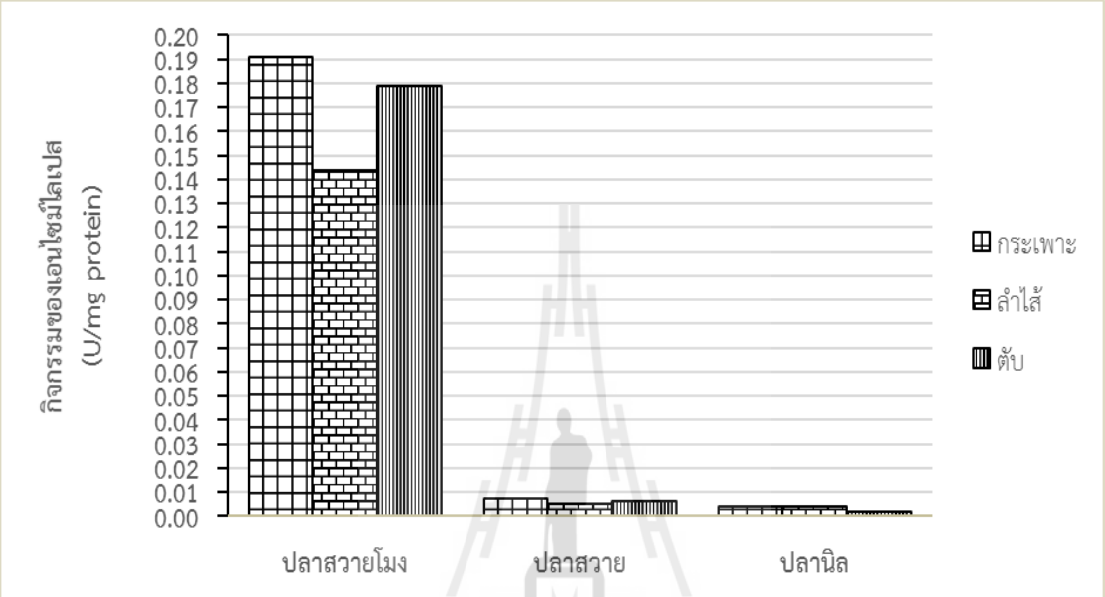
สำหรับค่ากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสของปลาสวายโมง เมื่อเทียบกับปลาสวาย ตามที่แสดงในภาพที่ 22 เห็นได้อย่างชัดเจนว่าปลาสวายมีค่ากิจกรรมเอนไซม์สูงกว่าปลาสวายโมงในทั้ง 3 อวัยวะ โดยเฉพาะตับซึ่งเป็นแหล่งผลิตเอนไซม์ดังกล่าว ทำให้เห็นว่าปลาสวายมีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตได้ดีกว่าปลาสวายโมง ซึ่งสะท้อนให้เห็นจากการอภิปรายก่อนหน้านี้ที่ระบุว่า ปลาสวายที่เลี้ยงในภาคกลางที่เลี้ยงด้วยเศษอาหารที่มีข้าวและขนมปังเป็นส่วนประกอบ สามารถเจริญเติบโตได้ดีโดยไม่ต้องใช้อาหารเม็ด



ภาพที่ 22 กิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสในอวัยวะต่างๆ ของปลาสวายโมง และ ปลาสวาย

สำหรับค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสของปลาสวายโมง เมื่อเปรียบเทียบกับปลาสวาย และปลานิล (รุ่งกานต์, 2552) ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในปลาสวายโมงมีค่าสูงกว่าปลาสวายและปลานิล ในทั้งสาม

อวัยวะอย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 23 ผลการเปรียบเทียบดังกล่าวทำให้ทราบว่าปลาสวายโมงมีความสามารถในการใช้ไขมันจากอาหารได้เป็นอย่างดี ปรากฏการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับการเลี้ยงปลาสวายโมงของเกษตรกรในจังหวัดอุบลราชธานีที่เลี้ยงปลาสวายโมงในกระชังโดยการใช้ไส้ไก่ที่ซื้อมาจากโรงงานแล่เนื้อไก่ในบริเวณใกล้เคียง ข้อมูลดังกล่าวเป็นประโยชน์สำหรับเกษตรกรที่เลี้ยงปลาสวายโมงในกรณีที่ใช้เศษเหลือจากโรงฆ่าสัตว์เพื่อลดต้นทุนค่าอาหาร



ภาพที่ 23 กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในอวัยวะต่างๆ ของปลาสวายโมง ปลาสวาย และปลานิล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา พยุหะ จิตรา สิมาวัน ชำนาญ แก้วมณี และ ชุติมา ทองแก้ว. (2550). การพัฒนาการเลี้ยงปลาพื้นเมืองในสกุล Pangasius เพื่อให้มีคุณภาพเนื้อเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 116 หน้า.

จิตรา สิมาวัน. (2551). ผลของระดับคาร์โบไฮเดรตในอาหารต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพเนื้อของปลาโมง (*Pangasius bocourti*). ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี. 10 หน้า.

เจษฎา อิสเหาะ และ สุภาวดี โกยดุล. (2540). ระดับคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมในอาหารสำหรับเลี้ยงลูกปลาสวายเผือกในกระชัง. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา. 66 หน้า.

ประเสริฐ สายสิทธิ์ มะลิ บุญยรัตผลิน และ นันทิยา อุ่นประเสริฐ. (2525). อาหารปลา. กรุงเทพฯ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.

รุ่งกานต์ กล้าหาญ. (2552). กิจกรรมของเอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร ประสิทธิภาพการย่อยอาหารและผลของการเสริมเอนไซม์ต่อการใช้ประโยชน์ของอาหารในปลานิล (*Oreochromis niloticus*). ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิมล จันทรโรทัย ประเสริฐ สีตะสิทธิ์ ศิริมล ชุ่มสูงเนิน และ สมฤกษ์ ชินมุข. (2535). อาหารที่ระดับโปรตีนต่างกันแต่พลังงานคงที่ต่อการเจริญเติบโตและไขมันสะสมในปลาสวาย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 124. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง.

วิวัฒน์ ปรารมภ์ และ ชัยศิริ ศิริกุล. (2538). การศึกษาชีววิทยาบางประการของปลาโมง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 22 . กองประมงน้ำจืด, กรมประมง. 53 หน้า.

วรรณนภา รังสินธุ์. (2555). กิจกรรมของเอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร ประสิทธิภาพการย่อยอาหารและผลของการเสริมเอนไซม์ต่อการใช้ประโยชน์ของอาหารในปลาสวาย *Pangasianodon hypophthalmus* Sauvage, 1878. ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีรพงษ์ วุฒิพันธุ์ชัย. (2536). อาหารปลา. ภาควิชาวาริชศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

สุดาวรรณ กาญจนวรกุล อรพินท์ จิตสถาพร และ ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ. (2548). การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของปลาช่อน (*Channa striata*). การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43. กรุงเทพมหานคร. 1-4 กุมภาพันธ์ 2548: 100-107.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1995). Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC, Arlington, VA, USA.

Arai, S. (1991). Eel, *Anguilla* spp. In: R.P. Wilson (Editor), Handbook of Nutrient Requirements of Finfish, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 69-75.

Arockiaraj, A.J., Muruganandam, M., Marimuthu, K. and Haniffa, M.A. (1999). Utilization of carbohydrates as a dietary energy source by Striped Murrel *Channa striatus* (Bloch) fingerlings. Acta Zoologica Taiwanica. 10(2): 103-111.

Berger, A. and Halver, J.E. (1987). Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate content on the growth, feed efficiency and carcass composition of striped bass, *Morone saxatilis* (Walbaum), fingerlings. Aquacult. Fish. Manag., 18: 345-356.

Berra, T.M. (1981). An atlas of distribution of the freshwater fish families of the world. Univ. of Nebrasha press p. 74 -75.

Bezerra, R.S., E.J.F. Lins, R.B. Alencar, P.M.G. Paiva, M.E.C. Chaves, C.B.B. Luana and L.B. Carvalho Jr. (2005). Alkaline proteinase from intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Proc. Biochem. 40: 1829-1834.

Booyaratpalin, M. (1991). Asian seabass, *Lates calcarifer*. In: R.P. Wilson (Editor), Handbook of Nutrient Requirements of finfish, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 5-11.

Cowey, C.B., Adron, J.W. and Brown, D.A. (1975). Studies on the nutrition of marine flatfish. The metabolism of glucose by plaice (*Pleuronectes platessa*) and the effect of dietary energy source on protein utilization in plaice. Br. J. Nutr., 33: 219-231.

Debnath, D., A.K. Pal, N.P., Sahu, S., Yengkokpam, K,. Baruah, D., Choudhury, and Venkateshwarlu, G. (2007). Digestive enzymes and metabolic profile of *Labeo rohita* fingerlings fed diets with different crude protein levels. Comp. Biochem. Physiol B 146:107-114.

Ellis, S.C. and Reigh, R.C. (1991). Effects of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body composition of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. Aquaculture, 97: 383-394.

Erfanullah and Jafri, A.K. (1995). Protein-sparing effect of dietary carbohydrate in diets for fingerling *Labeo rohita*. Aquaculture, 136: 331-339.

Fountoulaki, E.; Alexis, M.N.; Nengas, I.; Venou, B. (2005). Effect of diet composition on nutrient digestibility and digestive enzyme levels of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). Aquaculture Research 36: 1243-1251.

Gangadhara B., Nandeesha M.C., Varghese T.J., Keshavanath P. (1997). Effect of varying protein and lipid levels on the growth of rohu, *Labeo rohita.* Asian Fish. Sci., 10: 139–147.

Giri, B.C., Chakraborty, T., Chaudhuri, K.S., (2000). A note on a lot sizing heuristic for deteriorating items with time-varying demands and shortages. Computers and Operations Research 27, 495–505.

Gisbert, G., Gimenez, G., Fernandez, L., Kotzanmanis, Y and Estevez, A. (2009). Development of digestive enzymes in common detex *Dentex dentex* during early ontogeny. Aquaculture, 287: 381-387

Hardy, R.W. (1991). Pacific salmon, *Oncorhynchus* spp. In: R.P.Wilson (Editor), Handbook of Nutrient Requirements of Finfish. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 105-121.

Hashini, S., V. Reshmi and S. Sreekumar. (2003). A brain peptide stimulates release of amylase from the midgut tissue of larvae of *Opisina arenosella* Walk. (Lipidoptera: Cryptopsasidae). Neuropeptides, 37: 133-139.

Helland, S., Storebakken, T. and Grisdale-Helland, B. (1991). Atlantic salmon, *Salmo salar*. In: R.P. Wilson (Editor), Handbook of Nutrient Requirements of Finfish, CRC Press, Boca Paton, FL, pp. 13-22.

Hung, L.T., Lazard, J., Mariojouls, C. and Mareau, Y. (2003). Comparison of starch utilization in fingerlings of two Asian catfishes from the Mekong River (*Pangasius bocourti* Sauvage, 1880, *Pangasius hypophthalmus* Sauvage, 1878). Aquaculture Nutrition,Volume 9 Issue 4 Page 215.

Jafri, A.K.E. (1995). Protein-sparing effect of dietary carbohydrate in diets for fingerling *Labeo rohita*. Aquaculture. 136: 331-339.

Jantarotai W., P. Sitasit and S. Rajchapakdee. (1994). The optimum carbohydrate to lipid ratio in *Clarius* hybrid catfish (*Clarius macrocephalus x C. gariepinus*) diets containing raw broken rice. Aquaculture, 127:61-68.

Kanjana, Payooha. (2001). Impact of feeding strategies on the growth and flesh quality of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus).* Ph.D.Dissertation. Asian Institute of Technology. Thailand.

Kawai, S., and S.Ikeda. (1972). Studies on digestive enzymes of fishes II. Effect of dietary change on the activities of digestive enzymes in carp intestine. Bull. Jpn. Soc. Sci. fish. 38:265-270.

Khanh, P.V., Tuan, N., Hao, N.V., Jeney, Z., Trong,T.Q. and Thanh, N.M. (1999). Review of biology andbreeding of some indigenous fish species in the Mekong delta of Vietnam. Cai Be. Tien Giang. Vietnam. 32 pp.

Krishna, R. and Kumar.R. (2001) Optimum dietary carbohydrate requirement of ROHU, *Labeo Rohita* (Hamilton), fingerlings. Acta Ichthyol. Piscat. 31(1): 81-96.

Kwantong S. and Bart, A.N. (2003). Effect of cryoprotectants extenders and freezing rates on the fertilization rates of frozen striped catfish, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage), sperm. Aquaculture research, 34: 887-893.

Lemieux H, Blier, P. and Dutil, JD. (1999). Do digestive enzymes set a physiological limit on growth rate and food conversion efficiency in the Atlantic cod (*Gadus morhua*) J. Fish Biol. 20: 293-303.

Lim, C. (1991). Milkfish, *Chanos chanos*. In: R.P. Wilson (Editor), Handbook of Nutrient Requirements of Finfish, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 97-104.

Lin, D., (1991). Grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. In: R.P. Wilson (Editor), Handbook of Nutrient Requirements of Finfish, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 169-179.

Luquet, P. (1991). Tilapia, *Oreochromis* spp. In: R.P. Wilson (Editor), Handbook of Nutrient Requirements of Finfish, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 97-104.

Markweg, H., M.S. Lang and F. Wagner. (1995). Dodecanoic acid inhibition of lipase from *Acinetobacter* sp. *OPA 55*. Enz. Microb. Tech. 17: 512-516.

Mohanta K.N., Mohanty S.N., Jena J.K. and Sahu, N.P. (2008). Protein requirement of silver barb, *Puntius gonionotus* fingerlings. *Aquacult. Nutr.*, 14:143-152.

Mollah, M.F.A. and Alam, M.S. (1990). Effects of different levels of dietary carbohydrate on growth and feed utilization of catfish (*Clarias batrauhus* L.) fry. Indian J. Fish. 37(3): 243-249.

Moraes, G. and Bidinotto, P.M. (2000). Induced changes in the amylohydrolytic profile of the gut of *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1885) fed different levels of soluble carbohydrate: its correlation with metabolic aspects. Rev. Ictiol. 8: 47-51.

Munilla-Morán, R. and Saborido-Rey, F. (1996). Digestive enzymes in marine species.II. Amylase activities in gut from seabream (*Sparus aurata*), turbot (*Scophthalmus maximus*) and redfish (*Sebastes mentella*). Comp. Biochem. Physiol., B, 113: 827-834.

Natalia, Y., Hashim, R., Ali, A. and Chong, A. (2004). Characterization of digestive enzymes in a carnivorous ornamental fish, the Asian bony tongue *Scleropages formosus* (Osteoglossidae). Aquaculture, 233: 305-320.

National Research Council (NRC). (1981). Nutrient Requirements of Coldwater Fishes, National Academy Press, Washington, DC, 63 pp.

Nematipour. G.R., Brown, M.L. and Gatlin, D.M. Ill, (1992). Effect of dietary carbohydrate:lipid ratio on growth and body composition of hybrid striped bass. J. World Aquacult. Soc., 23: in press.

Ningrum, S., Azwar, Z.I. and Sulhi, M. (2005). Evaluation of different carbohydrate sources on the growth and feed utilization in Asian catfish (*Pangasius djambal*). Research Institute for Freshwater Aquaculture, Indonesia.

Orire, A.M. and Sadiku, S.O.E. (2014). Effects of carbohydrate sources on the growth and body composition of African catfish (*Clarias gariepinus*). Internationals Journal of Fisheries and Aquaculture. 6(5): 55-61.

Peres, A., Z. Infante and C.L. Cahu. (1998). Dietary regulation of mRNA levels of trypsin and amylase in sea bass (*Dicentrachus labrax*) larvae. Fish Physiol. Biochem. 19:145-152.

Pérez-Jiménez, A., Hidalgo, M.C., Morales, A.E., Arizcun, M., Abellán, E., Cardenete, G. (2009). Use of different combinations of macronutrients in diets for dentex (Dentex dentex). Effects on intermediary metabolism. Comp. Biochem. Physiol. A 152, 314–321.

Phan, L.T., Bui, T.M., Nguyen, T.T.T., Gooley, G.J., Ingram, B.A., Nguyen, H.V., Nguyen, P.T. and De Silva, S.S. (2009). Current status of farming practices of striped catfish *Pangasianodon hypophthalmus* in Mekong Delta, Vietnam. Aquaculture. 296: 227-236.

Phuong, N.T. (1998). Pangasius catfish cage culture in the Mekong Delta: Current status and study for feeding improvement. PhD Thesis. Institut National Polytechnique de Toulouse, France 134 pp.

Prasertwattana, P., Singsee, S and Udomkran, C. (2003). Survey of cage culture of Mekong indigenous fish along the Mekong and Songkhram River, Nakhonphanom Province, Thailand. Proceeding of the 5th Technical Symposium on Mekong Fisheries, MRC Conference Series No. 4. Thailand. P.181-183.

Raj, A.J.A., Haniffa, M.A., Seetharaman, S. and Appelbaum, S. (2008). Utilization of various dietary carbohydrate levels by the freshwater catfish *Mytus montanus* (Jerdon). Turkish Journal of Fisheries and Aquaculture Science. 8: 31-35.

Satoh, S. (1991). Common carp, *Cyprinus carpio*. In : R.P. Wilson (Editor), Handbook of Nutrient Requirements of Finfish, CRC Press, Boca Roton, FL, pp. 55-67.

Saurez, M.D., M.C. Hidalgo, M. Galcia Galego, A. Sanz, M. and De la Higuera. (1995). Influence of the relative proportions of the energy yielding nutrients on the liver intermediary metabolism of Eropean eel. Comp. Biochem. Physiol. A 111: 421-428.

Seenappa, D. and Devaraj, K.V. (1995). Effect of different levels of protein, fat and carbohydrate on growth, feed utilization and body carcass composition of fingerlings in *Catla catla* (Ham.). Aquaculture. 129: 243-249.

Shimeno, S. (1991). Yellowtail, *Seriloa quinqueradiata*. In: R.P. Wilson (Editor), Handbook of Nutrient Requirements of Finfish, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 181-191.

Smith R. G. (1980). "Applications of the contract net framework: Search," in Proc. 1980 Nat. Conf. Canadian Soc. for Computational Studies of Intell, May 1980, pp. 232-239.

Tengjaroenkul, B., Smith, B.J., Caceci, T. and Smith, S.A. (2000). Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture, 182: 317-327.

Torrissen, K.R. and Shearer, K.D. (1992). Protein digestion, growth and food conversion in atlantic salmon and arctic charr with different trypsin-like isozyme patterns. J. Fish Biol. 41:409-415.

Tyson, R.R. (1991). Systematic Revision of the Asian catfish family Pangasiidae, with biological observation and description of three new species. Proceeding of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 143: 97-144.

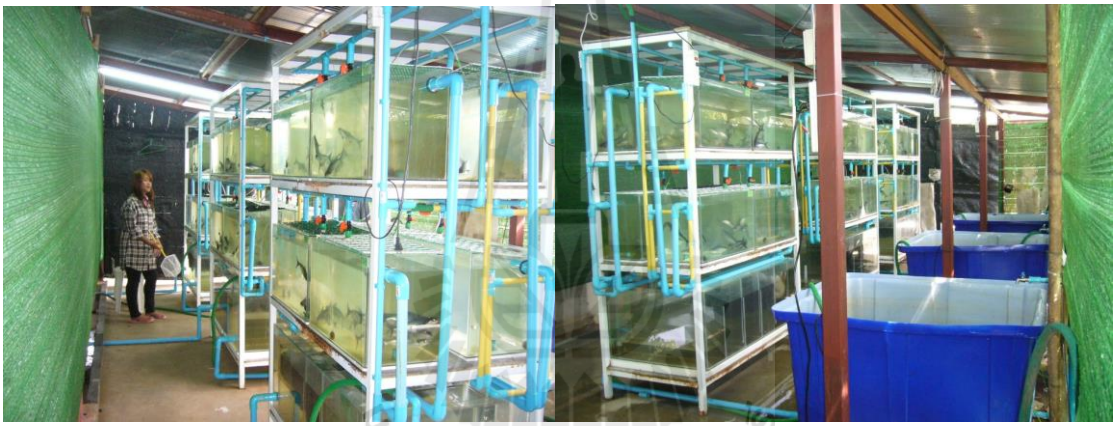
Ufodike, E.B.C. and Matty, A.J. (1983). Growth response and nutrient digestility in Mirror carp (*Cyprinus carpio*) fed different levels of cassava and rice. Aquaculture 31: 41-50.

Vonk, H, J. and Western, J. R. H. (1984). Comparative biochemistry and physiology of enzymatic digestion. Academic Press, Inc. London.

Wilson, R.P. (1991). Channel catfish, *Ictalurus punctatus*. In: R.P. Wilson (Editor), Handbook of Nutrient Requirements of Finfish, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 35-53.

ภาคผนวก ก.

ภาพที่ 1 เตรียมลูกปลาสวายโมงเพื่อการทดลอง



ภาพที่ 2 ลักษณะภายในโรงเรือนและตู้ทดลองปลาสวายโมงขนาดเล็ก

ภาพที่ 3 ขั้นตอนการชั่งวัดงานทดลองปลาสวายโมงขนาดเล็ก

ภาพที่ 4 การทำอาหารทดลองปลาสวายโมงขนาดเล็ก โดยเป็นวิธีการต้มมันสำปะหลังบด เพื่อจะนำไปผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ต่อไป

ภาพที่ 5 เครื่องอัดอาหารและการทำให้อาหารที่ผ่านการอัดให้แห้งด้วยวิธีการตากแดด

ภาพที่ 6 ปลาสวายโมงขนาดเล็กเมื่อสิ้นสุดการทดลองและอวัยวะต่างๆ ในท่อทางเดินอาหาร เพื่อนำไปวิเคราะห์กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์

ภาพที่ 7 กระชังที่ใช้เลี้ยงปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย และการเตรียมอาหารทดลองเพื่องานทดลองปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัย

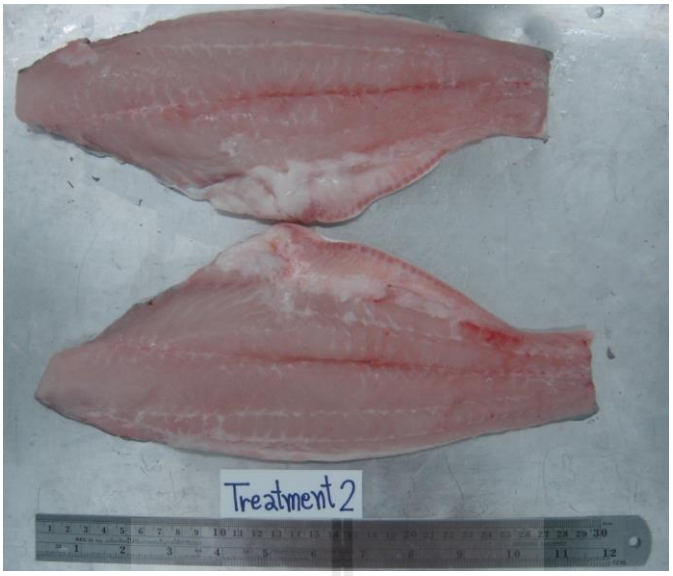
ภาพที่ 8 การทำให้ส่วนผสมต่างๆ ให้เข้าด้วยกัน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะยังไม่ทำการเติมน้ำมันพืชและวิตามินลงไป

ภาพที่ 9 เครื่องอัดเม็ดอาหารลอยน้ำ และอาหารเม็ดสำหรับทดลอง

ภาพที่ 10 ขั้นตอนการนำอาหารเม็ดไปคลุกวิตามินและน้ำมันพืชก่อนจะนำอาหารไปตาก

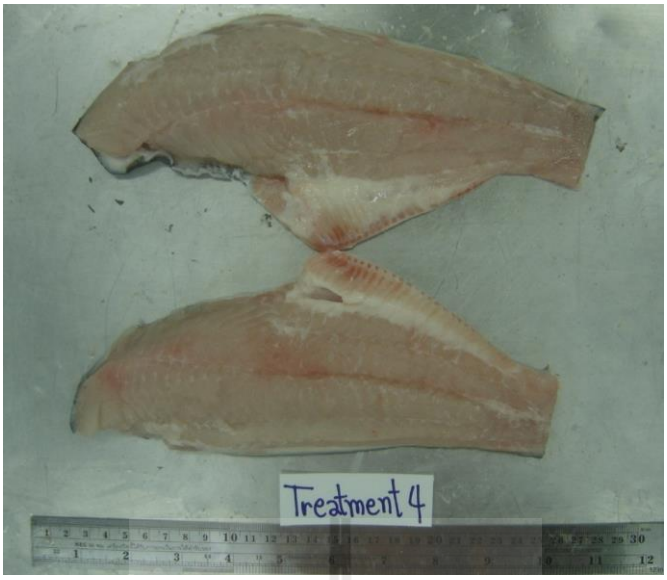
ภาพที่ 11 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างเนื้อปลาสวายโมงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ภาพที่ 12 ตัวอย่างเนื้อปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 37 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 13 ตัวอย่างเนื้อปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 46 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 14 ตัวอย่างเนื้อปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 53 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 15 ตัวอย่างเนื้อปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 23 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 57 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 16 ตัวอย่างเนื้อปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีระดับโปรตีน 19 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับคาร์โบไฮเดรต 61 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 17 ตัวอย่างเนื้อปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกที่มีระดับโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 18 ตัวอย่างเนื้อปลาสวายโมงขนาดวัยรุ่นถึงตัวเต็มวัยกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปลาดุกที่มีระดับโปรตีนไม่น้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 19 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความชื้น

ภาพที่ 20 ขั้นตอนการวิเคราะห์เถ้า

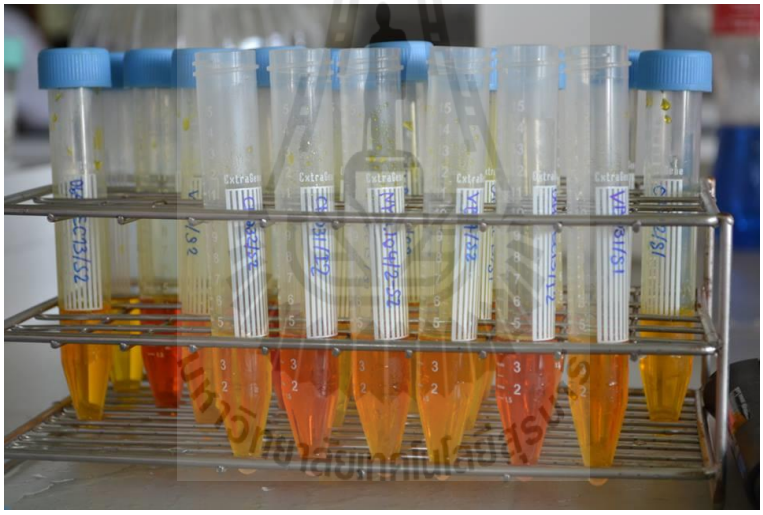
ภาพที่ 21 ขั้นตอนการวิเคราะห์ไขมัน

ภาพที่ 22 ขั้นตอนการสกัดโปรตีน

ภาพที่ 23 ขั้นตอนการกลั่นโปรตีน

ภาพที่ 24 ขั้นตอนการวิเคราะห์โปรตีนโดยการไตเตรท

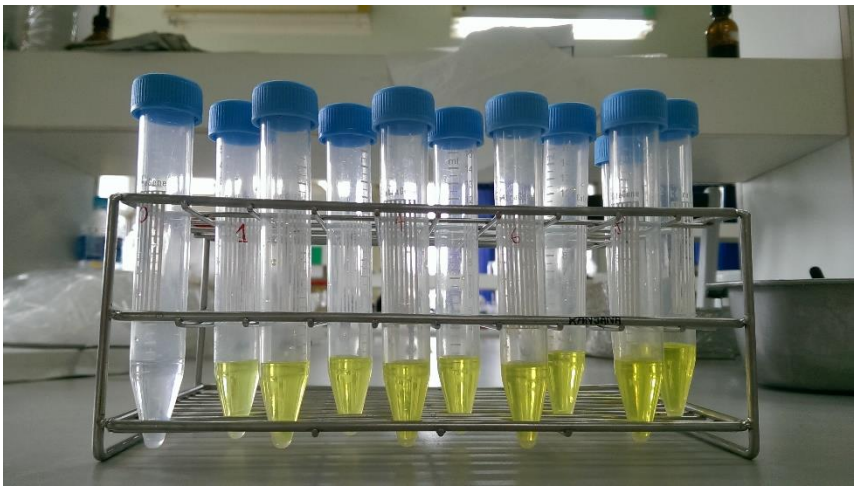
ภาพที่ 25 ตัวอย่างเอ็นไซม์ที่สกัดได้จากอวัยวะต่างๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์กิจกรรมการทำงานของเอ็นไซม์โปรติเอส อะไมเลส และไลเปส



ภาพที่ 26 การวิเคราะห์หากิจกรรมการทำงานของเอ็นไซม์อะไมเลส

ภาพที่ 27 การวิเคราะห์หากิจกรรมการทำงานของเอ็นไซม์โปรติเอส

ภาพที่ 28 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในเอ็นไซม์



ภาพที่ 29 การวิเคราะห์หาค่ามาตรฐานของกิจกรรมการทำงานของเอ็นไซม์ไลเปส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1.1 การวิเคราะห์หาค่าความชื้นและสิ่งแห้ง (Moisture and Dry Matter)

1.1.1 หลักการและเหตุผล

ความชื้นในอาหารหรือวัตถุอาหารมีผลต่อค่าตัวเลขที่แสดงถึงปริมาณโภชนะต่างๆที่มีอยู่ในตัวอย่างนั้น เมื่อแสดงปริมาณโภชนะเป็นสัดส่วนของน้ำหนักจริง นอกจากนี้ปริมาณความชื้นที่เพิ่มมากเกินไปจะมีผลต่อการรักษาวัตถุอาหาร ณ อุณหภูมิห้อง ดังนั้นในการที่จะเปรียบเทียบปริมาณโภชนะระหว่างวัตถุอาหารต่างๆจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงค่าของความชื้น ลักษณะของน้ำหรือความชื้นที่ประกอบอยู่ในอาหารจะเป็นน้ำอิสระ (Free or available water) ส่วนน้ำซึ่งเกาะอยู่กับโมเลกุลสารประกอบอื่นๆ (Bound water) เช่น โปรตีน การที่จะแยกออกมาโดยการระเหยให้แห้งด้วยความร้อนนั้นทำได้ลำบาก เพราะใช้อุณหภูมิสูงและจะทำให้เกิดการสลายของสารประกอบอื่นๆที่มีอยู่ในอาหารนั้นด้วย

1.1.2 วิธีการวิเคราะห์หาความชื้นโดยวิธีอบแห้ง (Dry oven method)

1.1.2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1) ตู้อบแห้ง (Dry oven)

2) ถ้วยอะลูมิเนียมและช้อนตักตัวอย่าง

3) เครื่องชั่งละเอียดทศนิยมไม่ต่ำกว่า 3 ตำแหน่ง

1.1.2.2 วิธีวิเคราะห์

1) อบถ้วยอะลูมิเนียมที่ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชม. ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น

2) ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ใส่ในถ้วย แล้วนำไปอบที่ 105 องศาเซลเซียส นาน 4-8 ชม

3) ชั่งน้ำหนักถ้วยหลังอบ

1.1.2.3 การคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

$$\% \text{ สิ่งแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{ตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

หรือ = 100 - % ความชื้น

1.2 การวิเคราะห์หาสารไขมัน (Crude Lipid)

1.2.1 หลักการและเหตุผล

สารไขมัน (Lipids) มีคุณสมบัติในการละลายได้ในสารอินทรีย์ (Organic solvents) เช่น alcohol petroleum ether heptane toluene เป็นต้น การสกัดสารไขมันอย่างต่อเนื่องด้วย petroleum ether โดยใช้เครื่องสกัดประเภท soxlettype extractor หรือแบบอื่น ๆ ที่ทำงานในลักษณะเดียวกัน คือ มีการให้ความร้อนจนสารละลายอินทรีย์ระเหย แล้วทำให้มีการควบแน่นกลับคืนของไอระเหยของสารนั้น เมื่อผ่านเครื่องควบแน่น (Condenser) ในระบบปิด เพื่อให้ไหลกลับลงมาละลายหรือสกัดสารไขมันออกจากตัวอย่าง โดยปกติจะใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมงในการสกัด แต่เวลาที่เหมาะสมจะแปรผันไป ขึ้นอยู่กับปริมาณและลักษณะของตัวอย่างที่นำมาสกัด หลังขบวนการสกัดตามเวลาที่กำหนด petroleum ether ที่ใช้จะถูกระเหยและแยกออกไปเกือบหมดเหลือส่วนที่ยังคงตกค้างอยู่กับสารไขมันที่สกัดได้ เมื่อนำเข้าอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงครึ่งถึง 2 ชั่วโมง petroleum ether ที่เหลือก็จะระเหยไปหมด

1.2.2 วิธีการวิเคราะห์หาไขมัน (Ether Extract) ด้วยเครื่อง Soxtherm

1.2.2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1) เครื่อง soxtherm สำหรับสกัดสารด้วยตัวทำละลาย (Solvent) ที่มีระบบควบแน่นตัวทำละลาย

2) thimble ขนาด 33 x 88 mm. (ตามขนาดที่ใช้กับเครื่อง) และสำลี

3) กระบอกแก้วสำหรับรองรับไขมันที่สกัดได้ (Glass extraction beaker) ที่ใช้กับเครื่อง soxtherm

4) petrolium ether ที่มีจุดเดือด 40 –60 องศาเซลเซียส

1.2.2.2 วิธีการวิเคราะห์

1) ชั่งน้ำหนัก thimble ที่อบแห้งแล้ว ตักตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ใน thimble ประมาณ 3–5 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนไว้ ใช้สำลีปิดปาก thimble ป้องกันตัวอย่างลอย

2) ชั่งและบันทึกน้ำหนักกระบอกแก้วที่อบแห้ง (ในโถดูดความร้อน) เท pretrolium ether ลงในกระบอกแก้ว 60 มล.

3) นำ thimble และกระบอกแก้วไปประกอบใส่เครื่องสกัดไขมัน soxtherm ที่เปิดน้ำผ่านระบบ condenser แล้วต่อไป

4) เดินเครื่องเพื่อสกัดไขมันเป็นเวลาประมาณ 6 ชม. เพื่อให้ไขมันถูกสกัดออกหมด

5) หยุดการสกัดโดยปรับปุ่ม recovery เพื่อให้อีเทอร์ระเหยออกจากกระบอกแก้วควบแน่นและหยดลงถังเก็บจนเหลือในกระบอกแก้วประมาณ 2–3 มล. ระวังอย่าให้แห้งจนถึงไหม้

6) นำกระบอกแก้วพร้อมไขมัน เข้าอบที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 4 ชม. เพื่อให้อีเทอร์ระเหยออกหมด

7) นำกระบอกแก้วพร้อมไขมัน มาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็น ชั่งและบันทึกน้ำหนักไขมัน

1.2.2.3 การคำนวณ

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{\text{น.น.แก้วหลังอบ} - \text{น.น.แก้วก่อนอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

1.3 การวิเคราะห์หาโปรตีนหยาบ (Crude Protein)

1.3.1 หลักการและเหตุผล

โปรตีนเป็นสารที่จำเป็นแก่ร่างกายทั้งคนและสัตว์ เช่นเดียวกับสารอาหารอื่นๆ แต่โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีราคาแพง เมื่อเทียบต่อหน่วยน้ำหนัก และปริมาณความต้องการโปรตีนของร่างกาย ดังนั้นจึงมักมีการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในอาหารหรือวัตถุดิบอาหารต่างๆ วิธีการวิเคราะห์โปรตีนในห้องปฏิบัติการโดยทั่วไปนิยมใช้วิธีเจลดาห์ล (Kjeldahl method) เป็นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุไนโตรเจน ทั้งหมด ซึ่งจะรวมทั้งธาตุไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโน (Amino acid) ในโปรตีนจริงและธาตุไนโตรเจนในรูปสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่โปรตีน (Non protein nitrogen: NPN) การวิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl method เป็นการเปลี่ยนไนโตรเจนที่มีในอาหารให้อยู่ในรูปของ ammonium sulfate $(NH_4)_2SO_4$ โดยการย่อยตัวอย่างกับกรดกำมะถันเข้มข้น (H_2SO_4 conc.) และเมื่อให้ทำปฏิกิริยาต่อกับด่าง NaOH ก็จะได้ก๊าซแอมโมเนียหรือในรูป NH_4OH ที่ละลายอยู่ในน้ำ แล้วทำการกลั่นเพื่อแยกเอาไนโตรเจนออกมา โดยใช้กรดมาตรฐานที่มีปริมาณมากเกินพอเป็นตัวดักจบเอาไว้ หลังจากนั้นจึงนำไปไตเตรทหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่กลั่นได้จากตัวอย่าง ซึ่งเมื่อคูณปริมาณไนโตรเจนด้วย protein factor (ทั่ว ๆ ไปใช้ค่าเฉลี่ย 6.25) แล้วจะได้ค่าโปรตีนหยาบทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่างนั้น

การวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การย่อย (Digestion) เป็นการนำตัวอย่างมาย่อยหรือทำปฏิกิริยากับกรด H_2SO_4 conc. ให้สมบูรณ์ ไนโตรเจนในอาหารในรูป organic nitrogen จะถูกเปลี่ยนเป็น ammonium sulfate
2. การกลั่น (Distillation) เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างด่าง NaOH กับไนโตรเจนที่อยู่ในรูป ammonium sulfate ได้ NH_3 ซึ่งจะถูกกลั่นออกมาในรูปก๊าซ NH_3 หรืออยู่ในรูปรวมกับน้ำเป็น ammonium hydroxide (NH_4OH) และถูกจับไว้ด้วยกรดมาตรฐานที่มากเกินพอ ดังปฏิกิริยา
3. ไตเตรท (Titration) เป็นการหาปริมาตรของไนโตรเจนที่ถูกกลั่นอกมาในรูปของก๊าซแอมโมเนียที่ทำปฏิกิริยากับกรดมาตรฐานที่ใช้ไตเตรท เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ในตัวอย่าง

1.3.2 วิธีการวิเคราะห์โดย Kjeldahl method

1.3.2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1) kjeldahl digestion flask ขนาด 750 – 800 มล.

2) เครื่องอุปกรณ์สำหรับย่อยและกลั่นโปรตีน

3) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 200 มล.

4) pipette ขนาด 25 มล.

5) ชุดอุปกรณ์สำหรับไตเตรท ได้แก่ burette ขาตั้ง และแม่เหล็กช่วยกวน (Magnetic stirrer)

6) ขวดฉีดบรรจุน้ำกลั่น

7) กระดาษแก้วชั่งสารที่ไม่มีไนโตรเจนปน สำหรับชั่งและห่อตัวอย่าง

8) สารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst mixture) จำนวน 2 กรัม ต่อ flask ประกอบด้วย anhydrous sodium sulfate (Na_2SO_4) 20 ส่วนและ anhydrous copper sulfate ($CuSO_4$) 1 ส่วน โดยน้ำหนัก

9) screen methyl red indicator

10) สารละลาย NaOH 45% จำนวน 85 มิลลิลิตรต่อ flask

11) standard 0.1 N. H_2SO_4 หรือ 0.1 N HCl

12) standard 0.1 N. NaOH หรือ boric acid 4% (Saturated)

13) ลูกแก้ว (Glass beads) 2-3 เม็ด ต่อ flask

14) กรด H_2SO_4 เข้มข้น 25 มิลลิลิตร ต่อ flask

1.3.2.2 วิธีวิเคราะห์

1) ชั่งตัวอย่างประมาณ 1-2 กรัม วางบนกระดาษชั่งสารชนิดที่ไม่มีไนโตรเจน พับกระดาษเพื่อห่อตัวอย่างใส่ลงใน kjeldahl digestion flask

2) เตรียม blank โดยทำเช่นเดียวกัน แต่ไม่ได้ใส่ตัวอย่างใส่เฉพาะกระดาษชั่งสาร

3) เติม catalyst mixture จำนวน 2 กรัม และลูกแก้ว 2 เม็ด ตวงกรด H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 25 มิลลิลิตร เทใส่ลงโดยค่อยๆ เทล้างตัวอย่างที่อาจจะติดข้างคอขวดลงไปด้วย เขย่าอย่างระมัดระวังให้กรดเปียกทั่วห่อตัวอย่าง

4) นำไปต้มย่อยบนเตาของเครื่องสำหรับย่อย โดยเปิดระบบดูดไอกรดให้เรียบร้อยก่อน จึงเปิดสวิตซ์เตาให้ความร้อน ควรเปิดที่สวิตซ์ไฟหมายเลข 2 (สังเกตพอให้กรดเดือดเบา ๆ) ระหว่างการย่อยให้คอยหมุนขวดเป็นครั้งคราวเพื่อให้กรดไหลชะตัวอย่างที่ติดตามข้ามผนังขวดลงมาทำปฏิกิริยาได้หมด

5) ต้มย่อยตัวอย่างจนได้สารละลายใส หลังจากนั้นให้ต้มย่อยอีก 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง เพื่อให้การเกิดปฏิกิริยา oxidation นั้นสมบูรณ์ (ระวังถ้าตัวอย่างแห้งให้เริ่มทำใหม่)

6) หยุดให้ความร้อน รอให้เย็น เพื่อรอขั้นตอนการกลั่นต่อไป (ในกรณีที่จำเป็นต้องเอาขวดออกก่อนเย็น ให้ปิดปากขวดด้วยจุกยางเพื่อป้องกันไอกรดฟุ้งกระจาย)

7) เตรียมการกลั่นโดยใช้ pipette ดูด standard 0.1MH_2SO_4 (หรือแทนด้วย boric acid 4%) จำนวน75 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติม screen methyl

red indicator 4 หยด นำไปต่อเข้ากับชุดเครื่องกลั่นโปรตีน โดยใช้ปลายท่อของชุดควบแน่น (Condenser) จุ่มอยู่ใต้ระดับของสารละลายใน erlenmeyer flask

8) ทำเช่นเดียวกันกับทุกขวดตัวอย่าง รวมทั้ง blank จนเสร็จ

9) เตรียมชุดเครื่องกลั่นโปรตีนเปิดน้ำไหลผ่าน condenser ให้เย็น

10) เตรียมน้ำกลั่นประมาณ 300–400 มิลลิลิตร ลงใน kjedahl flask ที่ตัวอย่างถูกย่อยจนใสและเย็นแล้วค่อยๆ เทน้ำกลั่นโดยให้น้ำไหลชะล้างคอขวดลงพร้อมกับเอียงและหมุนขวดไปด้วย

11) เติม NaOH 45 % จำนวน 80 มิลลิลิตร ลงใน kjedahl flask ในลักษณะเอียงคอขวดให้ NaOH ค่อย ๆ ไหลไปตามข้างผนังขวด แล้วรีบนำไปปิดด้วยจุกยางที่ปลายท่อ condenser ของชุดเครื่องกลั่นหมุนเขย่า kjedahl digestion flask เบา ๆ เพื่อให้สารผสมเป็นเนื้อเดียวกัน หยดน้ำกลั่นให้เป็นฟิล์มรอบบริเวณรอยต่อของจุกยางที่ติดกับปาก kjedahl digestion flask ก่อนวางบนเตาเพื่อป้องกันการรั่วของก๊าซ

12) ให้ความร้อนตัวอย่างจนแอมโมเนียถูกกลั่นออกมาใน erlenmeyer flask อย่างน้อย 200 มิลลิลิตร จึงหยุดให้ความร้อน เลื่อนไม้คอร์ดที่รองใต้ erlenmeyer flask ออกให้ปลายท่อค้างไว้เหนือระดับสารละลายสักครู่เพื่อให้ตัวอย่างที่ตกค้างในปลายท่อไหลออกหมด

13) ฉีดน้ำกลั่นชะล้างสารที่ติดอยู่รอบ ๆ ปลายท่อกลั่นก่อนที่จะยก erlenmeyer flask ออกแล้วจึงนำไปรอขั้นตอนการไตเตรทต่อ

14) ก่อนทำการไตเตรท ให้ล้างภายในระบบท่อของชุด condenser หลังกลั่นเสร็จโดยเติมน้ำกลั่นลงใน erlenmeyer flask อีกใบหนึ่งประมาณ 200 มิลลิลิตร นำไปสวมเข้ากับปลายท่อกลั่นแทนที่ขวดตัวอย่างที่กลั่นเสร็จแล้ว ปิดสวิตซ์เพื่อหยุดให้ความร้อน เมื่อ kjedahl digestion flask เย็นลงจะเกิดการดูดกลับของน้ำกลั่นขึ้นจาก erlenmeyer flask ชะล้างท่อ condenser และไหลเข้าสู่ kjedahl digestion flask และเนื่องจากแรงดูดน้ำกลับค่อนข้างแรงให้ระวัง kjedahl digestion flask จะถูกกระแทกตกจากเตาแตก

15) นำตัวอย่างที่กลั่นได้ไปทำการไตเตรทต่อโดยไตเตรท blank flask กับสารละลายมาตรฐาน 0.1 N. NaOH (หรือ 0.1 N. H_2SO_4 กรณีใช้ boric acid) จนกระทั่งสีของ indicator เปลี่ยนเป็นสีม่วงอมเทาหรือสีม่วงแดง คือ จุดสิ้นสุดปฏิกิริยา (End point) จดบันทึกปริมาตรของสารที่ใช้

16) ทำการไตเตรทตัวอย่าง เช่นเดียวกันกับ blank โดยใช้ blank เป็นตัวเทียบสีของจุดสิ้นสุดปฏิกิริยา

1.3.2.3 การคำนวณ

% ไนโตรเจน= $\frac{(H_2SO_4 \text{ ที่ไตรเตรทตัวอย่าง} - H_2SO_4 \text{ ที่ไตรเตรท blank}) \times 0.014 \times \text{Normal}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$

% โปรตีน = % ไนโตรเจน x 6.25

1.4 การวิเคราะห์หาเถ้าทั้งหมด (Total Ash)

1.4.1 หลักการและเหตุผล

เถ้าทั้งหมด (Total ash) ที่มีอยู่ในตัวอย่างอาหารหรือวัตถุดิบอาหารสัตว์ คือ ส่วนของอนินทรีย์สาร (Inorganic matter) ที่เหลืออยู่หลังจากที่อินทรีย์สาร (Organic matter) ได้ถูกเผาไหม้และสลายตัวเป็นแก๊สแล้ว จากเถ้าทั้งหมดเมื่อนำมาแยกโดยต้มกับกรดจะได้ส่วนของเถ้าที่ละลายในกรด (Acid soluble ash) และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Acid Insoluble Ash) อุณหภูมิในเตาเผา (Muffle furnace) ที่เหมาะสมคือ 550-570 ℃ ซึ่งถ้าอุณหภูมิสูงถึง 600 ℃ จะทำให้ chloride ซึ่งเป็นธาตุที่จะชี้ให้ทราบถึงปริมาณเกลือ (NaCl) ในตัวอย่างสูญสลายไป การเผาไหม้ที่สมบูรณ์จะได้เถ้าที่มีสีขาวหรือสีเทาอ่อน การหยด ammonia carbonate 2-3 หยดจะช่วยให้เถ้าที่ยังไม่ขาวมีลักษณะสีขาวขึ้น

1.4.2 อุปกรณ์และสารเคมี

1.4.2.1 ถ้วยกระเบื้อง (Crucible) และคีมคีบ (Tong)

1.4.2.2 ตู้ดูดควันและตะเกียงบุนเซ่น

1.4.2.3 เตาเผา (Muffle furnace)

1.4.3 วิธีการวิเคราะห์

1.4.3.1 เผาถ้วยกระเบื้องในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550-570 ℃ นาน 1-2 ชั่วโมง วางให้เย็นในโถดูดความชื้น

1.4.3.2 ชั่งและบันทึกน้ำหนักถ้วยกระเบื้อง ตักตัวอย่างใส่ 2 กรัม ชั่งและบันทึกน้ำหนัก

1.4.3.3 นำถ้วยกระเบื้องพร้อมตัวอย่างไปเผาในตู้ดูดควันด้วยตะเกียงบุนเซ่นจนหมดควันตัวอย่างเป็นสีดำ

1.4.3.4 นำเข้าเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550- 570 ℃ นาน 2 ชม.จนเถ้าเป็นสีขาวหรือเทาอ่อน

1.4.3.5 หยด ammonium carbonate 2-3 หยดลงในเถ้าระเหยให้แห้ง เผาต่อในเตาจนได้เถ้าสีขาวใช้คีมคีบถ้วย วางไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งและบันทึกน้ำหนัก

1.4.3.6 นำถ้วยไปเผาต่ออีก 30 นาที วางไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งและบันทึกน้ำหนัก

1.4.3.7 หยดน้ำกลั่นลงในเถ้า 2-3 หยด เพื่อใช้วิเคราะห์ต่อ

1.4.4 การคำนวณ

$$\% \text{ เถ้าทั้งหมด (Total Ash)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้าทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

1.5 การวิเคราะห์หาเยื่อใย (Crude Fiber)

1.5.1 หลักการและเหตุผล

เยื่อใยในอาหาร เยื่อใยในตัวอย่างวัตถุดิบหรืออาหารสัตว์ที่ใช้วิธีการวิเคราะห์โดยประมาณ จะได้ค่าวิเคราะห์ในรูปของปริมาณเยื่อใยทั้งหมดหรือเยื่อใยหยาบ (Crude Fiber; CF) ซึ่งคาร์โบไฮเดรตหรือ polysaccharides ในอาหารประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เป็น CF หรือ structural carbohydrate และส่วนที่อยู่ในเซลล์ (Cell content หรือ Non-structural carbohydrate หรือ nitrogen-free-extracted (NFE) คาร์โบไฮเดรตส่วนที่ยังเป็นโครงสร้างนี้ การวิเคราะห์หา CF จะช่วยให้เห็นถึงปริมาณ structural carbohydrate หรือ cell wall ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพในการย่อยคาร์โบไฮเดรตส่วนแป้งและน้ำตาล (Nitrogen-Free-Extract, NFE)

เมื่อรวมส่วนเปอร์เซ็นต์ของ moisture, ash, CP, CF และ EE ที่วิเคราะห์ได้แล้วหักออกจาก 100 ค่าที่ได้คือ % NFE หรือ ปริมาณแป้งในตัวอย่างนั้น อย่างไรก็ตาม สารอินทรีย์ที่จัดว่าอยู่ในส่วนของ CF อาจมีบางอย่างที่ไปรวมอยู่ในส่วนของ NFE ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและความแก่อ่อนของตัวอย่างพืชอาหารที่นำมาวิเคราะห์

$$\% \text{ NFE} = 100 - (H_2O + \text{EE} + \text{CF} + \text{CP} + \text{Ash})$$
$$= \text{DM} - (\text{EE} + \text{CF} + \text{CP} + \text{Ash})$$

ข้อจำกัดในการวิเคราะห์เยื่อใยในตัวอย่างโดย weende's system หรือ proximate analysis คือ วิธีนี้เพียงชี้ให้เห็นถึงค่าทางโภชนะเพียงหยาบ ๆ (Crude nutrients) แต่ไม่ได้ระบุถึงปริมาณโภชนะแต่ละตัวที่มีอยู่ในอาหารนั้น

ตารางที่ ก.1 สารประกอบที่มีในแต่ละค่าที่ได้จากการวิเคราะห์อาหารต่อวัตถุดิบอาหารโดย weende system หรือ proximate Analysis

Fraction	Component
Moisture	Water (and volatile acids and base if present)
Ash	Essential elements: Major : K, Mg, Na, S, Ca, P, Cl Trace : Fe, Mn, Cu, Co, I, Zn, Mo, Se, F, Br, Ba, Sr Non-Essential element : Si, Cr, Ni, Ti, Al, V, B, Pb, Sn
Crude Protein	Protein, amino acids, amines, nitrogenouse glycerides, glycerides, B vitamin (nitrates only partially)
Crude lipid	Fats, oils, waxes, organic acids, pigments, steroids, vitamin A,D,E,K
Crude Fiber	Cellulose, hemicellulose, lignin
Nitrogen-Free-Extracts	Starch, sugars, fructosanas, hemicellulose, pectin, Lignin, organic acids, resins, tannins, pigments, water-soluble vitamin

1.5.2 วิธีการวิเคราะห์

1.5.2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1) ชุดวิเคราะห์หาเยื่อใยซึ่งประกอบด้วย เตาให้ความร้อนและชุดควบแน่น (Condenser) ที่ใช้ควบคุมความเข้มข้นของกรด-ด่าง ในขณะต้มย้อยหาเยื่อใย

2) ชุดกรองเยื่อใย ประกอบด้วยเครื่องกรองและผ้ากรองหรือผ้าลินินบนกรวยกระเบื้อง (Buchner Funnel) ที่วางบนขวดรองรับ (Filtering flask) โดยอาศัยเครื่องปั๊มสูญญากาศ (Vacuum pump) หรือ suction pump ช่วยดูด

3) กระบอกแก้วชนิดขอบปากเรียบ สำหรับใส่ตัวอย่าง ขนาด 600 มิลลิลิตร

4) ถ้วยกระเบื้องหรือ gooch crucible ที่เผาไว้แล้ว และกระดาษแก้วสำหรับชั่งตัวอย่าง

5) น้ำกลั่นร้อน

6) H_2So_4 1.25% หรือ 0.255 $\pm$ 0.005 N.

7) NaOH 1.25% หรือ 0.255 $\pm$ 0.005 N.

8) แอลกอฮอล์ methanol 95%

9) ขวดฉีดน้ำกลั่นและช้อนเขี่ย (Spatula)

1.5.2.2 วิธีการวิเคราะห์

1) เผาถ้วยกระเบื้องและปล่อยไว้ให้เย็น ชั่งและจดบันทึกน้ำหนักถ้วยกระเบื้องที่จะใช้

2) ใช้กระดาษชั่งสาร ตักตัวอย่างประมาณ 2-3 กรัม ชั่งและจดบันทึกให้รู้น้ำหนักตัวอย่างโดยละเอียด แล้วเทตัวอย่างใส่ลงในกระบอกแก้วสำหรับย่อย

3) ตวง H_2So_4 1.25% ที่ได้ต้มใกล้เดือด 200 มิลลิลิตร ลงในกระบอกแก้ว ถ้าตัวอย่างมีแป้งสูงหรือละเอียดมาก ให้ใส่ใยแก้ว (Prepared asbestos) 1 กรัม นำไปต้ม บนเตาของชุดย่อยหาเยื่อใยที่เปิดน้ำผ่านระบบควบแน่น (Condenser) เพื่อช่วยควบคุมความเข้มข้นของกรดให้คงที่ (ถ้าตัวอย่างมีฟองมากหรือต้มแล้วกระโดดมากให้หยด antifoam 1 หยด และ bumping chip 2-3 ชิ้นลงไปด้วย) ต้มให้เดือดนาน 30 นาที และหยุดให้ความร้อนทันทีเมื่อเดือดครบ 30 นาที

4) รีบนำตัวอย่างออกจากเครื่องย่อย แล้วกรองทันทีด้วยชุดกรอง (กรณีที่เครื่องกรองไม่ว่างให้เติมน้ำกลั่นเพื่อลดปฏิกิริยาการย่อย) ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นร้อนจนหมดกรด (ทดสอบด้วยกระดาษ litmus)

5) ขูดกากลงในกระบอกแก้วเดิมโดยใช้ช้อนตักและ spatula ช่วยเขี่ย

6) เติม NaOH 1.25 % ที่ได้ต้มใกล้เดือดจำนวน 200 มิลลิลิตร แล้วรีบนำกลับเข้าต้มในเครื่องย่อยให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที หยุดให้ความร้อนทันที แล้วรีบนำไปกรอง

7) ตัวอย่างที่นำออกจากเครื่องย่อย ต้องรีบกรองสารละลายด่างออกเช่นเดียวกับข้อ 2 ล้างกากที่เหลือด้วยน้ำร้อนจนหมดด่าง และล้างด้วย alcohol 20-25 มิลลิลิตร ขูดถ่ายกากใส่ในถ้วยกระเบื้องที่ได้ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว

8) นำกากที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 1-2 ช.ม. หรือ 1 คืน จนแห้ง นำออกจากตู้อบปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งและบันทึกน้ำหนักโดยละเอียด (ชั่งน้ำหนักได้คงที่)

9) นำไปเผาต่อที่อุณหภูมิ 500±15 °C เป็นเวลา 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น นำออกชั่งและบันทึกน้ำหนัก

1.5.2.3 วิธีการคำนวณ

$$\% \text{ เยื่อใยทั้งหมด} = \frac{A - B}{S} \times 100$$

A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องรวมกากหลังจากอบแห้ง

B = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องรวมเถ้าหลังจากเผา

C = น้ำหนักตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์หากิจกรรมการทำงานของเอนไซม์

วิธีการสกัดเอนไซม์ crude enzyme เพื่อทำการวิเคราะห์เอนไซม์ protease, lipase และ amylase จากกระเพาะและลำไส้ของปลาเสือตอจากธรรมชาติ

การเตรียมสารเคมีที่ใช้

1. การเตรียม 50mM Tris – HCl buffer pH 7.5

เตรียมโดยการผสม 50mM Tris (hydroxymethyl) aminomethane (Tris 6.06 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตร เป็น 1 ลิตร) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร กับ 50mM HCl (ดูด HCl acid ปริมาตร 4.2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร) ปริมาตร 38.5 มิลลิลิตร แล้วตรวจสอบด้วยเครื่องวัดพีเอช ชั่งน้ำหนักกระเพาะอาหารและลำไส้ของปลาแล้วนำตัวอย่างทั้งหมดมาบดให้ละเอียด โดยบดตัวอย่างใน Tris-HCl buffer ความเข้มข้น 50 mM pH 7.5 จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้เข้าเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 15,000 g อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 5 นาที เก็บส่วนที่เป็นของเหลวด้านบน (supernatant) ไว้ที่ -20 °C (Gimenez et al., 1999; อ้างโดย รุ่งกานต์, 2552) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ ซึ่งแบ่งกลุ่มได้ดังนี้ คือ

การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ protease ตามวิธีของ Bezerra *et al.* (2005) โดยนำเอนไซม์ที่สกัดได้ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับ Tris-HCl buffer ความเข้มข้น 0.2 M pH 7.2 ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และ azocasein 1% ในบัฟเฟอร์ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร จากนั้นนำตัวอย่างเข้าเครื่อง incubator ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นระยะเวลา 60 นาที และปฏิกิริยาด้วย trichloroacetic acid (TCA) 20 % ปริมาตร 500 ไมโครลิตร นำตัวอย่างเข้าเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 15,000 g อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำตัวอย่างส่วนใสด้านบนปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมด้วย 1M NaOH ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร และนำตัวอย่างที่ได้วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร

การเตรียมสารเคมีที่ใช้

1. การเตรียม 0.2 M Tris – HCl buffer pH 7.2

เตรียมโดยการผสม 0.2 M Tris (hydroxymethyl) aminomethane (Tris 4.85 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตร เป็น 200 มิลลิลิตร) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร กับ 0.2 M HCl (ดูด HCl acid ปริมาตร 3.34 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 200 มิลลิลิตร) ปรับพีเอชด้วย 0.2 M HCl แล้วตรวจสอบด้วยเครื่องวัดพีเอช

2. การเตรียม azocasein 1% ใน 0.2 M Tris – HCl buffer pH 7.2

เตรียมด้วยการใช้ azocasein 1 กรัม ละลายใน 0.2 M Tris – HCl buffer pH 7.2 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3. การเตรียม Trichloroacetic acid 20% (TCA)

เตรียมโดย Trichloroacetic acid (TCA) 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปราศจากอิออน 250 มิลลิลิตร

4. การเตรียม 1 M NaOH

เตรียมโดย sodium hydroxide 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ lipase ตามวิธีของ Markweg *et al.* (1995) โดยนำเอนไซม์ที่ได้จากการสกัด ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมกับสารตั้งต้น *p*-nitrophenylpalmitate (*p*NNP) ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และ phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 M pH 7.0 ปริมาตร 800 ไมโครลิตร จากนั้นนำตัวอย่างเข้าเครื่อง incubator ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นระยะเวลา 60 นาที หลังจากนั้นเติม 0.1 M Na_2CO_3 ปริมาตร 250 ไมโครลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา นำตัวอย่างที่ได้เข้าเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 10,000 g ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 15 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 410 นาโนเมตร และเทียบกับกราฟมาตรฐาน *p*-nitrophenol

การเตรียมสารเคมีที่ใช้

1. การเตรียม 0.1 M phosphate buffer pH 7.0

เตรียมโดยผสม 0.2 M sodium phosphate, dibasic (sodium phosphate, dibasic dehydrate 5.68 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 200 มิลลิลิตร) ปริมาตร 30.5 มิลลิลิตร กับ 0.2 M sodium phosphate, monobasic (sodium phosphate, monobasic monohydrate 5.52 กรัม ละลายในกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 200 มิลลิลิตร) ปริมาตร 19.5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร และตรวจสอบด้วยเครื่องวัดพีเอช

2. การเตรียม 0.1 M *p*-nitrophenyl palmitate (*p*NNP)

เตรียมโดย 4-Nitrophenyl palmitate 0.38 กรัม ละลายใน propanol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปอุ่นและกวนจนสารละลายจนหมด

3. การเตรียม 0.1 M sodium carbonate

เตรียมโดย sodium carbonate 2.12 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ amylase ตามวิธีของ Hashini *et al.* (2003) โดยนำเอนไซม์ที่ได้จากการสกัด ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมกับ glycine-NaOH buffer ความเข้าข้น 0.1 M pH 8.8 ปริมาตร 400 ไมโครลิตร และสารตั้งต้น starch solution 1% เป็นปริมาตร 500 ไมโครลิตร นำตัวอย่างเข้าเครื่อง incubator ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นระยะเวลา 60 นาที จากนั้นเติม dinitrosalicylic acid (DNS) reagent ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่ได้ต้มในน้ำเดือด นาน 5 นาที เมื่อครบเวลาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร และเทียบกับกราฟมาตรฐานน้ำตาลมอลโทส

การเตรียมสารเคมีที่ใช้

1. การเตรียม 0.1 M Glycine – NaOH buffer pH 8.8

เตรียมโดย 0.2 M Glycine (Glycine 3.00 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร กับ 0.2 M NaOH (NaOH 0.80 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร) ปริมาตร 6 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร แล้วตรวจสอบด้วยเครื่องวัดพีเอช

2. การเตรียมสารละลายน้ำแป้งสุก 1% starch solution

เตรียมโดย starch 1 กรัม ต้มใน 0.1 M Glycine – NaOH buffer pH 8.8 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3. การเตรียม Dinitrosalicylic acid (DNS) Reagent

- การเตรียมสารละลาย 2 N sodium hydroxide ปริมาตร 50 มิลลิลิตร (sodium hydroxide 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรสุดท้ายให้ได้ 50 มิลลิลิตร)

- สารละลาย Dinitrosalicylic acid (DNS) เตรียมโดยละลาย 3,5-Ditrosalicylic acid (DNS) 2.5 กรัม ลงในสารละลาย 2 N sodium hydroxide ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่เตรียมไว้ในข้างต้น จากนั้น sodium potassium titrate 75 กรัม นำไปอุ่นและกวนจนสารละลายหมด และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 250 มิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ: (ภาษาไทย) อ.ดร. สมร พรชื่นชูวงศ์

(ภาษาอังกฤษ) Dr. Samorn Ponchunchoovong

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน: 3 9201 00947 09 0

2. ตำแหน่งปัจจุบัน: รองคณบดีสำนักเทคโนโลยีการเกษตร
อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. สถานที่ติดต่อ:

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อำเภอเมือง จ.นครราชสีมา 30000
Tel: (044) 224377-8
Fax: (044) 224150
E-mail: samorn@sut.ac.th

4. ประวัติการศึกษา:

Degree	Institution	Year	Country
B.Sc. (Biology)	Prince of Songkhla University	1992	Thailand
M.Sc. (Zoology)	Chulalongkorn University	1995	Thailand
Ph.D (Aquaculture)	Asian Institute of Technology	2003	Thailand

5. สาขาวิชาการที่ชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา):

- Cryopreservation of fish spermatozoa
- Aquaculture (seed production)

6. ผลงานวิจัย:

Kwantong, S. and Bart, A. N. 2003. Effect of cryoprotectants, extenders and freezing rates on the fertilization rates of frozen striped catfish, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage), sperm. Aquaculture research, 34: 887-893.

Kwantong, S. and Rodtong, S. 2004. Species identification of Thai rice-field crab using

stereomicroscopy and scanning electron microscopy. 8th Asia- Pacific conference on electron microscopy (8 APEM). June 7-14, 2004. Kanazawa, Japan. P. 83.

Rodtong, S. and **Samorn Kwantong.** 2004. Scanning electron microscopy and nucleic acid technique aid the identification and diversity study of Thai rice-field crab. 8th Asia- Pacific conference on electron microscopy (8 APEM). June 7-14, 2004. Kanazawa, Japan. P. 122.

Kwantong, S. and Bart, A. N. 2004. Cryoperservation of striped catfish, *Pangasius hypophthalmus* sperm. International symposium on animal and plant production for food and environmental security. August 9-11, 2004, Chaophya park hotel, Bangkok. Thailand. P. 105-109.

Kwantong, S. and Bart, A. N. 2006. Cryopreservation of black eared catfish, *Pangasius larnaudii* sperm. Aquaculture research, 37: 955-957.

Ponchunchoovong, S. 2006. Species identification of Thai rice-field crab in the lower north-eastern region of Thailand. Suranaree J. Sci. Technol. 13(3): 245-249.

สมร พรชื่นชูวงศ์ สุพรรณ ขันน้ำเที่ยง สุรชัย ภาสดา สุคนธา เลขะพันธ์รัตน์ นิศารัตน์ ปุณณารักษ์ และ นฤพล สุขุมาสวิน. 2550. ผลของสาร extenders และสาร cryoprotectants ที่มีผลต่ออัตราการปฏิสนธิของน้ำเชื้อปลาสวายโดยวิธีการแช่แข็ง. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. ปีที่ 1 เล่มที่ 1: 11-22.

Ponchunchoovong, S. 2007. Effects of equilibration times on the fertilization rate of cryopreserved striped catfish, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) sperm. First international conference on sustainable animal agriculture in developing countries. 27-29 September, Guandu Hotel, Kunming, China. P. 341-344.

Ponchunchoovong, S. 2008. Effects of freezing rates on the cryopreservation of striped catfish, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) sperm. Proceedings "The 13th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. September 22-26, 2008, Hanoi, Vietnam. P. 406.

Kwantong, S. and Bart, A. N. 2009. Fertilization efficiency of cryopreserved sperm from striped catfish, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage). Aquaculture Research, 40: 292-297.

Dokpong, D., **S. Ponchunchoovong**, U. Amsin, U. Piasoongnoen & S. Singhae. 2009. The effect of freezing Rates on the cryopreservation of Small scale mud carp, *Cirrhinus microlepis* (Sauvage, 1878) sperm. Proceedings 2nd International conference on sustainable animal agriculture for developing countries 8-11 November, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia. P. 268-270.

Ponchunchoovong, S. & S. Kannumteing. Effects of freezing rates on the cryopreservation of black ear catfish, *P. larnaudii* spermatozoa. Proceedings 2nd International conference on sustainable animal agriculture for developing countries. 8-11 November, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia. P. 271- 273.

Kainin, S., **S. Ponchunchoovong**, U. Imsin, U. Piasoongnoen & S. Singhae. Successful hybridization of *Pangasius* species using cryopreserved sperm. Proceedings 2nd International conference on sustainable animal agriculture for developing countries. 8-11 November, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia. P. 274-275.

Boonanuntanasarn, S., K. sukoim, T. Changmunwai, **S. Ponchunchoovong** & Y. Manakasem. Effect of *Butea superba* on masculinization of Nile tilapia. Proceedings 2nd International conference on sustainable animal agriculture for developing countries. 8-11 November, 2009. Kuala Lumpur, Malaysia. P. 250-251.

Nipon, S., R. Yahsiro , S. Tunkijjanukij and **S. Ponchunchoovong** . 2009. Preservation of Humpback Grouper, *Cromileptes altivelis* (Valenciennes, 1828) Spermatozoa. Kasetsart University Fisheries research Bulletin Vol. 33(2): May, 2009. p. 12-23.

Samorn, P., Augkana, J. and Tunyaluk, R. 2010. Effect of activators solution on motility and fertilization of frozen striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus*. Proceedings “The 14 th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies (AAAP). August 23-27, 2010, Pingtung Taiwan, ROC P. 321.

Samorn, P., Duangchan. D., Unnop, I., Uraiwan, P. and Sombut, S. 2010. The effect of dilution ratios on short-term storage of Small scale mud carp, *Cirrhinus microlepis* (Sauvage, 1878) sperm. Proceedings “The 14 th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies (AAAP). August 23-27, 2010, Pingtung Taiwan, ROC P. 322.

Ponchunchoovong, S. and Plime S. 2010. Effect of combinations of cryoprotectants and freezing rates on cryopreservation of the spermatozoa of Striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878). Kasetsart J. (Nat. Sci.) 44: 1153-1161.

Ponchunchoovong, S., S. Kainin, U. Imsilp, U. Piasoongnoen & S. Singsee. 2011. The effect of freezing rates and combinations cryodiluents on the cryopreservation of Mekong catfish, *Pangasius bocourti* sperm. Proceedings 3rd International conference on sustainable animal agriculture for developing countries. 26-29 July, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand. P.76.

Ponchunchoovong, S., D. Dokpong, U. Imsilp, U. Piasoongnoen& S. Singsee. 2011. Fertilization efficiency of fresh and frozen sperm from Small scale mud carp, *Cirrhinus microlepis* (Sauvage, 1878). Proceedings 3rd International conference on sustainable animal agriculture for developing countries. 26-29 July, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand. P.75.

Boonmatun, T., **S. Ponchunchoovong**, T. Chomai , T. Vongpralub & A. Molee. 2011. Effects of extender and storage time on motility of native chicken "Luang hang kao" spermatozoa. Proceedings 3rd International conference on sustainable animal agriculture for developing countries. 26-29 July, 2011. Nakhon Ratchasima, Thailand. P. 336.

Vechklang, K., S. Boonanuntanasarn, **S. Ponchunchoovong**, N. Pirarat & C. Wanapu. 2011. The potential for rice wine residual as an alternative protein source in a practical diet for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at the juvenile stage. Aquaculture Nutrition. P. 1365-2095.

Ponchunchoovong, S., S. Kainin, U. Imsilp & U. Piasoongnoen. 2011. The effect of freezing procedures on the cryopreservation of Mekong catfish, *Pangasius bocourti* sperm. World academy of science, engineering and technology. 24-26 August, 2011. Paris, France. P.1257-1261.

Samorn Ponchunchoovong. 2011. Cryopreservation of *Pangasius* spp. Spermatozoa. Germany. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. 65 pp.

Kainin, S. **Ponchunchoovong, S**., U. Imsilp & S. Singsee. 2012. Cryopreservation of Mekong catfish, *Pangasius bocourti* Sauvage, 1880 spermatozoa. **Aquaculture research: 1-9.**

Thipsuda Boonmatan, Samorn **Ponchunchoovong,** Theerachai chormai, Thevin Vongpralub. 2013. Effect of extenders on preservation of native chicken "Luang hang kao" spermatozoa. International Conference on Engineering and Applied Science. November 2013, Osaka, Japan. P. 2033-2038.

Jiraporn P., **Ponchunchoovong,** S. and Payooha, K. 2013. The effects of partial replacement of fish meal by brewer's yeast on growth performance of Thai Panga. The 3rd International Fisheries Symposium, November 28-30, Pattaya. Thailand.

Jiraporn P., **Ponchunchoovong, S**. & Payooha, K. 2014. Partial replacement of fishmeal by brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in diets for Thai Panga (*Pangasianodon hypophthalmus* × *Pagasius bocourti*) juveniles. *Aquaculture Nutrition* DOI: 10.1111/anu.12280.

7. งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ

1. การใช้กากยีสต์แห้ง (dried brewer's yeast) และกากสาโท (rice wine residual) เป็นแหล่งโปรตีนเพื่อทดแทนการใช้ปลาป่นในอาหารปลาสวายโมง (Thai Panga)

(เป็นผู้หัวหน้าโครงการวิจัย รับผิดชอบโครงการวิจัย 50%)

2. การพัฒนาและการเพิ่มประสิทธิภาพน้ำเชื้อแช่แข็งไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว

(เป็นผู้หัวหน้าโครงการวิจัย รับผิดชอบโครงการวิจัย 80%)

ประวัติผู้ร่วมวิจัย (1)

1. ชื่อ- นามสกุล: (ภาษาไทย) นางสาว กาญจนา พยุหะ

(ภาษาอังกฤษ) Miss Kanjana Payooha

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3440700475703

3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

4. ที่ทำงาน: สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ. วา รินชำราบ จ. อุบลราชธานี 34190 โทรศัพท์ 045-353507 01-8793400 โทรสาร 045-288373 **E-mail address** : kan@agri.ubu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

5.1 ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาประมง ปีที่จบ พ.ศ.2532 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2 ปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ปีที่จบ พ.ศ. 2535 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3 ปริญญาเอก (D.Tech. Sc.) สาขา Aquaculture ปีที่จบ พ.ศ. 2545 สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (Asian Institute of Technology: AIT)

การอบรมดูงาน

1. การอบรมชั้นสูงในการทำวิจัยสาขาโภชนศาสตร์สัตว์น้ำ (Advanced Training in Fish Nutrition Research) ที่ มหาวิทยาลัย Deakin เมือง Warrnambool ประเทศออสเตรเลีย ตุลาคม-พฤศจิกายน 2545

2. การอบรมเรื่อง Aquatic Animal Health and Immunology ที่ มหาวิทยาลัย Sterling เมือง Sterling ประเทศอังกฤษ ตุลาคม-พฤศจิกายน 2547

3. วิทยากรฝึกอบรมเรื่อง Identification of Macroinvertebrate ที่ Department of Fisheries, Phnom Penh ,ประเทศกัมพูชาเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พฤษภาคม 2548 จัดโดย MRC (Mekong River Commission)

4. วิทยากรอบรมหัวข้อ Fish disease ในการอบรมเรื่อง Ornamental fish culture and management สำหรับนักวิชาการจาก University of Kelaniya ประเทศศรีลังกา ซึ่งเป็นโครงการภายใต้การสนับสนุนของ World Bank จัดอบรมที่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี กรกฎาคม-สิงหาคม 2548

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา:

โภชนศาสตร์สัตว์น้ำ โรคสัตว์น้ำและชีววิทยาสัตว์หน้าดิน

7.ประสบการณ์เกี่ยวกับงานวิจัย

1. เป็นนักร่วมวิจัยในโครงการ การพัฒนาศักยภาพส่วนสกัดจากหนอนตายยากเป็นผลิตภัณฑ์รักษาโรคและฆ่าแมลง 2544

2. เป็นนักวิจัยร่วมในโครงการศึกษาและฟื้นฟูทรัพยากรประมงของลำน้ำมูลและพื้นที่ชุ่มน้ำโดยรอบอันเนื่องมาจากผลกระทบของการสร้างเขื่อนปากมูล โดยรับผิดชอบในการศึกษาสัตว์หน้าดิน ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะอนุกรรมการพิจารณาผลกระทบอันเนื่องมาจากผลกระทบของการสร้างเขื่อนปากมูล สำนักนายกรัฐมนตรี เริ่ม ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2544-กันยายน 2545

3. เป็นนักวิจัยร่วมในโครงการ การศึกษาการจัดการและเทคนิคการเลี้ยงปลาสวายและปลาตะเพียนเพื่อให้ได้คุณภาพเนื้อที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูป 2545-2546

4 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัยการพัฒนาปลาพื้นเมืองสกุล *Pangsius* สำหรับเป็นปลาสวยงามและสำหรับบริโภค 2548-2550

5.หัวหน้าโครงการวิจัยการศึกษาเชิงบูรณาการเพื่อพัฒนาการเลี้ยงปลาสวายโมงเพื่อการส่งออก 2551

6.หัวหน้าโครงการวิจัยการทดแทนปลาป่นด้วยผลผลิตจากการหมักขนไก่ด้วยยีสต์ 2551

7. ผู้ร่วมโครงการวิจัยการศึกษาการเกิดโรคปลาที่เลี้ยงในกระชังในแม่น้ำมูล 2551

7.2 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

กาญจนา พยุหะ, ชลอ ลิ้มสุวรรณ, สุปรานี ชินบุตร, พรเลิศ จันทร์ชกูล. 2536. การตกค้างของออกโซลินิคแอซิดในกุ้งกุลาดำ. *ใน*การประชุมวิชาการประจำปี 2536 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กาญจนา พยุหะ ปราณีต งามเสน่ห์, ธนาทิพย์ แหลมคม, ทวนทอง จุฑาเกตุ, ชัยวุฒิ กรุดพันธุ์. 2545. การศึกษาความหลากหลายของสัตว์หน้าดินในลุ่มน้ำมูลช่วงเปิดประตูเขื่อนปากมูล. *ใน* โครงการศึกษาวิจัยแนวทางการฟื้นฟูระบบนิเวศ วิถีชีวิต และชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากเขื่อนปากมูล เสนอ คณะกรรมการแก้ไขปัญหาสมัชชาคนจน สำนักนายกรัฐมนตรี.

ทวนทอง จุฑาเกตุ และ **กาญจนา พยุหะ**. 2547. การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอินทรีย์. *ใน* ผลงานวิจัยเอกสารเรื่อง เกษตร อินทรีย์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 278 หน้า.

ชัยวุฒิ กรุดพันธุ์ **กาญจนา พยุหะ** ปราณีต งามเสน่ห์, ธนาทิพย์ แหลมคม, ทวนทอง จุฑาเกตุ จรุงจิต กรุดพันธ์ และ อัจฉรา รัตนชัย. 2547. ความหลากหาลายทางชีวภาพของพรรณปลาน้ำจืดที่พบในแม่น้ำมูลและแม่น้ำโขงตอนล่าง. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีที่ 22 ฉบับพิเศษ ธันวาคม 2547.

กาญจนา พยุหะ, ปราณีต งามเสน่ห์, ธนาทิพย์ แหลมคม, ทวนทอง จุฑาเกตุ, ชัยวุฒิ กรุดพันธุ์ 2548. สัตว์หน้าดินในแม่น้ำมูลและลำน้ำสาขาในช่วงการเปิดประตูเขื่อนปากมูล วารสารการประมง ปีที่ 58 ฉบับที่ 4 เดือนกรกฎาคม-สิงหาคม

Jutagate, T., Krudphan, C., Ngamsnae, P., **Payooha, K.** and Lamkom, T. 2003. Fisheries in the Mun River: a one-year trial of opening the sluice gates of the Pak Mun Dam. *Kasetsart Journal of Science and Technology. In press*

Payooha, K., Praneet Ngamsnae, Chaiwut Grudphan, Thanatip Lamkom and Tuantong Jutagate. 2004. Benthic fauna in the Mun river and its tributaries during the opening of the sluice gates of the Pakmun dam, p180**.** *In* Abstracts of the 7 th Asian Fisheries Forum, 30 November-4 December 2004, Penang, Malaysia.

Payooha, K. and Amararatne Yakupitiyage. 2004 Impact of feeding strategies on the growth and body composition of striped catfish *Pangasius hypopthalmus,* p 18*. In* Abstracts of the 7 th Asian Fisheries Forum, 30 November-4 December 2004, Penang, Malaysia.

Praneet Ngamsnae, **Kanjana Payooha**, Chaiwut Grudphan, Thanatip Lamkom and Tuantong Jutagate. 2005. Water quality suitability for development of floating net cage culture in the lower part of Mun river. Poster display *In* Abstracts of

the 7 th Technical Symposium on Mekong Fisheries, 15-17 November 2005, Ubonratchathani Thailand.

Payooha, K., Jitra Simawan and Chutima Tongkaew. 2007. Current status of *Pangasius spp*. Cage culture in the Mune river in Thailand : Effect of different feeds on fillet composition and flesh quality of different *Pangasius* species cultured in both cages and earth pond. *In* Abstracts of the 8 th Asian Fisheries Forum, 20-23 November 2007, Kochi, India.

Payooha, K. and Amararatne Yakupitiyage. 2007. Effect of feeding rate and frequency on growth and body composition of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*). *In* Abstracts of the 8 th Asian Fisheries Forum, 20- 23 November 2007, Kochi, India.

Payooha, K., Jitra Simawan, Chamnan Kaew manee and Chutima Thongkaew. 2008. Effect of dietary carbohydrate on growth performance and flesh quality of black ear catfish (*Pangasius larnaudii*). *In* Abstracts of the International Symposium "Sustaining fish diversity, fisheries and aquacultures in the MekongBasin"3 rd -5th September 2008, Ubon Ratchthathani Thailand.

Payooha, K. and Amararatne Yakupitiyage. 2008. Effect of fasting and iced storage on flesh quality of striped catfish *Pangasius hypopthalmus* from commercial farm in Thailand. *In* Abstracts of the International Symposium "Sustaining fish diversity, fisheries and aquacultures in the MekongBasin"3rd -5th September 2008, Ubon Ratchthathani Thailand.

7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ

1.หัวหน้าโครงการวิจัยอัตราส่วนโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมสำหรับปลากดคัง

2. ผู้ร่วมโครงการวิจัยการเกิดโรคในปลาสวยงามในเขตจังหวัดรอยต่อชายแดนไทย-ลาว อุบลราชธานี และมุกดาหาร

ประวัติผู้ร่วมวิจัย (2)

1. ชื่อ - นามสกุล นาย ชำนาญ แก้วมณี

Mr Chamnan Kaewmanee

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-4803-00233-80-0

3. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการเกษตร 8 ระดับ 8 ชำนาญการ

4. ที่ทำงาน: สำนักงานไร่ฝึกทดลองและห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ. วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190 โทรศัพท์ 045-353507, 06-8701101 โทรสาร 045-288375 e-mail address: chamnan@agri.ubu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

a. ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเกษตรศาสตร์ ปีที่จบ พ.ศ. 2525 วิทยาลัยเทคโนโลยี และอาชีวศึกษา วิทยาเขตเกษตรกาฬสินธุ์
b. ปริญญาตรี เทคโนโลยีการเกษตรบัณฑิต สาขาประมงน้ำจืด ปีที่จบ พ.ศ. 2528 สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ สาขาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิจัย

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

ทวนทอง จุฑาเกตุ, เกรียงไกร สถาพร วานิชย์, ธนาทิพย์ แหลมคม และ**ชำนาญ** แก้วมณี. 2541. การศึกษาโมเดลการเจริญเติบโตของปลานิล (*Oreochromis niloticus, Linn.*) ณ ฟาร์มประมง มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. วาสารการประมง ปีที่ 51 ฉบับที่4 เดือนกรกฎาคม 2541.

เกรียงไกร โชประการ, นิตยา วานิกร, ณรงค์ สามารถ, พิทักษ์ สิงห์ทองลา, รักเกียรติ แสนประเสริฐ และ**ชำนาญ** แก้วมณี. 2542. การศึกษาระบบการเกษตรของชุมชนเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสม. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์.

เฉลียว บุญมั่น, **ชำนาญ** แก้วมณี และเข็มชาติ จิวประสาท. 2544. การศึกษาระดับความต้องการโปรตีนในอาหารของกบบลูฟรอก. รายงานการสัมมนาและเสวนาวิชาการงานแสดงเทคโนโลยีการเกษตรเพื่ออินโดจีน วันที่ 25-31 พฤษภาคม 2544. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี.

ประวัติผู้ร่วมวิจัย (3)

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นาย จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Jirawat Yongsawatdigul

2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 3101200691826

3. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

สาขาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000 โทร 044-22-4359 โทรสาร 044-224-387 E-mail: jirawat@sut.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับปริญญา	อักษรย่อ	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันศึกษา	ประเทศ
2532	ปริญญาตรี	วท.บ.(วิทยาศาสตร์บัณฑิต) เกียรตินิยมอันดับ 2	เทคโนโลยีอาหาร	เทคโนโลยีอาหาร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2535	ปริญญาโท	M.S. (Master of Science)	Food Science	Food processing	University of Wisconsin-Madison	สหรัฐอเมริกา
2539	ปริญญาเอก	Ph.D. (Doctor of Philosophy)	Food Science and Technology	Seafood chemistry	Oregon State University	สหรัฐอเมริกา

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

-Food proteins, Food enzymes

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ: ระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอโครงการวิจัย เป็นต้น

2.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย -

2.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :

1. Factors affecting histamine in fish sauce fermentation
2. Proteinases and transglutaminase activity in freshwater fish species
3. Reduction of biogenic amines content during fish sauce fermentation
4. Influence of freshness quality and actomyosin denaturation on gel-forming ability of threadfin bream (*Nemipterus spp*.) muscle proteins
5. Purification and characterization of transglutaminase from Tilapia (*Oreochromis niloticus*)
6. Covalent cross-linking of threadfin bream muscle proteins by transglutaminase(s)
7. Inhibition of proteolysis and application of microbial transglutaminase in lizardfish surimi
8. Process development of fishball and fish sausage from freshwater fish species
9. Biogenic amine formation in anchovies and fermented fish products
10. Acceleration of fish sauce production using starter cultures and proteinases

11. Study in catalytic reaction of transglutaminase in threadfin bream surimi using MALDI-TOF
12. Conformation changes of muscle proteins from tropical fish species.

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

Yongsawatdigul, J. and Park, J.W. 1999. Thermal aggregation and dynamic rheological properties of Pacific whiting and cod myosin as affected by heating rate. J. Food Sci. 64: 679-683.

Park. J.W. and **Yongsawatdigul, J.** 1999. Gelation properties of fish proteins under ohmic heating. In *Quality Attributes of Muscle Foods*, (Eds.), Xiong et al. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. p. 421-429.

Yongsawatdigul, J., Park, J.W., Virulhakul, P., and Viratchakul, S. 1999. Proteolytic degradation of tropical tilapia surimi. J. Food Sci. 65: 129-133.

Klesk, K., **Yongsawatidigul, J.,** Park, J.W., Viratchakul, S., and Virulhakul, P. 1999. Physical behavior of tilapia (*Oreochromis niloticus*) surimi gels at various thermal treatments as compared with Alaska pollock and Pacific whiting surimi. J. Food Aquat. Food Prod. 9: 91-104.

Yongsawatdigul, J. and Park, J.W. 2002. Biochemical and conformation changes of actomyosin from threadfin bream stored in ice. J. Food Sci. 67(3): 985-990.

Yongsawatdigul, J., Worratao, A., and Park, J. 2002. Effect of endogenous transglutaminase on gelation of threadfin bream surimi. J. Food Sci. 67(9): 3258-3263.

Yongsawatdigul, J. and Park, J.W. 2003. Thermal denaturation and aggregation of threadfin bream actomyosin. Food Chem. 83(3): 406-416.

Worratao, A and **Yongsawatdigul, J.** 2003. Cross-linking of actomyosin by crude tilapia (*Oreochromis niloticus*) transglutaminase. J. Food Biochem. 27: 35-51.

Rodtong, S., Nawong, S, **Yongsawatdigul, J.** 2004. Histamine accumulation and histamine-forming bacteria in Indain anchovy (*Stolephorus indicus*). Food Microbiol. In press.

Yongsawatdigul, J., Choi, Y.S., Udomporn, S. 2004. Biogenic amines formation in fish sauce prepared from fresh and temperature-abused Indian anchovy (*Stolephorus indicus*). J. Food Sci. 69(4): FCT 312-319.

Yongsawatdigul, J. and Piyadhammaviboon, P. 2004. Inhibition of autolytic activity of lizardfish surimi by proteinase inhibitors. Food Chem. 87: 447-455.

Yongsawatdigul, J. and Park, J. 2004. Effect of alkali and acid solubilization on gelation characteristics of rockfish muscle proteins. J. Food Sci. 69(7): C499-505.

Sirighan, P., Raksakulthai, N., **Yongsawatdigul, J.** 2005. Autolytic activity and biochemical characteristics of endogenous proteinases in Indian anchovy (*Stolephorus indicus*). Food Chem. 98(4): 678-684.

Hemung, B. and **Yongsawatdigul, J.** 2005. Ca^{2+} affects physicochemical and conformational changes of threadfin bream myosin and actin in a setting model. Food Sci. 70:C455-460.

Yongsawatdigul, J. and Piyadhammaviboon, P. 2005. Effect of microbial transglutaminase on autolysis and gelation of lizardfish surimi. J. Sci Food Agric. 85(9): 1453-1460.

Worratao, A. and **Yongsawatdigul, J.** 2005. Purification and characterization of transglutaminase from tropical tilapia (*Oreochromis niloticus*). Food Chem. 93:651-658.

Sirighan, P., Raksakulthai, N., **Yongsawatdigul, J.** 2006. Source and changes of proteinase activities of Indian anchovy (*Stolephorus indicus)* during fish sauce fermentation. J Sci Food Agric. 86(12): 1970-1976.

Yongsawatdigul, J., Piyadhammaviboon, P., Singchan, K. 2006. Gel-forming ability of small scale mud carp unwashed and washed mince as related to endogenous proteinases and transglutaminase activities. Eur. Food Res. Technol. 223(6): 769-774.

Young, K., **Yongsawatdigul, J.,** Park, J., Thawornchinsombat, S. 2005. Characterisitcs of sarcoplasmic proteins and their interaction with myofibrillar proteins. 29: 517-532.

Sirighan, P., Raksakulthai, N., **Yongsawatdigul, J.** 2007. Partial purification and characterization of trypsin-like proteinases in Indian anchovy (*Stolephorus indicus)*. Food Chem. 101: 82-89.

Yongsawatdigul, J., Sinsuwan, S. 2007. Aggregation and conformational changes of tilapia actomyosin as affected by calcium ion during setting. Food Hydrocolloids. 21: 359-367.

Yongsawatdigul, J. and Piyadhammaviboon, P. 2007. Gel enhancing effect and protein cross-linking ability of tilapia sarcoplasmic proteins. J. Sci Food Agric. 87: 2810-2816.

Sinsuwan, S., Rodtong, S., **Yongsawatdigul, J.** 2007**.** NaCl-activated extracellular proteinase from *Virgibacillus* sp. SK37 isolated from fish sauce fermentation J. Food Sci. 72: C264-C269.

Panpipat, V, **Yongsawatdigul, J.** 2008**.** Stability of potassium iodide and omega-3 fatty acids in fortified freshwater fish emulsion sausage. LWT-Food Sci Tech. 41: 483-492.

Yongsawatdigul, J., Rodtong, S., Raksakulthai, N. 2007. Acceleration of Thai fish sauce fermentation using proteinases and bacterial starter culture. J. Food Sci. 72: M382-M390.

Park, J.D., **Yongsawatdigul, J.,** Choi, Y.J., Park, J.W. 2008. Biochemical and conformational changes of myosin purified from Pacific sardine at various pHs. J. Food Sci. 73: C191-197.

Sinsuwan, S., Rodtong, S., **Yongsawatdigul, J.** 2008**.** Production and characterization of NaCl-activated proteinases from *Virgibacillus* sp. SK33 isolated from fish sauce fermentation. Process Biochem. 43: 185-192.

Sinsuwan, S., Rodtong, S., **Yongsawatdigul, J.** 2008**.** Characterization of Ca^{2+}-activated cell-bound proteinase from *Virgibacillus* sp. SK37 isolated from fish sauce fermentation. LWT-Food Sci Tech. 41: 2166-2174.

Hemung, B and **Yongsawatdigul, J.** 2008 Partial purification and characterization of transglutaminase from threadfin bream (*Nemipterus* sp.) liver. J. Food Biochem. 32: 182-200.

Hemung, B, Li-Chan, E.C.Y. and **Yongsawatdigul, J.** 2008. Thermal stability of fish natural actomyosin affects reactivity to cross-linking by microbial and fish transglutaminases. Food Chem. 111(2): 439-446.

Hemung, B, Li-Chan, E.C.Y. and **Yongsawatdigul, J.** 2008. Reactivity of fish and microbial transglutaminases on glutaminyl sites of peptides derived from threadfin bream myosin. J. Agric. Food Chem. 56(16): 7510-7516.

Piyadhammaviboon, P. and **Yongsawatdigul, J.** 2009. Protein cross-linking ability of sarcoplasmic proteins extracted from threadfin bream. LWT-Food Science and Technology. 42(1): 37-43.

Hemung, B, Li-Chan, E.C.Y. and **Yongsawatdigul, J.** 2009**.** Identification of glutaminyl sites on β-lactoglobulin for threadfin bream liver and microbial transglutaminase activity by MALDI-TOF mass spectrometry. Food Chem. 115: 149-154.

Tadpitchayangkoon, P. and **Yongsawatdigul, J.** 2009. Comparative study of washing treatments and alkali extraction on gelation characteristics of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*) muscle protein. J. Food Sci. 74(3): C284-C291.

Sinsuwan, S., Rodtong, S., Yongsawatdigul, J. 2009. A NaCl-stable serine proteinase from *Virgibacillus* sp. SK33 isolated from Thai fish sauce. Food Chem. 10.1016/j.foodchem.2009.06.064.

2.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อแผนงานวิจัย และ/หรือโครงการวิจัย และสถานภาพในการทำวิจัย

1. การใช้ประโยชน์จากปลาน้ำจืด ดำเนินการไปแล้ว 50%
2. การใช้เอนไซม์จากปลาและกล้าเชื้อในการหมักน้ำปลา ดำเนินการไปแล้ว 50%

ประวัติผู้ร่วมวิจัย (4)

1. ชื่อ: (ภาษาไทย) นายอรรณพ อิ่มศิลป์

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Unnop Imsilp

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน:

3. ตำแหน่งปัจจุบัน: หัวหน้าสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดนครพนม (นักวิชาการประมง 7 ว.)

4. สถานที่ติดต่อ:

สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดนครพนม ตำบลหนองญาติ อำเภอเมือง จ.นครพนม 48000

Tel: (042) 513734, (042) 515601 Fax: (042) 513734, (042) 515601 E-mail: unnop2627@yahoo.com

5. ประวัติการศึกษา:

Degree	Institution	Year	Country
B.Sc. (Fisheries)	Kasetsart University	1989	Thailand
M.Sc. (Aquaculture)	Kasetsart University	2000	Thailand

6. สาขาวิชาการที่ชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา):

- การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต
- การเก็บรักษาน้ำเชื้อปลาแบบระยะสั้น

7. ประสบการณ์วิจัย:

7.1 งานวิจัยที่ทำสำเร็จแล้ว

งานวิจัยที่ทำสำเร็จแล้ว มี 6 เรื่อง (โดยเป็นหัวหน้าโครงการ 3 เรื่อง และเป็นผู้ช่วย 3 เรื่อง) ซึ่ง ทั้ง 6 เรื่องได้รับการตีพิมพ์เรียบร้อยแล้ว และอีก 5 เรื่องอยู่ระหว่างการดำเนินการ (ดังเอกสารแนบ)

ทวี วิพุทธานุมาศ, อรรณพ อิ่มศิลป์ และ มาลัย อิ่มศิลป์. 2544. ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาจาด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 12/2544. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดเพชรบุรี, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 17 หน้า.

อรรณพ อิ่มศิลป์, วิทยา ตินนังวัฒนะ และ มาลัย อิ่มศิลป์. 2545. การเพาะพันธุ์ปลาจาด. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 11/2545. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดเพชรบุรี, กองประมงน้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 31 หน้า.

อรรณพ อิ่มศิลป์, วิทยา ตินนังวัฒนะ และ วราภรณ์ สาลีติด. 2547. อาหารที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลาจาด.เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2547. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเพชรบุรี, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 20 หน้า.

วิทยา ตินนังวัฒนะ, อรรณพ อิ่มศิลป์ และ วราภรณ์ สาลีติด. 2547. โปรตีนที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาอีกง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 48/2547. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดราชบุรี, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 15 หน้า.

เจริญ อุดมการ, อรรณพ อิ่มศิลป์, สมบัติ สิงห์สี, มาลัย อิ่มศิลป์ และ พิน พลไชย. 2547. การเพาะพันธุ์ปลานวลจันทร์. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 1/2547. สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดนครพนม, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 21 หน้า.

Imsilp, U., S. Singsee, P. Polchai, T. Assonjohn and N. Sukumasavin. 2005. Mobile hatchery: a new tool for fisheries extension. Proceedings of the 6th Technical Symposium on Mekong Fisheries, 26-28 November, 2003. MRC Conference Series No. 5. Mekong River Commission, Vientiane. pp. 79-82.

7.2 งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ มี 5 เรื่อง

1. การศึกษาวิธีการลำเลียงกบนา
2. การใช้กากถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นในอาหารกบนา
3. ผลของความหนาแน่นที่มีต่อการเจริญเติบโตของปลาจาดที่เลี้ยงในกระชัง

4. ผลของฮอร์โมนต่างชนิดต่อการวางไข่ของปลายอนหลังเขียว
5. ผลของความหนาแน่นที่มีต่อการเจริญเติบโตของปลาโมงที่เลี้ยงในกระชังในแม่น้ำโขง