รหัสโครงการ SUT3-303-48-24-14

รายงานการวิจัย

การเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารปลา ต่อผลผลิตและคุณภาพของเนื้อปลานิลและปลาดุก

(Supplementation of Conjugated Linoleic Acid (CLA) in Fish Diets on Production and Meat Quality of Tilapia and Hybrid catfish)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-303-48-24-14

รายงานการวิจัย

การเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารปลา ต่อผลผลิตและคุณภาพของเนื้อปลานิลและปลาดุก

(Supplementation of Conjugated Linoleic Acid (CLA) in Fish Diets on Production and Meat Quality of Tilapia and Hybrid catfish)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

อาจารย์ ดร. สมร พรชื่นชูวงศ์

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

1. รศ.ดร. ปราโมทย์ แพงคำ
2. รศ.ดร. กนกอร อินทราพิเชฐ
3. รศ.ดร. จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2550-2551

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มกราคม 2559

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2547-2548 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิจัย ขอขอบพระคุณ คุณสุนัย พลายมี นักวิชาการประมง ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดเตรียมปลาสำหรับใช้ในการทดลอง ตลอดจนคนงาน ฟาร์มประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทุกๆท่าน ที่ได้มีส่วนช่วยให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

มกราคม 2559

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารปลาต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของเนื้อปลานิลและปลาดุก โดยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้ การทดลองที่ 1) เพื่อศึกษาการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0%) ในอาหารปลา ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพของเนื้อปลานิลและปลาดุก พบว่าระดับการเสริม CLA ที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลกระทบต่อ น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย การเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการรอด ดัชนีน้ำหนักตับ (HSI) และเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง (Intraperitoneal fat; fat body) (P>0.05) การเสริม CLA ในอาหารปลานิลตั้งแต่ 1.0-2.0% มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ซาก (dress-out weight) ลดลงเมื่อเทียบกับสูตรอาหารที่ผลิตขึ้นเอง (สูตรควบคุม) และสูตรอาหารที่เสริม CLA 0.5% (P<0.05) การเสริม CLA ที่ระดับ 2.0% มีผลทำให้ปริมาณการสะสมของ CLA ในเนื้อปลา ไขมันช่องท้อง และตับเพิ่มสูงขึ้นและแตกต่างจากทรีตเมนต์อื่นๆ (P<0.05) และการเสริม CLA ที่ระดับ 1.0-1.5% มีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล (เปอร์เซ็นต์โปรตีน) เพิ่มขึ้น ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับในปลาดุกที่พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 1.0-1.5% มีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดุก (เปอร์เซ็นต์โปรตีน) เพิ่มสูงขึ้นและแตกต่างจากทรีตเมนต์อื่นๆ (P<0.05) จากการวิเคราะห์ปริมาณ CLA ที่สะสมในปลาดุก พบว่าปริมาณการสะสมของ CLA ในเนื้อปลาและไขมันช่องท้องเพิ่มสูงขึ้นตามระดับการเสริม CLA ที่เพิ่มขึ้น (P<0.05) และ

การทดลองที่ 2) ศึกษาผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA โดยมีสูตรอาหารที่ผลิตขึ้นเองเป็นตัวควบคุมลงในสูตรอาหารปลานิลและปลาดุก พบว่าการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับการเสริม CLA ไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน และอัตราการรอดของปลานิล (P>0.05) อย่างไรก็ตาม การใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับการเสริม CLA ทำให้เปอร์เซ็นต์ซาก (DW) และ ดัชนีน้ำหนักตับ (HSI) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (P<0.05) และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสูตรอาหารที่ใช้ไม่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนในเนื้อปลานิล) สำหรับปลาดุกพบว่าสูตรอาหารที่ใช้ไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์ซาก (DW) และอัตราการรอด และผลกระทบต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดุก (P>0.05) กลุ่มปลาดุกที่มีการเสริมระดับ CLA ที่สูงขึ้น (1.5%) มีผลทำให้มีการสะสมของ CLA ในเนื้อปลา ไขมันในช่องท้อง ในตับ และเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ (P<0.05)

จากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ในอาหารปลานิล และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ในปลาดุกมีผลทำให้มีการสะสมของ CLA ในเนื้อปลา และการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบหรือไม่ผ่านการอบไม่มีผลต่อการสะสมของ CLA ในเนื้อปลานิลและปลาดุก

Abstract

The objectives of this experiment were to investigate the supplementation of conjugated linoleic acid (CLA) in fish diets on growth performances and meat quality of Nile tilapia and Hybrid catfish. Two experiment studies were carried out: 1) the supplementation of 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% CLA in fish diets on growth performances and meat quality of Nile tilapia and Hybrid catfish. Supplementation of higher levels of CLA (0.5-2%) did not affect weight gain, daily weight gain, survival rate, hepatosomatic index (HIS) and fat body (Intraperitoneal fat) of tilapia ($P>0.05$). Dress-out weight percentage of tilapia decreased when CLA was added from 1.0 to 2.0%. This was significantly different from the control diet and supplement of 0.5% CLA ($P<0.05$). Total CLA mg/100g meat (fillet, fat body and liver of Nile tilapia increased when CLA was added up to 2.0%. Proximate composition of tilapia meats (protein) was observed with increasing CLA up to 1.5% ($P<0.05$). This result was similar to Hybrid catfish. Total CLA mg/100g meat (fillet and fat body of hybrid catfish) increased with increasing CLA levels in the diet ($P<0.05$).

The experiment two was to determine the supplementation of heated and unheated ground sunflower seed and heated seed with CLA for Nile tilapia and Hybrid catfish diets. The basal diet was used a control. By using heated, unheated sunflower seed and heated seed with CLA did not affect weight gain, daily weight gain and survival rate of Nile tilapia ($P>0.05$). However, supplement heated seed with CLA caused tilapia has higher dress-out weight percentage and hepatosomatic index than control diet ($P<0.05$). All diets treatments did not affect proximate composition of Nile tilapia meats (fat and protein contents). In hybrid catfish, all diets treatments did not affect growth performance, dress-out weight, survival rate and proximate composition of hybrid catfish meats $P>0.05$). However, supplement of 1.5% CLA hybrid catfish contained CLA in fillet, Intraperitoneal fat, liver and total fat in liver were higher than other treatments ($P<0.05$).

Outcome from this study found that supplement of 1.5 and 2.0% CLA caused hybrid catfish and tilapia contained CLA in fillet. By using heated or unheated sunflower seed did not accumulate CLA fillet in Nile tilapia and hybrid catfish.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	7
3.1 วัสดุอุปกรณ์	7
3.2 สารเคมี	8
3.3 วิธีการศึกษา	8
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	16
บทที่ 4 ผลการศึกษา	17
4.1 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการสะสมของ CLA ในเนื้อปลานิลและปลาดุก	17
4.2 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของเนื้อปลานิลและปลาดุก	23
บทที่ 5 วิจารณ์ สรุป และข้อเสนอแนะ	31
5.1 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆกัน (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการสะสมของ CLA ในเนื้อปลานิลและปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์	31
5.2 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ ไม่ผ่านการอบ และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของเนื้อปลานิลและปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	49
ภาคผนวก ก	49
ภาคผนวก ข	51
ประวัติผู้วิจัย	56

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แสดงร้อยละของส่วนผสมและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่เสริมด้วย CLA ในสูตรอาหารต่างๆ กัน สำหรับปลานิล (30% CP) 10

ตารางที่ 3.2 แสดงร้อยละของส่วนผสมและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่เสริมด้วย CLA ในสูตรอาหารต่างๆ กัน สำหรับปลาดุก (35% CP) 11

ตารางที่ 3.3 แสดงร้อยละของส่วนผสมของวัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลอง สำหรับปลานิล (30% CP) 14

ตารางที่ 3.4 แสดงร้อยละของส่วนผสมของวัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลอง สำหรับปลาดุก (35% CP) 15

ตารางที่ 4.1 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ 19

ตารางที่ 4.2 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิลที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ 20

ตารางที่ 4.3 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อปริมาณ CLA ในเนื้อปลา (fillet), ไขมันช่องท้อง (Intraperitoneal fat), ตับ (liver), เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับ (Total fat in liver), เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในช่องท้อง (Total Intraperitoneal fat) ของปลานิลที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ 20

ตารางที่ 4.4 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆกัน (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ 21

ตารางที่ 4.5 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ 22

ตารางที่ 4.6 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อปริมาณ CLA ในเนื้อปลา (fillet), ไขมันช่องท้อง (Intraperitoneal fat), ตับ (liver) , เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับ (Total fat in liver), เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในช่องท้อง (Total Intraperitoneal fat) ของปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ 22

ตารางที่ 4.7 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์ 25

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.8 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิลที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์ 26

ตารางที่ 4.9 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อปริมาณ CLA ในเนื้อปลา (fillet), ไขมันช่องท้อง (Intraperitoneal fat), ตับ (liver), เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับ (Total fat in liver), เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในช่องท้อง (Total Intraperitoneal fat) ของปลานิลที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์ 27

ตารางที่ 4.10 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์ 28

ตารางที่ 4.11 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์ 29

ตารางที่ 4.12 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อปริมาณ CLA ในเนื้อปลา (fillet), ไขมันช่องท้อง (Intraperitoneal fat), ตับ (liver), เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับ (Total fat in liver), เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในช่องท้อง (Total Intraperitoneal fat) ของปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์ 30

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของ trans-10, cis-12 CLA cis-9, tran-11 CLA และ linoleic acid	4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ

ปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญในเรื่องของสุขภาพมากขึ้น อันเป็นผลมาจากการพัฒนาด้านการสื่อสารมวลชนที่มีความก้าวหน้าสะดวกและรวดเร็วประกอบกับผู้บริโภคเองมีพัฒนาการในการบริโภคอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น และในทางการแพทย์ยังได้ยืนยันถึงสาเหตุของการเกิดโรคและความผิดปกติหลายๆ อย่างของร่างกาย เกิดเนื่องมาจากการบริโภคอาหารไม่เหมาะสม ทั้งการบริโภคไม่ถูกสุขลักษณะ การบริโภคขาดและเกินความต้องการของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริโภคอาหารจำพวกไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acids) ก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพมากมาย เช่น เส้นเลือดอุดตัน หลอดเลือดหัวใจอุดตัน คลอเลสเตอรอลสูง และโรคหัวใจล้มเหลว เป็นต้น จึงมีการรณรงค์ให้มีการบริโภคอาหารที่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) แทน เพื่อลดความเสี่ยงจากโรคต่างๆที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์พบว่า แหล่งไขมันจากอาหารทะเลโดยเฉพาะอย่างยิ่งในปลาทะเล พบว่าประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกลุ่ม n-3 โดยเฉพาะ Eicosapentaenoic acid (EPA) และ Docosahexaenoic acid (DHA) สูง (Baer et al., 2000) ซึ่งกรดไขมันดังกล่าวสามารถเสริมสร้างสุขภาพ การพัฒนาการของสมอง และอวัยวะต่างๆ และยังช่วยลดการสะสมไขมันในร่างกาย และยังมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่พบว่าให้ผลทำนองเดียวกันคือ conjugated linoleic acid (CLA) ซึ่งพบได้จากผลิตภัณฑ์จากสัตว์ ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน

ไขมันเป็นสารอาหารหลักที่จำเป็นต่อร่างกายทั้งคนและสัตว์ ซึ่งได้จากทั้งในพืชและสัตว์ เป็นโภชนะที่ให้พลังงานสูงถึง 9 แคลอรี และอาหารไขมันยังเป็นแหล่งที่ดีของไวตามิน A, D, E และ K ไขมันในอาหารมากกว่า 90% อยู่ในรูปของ triglyceride ส่วนที่เหลือเป็น phospholipids และ cholesterol เป็นต้น กรดไขมันเป็น carboxylic acid ที่มีหมู่ –COOH กรดไขมันที่มีแต่พันธะเดี่ยวเรียกว่า กรดไขมันชนิดอิ่มตัว ส่วนกรดไขมันที่ประกอบด้วยพันธะคู่ อย่างน้อย 1 คู่ เรียกว่ากรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว CLA เป็นกรดไขมันที่จัดอยู่ในกลุ่มของ Octadeacdienoic fatty acids โดยมีกลุ่มของ methylene เกาะอยู่ระหว่างพันธะคู่ ซึ่งค้นพบครั้งแรก ได้จากการสังเคราะห์ในรูเมนโดยกระบวนการ biohydrogenation ของจุลินทรีย์และมีการสะสมในเนื้อ น้ำนม และอวัยวะอื่นๆ โดยเฉพาะเนื้อเยื่อไขมัน (Peterson et al., 2002) การเสริมกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในอาหารสัตว์ทำให้ผลิตภัณฑ์จากสัตว์มีปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงขึ้น เช่น ความเข้มข้นของ conjugated linoleic acid (CLA) ในเนื้อและน้ำนมของสัตว์เคี้ยวเอื้องขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมัน คือกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ที่เสริมในอาหาร (Griinari et al., 1996) โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบอาหารที่มีกรดไขมันลิโนเลอิค (linoleic acid) เป็นองค์ประกอบ จุลินทรีย์ในรูเมนจะเปลี่ยนกรดไขมันไม่อิ่มตัว

ไปเป็นกรดไขมันอิ่มตัวซึ่งเรียกว่า biohydrogenation อย่างไรก็ตามกรดไขมันบางส่วนเกิดการเปลี่ยนแปลงไม่สมบูรณ์เกิดเป็น conjugated linoleic acid (CLA) ซึ่งสัตว์สามารถนำไปสร้างเป็นองค์ประกอบของน้ำนมและเนื้อเยื่อไขมันอื่นๆ ในร่างกาย และในปัจจุบันพบว่า CLA เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ (Belury, 1995) สามารถป้องกันการเกิดออกซิแดนซ์ (antioxidant) และต่อต้านการเกิดมะเร็งในหนู (Pariza and Hargraves, 1985; Ha et al., 1987) ลดการเกาะกันของไขมันตามผนังเส้นเลือดในหนู (Park et al., 1990) เพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมของแร่ธาตุของกระดูก (Li et al., 1999) และเกี่ยวข้องกับการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายของหนู (Sugano et al., 1998) เป็นต้น ซึ่งอาจจะมีผลเช่นเดียวกับในมนุษย์ ซึ่ง CLA ให้ผลในการตอบสนองต่อการเจริญเติบโต และการสะสมในเนื้อเยื่อเช่นเดียวกับในปลา (Twibell and Wilson, 2003) ผลิตผลที่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิด linoleic acid และ CLA สูงเมื่อนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ควรจะมีระดับ CLA เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ CLA อาจจะได้จากอาหารนั้นๆ ก่อนการแปรรูป และยังได้จากกระบวนการแปรรูป ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาทั้งสองส่วน คือจากอาหารสู่เนื้อปลา รวมทั้งการเพิ่มผลผลิต

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการเสริม Conjugated linoleic acid (CLA) และเมล็ดทานตะวันในอาหารปลา ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพของเนื้อปลานิลและปลาดุก

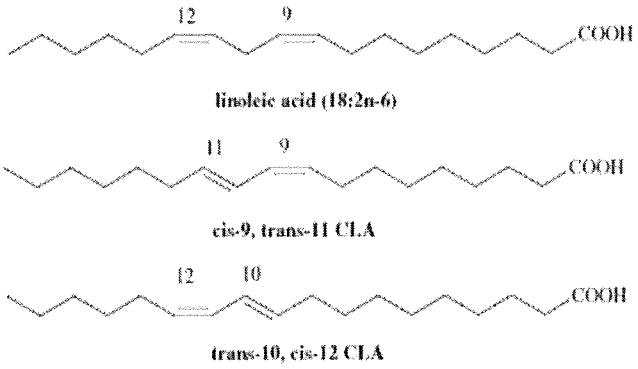
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบระดับ CLA ที่เหมาะสมต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพของเนื้อปลานิลและปลาดุก โดยเฉพาะกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวและ CLA ในเนื้อปลา เพื่อส่งเสริมให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพต่อไป เป็นการศึกษาองค์ความรู้ใหม่ด้านโภชนะศาสตร์ของปลากินพืช และปลากินเนื้อ อันจะนำไปสู่การปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปลา และยังจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาวิจัยในส่วนลึกต่อไป

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันกระแสความนิยมของผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับทางด้านอาหารและสุขภาพเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคข้อมูลข่าวสารสะดวกรวดเร็ว ซึ่งสามารถรับรู้ผ่านสื่อต่างๆ รวมถึงผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ การปนเปื้อนสารพิษ สารตกค้างต่างๆ ประกอบกับการพัฒนาทางการแพทย์ที่ค้นพบความผิดปกติจากการบริโภคสารอาหารขาดหรือเกินขนาด ทั้งด้านโปรตีนและพลังงาน โดยเฉพาะการบริโภคอาหารไขมันทำให้เกิดปัญหาสุขภาพ จึงมีการรณรงค์ให้บริโภคอาหารที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวแทนกรดไขมันอิ่มตัว จากการศึกษาพบว่าสารเสริมชนิดต่างๆได้เข้ามามีบทบาทในการนำมาใช้เพิ่มคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์ และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อีกด้วย ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบกรดไขมันบางชนิดที่มีคุณสมบัติในการต่อต้านการเกิดมะเร็งได้ ซึ่งได้แก่ Conjugated linoleic acid (CLA) ถือเป็นสารเสริมตัวหนึ่งที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการนำมาใช้เพิ่มคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ซึ่งพบในธัญพืชต่างๆ และพบมากในผลิตภัณฑ์จากสัตว์เคี้ยวเอื้อง คือ เนื้อและน้ำนม (Bauman et al., 1999) ซึ่งการเสริม CLA ในอาหารนั้นมีประโยชน์ต่อองค์ประกอบของร่างกายสัตว์โดยมีผลในการตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ สามารถป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง ช่วยในการปรับปรุงระบบภูมิคุ้มกัน การสะสมในเนื้อเยื่อ และช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลของมวลไขมันในร่างกายและเพิ่มมวลกล้ามเนื้อมากขึ้น (Park et al., 1997) เช่น ในหนู mice (Ohnuki et al., 2001; Terpstra et al., 2002) ในสุกร (Thiel-Cooper et al., 2001; Tischendorf et al., 2002) ในไก่ (Badinga et al., 2003) และในปลา (Twibell and Wilson, 2003) จึงเป็นที่น่าสนใจในการนำเอา CLA มาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อปลาเพื่อผู้บริโภคได้รับประโยชน์สูงสุด

Conjugated linoleic acid (CLA) ถูกค้นพบครั้งแรกในปี พ.ศ. 1987 โดย Michael Pariza แห่งมหาวิทยาลัย Wisconsin- Madison ซึ่งสกัดได้จากเนื้อโค (Ha et al., 1987; Pariza and Hargraves, 1985) โดยพบว่า CLA เป็นกลุ่มไอโซเมอร์ของกรดไขมัน linoleic acid (octadecadienoic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นมีโครงสร้างตรงตำแหน่งที่เป็นพันธะคู่ (double bond) 2 ตำแหน่ง (octadecadienes) นั้น มีพันธะเดี่ยวคั่นอยู่ตรงกลางเพียง 1 ตำแหน่ง โดยมีอยู่ประมาณ 16 ไอโซเมอร์ แต่ที่พบมากที่สุดในธรรมชาติมีเพียง 2 ไอโซเมอร์ คือ cis-9, tran-11-octadecadienoic acid และ trans-10, cis-12,- octadecadienoic acid (Pariza et al., 2000, 2001) ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของ trans-10, cis-12 CLA cis-9, tran-11 CLA และ linoleic acid
ที่มา: Rosa et al. (2010)

เนื่องจาก CLA มีความคงตัวต่อความร้อนที่ใช้ในการแปรรูปอาหารและผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ความร้อนยังสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Shantha et al., 1995; Lin et al., 1998) แหล่งของอาหารที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง ส่วนใหญ่ได้มาจากเมล็ดธัญพืช หรือเมล็ดพืชน้ำมัน โดยระดับของ CLA จะสูงขึ้นหากผ่านกระบวนการที่ผ่านความร้อน Irshaid et al. (2003) และ Titi (2003) ได้ศึกษาการใช้กากเมล็ดทานตะวันทดแทนแหล่งอาหารคุณภาพดีคือกากถั่วเหลือง และพบว่า CLA ที่สะสมในเนื้อสัตว์สูงขึ้น ทำนองเดียวกับในอาหารปลาที่เสริม CLA พบว่า CLA ในเนื้อปลาสูงขึ้น มีรายงานวิจัยมากมายที่รายงานคุณสมบัติที่ดีเชิงสุขภาพของ CLA อย่างต่อเนื่อง เช่น การต้านออกซิเดชัน (antioxidation) (Yu, 2001; Yu et al., 2002) ต้านมะเร็ง (anti-cancer) ต้านเส้นเลือดอุดตัน (anti-atherosclerosis) ช่วยปรับปรุงภูมิต้านทาน (improving immuno-responses) (Ip et al., 1995; Belury et al., 1996) จากการทดลองกับสัตว์ทดลอง พบว่า CLA สามารถยับยั้งการเกิดมะเร็งเต้านม (Hubbard et al., 2000; Hubbard et al., 2003) ลดโอกาสการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ (Kim and Park, 2003) ช่วยป้องกันการศูนย์เสียมวลกระดูกของหนูเพศเมียได้ (Rahman et al., 2007) และช่วยกระตุ้นการสังเคราะห์แอนติบอดีในหนูทดลอง (Ramirez-Santana et al., 2011) นอกจากนี้ยังพบว่า CLA ทำให้หนูทดลองทั้งเพศผู้และเพศเมียมีมวลไขมันลดลงและมวลเนื้อแดงเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ *cis*-9,*trans*-11 และ *trans*-10,*cis*-12 CLA ในอาหาร (Park et al., 1997; Park et al., 1999) ทั้งนี้มีสมมุติฐานว่าเกิดจาก lipid metabolism หลังจากได้รับ CLA ทำให้เพิ่ม lipolysis, fatty acid oxidation หรืออาจเนื่องจากการลดการสะสมไขมันใน adipocytes

สำหรับการศึกษา CLA ในปลา Choi et al. (1999) พบว่าอาหารที่ทำจากปลาและผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย CLA อยู่ในช่วง 0 ถึง 10.0 % จากการศึกษาโดยใช้เนื้อปลา carp, Nile tilapia และ rockfish Twibel and Wilson (2003) ได้ศึกษาการเสริม CLA ในอาหารปลา Juvenile channel catfish ที่ระดับ 0, 0.5 และ 1.0 % ในอาหารที่มีไขมันรวมสูงคือ 5.0, 7.5 และ 10.0% ตามลำดับ พบว่าระดับ CLA ที่เสริมไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลา อย่างไรก็ตาม ไขมันที่สะสมใน

เนื้อเยื่อไขมัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในกลุ่มที่เสริมไขมันระดับสูงและต่ำ แสดงให้เห็นว่า CLA สามารถช่วยในการลดการสะสมไขมันโดยเฉพาะกรดไขมันชนิดอิ่มตัว สอดคล้องกับรายงานของ Park et al. (1997); Evans et al., (2000; 2002) ซึ่งพบว่า CLA ช่วยลด triglyceride ในเนื้อเยื่อไขมัน นอกจากนี้ Ha et al. (1987) ได้รายงานว่า CLA เป็นสารที่ต้านการเกิดมะเร็งที่พบได้ในเนื้อวัวสับที่ผ่านการทำให้สุกด้วยการทอดบนกระทะร้อน

กนกอร และคณะ (2557) ได้มีการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยและรายงานว่าเนื้อสัตว์โดยทั่วไป แม้จะมี CLA ในปริมาณพอสมควรแต่ก็ยังไม่เพียงพอสำหรับผู้บริโภคให้ได้ประโยชน์เชิงสุขภาพตาม Ip et al. (1995) ได้ประมาณไว้สูงถึง 3.0 g CLA/day ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องมีการเพิ่มปริมาณ CLA ในอาหารให้มีมากขึ้นจากที่มีโดยธรรมชาติ แนวทางที่มนุษย์จะได้รับ CLA โดยการรับประทานผลิตภัณฑ์นมและเนื้อวัวในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมากๆ อย่างไรก็ตามการเพิ่มการบริโภคอาหารไขมันให้มากขึ้น เพื่อให้ได้รับปริมาณ CLA มากขึ้นนั้นเป็นสิ่งที่ไม่ควรปฏิบัติ เพราะอาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจอุดตัน และอาจเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งได้ ดังนั้นเพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพ การเพิ่ม CLA ในอาหารสำหรับมนุษย์อาจทำได้โดยการเพิ่มปริมาณ CLA ในอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ เพื่อให้สัตว์ชนิดนั้นๆ เป็นตัวเพิ่ม CLA ในอาหารสำหรับมนุษย์ได้เมื่อมนุษย์บริโภคผลิตภัณฑ์จากสัตว์เหล่านั้นเข้าไป

จากการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเสริม CLA ในอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพซากและผลิตผลจากสัตว์ อาทิการใช้วัตถุดิบที่มีปริมาณไขมันสูง เสริมด้วย CLA ในสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง สัตว์ปีก และสุกร (Dhiman et al., 1999, 2000; Du et al., 2000; Latour et al., 2000; Waylan et al., 1999) จากผลการวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ ได้พบว่า CLA เป็นสารที่มีประสิทธิภาพเป็น antioxidant ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจเนื่องจากหลอดโลหิตตีบตัน (Pfeuffer and Schrezenmeir, 2000; Pariza and Hargraves, 1985) ดังนั้นการเลี้ยงสัตว์ด้วยอาหารสูตรที่มี CLA จะทำให้ผลผลิตเนื้อสัตว์มีปริมาณ CLA ที่เป็น antioxidant ในผลผลิตที่สามารถป้องกันการเกิด oxidation ในผลผลิตจากสัตว์ ซึ่งจะทำให้สามารถยืดอายุการเก็บของผลผลิตได้อีกทางหนึ่ง และเป็นการปรับปรุงคุณลักษณะและคุณภาพของผลผลิตจากสัตว์ได้ด้วย (Intarapichet and Maikhunthod, 2007a, 2007b; Intarapichet et al., 2008) นอกจากนี้ยังพบว่า CLA มีความคงตัวต่อความร้อนที่ใช้ในการแปรรูปอาหารและพบว่าความร้อนยังสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่เพิ่มปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Shantha et al, 1994, 1995; Lin et al. 1998; Pakdeechanaun et al., 2006) ดังนั้นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ใช้วัตถุดิบที่ได้จากสัตว์เลี้ยงด้วยสูตรเพิ่ม CLA จึงเป็นการเพิ่มปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์อาหารมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจเพียงพอตามปริมาณแนะนำ (recommended dosage) คือ 2.5-5.0 กรัมต่อวัน (Anonymous, 2001)

ปลาเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูงและมีไขมันต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภคในปัจจุบัน ซึ่งมีความตื่นตัวในด้านสุขภาพมากขึ้น อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์

น้ำโดยเฉพาะปลาน้ำจืดจึงเป็นอุตสาหกรรมสำคัญ ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาและปรับปรุงให้ทันกับการเจริญเติบโตของตลาดทั้งในและต่างประเทศ การศึกษาแหล่งของวัตถุดิบเพื่อนำมาใช้ผลิตเป็นอาหารปลา เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากเป็นการใช้ทรัพยากรในประเทศให้คุ้มค่า และลดการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ อันเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยโครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นการคัดเลือกแหล่งวัตถุดิบในประเทศที่มีกรดไขมัน CLA ในระดับที่สูงเนื่องจากมีรายงานว่ากรดไขมัน CLA สามารถเพิ่มสัดส่วนของเนื้อในสัตว์หลายชนิด อาหารที่ประกอบด้วย CLA (dietary CLA) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเนื้อสัตว์และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารของหนูทดลอง ในปลาพบรายงานที่เลี้ยงด้วยอาหาร CLA มีการเปลี่ยนแปลงเมตาโบลิซึมของไขมันในปลาได้ ชนิดของ CLA ที่พบว่ามีประสิทธิภาพต่อการเปลี่ยนแปลงในสัตว์ประกอบด้วย *trans*-10, *cis*-12 และ *cis-9,trans-11* สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถสังเคราะห์ CLA ได้ในระบบย่อยอาหาร (Kelly, 2001) ในขณะที่ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว และปลาสามารถเพิ่ม CLA ในเนื้อได้โดยการเสริม CLA ในอาหารสัตว์ Sang et al. (2007) พบว่าเมื่อให้อาหารที่มี CLA กับปลาจวดเหลือง (yellow croaker) มีผลให้ไขมันในกล้ามเนื้อลดลงตามปริมาณ CLA ในอาหารที่เพิ่มขึ้น และมีมวลเนื้อ (lean body mass) เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Dos Santos et al. (2011) เมื่อเสริม CLA ในอาหารปลานิล Manning et al. (2006) พบว่าเนื้อปลากดอเมริกัน (channel catfish) เลี้ยงด้วยอาหารเสริม CLA มีรสชาติไม่แตกต่างจากเนื้อปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมด้วยน้ำมันปลาและน้ำมันข้าวโพด ดังนั้นการเพิ่มปริมาณกรดไขมัน CLA ในอาหารปลา จะเป็นการพัฒนากระบวนการเลี้ยงปลาให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยใช้วัตถุดิบที่มีในประเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาผลของการเสริม conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารปลา ต่อผลผลิตคุณภาพของเนื้อปลานิลและปลาดุก มีการดำเนินงานวิจัยทั้งในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ ในส่วนของห้องปฏิบัติการนั้นใช้อาคารเครื่องมือ 1 และ 3 ของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุรนารี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับการเลี้ยงปลานั้นใช้ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (งานสัตว์น้ำ) เป็นสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย โดยการศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0%) ในอาหารปลานิลและอาหารปลาดุก ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของเนื้อปลานิลและปลาดุก

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบและไม่ผ่านการอบ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของเนื้อปลานิลและปลาดุก

ในการเลี้ยงปลามีการประเมินสมรรถนะการเจริญเติบโต และศึกษาคุณภาพซากของเนื้อปลานิล และปลาดุก โดยใช้วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี พร้อมทั้งวิธีการศึกษา ดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 อุปกรณ์สำหรับการเลี้ยงปลาและเก็บตัวอย่างปลา

1) บ่อดินขนาด 10 ไร่

2) โครงกระชังเหล็ก และกระชังขนาด 2×2×2.5 เมตร และ 1×1×1.5 เมตร

3) เครื่องปั๊มลม

4) สวิงขนย้ายปลา กะละมัง

5) มีด เขียง กล่องโฟม น้ำแข็ง ถุงซิบล็อกสำหรับใส่ตัวอย่าง ไม้บรรทัด เป็นต้น

3.1.2 อุปกรณ์สำหรับการทำอาหารปลา

1) เครื่องบดวัตถุดิบอาหาร

2) เครื่องผสมอาหารสัตว์

3) เครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์แบบลอยน้ำ

4) วัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพด รำละเอียด มันสำปะหลัง น้ำมันทานตะวัน CLA พรีมิกซ์ สารเหนียว วิตามินซี เป็นต้น

5) ตาชั่งขนาด 1, 7 และ 60 กิโลกรัม

6) เครื่องชั่ง 2 และ 4 ตำแหน่ง เป็นต้น

3.1.3 อุปกรณ์สำหรับการศึกษาคุณภาพซาก

1) เครื่องบดเนื้ออย่างละเอียด (BIRO, The BIRO MFG CO., Japan)

2) ถ้วยอลูมิเนียม ตู้อบ ตู้ดูดความชื้น ถ้วยกระเบื้องเคลือบ

3.1.4 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในอาหารปลา

1) เครื่องแก้วสำหรับเตรียมสารเคมี

2) เครื่องชั่ง 2 และ 4 ตำแหน่ง

3) กระดาษชั่งสาร

4) อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า เป็นต้น

3.2 สารเคมี

1) น้ำมันกานพลู

2) สารเคมีสำหรับการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในอาหารปลา ประกอบด้วย Petroleum ether, Hydrochloric acid, Sulfuric acid, Boric acid, Mix indicator, Sulfuric acid และ Sodium hydroxide เป็นต้น

3) สารเคมีสำหรับการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ตับ และ fat body ของปลาดุกและปลานิล ประกอบด้วย Boron trifluoride, 5α- cholestane (Sigma Aldrich, St. Louis, USA), Boric acid, Chloroform, Ethanol, Hydrochloric acid, Hexane, Isopropanol, Iso-octane, KOH, Methanol, Sodium chloride, และ Sulfuric acid เป็นต้น

3.3 วิธีการศึกษา

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0%) ในอาหารปลานิลและอาหารปลาดุกต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของเนื้อปลานิลและปลาดุก

1.1) การเตรียมปลาทดลอง

ทำการสุ่มลูกปลานิล และลูกปลาดุกที่เลี้ยงในฟาร์มสัตว์น้ำ ของมหาวิทยาลัย โดยทำการสุ่มปลานิลที่มีน้ำหนักประมาณ 70.50 - 74.05 กรัม และลูกปลาดุกที่มีน้ำหนักประมาณ 17.28 - 20.17 กรัม ลงในกระชังทดลองขนาด 1×1×1.5 ลูกบาศก์เมตร กระชัง (ทรีตเมนต์) ละ 40 ตัว โดยแต่ละทรีทเมนต์ประกอบด้วย 3 กระชัง ทำการเลี้ยงปลาเป็นระยะนาน 10 สัปดาห์ในบ่อดิน ขนาด 10 ไร่ ที่มีระดับน้ำลึก 2.2 เมตร

1.2) การเตรียมอาหารทดลอง

นำวัตถุดิบอาหารปลามาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (โปรตีน ความชื้น ไขมัน เถ้า เยื่อใย) ตามวิธีการของ A.O.A.C. (1995) จากนั้นทำการสร้างสูตรอาหารทดลองที่มีการปรับให้สูตรอาหารทุกสูตรมีระดับโปรตีนเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานเท่ากับ 15.27 กิโลจูลต่อกรัม สำหรับปลานิล และโปรตีนในอาหารเท่ากับ 35 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานเท่ากับ 15.04 กิโลจูลต่อกรัม สำหรับปลาดุก โดยมีการเสริม CLA ต่างกัน 4 ระดับ (0.5, 1.0, 1.5, 2.0 เปอร์เซ็นต์) เปรียบเทียบกับอาหารเม็ดที่ผลิต

ขึ้นเองเป็นตัวควบคุม (control) ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 และทรีทเมนต์สำหรับทดสอบอาหารปลานิลและปลาดุกดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารที่ผลิตขึ้นเอง (Control, 30% CP สำหรับปลานิล
และ Control, 35% CP สำหรับปลาดุก)

ทรีทเมนต์ที่ 2 อาหารที่ผลิตขึ้นเองและมีการเสริม CLA 0.5% (0.5% CLA)

ทรีทเมนต์ที่ 3 อาหารที่ผลิตขึ้นเองและมีการเสริม CLA 1.0% (1.0% CLA)

ทรีทเมนต์ที่ 4 อาหารที่ผลิตขึ้นเองและมีการเสริม CLA 1.5% (1.5% CLA)

ทรีทเมนต์ที่ 5 อาหารที่ผลิตขึ้นเองและมีการเสริม CLA 2.0% (2.0% CLA)

หลังจากนั้นนำวัตถุดิบอาหารที่มีขนาดใหญ่มาบดด้วยเครื่องบดอาหารสัตว์ให้มีขนาด 0.5 มิลลิเมตร แล้วจึงนำส่วนผสมของอาหารในแต่ละสูตรมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมอาหารแบบแนวนอน และเติมน้ำประมาณ 26 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้น premix และวิตามินซี ที่จะผสมเป็นลำดับสุดท้าย หลังจากผสมเสร็จแล้วนำไปเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหารแบบลอยน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 125-150 °C นำมาตากในห้องอบความร้อนโดยใช้แสงแดด เมื่ออาหารแห้งนำน้ำมัน CLA มาฉีดพ่นในแต่ละสูตรอาหารที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำอาหารแต่ละสูตรมาผึ่งให้แห้ง เมื่ออาหารแห้งเก็บอาหารใส่ถุง label สูตรอาหารที่ถุงให้เรียบร้อย เพื่อนำไปใช้เลี้ยงปลาต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.1 แสดงร้อยละของส่วนผสมและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่เสริมด้วย CLA ในสูตรอาหารต่างๆ กัน สำหรับปลานิล (30% CP)

	สูตรอาหาร				
วัตถุดิบ (กรัม/100)	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5% CLA	2.0% CLA
กากถั่วเหลือง	24	24	24	24	24
รำละเอียด	10	10	10	10	10
มันสำปะหลัง	23	23	23	23	23
ข้าวโพด	9	9	9	9	9
ปลาป่น	25	25	25	25	25
Premix	1	1	1	1	1
Vitamin C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
เกลือ	1	1	1	1	1
สารเหนียว	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
น้ำมันทานตะวัน	6	5.5	5	4.5	4
น้ำมัน CLA	-	**0.5**	**1**	**1.5**	**2**
รวม	100	100	100	100	100
องค์ประกอบทางเคมีจากการคำนวณในสูตรอาหาร (% น.น.แห้ง)					
โปรตีน	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8
ไขมัน	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
เยื่อใย	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
เถ้า	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
NFE	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5
DE (KJ/กรัม)[1]	15.27	15.27	15.27	15.27	15.27

หมายเหตุ: [1]การคำนวณ DE (กิโลจูลต่อกรัม) = (Crude protein×16.7) + (Crude fat×37.7) + (NFE×16.7) ตามวิธีการของ Garling and Wilson (1977)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 แสดงร้อยละของส่วนผสมและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่เสริมด้วย CLA ในสูตรอาหารต่างๆ กัน สำหรับปลาดุก (35% CP)

	สูตรอาหาร				
วัตถุดิบ (กรัม/100กรัม)	Control	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5% CLA	2.0% CLA
กากถั่วเหลือง	25	25	25	25	25
รำละเอียด	5	5	5	5	5
มันสำปะหลัง	22	22	22	22	22
ข้าวโพด	5	5	5	5	5
ปลาป่น	34	34	34	34	34
Premix	1	1	1	1	1
Vitamin C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
เกลือ	1	1	1	1	1
สารเหนียว	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
น้ำมันทานตะวัน	6	5.5	5	4.5	4
น้ำมัน CLA	-	**0.5**	**1**	**1.5**	**2**
รวม	100	100	100	100	100
องค์ประกอบทางเคมีจากการคำนวณในสูตรอาหาร (% น.น.แห้ง)					
โปรตีน	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6
ไขมัน	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
เยื่อใย	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
เถ้า	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
NFE	34.0	34.0	34.0	34.0	34.5
DE (KJ/กรัม)[1]	15.04	15.04	15.04	15.04	15.04

หมายเหตุ: [1]การคำนวณ DE (กิโลจูลต่อกรัม) = (Crude protein×16.7) + (Crude fat×37.7) + (NFE×16.7) ตามวิธีการของ Garling and Wilson (1977)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.3) การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองโดยใช้การทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 5 ทรีทเมนต์ (Treatment) แต่ละทรีทเมนต์ มี 3 ซ้ำ (Replication) ทรีทเมนต์ 1 เป็นอาหารที่ผลิตขึ้นเองที่มีโปรตีน 30% และ 35% สำหรับปลานิลและปลาดุก ตามลำดับ ทรีตเมนต์ 2-5 เป็นอาหารทดสอบที่มีระดับ CLA 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0% ตามลำดับ

1.4) การให้อาหารและการเก็บข้อมูล

เพื่อประเมินสรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร โดยให้ปลากินอาหารทดลองโดยการให้ปลากินจนอิ่มทุกวัน วันละ 2 ครั้ง คือเวลา 09.00 น. และ 16.00 น. เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ ทำการเก็บตัวอย่างปลานิลและปลาดุก บันทึกข้อมูล โดยทำการชั่งน้ำหนัก วัดความยาวของปลา เพื่อเป็นน้ำหนักและความยาวเริ่มต้น หลังสิ้นสุดการทดลองทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของปลา เพื่อเป็นน้ำหนักและความยาวสุดท้าย หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาศึกษาผลของอาหารทดลองแต่ละสูตรต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ดังนี้

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

DWG = (น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย – น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น)/ระยะเวลาในการเลี้ยง

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่ม (% Weight Gain : WG ; เปอร์เซ็นต์)

WG = [(น้ำหนักครั้งสุดท้ายที่จับ-น้ำหนักเริ่มต้นที่เลี้ยง)/น้ำหนักเริ่มต้นเลี้ยง] x 100

เปอร์เซ็นต์การรอด (Survival Rate : SR ; เปอร์เซ็นต์)

SR = (จำนวนปลาที่เหลือในแต่ละครั้งของการชั่งวัด/จำนวนปลาที่เริ่มทำการทดลอง) x 100

เปอร์เซ็นต์ซาก (Dress-out weight (%) = (clean fish weight/intact fish weight) × 100

Hepatosomatic index, HSI (%) = (น้ำหนักตับ/น้ำหนักตัวปลา) × 100

Fat body (Intraperitoneal fat) (%) = (fat body weight/fish weight) ×100

1.5) การเก็บตัวอย่างเนื้อปลา ตับ และไขมันในช่องท้อง

เก็บตัวอย่างเนื้อ ตับ และไขมันในช่องท้อง ของปลานิลและปลาดุก หลังสิ้นสุดการทดลอง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากปลา 10 ตัวต่อทรีตเมนต์ (กระชัง) treatment ละ 3 ซ้ำ และเมื่อเก็บปลามาแล้วบันทึกน้ำหนักและความยาวของปลา แต่ละ rep. จะนำมาแยกเอาส่วนของ ตับ และ fat body และแล่เอาส่วนเนื้อ จากนั้นบดให้ละเอียด และเก็บที่ -18°C เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมี ยกเว้นการวิเคราะห์ความชื้นที่ต้องทำทันที

1.6) การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา ดังวิธีการศึกษาในภาคผนวก ข

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบและไม่ผ่านการอบ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของเนื้อปลานิลและปลาดุก

2.1) การเตรียมปลาทดลอง

ทำการสุ่มลูกปลานิล และลูกปลาดุกที่เลี้ยงในฟาร์มสัตว์น้ำ ของมหาวิทยาลัย โดยทำการสุ่มปลานิลที่มีน้ำหนักประมาณ 87.51 - 88.49 กรัม และลูกปลาดุกที่มีน้ำหนักประมาณ 27.22 - 27.65 กรัม ลงในกระชังทดลองขนาด 1×1×1.5 ลูกบาศก์เมตร กระชัง (ทรีตเมนต์) ละ 40 ตัวสำหรับปลานิล และ 70 ตัวสำหรับปลาดุก โดยแต่ละทรีทเมนต์ประกอบด้วย 3 กระชัง ทำการเลี้ยงปลาเป็นระยะนาน 19 สัปดาห์ในบ่อดิน ขนาด 10 ไร่ ที่มีระดับน้ำลึก 2.2 เมตร

2.2) การเตรียมอาหารทดลอง

นำวัตถุดิบอาหารอาหารปลามาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (โปรตีน ความชื้น ไขมัน เถ้า เยื่อใย) ตามวิธีการของ A.O.A.C (1995) จากนั้นทำการสร้างสูตรอาหารทดลองที่มีการปรับให้สูตรอาหารทุกสูตรมีระดับโปรตีนเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานเท่ากับ 15.89 กิโลจูลต่อกรัม โดยมีการใช้เมล็ดทานตะวันที่ไม่ผ่านการอบ (unheated) เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 60 นาที เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ ร่วมกับ 1.0% CLA และสูตรอาหารควบคุมร่วมกับ 2.0% CLA โดยใช้อาหารเม็ดที่ผลิตขึ้นเองเป็นตัวควบคุม สำหรับอาหารปลานิล ดังแสดงในตารางที่ 3.3 สำหรับอาหารปลาดุกให้สูตรอาหารทุกสูตรมีระดับโปรตีนเท่ากับ 35 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานเท่ากับ 15.97 กิโลจูลต่อกรัม โดยมีการใช้เมล็ดทานตะวันที่ไม่ผ่านการอบ (unheated), เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated), เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ ร่วมกับ 1.0% CLA และสูตรอาหารควบคุมร่วมกับ 1.5% CLA โดยใช้อาหารเม็ดที่ผลิตขึ้นเองเป็นตัวควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 3.4 มีการกำหนดทรีทเมนต์ สำหรับทดสอบอาหารปลานิลและปลาดุกดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารที่ผลิตขึ้นเองไม่มีการใช้เมล็ดทานตะวัน (Control, 30% CP สำหรับปลานิล และ Control, 35% CP สำหรับปลาดุก)

ทรีทเมนต์ที่ 2 อาหารที่ผลิตขึ้นเองและมีการใช้เมล็ดทานตะวันที่ไม่ผ่านการอบ (unheated seed)

ทรีทเมนต์ที่ 3 อาหารที่ผลิตขึ้นเองและมีการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated seed)

ทรีทเมนต์ที่ 4 อาหารที่ผลิตขึ้นเองและมีการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ และมีการเติม 1.0% CLA (Heated seed +1.0% CLA)

ทรีทเมนต์ที่ 5 อาหารที่ผลิตขึ้นเองไม่มีการใช้เมล็ดทานตะวันและมีการเติม 2.0% CLA (Control+2.0% CLA)

ตารางที่ 3.3 แสดงร้อยละของส่วนผสมของวัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลองสำหรับปลานิล (30% CP)

วัตถุดิบ (กรัม/100 กรัม)	สูตรอาหาร				
	Control	Unheated seed	Heated seed	Heated seed + 1.0% CLA	Control+ 2.0% CLA
เมล็ดทานตะวัน	0	15	15	15	0
กากถั่วเหลือง	30	30	30	30	30
รำละเอียด	10	10	10	10	10
มันสำปะหลัง	17.8	14	14	14	18.8
ข้าวโพด	9	9	9	9	9
ปลาป่น	24.2	18	18	18	24.2
Premix	1	1	1	1	1
Vitamin C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
เกลือ	1	1	1	1	1
สารเหนียว	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
น้ำมันทานตะวัน	6	1	1	0	3
น้ำมัน CLA	0	0	0	1	2
รวม	100	100	100	100	100
องค์ประกอบทางเคมีจากการคำนวณในสูตรอาหาร (% น.น.แห้ง)					
โปรตีน	30.4	30.2	30.5	30.2	30.7
ไขมัน	5.8	5.7	5.8	6.2	6.8
เยื่อใย	5.3	7.3	7.2	7.3	5.4
เถ้า	5.1	6.1	6.4	7.1	5.2
NFE	53.4	50.7	50.1	49.2	51.9
DE (KJ/กรัม)[1]	16.18	15.66	15.65	15.60	16.36

หมายเหตุ: [1]การคำนวณ DE (กิโลจูลต่อกรัม) = (Crude protein×16.7) + (Crude fat×37.7) + (NFE×16.7) ตามวิธีการของ Garling and Wilson (1977)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.4 แสดงร้อยละของส่วนผสมของวัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลองสำหรับปลาดุก (35% CP)

วัตถุดิบ (กรัม/100กรัม)	สูตรอาหาร				
	Control	Unheated seed	Heated seed	Heated seed + 1.0% CLA	Control+ 1.5% CLA
เมล็ดทานตะวัน	0	15	15	15	0
กากถั่วเหลือง	30	30	30	30	30
รำละเอียด	5	5	5	5	5
มันสำปะหลัง	16.5	12.7	12.7	12.7	17.5
ข้าวโพด	5	5	5	5	5
ปลาป่น	34.5	28.3	28.3	28.3	34.5
Premix	1	1	1	1	1
Vitamin C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
เกลือ	1	1	1	1	1
สารเหนียว	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
น้ำมันทานตะวัน	6	1	1	0	3.5
น้ำมัน CLA	0	0	0	1	1.5
รวม	100	100	100	100	100
องค์ประกอบทางเคมีจากการคำนวณในสูตรอาหาร (% น.น.แห้ง)					
โปรตีน	34.8	34.7	35.2	35.1	35.0
ไขมัน	5.7	5.6	5.7	6.2	7.4
เยื่อใย	5.8	6.5	6.3	6.2	5.7
เถ้า	5.5	6.3	6.5	6.2	5.3
NFE	48.2	46.9	46.3	46.3	46.6
DE (KJ/กรัม)[1]	16.01	15.74	15.76	15.93	16.42

หมายเหตุ: [1]การคำนวณ DE (กิโลจูลต่อกรัม) = (Crude protein×16.7) + (Crude fat×37.7) + (NFE×16.7) ตามวิธีการของ Garling and Wilson (1977)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หลังจากนั้นนำวัตถุดิบอาหารที่มีขนาดใหญ่มาบดด้วยเครื่องบดอาหารสัตว์ให้มีขนาด 0.5 มิลลิเมตร แล้วจึงนำส่วนผสมของอาหารในแต่ละสูตรมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมอาหารแบบแนวนอน และเติมน้ำประมาณ 26 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้น premix และวิตามินซี ที่จะผสมเป็นลำดับสุดท้าย หลังจากผสมเสร็จแล้วนำไปเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหารแบบลอยน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 125-150 °C นำมาตากในห้องอบความร้อนโดยใช้แสงแดด เมื่ออาหารแห้ง นำน้ำมัน CLA มาฉีดพ่นอาหารผสมให้เข้ากัน โดยอาหารปลานิลนั้นผสมน้ำมัน 2% CLA และอาหารปลาดุกใช้ 1.5% CLA จากนั้นนำอาหารแต่ละสูตรมาผึ่งให้แห้ง เมื่ออาหารแห้งเก็บอาหารใส่ถุง label สูตรอาหารที่ถุงให้เรียบร้อย เพื่อนำไปใช้เลี้ยงปลาต่อไป

สำหรับการวางแผนการทดลอง การให้อาหารและการเก็บข้อมูล การเก็บตัวอย่างเนื้อปลา ตับ และไขมันในช่องท้องและการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา ใช้วิธีการศึกษาเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ CRD มีการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลด้วย Homogeneity test และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์ ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการสะสมของ CLA ในเนื้อปลานิลและปลาดุก

ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ 4 ระดับ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ลงในสูตรอาหารที่ผลิตขึ้นเอง และใช้สูตรอาหารที่ผลิตขึ้นเอง (30% CP) เป็นตัวควบคุม ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่า ระดับการเสริม CLA ที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลกระทบต่อ น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย การเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการรอดของปลานิล ($P>0.05$) นอกจากนี้ การเสริม CLA ไม่มีผลทำให้ดัชนีน้ำหนักตับ (HSI) และเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง (Intraperitoneal fat; fat body) เพิ่มขึ้น ($P>0.05$) การเสริม CLA ในอาหารปลานิลตั้งแต่ 1.0-2.0% มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ซาก (dress-out weight) ลดลงเมื่อเทียบกับสูตรอาหารที่ผลิตขึ้นเอง (สูตรควบคุม) และสูตรอาหารที่เสริม CLA 0.5% ($P<0.05$, ดังตารางที่ 4.1) การเสริม CLA ที่ระดับ 1.0-1.5% มีผลให้ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลานิล (เปอร์เซ็นต์โปรตีน) เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการเสริม CLA ที่ระดับ 2.0% ทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนของเนื้อปลานิลลดลงและแตกต่างจากทรีตเมนต์อื่นๆ ($P<0.05$ ตารางที่ 4.2) และจากการวิเคราะห์ปริมาณ CLA ที่สะสมในปลานิล พบว่าระดับการเสริม CLA ที่เพิ่มขึ้น 2.0% มีผลทำให้ปริมาณการสะสมของ CLA ในเนื้อปลา ไขมันช่องท้อง และตับเพิ่มสูงขึ้นและแตกต่างจากทรีตเมนต์อื่นๆ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามการเสริมระดับ CLA ที่เพิ่มสูงขึ้นจาก 0.5-2.0% ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับและเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในช่องท้องแต่มีค่ามากกว่าสูตรอาหารที่ผลิตขึ้นเอง ($P<0.05$, ดังตารางที่ 4.3)

ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ 4 ระดับ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) โดยใช้สูตรอาหารที่ผลิตขึ้นเอง (35% CP) เป็นตัวควบคุม ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลาดุก พบว่าระดับการเสริม CLA ที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลกระทบต่อ น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย การเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการรอด และเปอร์เซ็นต์ซากของปลาดุก ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม การเสริม CLA ในระดับที่เพิ่มขึ้น 2.0% ทำให้ดัชนีน้ำหนักตับและเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้องของปลาดุกเพิ่มสูงขึ้น และแตกต่างจากทรีตเมนต์อื่นๆ ($P<0.05$, ดังตารางที่ 4.4) การเสริม CLA ที่ระดับ 1.0-1.5% มีผลให้ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาดุก (เปอร์เซ็นต์โปรตีน) เพิ่มสูงขึ้นและแตกต่างจากทรีตเมนต์อื่นๆ ระดับ CLA ที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อปลาดุกลดลง ($P<0.05$, ดังตารางที่ 4.5) จากการวิเคราะห์ปริมาณ CLA ที่สะสมในปลาดุก พบว่าปริมาณการสะสมของ CLA ในเนื้อปลาและไขมันช่องท้องเพิ่มสูงขึ้นตามระดับการเสริม CLA ที่เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ปริมาณการสะสมของ CLA ในตับและเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับของกลุ่มที่มีการเสริม CLA มีค่าสูงกว่าและแตกต่างจากกลุ่มควบคุม

($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามการเสริม CLA ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในช่องท้องของปลาดุก ($P>0.05$, ดังตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.1 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต (Mean ± S.E.) ของปลานิลที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์

Parameter	Feed ration				
	Control (30%CP)	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5% CLA	2.0% CLA
Initial weight (g)	70.50±1.79	74.05±1.81	71.53±1.65	72.40±1.90	70.68±2.51
Final weight (g)	423.00±13.19	449.53±18.09	443.05±13.82	453.96±13.82	442.48±10.86
Initial length (cm)	16.31±0.15	16.48±0.16	16.35±0.17	16.42±0.19	16.25±0.18
Final length (cm)	27.72±0.26	28.52±0.39	28.79±0.32	28.63±0.36	28.89±0.18
Daily weight gain (g/fish/d)	4.52±0.12	4.73±0.12	4.53±0.34	4.87±0.44	4.75±0.18
Weight gain (g/fish)	2.99±0.21	2.81±0.07	2.52±0.23	3.05±0.39	3.12±0.47
HSI[1]	1.42±0.08	1.43±0.08	1.59±0.08	1.48±0.07	1.4±0.06
Survival rate (%)	95.83±2.20	93.33±2.20	92.50±1.44	95.00±2.89	95.00±1.44
DW (%)[2]	88.79±0.94^{a}	85.95±1.01^{ab}	84.61±0.86^{b}	83.26±1.27^{b}	84.01±1.09^{b}
Fat body (%)	1.5±0.14	1.87±0.15	1.81±0.18	1.69±0.14	1.67±0.13

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]Hepatosomatic index (HSI)

[2]Dress-out Weight (DW)

ตารางที่ 4.2 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อองค์ประกอบทางเคมี (Mean ± S.E.) ของเนื้อปลานิลที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์

Proximate composition	Feed ration				
(%)	Control (30%CP)	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5% CLA	2.0% CLA
Moisture	79.21±0.12	78.98±0.09	78.49±0.17	79.17±0.13	79.90±0.97
Crude protein	19.30±0.27^{bc}	19.89±0.26^{b}	21.28±0.48^{a}	21.22±0.24^{a}	18.36±0.59^{c}
Fat	2.01±0.05^{ab}	1.80±0.06^{b}	1.98±0.05^{ab}	2.06±0.11^{a}	1.93±0.12^{ab}
Ash	1.00±0.01^{b}	1.02±0.02^{ab}	1.05±0.01^{ab}	1.06±0.03^{ab}	1.10±0.05^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.3 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อปริมาณ CLA ในเนื้อปลา (fillet), ไขมันช่องท้อง (Intraperitoneal fat), ตับ (liver), เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับ (Total fat in liver), เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในช่องท้อง (Total Intraperitoneal fat) (Mean ± S.E.) ของปลานิลที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์

Total CLA	Feed ration				
(mg/100g meat)	Control (30%CP)	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5% CLA	2.0% CLA
Fillet	11.10±0.45^{b}	12.48±0.64^{b}	13.28±0.67^{b}	13.05±0.68^{b}	24.45±1.92^{a}
Intraperitoneal fat	305.25±22.54^{e}	622.94±14.07^{d}	1818.93±64.58^{b}	1035.72±30.48^{c}	2386.40±42.12^{a}
Liver	13.68±1.10^{e}	20.37±0.34^{d}	34.17±1.04^{c}	65.69±10.94^{b}	69.01±5.37^{a}
Total fat in liver	6.15±0.39^{c}	7.41±0.46^{bc}	8.45±0.88^{ab}	9.49±0.67^{a}	8.93±0.48^{ab}
Total intraperitoneal fat	87.36±1.65^{b}	95.71±0.70^{a}	94.07±1.35^{a}	93.00±1.96^{a}	94.47±1.29^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.4 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆกัน (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต (Mean ± S.E.) ของปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์

Parameter	Feed ration				
	Control (35% CP)	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5% CLA	2.0% CLA
Initial weight (g)	17.28±0.50	18.60±0.96	20.17±0.85	19.66±1.28	19.88±0.91
Final weight (g)	185.4±14.77	175.37±13.99	177.13±10.63	164.03±8.59	187.78±9.53
Initial length (cm)	14.10±0.28	14.17±0.37	14.88±0.23	14.48±0.29	14.92±0.22
Final length (cm)	28.87±0.58	28.67±0.70	28.77±0.50	27.91±0.45	29.52±0.46
Daily weight gain (g/fish/d)	1.83±0.32	1.61±0.18	1.57±0.13	1.40±0.18	1.75±0.06
Weight gain (g/fish)	2.22±0.29	1.85±0.33	1.65±0.02	1.51±0.25	1.87±0.12
HSI[1]	1.32±0.07^{ab}	1.26±0.07^{b}	1.23±0.07^{b}	1.24±0.07^{b}	1.55±0.06^{a}
Survival rate (%)	92.50±1.44	93.33±0.83	94.17±0.83	90.00±1.44	90.00±1.44
DW (%)[2]	88.34±0.94	91.66±2.71	90.24±0.22	89.77±0.42	90.12±0.16
Fat body (%)	1.27±0.17^{b}	1.34±0.15^{b}	1.37±0.15^{b}	1.33±0.13^{b}	1.78±0.20^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]Hepatosomatic index (HSI)

[2]Dress-out Weight (DW)

ตารางที่ 4.5 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อองค์ประกอบทางเคมี (Mean ± S.E.) ของเนื้อปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์

Proximate composition	Feed ration				
(%)	Control (30%CP)	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5% CLA	2.0% CLA
Moisture	82.36±0.28^{a}	82.25±0.80^{ab}	79.53±0.23^{b}	79.20±0.15^{b}	78.63±0.20^{b}
Crude protein	19.01±0.21^{b}	18.73±0.38^{b}	23.68±0.93^{a}	23.86±1.16^{a}	19.42±0.15^{b}
Fat	2.03±0.15^{ab}	1.88±0.12^{b}	2.10±0.09^{ab}	2.33±0.10^{a}	2.39±0.17^{a}
Ash	1.05±0.02^{b}	1.03±0.02^{b}	0.91±0.04^{c}	1.07±0.01^{b}	1.16±0.02^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.6 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อปริมาณ CLA ในเนื้อปลา (fillet), ไขมันช่องท้อง (Intraperitoneal fat), ตับ (liver) , เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับ (Total fat in liver), เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในช่องท้อง (Total Intraperitoneal fat) (Mean ± S.E.) ของปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์

Total CLA	Feed ration				
(mg/100g meat)	Control (35%CP)	0.5% CLA	1.0% CLA	1.5% CLA	2.0% CLA
Fillet	3.47±0.28^{d}	10.22±1.58^{c}	28.89±0.69^{b}	44.22±1.98^{a}	49.92±5.04^{a}
Intraperitoneal fat	595.91±15.99^{e}	1158.64±24.56^{d}	2428.97±51.19^{c}	3272.38±93.47^{b}	3874.31±118.25^{a}
Liver	6.91±0.79^{b}	29.53±0.88^{a}	29.79±1.84^{a}	33.93±2.27^{a}	34.93±4.74^{a}
Total fat in liver	5.06±0.26^{b}	4.64±0.19^{b}	4.27±0.23^{b}	4.46±0.14^{b}	8.18±4.40^{a}
Total intraperitoneal fat	96.63±1.09	95.76±1.16	98.78±0.34	98.27±0.40	96.93±1.10

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของเนื้อปลานิลและปลาดุก

ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA โดยมีสูตรอาหารที่ผลิตขึ้นเอง (30% CP) เป็นตัวควบคุม พบว่าการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับการเสริม CLA ไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (final weight) น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน (Daily weight gain) และอัตราการรอดของปลานิล ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม การใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับการเสริม CLA ทำให้เปอร์เซ็นต์ซาก (DW) และ ดัชนีน้ำหนักตับ (HSI) เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$, ดังตารางที่ 4.7) การใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบร่วมกับเสริม CLA ที่ระดับ 1.0 และการเสริม CLA 2.0 % พบว่ามีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อปลานิลลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) และพบว่าการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบร่วมกับเสริม CLA ที่ระดับ 1.0 และการเสริม CLA 2.0 % มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เถ้าในเนื้อปลาไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) และจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าสูตรอาหารที่ใช้ไม่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบทางเคมีในกรณีของเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนในเนื้อปลานิล แต่กลุ่มที่ใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ ร่วมกับการเสริม CLA ที่ระดับ 1.0 และ 2.0 % พบว่ามีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลาเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้เมล็ดทานตะวันที่ไม่ผ่านการอบ ($P>0.05$; ดังตารางที่ 4.8) กลุ่มปลานิลที่มีการเสริม CLA ที่ระดับเพิ่มสูงขึ้น (2.0%) มีผลทำให้มีการสะสมของ CLA ในเนื้อปลา ไขมันในช่องท้อง และในตับสูงกว่าและแตกต่างจากกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.05$) การใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับการเสริม 1.0% CLA ทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับสูงกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ($P<0.05$, ดังตารางที่ 4.9)

ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA โดยมีสูตรอาหารที่ผลิตขึ้นเอง (35% CP) เป็นตัวควบคุมในปลาดุก พบว่าการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับการเสริม CLA ไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย (Weight gain) น้ำหนักที่เพิ่มต่อวัน (Daily weight gain) เปอร์เซ็นต์ซาก (DW) และอัตราการรอดของปลาดุก ($P>0.05$) การเสริม 1.5% CLA ลงในสูตรอาหารควบคุมมีผลทำให้ค่าดัชนีน้ำหนักตับ (HSI) และเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้องเพิ่มขึ้นและแตกต่างเมื่อเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.05$, ดังตารางที่ 4.10) การใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบและไม่ผ่านการอบร่วมกับเสริม CLA ที่ระดับ 1.0 และ 2.0 % พบว่าไม่มีผลองค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน และไขมัน) ในเนื้อปลาดุก ($P>0.05$) แต่จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบร่วมกับ CLA 1.0 % มีผลทำให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์เถ้า (แร่ธาตุ) ในเนื้อปลาสูงกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$; ดังตารางที่ 4.11)

กลุ่มปลาดุกที่มีการเสริมระดับ CLA ที่สูงขึ้น (1.5%) มีผลทำให้มีการสะสมของ CLA ในเนื้อปลา ไขมันในช่องท้อง และเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.05$) การใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบร่วมกับการเสริม CLA ที่ระดับ 1.0% มีปริมาณการสะสมของ CLA ในตับ ไม่แตกต่างกับการเสริม CLA ที่ระดับ 1.5% การใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านหรือไม่ผ่านการอบ ไม่มีผลต่อการสะสมของ CLA ในตับ เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับ และเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในช่องท้อง ($P>0.05$, ดังตารางที่ 4.12)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.7 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต (Mean ± S.E.) ของปลานิลที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์

Parameter	Feed ration				
	Control (30% CP)	Unheated seed	Heated seed	Heated seed+1.0% CLA	Control+ 2.0% CLA
Initial weight (g)	87.51±1.08	88.49±1.03	88.32±1.17	86.93±0.76	86.12±0.70
Final weight (g)	663.99±22.05	655.76±17.35	649.19±16.71	654.69±20.45	634.02±20.18
Initial length (cm)	16.93±0.08	16.89±0.11	16.88±0.10	16.71±0.07	16.78±0.09
Final length (cm)	32.33±0.33	31.96±0.27	32.24±0.28	31.46±0.25	31.63±0.28
Daily weight gain (g/fish/d)	4.33±0.26	4.26±0.09	4.22±0.09	4.27±0.26	4.12±0.29
Weight gain	6.58±0.37	6.41±0.15	6.35±0.20	6.53±0.37	6.38±0.55
HSI[1]	1.34±0.08^{c}	1.75±0.07^{b}	1.84±0.11^{b}	2.03±0.09^{ab}	2.20±0.13^{a}
Survival rate (%)	94.17±0.83	92.50±1.44	92.50±1.44	95.83±0.83	94.17±0.83
DW (%)[2]	83.54±0.30^{c}	84.97±0.13^{b}	84.63±0.25^{b}	85.97±0.50^{a}	85.25±0.19^{ab}
Fat body (%)	2.02±0.20^{ab}	1.96±0.15^{ab}	2.42±0.22^{ab}	1.83±0.19^{b}	2.49±0.18^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]Hepatosomatic index (HSI)

[2]Dress-out Weight (DW)

ตารางที่ 4.8 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อองค์ประกอบทางเคมี (Mean ± S.E.) ของเนื้อปลานิลที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์

Proximate composition (%)	Feed ration				
	Control (30% CP)	Unheated seed	Heated seed	Heated seed +1.0% CLA	Control+ 2.0% CLA
Moisture	79.80±0.29[a]	78.75±0.26[b]	79.12±0.52[ab]	78.35±0.14[b]	78.55±0.30[b]
Crude protein	20.04±0.11	19.05±0.17	19.63±0.10	19.56±0.49	19.64±0.26
Fat	2.21±0.07	2.43±0.11	2.10±0.20	2.57±0.03	2.46±0.11
Ash	1.47±0.04[a]	1.23±0.07[b]	1.39±0.02[a]	1.35±0.01[ab]	1.37±0.03[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.9 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อปริมาณ CLA ในเนื้อปลา (fillet), ไขมันช่องท้อง (Intraperitoneal fat), ตับ (liver) , เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับ (Total fat in liver), เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในช่องท้อง (Total Intraperitoneal fat) (Mean ± S.E.) ของปลานิลที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์

Total CLA (mg/100 g meat)	Feed ration				
	Control (30% CP)	Unheated seed	Heated seed	Heated seed +1.0% CLA	Control+ 2.0% CLA
Fillet	0.04±0.02^{c}	0.03±0.02^{c}	0.02±0.02^{c}	0.47±0.02^{b}	1.02±0.14^{a}
Intraperitoneal fat	1.25±0.42^{c}	0.74±0.29^{c}	0.86±0.39^{c}	11.38±3.22^{b}	29.35±4.01^{a}
Liver	0.08±0.06^{c}	0.13±0.08^{c}	0.02±0.03^{c}	1.43±0.09^{b}	2.74±0.41^{a}
Total fat in liver	16.84±1.53^{b}	14.99±2.40^{b}	14.61±0.80^{b}	21.32±1.04^{a}	16.66±1.56^{b}
Total intraperitoneal fat	96.57±1.05^{a}	96.00±0.62^{a}	87.36±1.35^{b}	92.76±2.21^{a}	97.34±1.04^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.10 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต (Mean ± S.E.) ของปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์

Parameter	Feed ration				
	Control (35% CP)	Unheated seed	Heated seed	Heated seed +1.0% CLA	Control + 1.5% CLA
Initial weight (g)	27.37±0.29	27.61±0.27	27.22±0.34	27.47±0.35	27.65±0.35
Final weight (g)	427.37±10.21	438.66±10.91	435.79±10.82	442.87±11.42	459.37±10.58
Initial length (cm)	16.23±0.10	16.14±0.09	16.13±0.08	16.17±0.13	16.03±0.09
Final length (cm)	38.28±0.43	38.91±0.31	39.22±0.41	38.71±0.33	38.90±0.33
Daily weight gain (g/fish/d)	3.01±0.08	3.09±0.15	3.07±0.11	3.12±0.13	3.25±0.09
Weight gain	14.62±0.44	14.90±0.87	15.03±0.70	15.12±0.63	15.62±0.25
HSI[1]	1.32±0.05^{b}	1.36±0.05^{b}	1.19±0.04^{c}	1.31±0.04^{b}	1.54±0.07^{a}
Survival rate (%)	91.67±1.67	93.33±0.83	90.0±1.44	90.0±1.44	93.17±2.05
DW (%)[2]	88.75±0.27	88.34±0.67	88.50±0.42	88.62±0.32	87.98±0.28
Fat body (%)	1.82±0.21^{b}	1.93±0.17^{b}	2.12±0.18^{b}	2.98±0.20^{a}	3.17±0.24^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]Hepatosomatic index (HSI)

[2]Dress-out Weight (DW)

ตารางที่ 4.11 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อองค์ประกอบทางเคมี (Mean ± S.E.) ของเนื้อปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์

Proximate composition (%)	Feed ration				
	Control (35% CP)	Unheated seed	Heated seed	Heated seed +1.0% CLA	Control + 1.5% CLA
Moisture	79.61±0.16	79.44±0.12	79.78±0.14	79.16±0.61	79.85±0.31
Crude protein	17.34±0.27	18.32±0.22	18.20±0.34	18.34±0.39	17.41±0.45
Fat	2.56±0.07	2.70±0.08	2.76±0.36	2.89±0.11	2.70±0.12
Ash	1.14±0.02^{b}	1.21±0.02^{ab}	1.18±0.02^{ab}	1.25±0.03^{a}	1.21±0.03^{ab}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.12 ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันที่ผ่านการอบ (heated) ไม่ผ่านการอบ (unheated) และการใช้เมล็ดทานตะวันร่วมกับ CLA ต่อปริมาณ CLA ในเนื้อปลา (fillet), ไขมันช่องท้อง (Intraperitoneal fat), ตับ (liver), เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับ (Total fat in liver), เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในช่องท้อง (Total Intraperitoneal fat) (Mean ± S.E.) ของปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 19 สัปดาห์

Total CLA (mg/100 g meat)	Feed ration				
	Control (35% CP)	Seed unheated	Seed heated	Seed heated +1.0% CLA	Control + 1.5% CLA
Fillet	0.02±0.01^{c}	0.03±0.01^{c}	0.04±0.02^{c}	0.73±0.07^{b}	1.04±0.08^{a}
Intraperitoneal fat	0.41±0.14^{d}	1.59±0.19^{c}	1.44±0.16^{c}	31.51±3.66^{b}	50.86±3.57^{a}
Liver	0.05±0.01^{b}	0.11±0.11^{b}	0.02±0.01^{b}	0.48±0.05^{a}	0.55±0.12^{a}
Total fat in liver	5.58±0.20^{b}	6.85±1.21^{b}	6.04±0.26^{b}	5.92±0.18^{b}	8.97±1.32^{a}
Total intraperitoneal fat	94.97±1.49	93.62±2.34	92.69±2.18	96.42±0.48	96.01±0.32

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

บทที่ 5
วิจารณ์ผล สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆกัน (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการสะสมของ CLA ในเนื้อปลานิลและปลาดุกที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์

ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆกัน 4 ระดับ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ลงในสูตรอาหารที่ผลิตขึ้นเอง และใช้สูตรอาหารที่ผลิตขึ้นเองเป็นตัวควบคุม ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่า ระดับการเสริม CLA ที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต อัตราการรอด และค่าดัชนีน้ำหนักตับของปลานิล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yasmin et al. (2004) ที่รายงานว่าการเสริม CLA ในระดับสูงถึง 5.0 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการเสริม Linoleic acid (LA) และ Docohexanoic acid (DHA) พบว่า ระดับ CLA ที่เพิ่มสูงขึ้นไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของลูกปลานิล และจากการศึกษาของ Jiang et al. (2010) ที่พบว่าการเสริม CLA ตั้งแต่ 0.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการรอดของปลา Jian carp เช่นเดียวกับ Dos SanTos et al. (2011) พบว่าการเสริม CLA สองระดับคือ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและค่าดัชนีน้ำหนักตับของปลานิล นอกจากนี้ Luo et al. (2012) พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับต่างกันคือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลานิล ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม Choi et al. (1999) รายงานว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงในปลานิล และปลาไน เช่นเดียวกับ Dong et al. (2014) พบว่า การเสริม CLA ที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลงในปลา grass carp ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเสริม CLA สำหรับปลาแต่ละชนิดมีการตอบสนองทางสรีระวิทยาของปลาแตกต่างกันจึงส่งผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลาที่ต่างกัน (Tan et al., 2010) การเสริม CLA ที่ระดับเพิ่มสูงขึ้น 1.0-2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ซากลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอาหารที่ผลิตขึ้นเอง (control)

การเสริม CLA ที่ระดับ 1.0-1.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลาเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์อื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าระดับการเสริมที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเนื้อปลานิล ซึ่งสอดคล้องกับ Leaver et al. (2006) ที่พบว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 2.0 และ 4.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลาเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อปลาลดลง CLA มีผลทำให้ไขมันลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก lipoprotein lipase ซึ่งเป็นเอนไซม์สำหรับการดูดซึมไขมันถูกยับยั้งและมีการดึงไขมันจาก adipose tissue มาใช้ ผลทำให้การดูดซึมของไขมันในเนื้อเยื่อไขมันลดลง แต่ CLA จะไปมีผลต่อการเพิ่มของกรดไขมัน β-oxidation ในกล้ามเนื้อลาย (Park and Pariza, 2007) และจากการวิเคราะห์ปริมาณ CLA ที่สะสมในปลานิล พบว่าระดับการเสริม CLA

ที่เพิ่มขึ้น 2.0% มีผลทำให้ปริมาณการสะสมของ CLA ในเนื้อปลา ไขมันช่องท้อง และตับ เพิ่มสูงขึ้น และแตกต่างจากทรีตเมนต์อื่นๆ ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ CLA ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ stearoyl-CoA Δ-9 desaturase ในตับโดยเอนไซม์ตัวนี้มีหน้าที่ในการไปเติมพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 9 และ 10 ของกรดไขมันอิ่มตัว คือ palmitoyl (C16:0) และ stearoyl-CoA (C18:0) เพื่อที่จะเปลี่ยนเป็น palmitoleic C16:1n-7) และ oleic acid (C18:1n-9) ตามลำดับ ทำให้กรดไขมันอิ่มตัว (SFA) ไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (MUFA) ได้ ทำให้ MUFA ลดลง และ SFA เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Dos Santos et al. (2011) ที่มีการเสริม CLA ระดับต่างกันคือ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีปริมาณการสะสมของ CLA ในเนื้อปลาสูงเพิ่มขึ้นตามระดับของการเสริม CLA ที่สูงขึ้นในปลานิล เช่นเดียวกับ Luo et al. (2012); Dong et al. (2015); Yasmin et al. (2004) และ Bandarra et al. (2006) นอกจากนี้ Lee et al. (1998) รายงานว่าการบริโภค CLA มีผลทำให้ระดับของ SFA เพิ่มขึ้น และระดับของกรดไขมันไม่อิ่มตัวลดลง สอดคล้องกับ Eder et al. (2002) พบว่า trans-10, cis-12 ของ CLA isomer มีกิจกรรมในการตอบสนองของ Δ-9 desaturase ลดลง และจากการศึกษาของ Schwarz et al. (2002) พบว่าปริมาณของ MUFA ลดลง และ SFA เพิ่มขึ้นในปลาไน

ผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆกัน 4 ระดับ (0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) พบว่า ระดับของการเสริม CLA ที่เพิ่มสูงขึ้นไม่มีผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย การเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการรอดของปลาดุก ซึ่งสอดคล้องกับ Twibell and Wilson (2003) ที่มีการเสริม CLA ตั้งแต่ระดับ 0.5, 0.75 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลา channel catfish เช่นเดียวกับ Berge et al. (2004) ที่รายงานว่าการเสริม CLA ที่ระดับ 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลา Atlantic salmon และจากการศึกษาของ Figueiredo-Silva et al. (2005) พบว่า การเสริม CLA ที่ระดับ 0.5, 0.75, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลา rainbow trout นอกจากนี้ Zhao et al. (2008) รายงานว่าการเสริม CLA ไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลา large yellow croaker Makol et al. (2009) รายงานในปลา sea bass แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานพบว่า การเสริม CLA ตั้งแต่ระดับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป มีผลทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตลดลง เช่น ในปลา rock fish (Choi et al., 1999) hybrid striped bass (Twibell et al., 2000) และปลา darkbarbel catfish (Dong et al., 2015) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเสริม CLA สำหรับปลาแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อระบบการย่อยอาหารของปลาแตกต่างกันจึงส่งผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของปลาที่ต่างกัน (Tan et al., 2010)

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าการเสริม CLA ในระดับเพิ่มขึ้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ค่าดัชนีน้ำหนักตับและเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้องของปลาดุกเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีการสะสมของไขมันในตับเพิ่มสูงขึ้นจึงมีผลทำให้ตับโตขึ้น ดังตารางที่ 4.12 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เกี่ยวข้องโดยตรงกับ

การเพิ่มขึ้นของ hepatic lipogenic enzyme ซึ่งสอดคล้องกับ Zuo et al. (2013) ที่พบว่าการเสริม CLA ในระดับที่เพิ่มสูงขึ้น 0.42, 0.83 และ 1.70 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ค่าดัชนีน้ำหนักตับเพิ่มขึ้นในปลา large yellow croaker เช่นเดียวกับการเสริม CLA ในอาหารปลา hybrid striped bass และ yellow perch พบว่า มีผลทำให้ค่าดัชนีน้ำหนักตับเพิ่มสูงขึ้น (Twibell et al., 2000, 2001) และจากการศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับ 0.5–2.0 เปอร์เซ็นต์ ต่อเปอร์เซ็นต์ซาก พบว่าการเสริม CLA ในทุกระดับไม่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ซากของปลาดุก ซึ่งสอดคล้องกับ Twibell and Wilson (2003) ที่มีการเสริม CLA สองระดับคือ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซากในปลา channel catfish และการเสริม CLA ที่ระดับ 1.0-1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลาเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับทรีทเมนต์อื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าระดับการเสริมที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นในเนื้อปลาลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Leaver et al. (2006) ที่มีการเสริม CLA ที่ระดับ 2.0 และ 4.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลาเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อปลาลดลง เช่นเดียวกับ Tan et al. (2014) ที่มีการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเสริมในระดับที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเนื้อปลาเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อปลาลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการเสริม CLA มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบในร่างกายโดยเพิ่มการสลายตัวของไขมัน (lipolysis) และ β-oxidation ในโครงสร้างของมวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นและลดการดูดซึมของไขมันในเซลล์ไขมัน (adipocyte) โดยยับยั้ง lipoprotein lipase จึงส่งผลทำให้ไขมันในร่างกายลดลง (Park et al., 1999) และจากการวิเคราะห์ปริมาณ CLA ที่สะสมในเนื้อปลาดุก พบว่าระดับการเสริม CLA ที่เพิ่มขึ้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณการสะสมของ CLA ในเนื้อปลาและตับเพิ่มสูงขึ้นและแตกต่างจากทรีทเมนต์อื่นๆ และพบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับของปลาดุกเพิ่มสูงขึ้นตามระดับการเสริมที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเสริม CLA ที่ระดับสูงขึ้นจาก 0.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในช่องท้องของปลาดุก ซึ่งสอดคล้องกับ Bandara et al. (2006) ที่มีการเสริม CLA ระดับต่างกันคือ 0.5, 0.75, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีปริมาณการสะสมของ CLA ในเนื้อปลาและตับเพิ่มขึ้นตามระดับของการเสริม CLA ที่เพิ่มสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเสริม CLA ที่ระดับ 0.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับของปลา rainbow trout และจากการศึกษาของ Valente et al. (2007a) พบว่าการเสริม CLA ตั้งแต่ 0.5, 0.75, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณการสะสมของ CLA ในเนื้อปลาและตับเพิ่มสูงขึ้นตามระดับการเสริมที่เพิ่มขึ้น และพบว่ามีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในตับเพิ่มสูงขึ้นในปลา sea bass ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานในปลาชนิดต่างๆ ที่พบว่าเมื่อมีการเสริม CLA ตั้งแต่ระดับ 0.5–4.0 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณการสะสมของ CLA ในเนื้อปลาและในตับเพิ่มสูงขึ้นตามระดับการเสริมที่เพิ่มขึ้น เช่น ในปลา rainbow trout (Valente et al., 2007b) ปลา large yellow croaker (Zuo et al., 2013) และปลา sea bass (Makol et al., 2012) นอกจากนี้ Dong et al. (2015) รายงานว่า การเสริม CLA ที่ระดับ 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0

เอกสารอ้างอิง

กนกอร อินทราพิเชษฐ สมร พรชื่นชูวงศ์ ปราโมทย์ แพงคำ และจิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล. (2557). ผลของการเสริม conjugated linoleic acid ต่อคุณภาพทางเคมี การเกิดออกซิเดชัน คุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณภาพเชิงหน้าที่ของโปรตีนของปลานิลและปลาดุก. **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.**

Anonymous (2001). Bodybuilding For You. http://www.bodybuildingforyou.com.

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

Badinga, L., Selberg, K.T. and Dinges, A.C. (2003). Dietary conjugated linoleic acid alters hepatic lipid content and fatty acid composition in broiler chickens. **Poultry Science.** 82: 111-116.

Baer, R.J., Ryail, J., Schingoethe, D.J., Kasperson, K.M., Donovan, D.C., Hippen, A.R. and Franklin, S.T. (2000). Comparison and properties of milk and butter from cows fed fish oil. **J. Dairy. Sci.** 84: 345-353.

Bandarra, N.M., Nunes, M.L., Andrade, A.M., Prates, J.A.M., Pereira, S., Monteiro, M., Rema, P. and Valente, L.M.P. (2006). Effect of dietary conjugated linoleic acid onmuscle, liver and visceral lipid deposition in rainbow trout juveniles *(Oncorhynchus mykiss).* **Aquaculture.** 254: 496–505.

Bauman, D.E., Everett, R.W., Weiland, W.H. and Collier, R.J. (1999). Production responsed to bovine somatotropin in northeast dairy herds. **J. Dairy Sci.** 82: 2564-2573.

Belury, M.A. (1995). Conjugated dienoic linoleate: a polysaturated fatty acids with unique chemical properties. **Nutr. Rev.** 53: 83-89.

Belury, M.A., Bird, C., Nickel, K.P. and Wu, B. (1996). Inhibition of mouse skin tumor promoton by dietary conjugated linoleate. **Nutr. Cancer.** 26: 149-157.

Berge, G.M., Ruyter, B. and Asgard, T. (2004). Conjugated linoleic acid in diets for juvenile Atlantic salmon *(Salmo salar)*: effects on fish performance, proximate composition, fatty acid and mineral content. **Aquaculture.** 237: 365–380.

Choi, B.D., Kang, S.J., Ha, Y.L. and Ackman, R.G. (1999). Accumulation of conjugated linoleic acid (CLA) in tissues of fish fed diets containing various levels of CLA. In:

Xiong, Y.L., Ho, C.T., Shahidi, F. (Eds.). **Quality Attributes of Muscle Foods.** pp. 61–71. Plenum, New York.

Choi, J. S., Jung, M. H., Park, H. S. and Song, J. (2004). Effect of conjugated linoleic acid isomers on insulin resistance and mRNA levels of genes regulating energy metabolism in high-fat-fed rats. **Nutrition.** 20: 1008–1017.

Dhiman, T.R., Helmink, E.D., Mcmahon, D.J., Fife, R.L. and Pariza, M.W. (1999) . Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds. **J. Dairy Sci.** 82: 412- 419.

Dhiman, T.R., Satter, L.D., Pariza, M.W., Galli, M.P., Albright, K. and Tolosa, M.X. (2000). Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. **J. Dairy Sci.** 83: 1016-1027.

Diez, A., Menoyo, D., Pérez-Benavente, S., Calduch-Giner, J.A., de-Celis, S.V.R., Obach, A., Favre-Krey, L., Boukouvala, E., Leaver, M.J., Tocher, D.R., Pérez-Sanchez, J., Krey, G. and Bautista, J.M. (2007) . Conjugated linoleic acid affects lipid composition, metabolism and gene expression in gilthead sea bream *(Sparus aurata L).* **Journal of Nutrition.** 137: 1363–1369.

Dong, G.F., Zou, Q., Wang, H., Huang, F., Liu, X.C., Chen, L., Yang, C.Y. and Yang, Y.O. (2014). Conjugated linoleic acid differentially modulates growth, tissue lipid deposition, and gene expression involved in the lipid metabolism of grass carp. **Aquaculture.** 432: 181–191.

Dong, G.F., Liu, W.Z., Wu, L.Z., Yu, D.H., Huang, F., Li, P.C. and Yang, Y.O. (2015). Conjugated linoleic acid alters growth performance, tissue lipid deposition, and fatty acid composition of darkbarbel catfish *(Pelteobagrus vachelli)* . **Fish Physiol Biochem.** 41: 73-89.

Dos Santos, L.D., Furuya, W.M., Da Silva, L.C.R., Matsushita, M. and De Castro Silva, T.S. (2011) . Dietary conjugated linoleic acid (CLA) for finishing Nile tilapia. **Aquaculture Nutrition.** 17: 70-81.

Du, M., Ahn, D.U. and Sell, J.L. (2000). Effect of dietary conjugated linoleic acid and linoleic/linolenic acid ratio on polyunsaturated fatty acid status in laying hen. **Poultry Science.** 79: 1749-1756.

Eder, K., Slomma, N. and Becker, K. (2002). Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid suppresses the desaturation of linoleic and alphalinolenic acids in HepG2 cells. **Journal of Nutrition.** 132: 1115–1121.

Evans, M., Geigerman, C., Cook, J., Curtis, L., Kuebler, B. and McIntosh, M. (2000). Conjugated linoleic acid suppress triglyceride accumulation and induces apoptosis in 3T3-L1 preadipocytes. **Lipids.** 35: 899-910.

Evans, M.E., Brown, J.M. and McIntosh, M.K. (2002). Isomer-specific effects of conjugated linoleic acid (CLA) on adiposity and lipid metabolism. **J. Nutr. Biochem.** 13: 508-516.

Figueiredo-Silva, A.C., Rema, P., Bandarra, N.M., Nunes, M.L. and Valente, L.M.P. (2005). Effects of dietary conjugated linoleic acid on growth,) nutrient utilization, body composition, and hepatic lipogenesis in rainbow trout juveniles *(Oncorhynchus mykiss).* **Aquaculture.** 248: 163–172.

Garling, D.L., Jr. and Wilson, R.P. (1977). Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. **Journal of Nutrition.** 106: 1368-1375.

Gatlin, D.M. and Bai, S.C. (1993). Effects of dietary lipid and reduced glutathione on composition and storage quality of channel catfish, Ictalurus punctatus (Rafinesque). **Aquaculture Research.** 24: 457-463.

Gaullier, J.M., Halse, J., Høivik, H.O., Høye, K., Syvertsen, C., Nurminiemi, M., Hassfeld, C., Einerhand, A., O'shea, M. and Gudmundsen, O. (2007). Six months supplementation with conjugated linoleic acid induces regional-specific fat mass decreases in overweight and obese. **British Journal of Nutrition.** 97: 550–560.

Griinari, J.M., Dwyer, D.A., McGuire, M.A. and Bauman, D.E. (1996). Partially hydrogenated fatty acids and milk fat depression. **J. Dairy Sci.** 79: 177.

Ha, Y.L., Grimm, N.K. and Pariza, M.W. (1987). Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. **Carcinogenesis.** 8: 1881–1887.

Hubbard, N.E., Lim, D., Summers, L. and Ericson, K.L. (2000). Reduction of murine mammary tumor metastasis by conjugated linoleic acid. **Cancer Letters.** 150: 93–100.

Hubbard, N.E., Lim, D. and Erickson, K.L. (2003). Effect of separate conjugated linoleic acid isomers on murine mammary tumorigenesis. **Cancer Letters.** 190: 13-19.

Intarapichet, K. and Maikhunthod, B. (2007a) . CLA and oxidative comparison of meatballs from breast and thigh of broilers fed soybean oil and CLA supplements. In G. Zhou and W. Zhang (eds.). ***Proceedings of 53rd International Congress of Meat Science and Technology***. pp. 387- 388. Agricultural University Press, China.

Intarapichet, K. and Maikhunthod, B. (2007b). CLA contents and oxidative stability of kunchiang sausages from pork fed palm oil and CLA supplements. In G. Zhou and W. Zhang (eds.). ***Proceedings of 53rd International Congress of Meat Science and Technology.*** pp. 389-390. Agricultural University Press, Chaina.

Intarapichet, K., Maikhunthod, B. and Thungmanee, N. (2008) . Physicochemical characteristics of pork fed palm oil and conjugated linoleic acid supplements. **Meat sci.** 80: 788-794.

Ip, C., Scimeca, J.A. and Thompson, H. (1995). Effect of timing and duration of dietary conjugated linoleic acid on mammary cancer prevention. **Nutr. Cancer.** 24: 241-247.

Irshaid, R.H., Harb, M.Y. and Titi, H.H. (2003). Replacing soybean meal with sunflower seed meal in the ration of Awassi ewes and lambs. **Small Ruminant Research.** 50: 109-116.

Jiang, J., Zhao, M., Lin, F., Yang, L. and Zhou, X. (2010). Effect of conjugated linoleic acid on *Cyprinus carpio* var. Jian regarding growth, immunity, and disease resistance to Aeromonas hydrophila. **Lipids.** 45: 531–536.

Kelly, G.S. (2001). Conjugated linoleic acid: a review. **Journal of Clinical Therapeutic.** 6(4): 367-382.

Kennedy, S.R., Campbell, P.J., Porter, A. and Tocher, D.R. (2005). Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on lipid and fatty acid composition in liver and flesh of Atlantic salmon *(Salmo salar).* **Comp. Biochem. Physiol.** 141: 168–178.

Kennedy, S.R., Bickerdike, R., Berge, R.K., Dick, J.R. and Tocher, D.R. (2007a). Influence of conjugated linoleic acid (CLA) or tetradecylthioacetic acid (TTA) on growth, lipid composition, fatty acidmetabolism and lipid gene expression of rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss L.).* **Aquaculture.** 272: 489–501.

Kennedy, S.R., Bickerdike, R., Berge, R.K., Porter, A.R. and Tocher, D.R. (2007b). Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and tetradecylthioacetic acid (TTA) on growth, lipid composition and key enzymes of fatty acid oxidation in liver and muscle of Atlantic cod *(Gadus morhua L.).* **Aquaculture.** 264: 372–382.

Kim, K.H. and Park, H.S. (2003). Dietary supplementation of conjugated linoleic acid reduces colon tumor incidence in DMH-treated rats by increasing apotosis with modulation of biomarkers. **Basic Nutritional Investigation.** 19: 772-777.

Latour, M.A., Devitt, A.A., Meunier, R.A., Stewart, J.J. and Watkins, B.A. (2000). Effects of conjugated linoleic acid. 1. Fatty acid modification of yolks and neonatal fatty acid metabolism. **Poultry Science.** 79: 817-821.

Leaver, M.J., Tocher, D.R., Obach, A., Jensen, L., Henderson, R.J., Porter, A.R. and Krey, G. (2006). Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on lipid composition, metabolism and gene expression in Atlantic salmon *(Salmo salar)* tissues. **Comp. Biochem. Physiol.** 145: 258–267.

Lee K.N., Pariza M.W. and Ntambi J.M. (1998). Conjugated linoleic acid decreases hepatic stearoyl–CoA desaturase mRNA expression. **Biochemical and Biophysical Research Communications.** 248: 817–821.

Li, Y., Seifert, M.F. Ney, D.M., Grahn, M., Grant, A.L., Allen, K.G.D. and Watkins, B.A. (1999). Dietary conjugated linoleic acid alters serum IGF-1 and IGF-1 binding protein concentrations and reduces bone formation in rats fed (n-6) or (n-3) fatty acids. **J. Bone Miner. Res.** 14: 1153-1162.

Lin, H., Boylston, T.D., Luedecke, L.O. and Shultz, T.D. (1998). Factors affecting the conjugated linoleic acid content of cheddar cheese. **J. Agric. Food Chem.** 46: 801-807.

Luo, Z., Tan, X.Y., Liu, C.X., Li, X.D., Liu, X.J. and Xi, W.Q. (2012). Effect of dietary conjugated linoleic acid levels on growth performance, muscle fatty acid profile, hepatic intermediary metabolism and antioxidant responses in genetically improved farmed Tilapia strain of Nile tilapia *Oreochromis niloticus.* **Aquaculture Research.** 43: 1392–1403.

Madsen, L., Froyland, L., Dyroy, E., Helland, K. and Berge, R.K. (1998). Docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids are differently metabolized in rat liver during mitochondria and peroxisome proliferation. **J. Lipid Res.** 39: 583-593.

Makol, A., Torrecillas, S., Fernandez-Vaquero, A., Robaina, L., Montero, D., Caballero, M.J., Tort, L. and Izquierdo, M. (2009). Effect of conjugated linoleic acid on dietary lipids utilization, liver morphology and selected immune parameters in sea bass juveniles *(Dicentrarchus labrax).* **Comp. Biochem. Physiol.** 154: 179–187.

Makol, A., Torrecillas, S., Caballero, M.J., Fernández-Vaquero, A. and Izquierdo, M.S. (2012). Effect of long term feeding with conjugated linoleic acid (CLA) in growth performance and lipid metabolism of European sea bass *(Dicentrarchus labrax).* **Aquaculture.** 368–369: 129–137.

Makol, A., Torrecillas, S., Vaquero, A.F., Rincon, L., Gines, R. and Izquierdo, M. (2013). Deposition of conjugated linoleic acid in market size sea bass (Dicentrarchus labrax) and its effects on performance, composition and fillet sensory and texture attributes. **Aquaculture nutrition.** 19: 785–797.

Manning, B.B., Li, M.H., Robinson, E.H. and Peterson, B.C. (2006). Enrichment of channel catfish *(Ictalurus punctatus)* fillets with conjugated linoleic acid and omega-3 fatty acids by dietary manipulation. **Aquaculture.** 261: 337–342.

Ohnuki, K., Haramizu, S., Ishihara, K. and Fushiki, T. (2001) . Increased energy metabolism and suppressed body fat accumulation in mice by a low concentration of conjugated linoleic acid. **Biosci Biotechnol Biochem.** 65: 2200– 2204.

Pakdeechanuan, P., Intarapichet, K. and Tongta, S. (2006) . Effect of extrusion parameters on conjugated linoleic acids of corn extrudates. **J. Agri. Food Chem.** 55: 1463-1468.

Pariza, M.W. and Hargraves, W.A. (1985). A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7,12-dimethylbenz[a]anthracene. **Carcinogenesis.** 6: 591–593.

Pariza, M.W., Park, Y. and Cook, M.E. (2000). Mechanisms of action of conjugated linoleic acid: evidence and speculation. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine.** 223: 8-13.

Pariza, M.W., Park, Y., Cook, M.E. (2001). The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. **Progress in Lipid Research.** 40: 283–298.

Park, Y., Albright, K.J., Liu, W., Storkson, J.M., Cook, M.E. and Pariza, M.W. (1997). Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. **Lipids.** 32: 853–858.

Park, Y., Storkson, J.M., Alblight, K.J., Liu, W. and Pariza, M.W. (1999). Evidence that the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. **Lipids.** 32: 235–241.

Park, Y., Storkson, J. M., Liu, W., Albright, K. J., Cook, M. E., and Pariza, M. W. (2004). Structure–activity relationship of conjugated linoleic acid and its cognates in inhibiting heparin-releasable lipoprotein lipase and glycerol release from fully differentiated 3T3-L1 adipocytes. **The Journal of Nutritional Biochemistry.** 15: 561–568.

Park, Y. and Pariza, M.W. (2007). Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid (CLA). **Food Research International.** 40: 311–323.

Perterson, D.G., Kelsey, J.A. and Bauman, D.E. (2002). Analysis of variation in cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 85: 2164-2172.

Pfeuffer, M. and Schrezenmeir, J. (2000). Bioactive substances in milk with properties decreasing risk of cardiovascular diseases. **British Journal of Nutrition.** 84: 155-159.

Rahman, M.M., Bhattacharya, A., Banu, J. and Fernandes, G. (2007). Conjugated linoleic acid protects against age-associated bone loss in C57BL/6 female mice. **J. Nutr. Biochem.** 18: 467-474.

Ramirez-Santana, C., Castellote, C., Castell, M., Molt.-Puigmart., C., Rivero, C., Perez-Cano, F.J. and Franch, A. (2011). Enhancement of antibody synthesis in rats by feeding *cis*-9,*trans*-11conjugated linoleic acid during early life. **J. Nutr. Biochem.** 22: 495-501.

Rosa, R., Andrade, A.M., Bandarra, N.M. and Nunes, M.L. (2010). Physiological and biochemical effects of conjugated linoleic acid and its use in aquaculture. **Reviews in Aquaculture.** 2: 59-72.

Sang, W.G., Wei, X.X. & Wu, H.H. (2007) Effects of dietary conjugated linoleic acids on the growth and quality of large yellow croaker fish *Pseudosciaena crocea* (Richardson) in cages. **Asia Pacific Journal Clinical Nutrition.** 16: 404–406.

Schwarz, F., Maass, D., Schabbel, W. and Steinhart, H. (2002). Dietary conjugated linoleic acid supplementation and the effects on performance, body composition, fatty acid pattern and sensory quality of carp *(Cyprinus carpio).* 10th International Symposium on Nutrition and Feeding in fish, pp. 79. Rhodes.

Shantha, N.C., Crum, A.D. and Decker, E.A. (1994). Evaluation of conjugated linoleic acid concentrations in cooked beef. **J. Agric. Food Chem.** 42: 1757-1760.

Shantha, N.C., Ram, L.N., O'Leary, J. and Decker, E.A. (1995). Conjugated linoleic acid concentration in dairy products as affected by processing and storage. **J. Food Sci.** 60: 695-697.

Sugano, M., Tsujita, A., Yamasaki, M., Noguchi, M. and Yamada, K. (1998). Conjugated linoleic acid modulates tissue levels of chemical mediators and immunoglobulins in rats. **Lipids.** 33: 521–527.

Tan, X.Y., Luo, Z., Xie, P., Li, X.D., Liu, X.J. and Xi, W.Q. (2010). Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on growth performance, body composition and hepatic intermediary metabolism in juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. **Aquaculture.** 310: 186–191.

Tan, X.Y., Luo, Z., Zhao, Y.H., Liu, X.C. and Liu, X. (2014). Conjugated linoleic acid affects growth performance, hepatic fatty acid profile and lipid metabolism in juvenile *Synechogobius hasta*. **Aquaculture nutrition.** 20: 143-152.

Terpstra, A.H., Beynen, A.C., Everts, H., Kocsis, S., Katan, M.B. and Zock, P.L. (2002). The decrease in body fat in mice fed conjugated linoleic acid is due to increases in energy expenditure and energy loss in the excreta. **Journal of Nutrition.** 132: 940–945.

Thiel-Cooper, R.L., Parrish, F.C., Sparks, J.C., Weigand, B.R. and Ewan, R.C. (2001). Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition. **J. Anim. Sci.** 79: 1821– 1828.

Tischendorf, F., Schone, F., Kirchheim, U. and Jahreis, G. (2002). Influence of a conjugated linoleic acid mixture on growth, organ weights, carcass traits and meat quality in growing pigs. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** 86: 117–128.

Titi, H.H. (2003). Replacing soybean meal with sunflower meal with or without fibrolytic enzymes in fattening diets of goat kids. **Small Ruminant Research.** 48: 45-50.

Twibell, R.G., Watkins, B.A., Rogers, L. and Brown, P.B. (2000). Effects of dietary conjugated linoleic acids on hepatic and muscle lipids in hybrid striped bass. **Lipids.** 35: 155–161.

Twibell, R.G., Watkins, B.A. and Brown, P.B. (2001). Dietary conjugated linoleic acids and lipid source alter fatty acid composition of juvenile yellow perch, *Perca flavescen*. **Journal of Nutrition.** 131: 2322–2328.

Twibell, R.G. and Wilson, R.P. (2003). Effects of conjugated linoleic acids and total lipid concentrationson growth responses of juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture.** 221: 621–628.

Valente, L.M.P., Bandarra, N.M., Figueiredo-Silva, A.C., Cordeiro, A.R., Simoes, R.M. and Nunes, M.L. (2007a). Influence of conjugated linoleic acid on growth, lipid composition and hepatic lipogenesis in juvenile European sea bass *(Dicentrarchus labrax).* **Aquaculture.** 267: 225–235.

Valente, L.M.P., Bandarra, N.M., Figueiredo-Silva, A.C., Rema, P., Vaz-Pires, P., Martins, S., Pratese, J.A.M. and Nunes. M.L. (2007b). Conjugated linoleic acid in diets for large size rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss):* effects on growth, chemical composition and sensory attributes. **British Journal of Nutrition.** 97: 289–297.

Wahle, K.W., Heys, S.D. and Rotondo, D. (2004). Conjugated linoleic acids: are they beneficial or detrimental to health. **Progress in Lipid Research.** 43: 553–587.

Waylan. A.T., O'Quinn, P.R., Unruh, J.A., Goodband, R.D., Nelssen, J.L., Woodworth, J.C., Tokach, M.D. and Koo, S.I. (1999). Influence of swine dietary supplementation of modified tall oil and vitamin E on longissimus muscle quality characteristics and display color stability. **J. Anim. Sci.** 77: 78.

Wijendran, V., Pronczuk, A., Bertoli, C. and Hayes, K.C. (2003). Dietary trans-18:1 raises plasma triglycerides and VLDL cholesterol when replacing either 16:0 or 18:0 in gerbils. **J. Nutr Biochem.** 14: 584–590.

Yasmin, A., Takeuchi, T., Hayashi, M., Hirota, T., Ishizuka, W. and Ishida, S. (2004). Effect of conjugated linoleic and docosahexaenoic acids on growth of juvenile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Fisheries Science.** 70: 473–481.

Yu, L. (2001). Free radical scavenging properties of conjugated linoleic acids. **J. Agric. Food Chem.** 49: 3452-3456.

Yu, L., Adams, D. and Gabel, M. (2002). Conjugated linoleic acid isomers differ in their free radical scavenging properties. **J. Agric. Food Chem.** 50: 4135-4140.

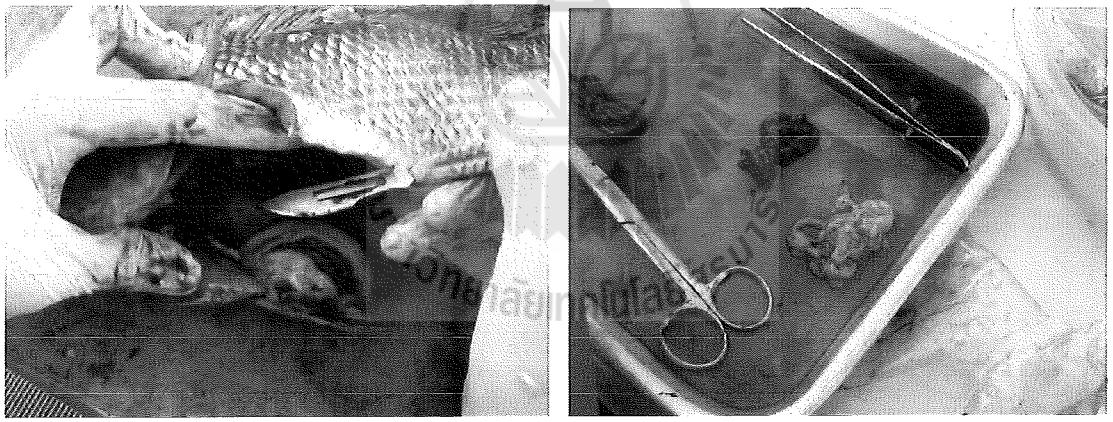
Zhao, Z., Wu, T., Tang, H. and Zhang, J. (2008). Influence of dietary conjugated linoleic acid on growth, fatty acid composition and hepatic lipogenesis in large yellow croaker *(Pseudosciaena crocea R.).* **Journal Zhejiang University Science B.** 9: 691–700.

Zuo, R., Ai, Q., Mai, K. and Xu, W. (2013). Effects of conjugated linoleic acid on growth, non-specific immunity, antioxidant capacity, lipid deposition and related gene expression in juvenile large yellow croaker (Larmichthys crocea) fed soybean oil-based diets. **British Journal of Nutrition.** 110: 1220-1232.

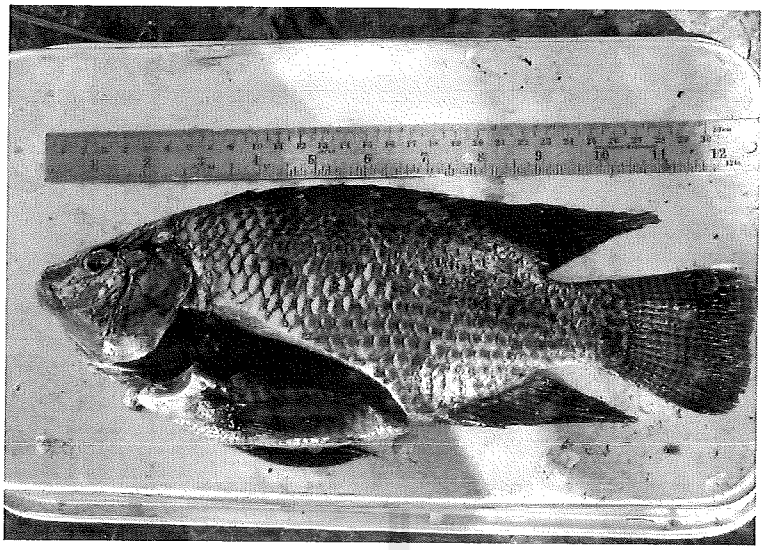
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

ภาพที่ 1 การสุ่มเก็บตัวอย่างปลา



ภาพที่ 2 การเก็บตัวอย่างตับ และไขมันในช่องท้องของปลานิล



ภาพที่ 3 การวัดความยาวของปลานิลทั้งตัว

ภาพที่ 4 การเก็บตัวอย่างตับ และไขมันในช่องท้องของปลาดุก

ภาคผนวก ข

การศึกษาผลของการเสริม CLA ที่ระดับต่างๆ 0.5-2% ต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ตับ และ fat body ของปลาดุก และปลานิล

การเก็บตัวอย่างปลาจากบ่อเลี้ยงปลา

ปลานิล/ดุก ทั้งหมด 5 treatment จะถูกเลี้ยง treatment ละ 3 ซ้ำ (กระชัง) และเมื่อเก็บปลามาแล้ว แต่ละ rep จะนำมาแยกเอาส่วนของ ตับ และ fat body และแล่เอาส่วนเนื้อ จากนั้นบดให้ละเอียด และเก็บแช่แข็งที่ -18°C เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมี ยกเว้นการวิเคราะห์ความชื้นที่ต้องทำทันที

การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ เนื้อ ตับ และ fat body ของปลาดุก และปลานิล โดยเนื้อปลาจะนำมาลอกหนังและบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด (BIRO, The BIRO MFG CO., Japan) เพื่อพร้อมที่จะใช้สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

อบถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นในตู้อบอุณหภูมิ 105 °C นาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ในตู้ดูดความชื้น จนอุณหภูมิของถ้วยอลูมิเนียมถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2.00 กรัม ลงในถ้วยอลูมิเนียมนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ แล้วนำมาเก็บไว้ที่ตู้ดูดความชื้น เมื่อเย็นแล้วนำมาชั่งบันทึกน้ำหนักสุดท้ายและคำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\% \text{ ความชื้น (w/w)} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}} \times 100$$

วิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผา (CSF1200 CARBOLITE, ENGLAND) ที่อุณหภูมิ 600 °C เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง นำถ้วยกระเบื้องเคลือบออกจากเตาเผาใส่ในตู้ดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2.00 กรัม ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบ นำไปเผาด้วยเตาเผา ที่อุณหภูมิ 600 °C จนกว่าจะได้เถ้าเป็นสีขาวหรือขาวอมชมพูทั้งหมด นำตัวอย่างออกจากเตาเผาแล้วเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น นำมาชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนักสุดท้ายแล้วคำนวณหาปริมาณเถ้าจากสูตร

$$\% \text{ เถ้า (w/w)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (g)}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น (g)}} \times 100$$

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่มีทั้งหมดในตัวอย่างด้วย Kjeldahl Method แล้วเปลี่ยนปริมาณไนโตรเจนให้เป็นปริมาณโปรตีน โดยคูณด้วยแฟกเตอร์ 100/x ที่เหมาะสมสำหรับอาหารที่มาจากเนื้อสัตว์ซึ่งเท่ากับ 6.25 ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1.00 กรัม ลงในขวดย่อยโปรตีน เติม catalyst 5 กรัม เติม sulfuric acid 15 มล. และ antifoam ปริมาณ 5 หยด นำไปย่อยบนเตาย่อยด้วย (DIGEST 20 J.P.SELECTA, BARCELONA, SPAIN) ที่อุณหภูมิ 380 °C จนสารละลายใส ทิ้งให้เย็น นำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นไอน้ำ (Vapodest 30, Gerhardt, Germany) โดยนำขวดรูปชมพู่ซึ่งบรรจุสารละลายกรดบอริกเข้มข้น 4 % ปริมาณ 20 มล. น้ำกลั่นปริมาตร 5 มล. และเติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด จากนั้นนำไปวางเข้ากับเครื่องกลั่นไอน้ำโดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายดังกล่าวใช้เวลาในการกลั่น 7 นาที แล้วนำสารละลายที่กลั่นมาไตรเตรทด้วย 1 N HCl จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง คำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสูตร

$$\% \text{ โปรตีน} = \frac{(A-B) \times 1.4 \times F \times N}{W}$$

A = ปริมาณกรดที่ใช้ในการไตรเตรทกับตัวอย่าง (ml)

B = ปริมาณกรดที่ใช้ในการไตรเตรทกับตัว blank (ml)

N = ความเข้มข้นของกรด (normality)

F = แฟกเตอร์ (เนื้อสัตว์ = 6.25)

W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

วิเคราะห์ปริมาณไขมัน

สกัดไขมัน จากตัวอย่างปลา (ดัดแปลงจากวิธี Folch et al., 1957) โดยชั่งตัวอย่าง 15.00 กรัมลงในโถปั่น เติมสารละลาย chloroform-methanol (2:1, V/V) 90 มล. นำไปปั่นด้วยเครื่องบดละเอียด (Nissei AM-8 Homogenizer, Nihonseiki Kaisha,LTD., Japan) 2 นาที กรองตัวอย่างลงในกรวยแยก แล้วเติม chloroform 30 มล. น้ำ 30 มล. และสารละลาย 0.58% NaCl 5 มล. เขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้จนกว่าสารละลายจะแยกชั้นอย่างชัดเจน แยกไขมันที่สกัดได้ในชั้นของ chloroform ลงใน Evaporating flask ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน แยกตัวทำละลายออกจากไขมันโดยการระเหยด้วยเครื่อง Rotary Evaporator (BÜCHI Rotavapor R-114, Switzerland) ที่อุณหภูมิ 40°C ชั่งน้ำหนักและบันทึกปริมาณไขมันที่สกัดได้ โดยไขมันที่สกัดได้จะนำไปวิเคราะห์ fatty acid และ CLA ต่อไป

วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน

นำตัวอย่างไขมันที่สกัดได้จากการสกัดด้วยวิธีข้างต้นมาทำการเตรียมสารอนุพันธุ์ของกรดไขมันจากตัวอย่าง (Derivatization) โดยชั่งไขมันที่สกัดได้ 25 มก. ลงในหลอดทดลอง เติม 0.5 M methanolic NaOH (ละลาย NaOH 2 กรัมในน้ำกลั่นประมาณ 2-3 มล.แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มล. ด้วย methanol) ปริมาณ 1.5 มล. ไล่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจนและปิดฝาหลอดทันที จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่ 100 °C นาน 2 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติม BF_3 in methanol ปริมาณ 2 มล. ไล่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน ปิดฝาหลอดทันที ผสมให้เข้ากัน และนำไปให้ความร้อนอุณหภูมิ 100 °C นาน 30 นาที จากนั้นทำให้เย็นลงที่ 30-40 °C แล้วเติม iso-octane ลงไป 1 มล. ไล่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน ปิดฝาหลอดทันที ผสมให้เข้ากัน แล้วเติมสารละลายอิ่มตัวของ NaCl ปริมาณ 5 มล. ลงไปทันที ไล่อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจนและปิดฝาหลอดทันทีแล้วผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเกิดการแยกชั้นระหว่าง iso-octane (ชั้นบน) กับส่วนของ aqueous phase (ชั้นล่าง) อย่างชัดเจนจึงแยกส่วนของ iso-octane ออกใส่ลงในหลอดทดลอง แล้วทำการสกัดครั้งที่ 2 โดยการเติม iso-octane ลงไปอีก 1 มล. และทำซ้ำเช่นเดิม ซึ่งส่วนของ iso-octane นี้เรียกว่า Fatty acids methyl esters (FAME) ของตัวอย่าง นำ FAME ที่ได้ไปทำให้เข้มข้นขึ้นจนมีปริมาตรเหลือเพียง 1 มล. ด้วยก๊าซไนโตรเจน ปิดฝาหลอดให้สนิท เพื่อนำไปวิเคราะห์กรดไขมันด้วย Gas chromatography (CP-3800 equipped with CP-8400 Autosampler and CP-1079 Autoinjector, Varian, Netherlands) ด้วยปริมาณ 1 µL โดยเปรียบเทียบกับ Standard FAME mixture (Catalog No. 47885-U, Supelco™ 37 Component FAME Mix, Sigma-Aldrich Co., USA) โดยใช้อุณหภูมิของ Injector 260 °C (Split ratio 10:1) คอลัมน์ที่ใช้ในการแยก คือ WCOT Fused Silica (CP7420; 100 m × 0.25 µm × 0.25 µm, Varian) ใช้ฮีเลียมเป็น carrier gas ที่อัตราการไหล 1.0 ml/min โดยใช้อุณหภูมิของ column oven ในการแยกโดยเริ่มที่ 140°C (5 นาที) แล้วเพิ่มเป็น 240 °C (4°C/min, 13 นาที) ตามลำดับ อุณหภูมิของ FID Detector เท่ากับ 260 °C

การวิเคราะห์ปริมาณ Conjugated Linoleic acids (CLAs)

นำตัวอย่างไขมันที่สกัดได้มาทำการเตรียมอนุพันธุ์ของ CLA โดยชั่งไขมัน 30 มก. ในหลอดทดลองฝาเกลียว แล้วเติมสารละลาย Sodium methoxide ที่ละลายใน methanol เข้มข้น 0.5 M ปริมาณ 2 มล. และ Internal standard 0.5 mg/ml in hexane (C23:0 methyl ester (Methyl tricosanoate), T9900, Sigma-Aldrich, Inc., St. Louis, USA) ปริมาณ 1 มล. ไล่อากาศด้วยแก๊สไนโตรเจนพร้อมปิดฝาอย่างรวดเร็ว นำไปให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C เวลา 30 นาที พร้อมเขย่าสารเป็นระยะๆ จากนั้นทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วถ่ายของผสมลงในหลอดปั่นเหวี่ยง แล้วเติม hexane 4 มล. และ น้ำ 10 มล. ผสมของผสมให้เข้ากันอย่างดีแล้วจึงนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง Universal 16R (Hettich Zentrifugen, tuttlinger, Germany) ด้วยความเร็ว 5000 rpm

ที่อุณหภูมิ 10 °C เวลา 15 นาที จากนั้นแยกเอาส่วนของสารละลายที่อยู่ชั้นบน (CLAs methyl ester in hexane) มาใส่ในหลอดทดลองที่มี Sodium sulphate crystal เพื่อเป็นตัวดูดซับน้ำ แล้วจึงถ่ายเอาเฉพาะส่วนของสารละลายที่ผ่านการดูดซับน้ำมาใส่ใน vial เพื่อรอการฉีดวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography (CP-3800 equipped with CP-8400 Autosampler and CP-1079 Autoinjector, Varian, Netherlands) ด้วยปริมาณ 1 µL โดยเปรียบเทียบกับ Standard CLA 4 Isomer คือ *c*9,*t*11 *t*10,*c*12 *c*9,*c*11 และ *t*9,*t*11 (Matreya LLC, USA) โดยใช้อุณหภูมิของ Injector 240 °C (Split ratio 50:1) คอลัมน์ที่ใช้ในการแยก คือ WCOT Fused Silica (CP7420; 100 m × 0.25 µm × 0.25 µm, Varian) ใช้ฮีเลียมเป็น carrier gas ที่อัตราการไหล 1.5 ml/min โดยใช้อุณหภูมิของ column oven ในการแยกโดยเริ่มที่ 70°C (2 นาที) แล้วเพิ่มเป็น 175°C (20°C/min, 15 นาที), 215 °C (5 °C/min, 12 นาที) และ 240 °C (10°C/min, 10 นาที) ตามลำดับ และอุณหภูมิของ FID Detector เท่ากับ 250 °C

วิเคราะห์ปริมาณคลอเลสเตอรอล

ทำการวิเคราะห์ปริมาณคลอเลสเตอรอลโดยดัดแปลงจากวิธีของ Rowe et al. (1999) ชั่งตัวอย่าง 5.0000 กรัม ลงใน bottom flask ขนาด 250 มล. เติมสารละลายที่มีส่วนผสม ethanol, methanol และ isopropanol ในอัตราส่วน 90:5:5 (v/v/v) 4 มล.ต่อตัวอย่าง 1 กรัม เติม 60% KOH 1 มล.ต่อตัวอย่าง 1 กรัม นำไป Reflux เป็นเวลา 1 ชั่งโมง ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ถ่ายตัวอย่างลงในกรวยแยก เติม hexane 100 มล. และน้ำกลั่น 25 มล. เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้จนเกิดการแยกชั้นของสารละลายอย่างชัดเจน จากนั้นแยกส่วนของชั้น hexane ซึ่งอยู่ชั้นบน ใส่ใน flask และปิเปตส่วนด้านล่างปริมาณ 25 มล. มาทำการระเหยด้วยก๊าซไนโตรเจนจนแห้ง โดยจะต้องนำมาละลายด้วยสารละลาย hexane ที่ประกอบด้วย 5α - cholestane (internal standard ; เข้มข้น 0.1 mg/ml; Sigma, USA) 2 ml ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas chromatography (CP-3800 equipped with CP-8400 Autosampler and CP-1079 Autoinjector, Varian, Netherlands) โดยเปรียบเทียบค่า retention time ของ peak จากตัวอย่างกับสาร Standard Cholesterol (Fluka, USA) การวิเคราะห์คลอเลสเตอรอลด้วยเครื่อง GC ทำโดยฉีดสารตัวอย่าง 1 µL เข้าเครื่อง GC ซึ่งใช้อุณหภูมิของ Injector 260 °C และ split ratio เท่ากับ 100:1 โดยใช้คอลัมน์ VF-1MS (CP8907, 15 m ×0.25 mm ID × 0.25 µm film thickness, Varian) มีฮีเลียมเป็น carrier gas ในการแยก โดยใช้อัตราการไหลของแก๊ส 1.0 ml/min อุณหภูมิของ column oven ที่ใช้ในการแยกเท่ากับ 280 °C และอุณหภูมิของ FID Detector เท่ากับ 250 °C

การเปรียบเทียบทางสถิติ

ในการวิเคราะห์ทางเคมีของในแต่ละตัวอย่างปลานั้นได้ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 ซ้ำและในแต่ละซ้ำจะทำการวิเคราะห์ 2 ครั้ง ซึ่งใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยโปรแกรม Statistical Analysis System (SAS 6.12 Copyright (c) 1989-1996 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัตินักวิจัย

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

(ภาษาอังกฤษ) Dr. Samorn Ponchunchoovong

2. ตำแหน่งปัจจุบัน: 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: Selected Publication

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

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.

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., 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., 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.

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

Kainin, S. **Ponchunchoovong, S.**, U. Imsilp & S. Singsee. 2014. Cryopreservation of Mekong catfish, *Pangasius bocourti* Sauvage, 1880 spermatozoa. Aquaculture Research, 45: 859-867.

Ladoktha, P., **Ponchunchoovong, S.** and Udomkarn, C. 2015. Effect of activators solutionon motility and fertilization of frozen black shark, *Labeo chrysophekadion* spermatozoa. BioEvolution, 2(62-65).

Tangpakdeewijit, S., **S. Ponchunchoovong** and T. Vongpralub. 2015. Effect of extenders on frozen semen quality of Thai native chicken (Lueng hang kao). KHON KAEN AGR. J. 43 SUPPL. 2: 86-89.

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 ดร. กนกอร อินทราพิเชฐ

2. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์ (เกษียณ)

3. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

109 ถนนมหาวิทยาลัย บ้านสะพานหิน หมู่ 8 ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

4. ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2515 ปริญญาตรี วทบ. (วิทยาศาสตร์การอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสาตร์

พ.ศ. 2518 ปริญญาโท MS (Food Science) California State University, Fresno, USA

พ.ศ. 2533 ปริญญาเอก Ph.D. (Food Science) University of Missouri, Columbia, USA

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญการ Food Food Chemistry (Food Flavors)/Meat Science and Technology

ประวัติผู้ร่วมวิจัย (2)

1. ชื่อ ดร. ปราโมทย์ แพงคำ (Dr. Pramote Paengkoum)

2. ตำแหน่ง: รองศาสตราจารย์ (Associate Professor)

3. หมายเลขบัตรประชาชน -

4. หน่วยงานที่ติดต่อได้: สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

111 ถ. มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต. สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ (044) 224575 โทรสาร (044) 224151 E-mail: pramote@sut.ac.th

5. ประวัติการศึกษา (Education)

ปีที่จบการศึกษา (Year)	ระดับปริญญา (Level)	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม (Full name)	สาขาวิชา (field)	วิชาเอก (minor)	สถาบันการศึกษา (University)	ประเทศ (Country)
2536 (1993)	ปริญญาตรี (B.Sc.)	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต (B.Sc.)	เกษตรศาสตร์ (Agriculture)	Animal Science	Khon Kaen University	Thailand
2541 (1998)	ปริญญาโท (M.Sc.)	วท.ม. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (M.Sc.)	Animal Nutrition	Ruminant Nutrition	Khon Kaen University	Thailand
2546 (2003)	ปริญญาเอก (Ph.D.)	Ph.D. Doctor of Philosophy (Ph.D.)	Animal Nutrition	Ruminant Nutrition	Universiti Putra Malaysia	Malaysia

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (Field Interest/Teaching)

- โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง (Ruminant Nutrition)
- การผลิตแพะ-แกะ (Goat and Sheep Production)
- Animal feed biotechnology

7. ผลงานวิจัย (selected publication)

N. Tiengtam, S. Khempaka,P. Paengkoum,S. Boonanuntanasarn. 2015. Effects of inulin and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) as prebiotic ingredients in the diet of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Animal Feed Science and Technology. 207: 120–129.

P. Paengkoum, T. Phonmun, J. B. Liang, X. D. Huang, H. Y. Tan, M. F. Jahromi. 2015. Molecular Weight, Protein Binding Affinity and Methane Mitigation of Condensed Tannins from Mangosteen-peel (*Garcinia mangostana L*). *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 28(10):1442-1448.

Khotsakdee J. and P. Paengkoum. 2014. Dietary Non-Ionic Surfactant on Rumen Fermentation and Bacterial Population in Ruminants: A Review. Research Journal of Applied Sciences. 9(1): 17-22.

Yuangklang, C., Vasupen, K., Bureenok, S., Wongsuthavas, S., Beynen, A.C., Wachirapakorn, C., Paengkoum, P., Vorlaphim, T. 2013. Effect of roughage sources and fibrolytic enzyme supplementation on nutrient digestion and rumen fermentation in buffaloes. Buffalo Bulletin. 32 (SPECIAL ISSUE 2). 993 - 997

Triyakun S. and **P. Paengkoum**. 2013. Supplementation of chicory and Jerusalem artichoke in sheep diets on ruminal fermentation and nitrogen retention. Journal of Animal and Veterinary Advances. 12(10): 996-999.

Paengkoum, P. S. Traiyakun and S. Paengkoum. 2013. Intestinal digestibility of enriched-protein fodders measured by mobile bag incubated with or without pepsin-HCl and three-step techniques. South African Journal of Animal Science. 42(4): 511-518.

Paengkoum, P., A. Lukkananukool, S. Bureenok, Y. Kawamoto, Y. Imura, J. Mitchaothai, S. Paengkoum and S. Traiyakun. 2013. Effect of Feeding Systems on Meat Goat CLA. World Academy of Science, Engineering and Technnology. 81: 549-551.

Paengkoum, P., P. Tatsapong, O. Pimpa, M.D. Hare and S. Paengkoum. 2013. Effect of protein on microbial protein synthesis and productive performances of Thai swamp buffalo (*Bubalus bubalis*). Buffalo Buletin. 32 (Suppl.2): 966-969.

Paengkoum, P., P. Tatsapong, O. Pimpa, S. Traiyakun and M.D. Hare. 2013. Nitrogen requirements for maintenance of growing Thai native buffalo fed with rice straw as roughage. Buffalo Bulletin. 32(1): 35-40.

Lukkananukool A., **P. Paengkoum**, S. Bureenok, S. Paengkoum, C. Yuangklang, Y. Kawamoto. 2013. Effect of forage species and additives on quality of tropical forage silage. Journal of Animal and Veterinary Advances. 12(2): 153-159.

Phonmun T., **P. Paengkoum**, S. Paengkoum, S. Traiyakun. 2012. Muscle fatty acid profile of Thai native x anglo-nubian meat goats of different ages and methods castration. Journal of Animal and Veterinary Advances. 11(20): 3776-3780.

ประวัติผู้ร่วมวิจัย (3)

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นาย จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Jirawat Yongsawatdigul

2. เลขหมายประจำตัวประชาชน -

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. ผลงานวิจัย (selected publication)

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.

2.1 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อแผนงานวิจัย และ/หรือโครงการวิจัย และสถานภาพในการทำวิจัย

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี