ผลของการเสริมกรดไขมัน Conjugated linoleic acid (CLA) ในสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโต การรอดตาย และคุณภาพเนื้อของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*)

Effect of supplementation of conjugated linoleic acid (CLA) in feed on growth, survival and meat quality of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

พงษ์ระวี น้อยจริง [1] อรสา สุริยาพันธ์[2] และบุญรัตน์ ประทุมชาติ[1]*

[1]ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

Pongrawee Noyjring[1] Orasa Suriyaphun[2] and Boonyarath Pratoomchat[1]*

[1] Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha university, Chonburi

[2] Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha university, Chonburi

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการเสริมกรดคอนจูเกตลิโนเลอิค (Conjugated linoleic acid) ในอาหาร 3 ระดับ คือ 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัม และที่ไม่เสริม CLA เพื่อใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ความยาวเฉลี่ย 9.6 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 7 กรัม ที่ได้จากฟาร์มเอกชน นำมาเลี้ยงในบ่อคอนกรีตขนาด 1 เมตร x 1 เมตร x 1 เมตร ที่ความหนาแน่น 80 ตัวต่อตารางเมตร ความเค็มน้ำ 15 ส่วนในพัน เป็นเวลา 60 วัน เพื่อทดสอบผลของ CLA ที่เสริมลงในอาหารต่อการเจริญเติบโต การรอดตาย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ความถี่ในการลอกคราบ ความแตกต่างของขนาด และคุณภาพเนื้อของกุ้งขาว

การเสริม CLA ที่ระดับ 6 กรัมต่อกิโลกรัม ทำให้มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำสุดโดยต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากกุ้งชุดที่ได้รับ CLA 2 และ 4 กรัมต่อกิโลกรัม การเสริม CLA ในอาหารมีผลต่อคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวทั้งความแน่นเนื้อและความเหนียวเนื้อ โดยการเสริม CLA ที่ระดับ 2 และ 4 กรัมต่อกิโลกรัม ทำให้กุ้งขาวมีค่าความแน่นของเนื้อสูงกว่าชุดควบคุมและชุดที่เสริม CLA 6 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนความเหนียวของเนื้อกุ้งขาวชุดที่ได้รับ CLA 6 กรัมต่อกิโลกรัม มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากกุ้งขาวที่ได้รับ CLA 2 กรัมต่อกิโลกรัม แต่มีค่าสูงกว่าชุดควบคุมและชุดที่ได้รับ CLA 4 กรัมต่อกิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่การเจริญเติบโต การรอดตาย ความถี่ในการลอกคราบ ความแตกต่างของขนาด ปริมาณไขมันและโปรตีนในกล้ามเนื้อกุ้งขาวของกุ้งทุกการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) การเสริม CLA ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัม เป็นระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งชนิดนี้

คำสำคัญ : กุ้งขาว กรดไขมัน คุณภาพเนื้อ อาหาร

Abstract

Effect of supplementing conjugated linoleic acid (CLA) at 2, 4 and 6 g/kg and without CLA (control) in feed on growth, food conversion ratio (FCR), survival rate, molting frequency, size variations and meat quality of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) were studied. The experimental shrimp (*L. vannamei*) with average size of 9.6 cm

* **Corresponding author.**

in total length and 7 g in total weight were obtained from the commercial farm. They were cultured in 1m x 1m x 1m concrete ponds at density of 80 ind/m^2 under salinity of 15 ppt for 60 days.

FCR of shrimps fed on diet which supplementing CLA at 6 g/kg were significantly (p<0.05) lower than that of the control but its value was not significantly (p>0.05) different from those of shrimps fed on 2 and 4 g/kg supplemented diets. The meat quality of shrimp in terms of firmness and toughness was improved by CLA supplemented feed. The results indicated that the firmness of shrimp fed with 2 and 4 g/kg CLA supplemented feed was significantly (p<0.05) higher than those of the control and 6 g CLA/kg. The toughness of shrimp fed with 6 g CLA/kg supplemented feed was not significantly (p>0.05) higher than that of 2 g CLA/kg but its value was significantly (p<0.05) higher than those of the control and 4 g CLA/kg. There were no significant difference (p>0.05) in growth rate, survival rate, molting frequency, size variation, total lipid and protein in shrimp muscle among treatments. Finally, CLA at 2 g/kg in feed formulation for the culture of *L. vannamei* culture is recommended.

Keywords : white shrimp, Litopenaeus, fatty acid, CLA, Meat quality, Feed

บทนำ

กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) เป็นสายพันธุ์กุ้งทะเลในกลุ่มกุ้งขาวแปซิฟิก (Pacific white shrimp) ที่มีการเพาะเลี้ยงอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ สำหรับในประเทศไทย กุ้งขาวนับว่าได้เข้ามามีบทบาทต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศมาประมาณกว่า 5 ปี นับตั้งแต่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำประสบปัญหา ทำให้มีการประกอบอาชีพเลี้ยงกุ้งขาวอย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เป็นเพราะเลี้ยงง่าย โตเร็ว และทนทานต่อโรค อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งเป็นปัจจัยที่สำคัญ ที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากมีผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุนและการเจริญเติบโตของกุ้ง การเสริมไขมันเป็นสารอาหารอีกประเภทหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็น ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างเนื้อเยื่อเซลล์ และเป็นสารตั้นกำเนิดของฮอร์โมนที่สำคัญหลายชนิด

ปัจจุบันมีการศึกษาถึงกรดไขมันกันมากขึ้นโดยเฉพาะกรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid) สำหรับสัตว์น้ำ กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายคือ กรดลิโนเลอิค (linoleic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 6 กรดไขมันชนิดนี้สัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร ดังนั้นจึงมีการใช้กรดไขมันดังกล่าว เติมลงไปในอาหารให้สัตว์น้ำ นอกจากจะให้ความสำคัญต่อการเจริญเติบโตแล้ว กรดไขมันโดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรดคอนจูเกตลิโนเลอิค (conjugated linoleic acid) ยังมีส่วนช่วยในเรื่องของคุณภาพเนื้ออีกด้วย ซึ่งได้มีการนำเอาไปใช้ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงปศุสัตว์ เช่น สุกร (Sanhueza *et al.*, 2002; Weber *et al.* 2006)

กรดคอนจูเกตลิโนเลอิค (conjugated linoleic acid) เป็นอนุพันธ์ของกรดลิโนเลอิค ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและองค์ประกอบของอะตอมภายในโครงสร้างพันธะคู่ของ Octadecadienoic acid โดยพบมากในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อและนมของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น วัว และแกะ (Twibell และ Wilson, 2003) นอกจากนี้ยังพบในอาหารจำพวกน้ำมันพืช ไข่ อาหารทะเล สัตว์ปีก และเนื้อหมู แต่มีปริมาณน้อยมาก CLA ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ cis-9,trans-11-Octadecadienoic acid ซึ่งพบมากถึง 80-90 % ของ CLA ที่พบทั้งหมด นอกจากนี้พบอยู่ในรูปของ trans 10,cis 12-Octadecadienoic acid (Parodi ,1997; Chin *et al.*, 1992; Sehat *et al.*, 1998 อ้างโดย Bauman *et al.*, 1999) โดยไอโซเมอร์ตัวแรกมีบทบาทในการส่งเสริมการเจริญของกล้ามเนื้อ (promote muscle growth) และไอโซเมอร์ตัวที่สองมีบทบาทในการป้องกันการสะสมของไขมันในกล้ามเนื้อ (prevention of lipogenesis) (Pariza *et al.* 2001)

CLA ถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยปฏิกิริยาไบโอไฮโดรจีเนชั่น (biohydrogenation) ของกรดลิโนเลอิค โดยแบคทีเรียที่มีชื่อว่า *Butyrivibrio fibersolvens* (Daley *et al.*, 2004) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่พบในทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดย

แบคทีเรียชนิดนี้จะผลิตเอนไซม์ที่มีชื่อว่า linoleate isomerase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการเปลี่ยน cis-9,cis-12 double bond ให้อยู่ในรูปของ cis-9,trans-11- CLA (rumenic acid) โดยกระบวนการ Isomerization หลังจากนั้นจะเกิดการรีดักชั่น (reduction) ของ cis-9,trans-11- CLA ไปอยู่ในรูปของ tran-11 C_{18} : 1 (vaccenic acid) ซึ่งบางส่วนจะถูกสะสมไว้ภายในรูเมน (rumen) แต่ส่วนใหญ่จะถูกดูดซึม (absortion) เข้าสู่เนื้อเยื่อของสัตว์ และจะถูกเปลี่ยนกลับให้อยู่ในรูปของ cis-9,trans-11- CLA อีกครั้งโดยเอนไซม์ Δ^9- desaturase (Bauman *et al.*, 1999) ปัจจุบัน CLA ถูกนำมาใช้ประโยชน์เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเพิ่มการทำงานของ lypolysis ยับยั้งการทำงานของ lipoprotein lipase และยังช่วยลดปริมาณไขมัน โดยการยับยั้งการสะสมไว้ที่เนื้อเยื่อไขมัน นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ carnitine palmitoyl transferase ซึ่งทำให้ความสามารถในการเกิดกระบวนการเบต้าออกซิเดชั่น (β-oxidation) เพิ่มขึ้น (Berge *et al.*, 2004)

พบว่ามีการนำ CLA มาเสริมในอาหารสัตว์น้ำ ได้แก่ ปลาเรนโบวล์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) (Bandarra *et al*, 2006) และปลาแซลมอน(*Salmo salar*) (Kennedy *et al.*, 2006) เป็นต้น แต่ยังไม่พบว่ารายงานการศึกษาผลของ CLA ต่อการเจริญเติบโตในกุ้งชนิดใด แต่ยังคงพอมีในกลุ่มกรดไขมันชนิดอื่นๆ ดังการวิจัยของ Lim *et al.* (1997) ที่ทำการศึกษาผลของแหล่งไขมันที่เสริมลงในอาหาร ต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ การรอดตาย และองค์ประกอบของกรดไขมันในลูกกุ้งขาว (*L. vannamei*) ซึ่งพบว่า อาหารที่มีน้ำมันปลาเมนฮาเดนเป็นแหล่งไขมัน มีผลทำให้น้ำหนัก การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และการรอดตายดีที่สุด แสดงให้เห็นว่ากรดไขมันจำพวกโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อกุ้งขาว สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Gonzalez-Felix *et al.* (2002a) พบว่าอาหารที่ผสมน้ำมันสกัดชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันจากต้นแฟลกซ์ (linseed) น้ำมันถั่วลิสง และน้ำมันปลาเมนฮาเดน (menhaden) ร่วมกับฟอสโฟลิปิด ส่งผลให้กุ้งขาว (*L. vannamei*) มี instantaneous growth rate (IGR) สูงขึ้น และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ต่ำกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันชนิดต่างๆ เพียงอย่างเดียว หรืออาหารที่ไม่มีฟอสโฟลิปิดเป็นส่วนประกอบ นอกจากนี้ยังพบว่ากุ้งที่ได้รับน้ำมันปลาเมนฮาเดนเพียงอย่างเดียวหรือได้รับร่วมกับฟอสโฟลิปิดมี FCR ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าน้ำมันปลาเมนฮาเดนมีประโยชน์ต่อกุ้งขาวค่อนข้างมากเนื่องจากประกอบด้วยกรดไขมันจำเป็นชนิด n-3 HUFA ค่อนข้างสูง ซึ่งข้อมูลที่ได้ให้ผลไปในทางเดียวกันกับการวิจัยของ Gonzalez-Felix *et al.* (2002b)ที่รายงานว่า ลูกกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่ได้รับอาหารที่มีการเสริม DHAหรือ n-3 HUFA ปริมาณ 0.25% เพียงอย่างเดียวมีค่า IGR เพิ่มสูงขึ้น

ผลของ CLA ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อของกุ้งโดยตรงยังมีข้อมูลน้อย แต่พอมีพบการศึกษาในปลาดังการวิจัยของ Twibell and Wilson (2003) ที่ทดลองเสริม CLA ปริมาณ 0%, 0.5% และ 1% ในอาหารที่มีไขมันทั้งหมดอยู่ 5%, 7.5% และ 10.0% เพื่อการเลี้ยงปลากดอเมริกัน (*Ictalurus punctatus*) แล้วพบว่าปลาที่ได้รับอาหารที่มีการเสริม CLA ร่วมกับไขมันจะมีผลต่อปริมาณโปรตีนที่ใช้เป็นองค์ประกอบของร่างกาย (carcass crude protein concentration) โดยปลาที่ได้รับอาหารที่ไขมัน 7.5% และ 10.0% มีปริมาณไขมันในเนื้อปลาและการสะสมโปรตีนมีค่าสูงขึ้น สอดคล้องกับการวิจัยของ Baudarra *et al.* (2006) ที่ได้ทำการเสริม CLA 0% 0.5% 0.75% 1% และ 2% ในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาเรนโบว์เทร้า (*Oncorhynchus mykiss*) พบว่า ไขมันในอวัยวะภายในของปลากลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริม CLA 0.5% เท่านั้น ที่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม และมีเพียงปลาที่ได้รับอาหารที่มีการเสริม 1% CLA เท่านั้น ที่มีปริมาณกรดไขมันจำพวกอิ่มตัวเพิ่มสูงขึ้นในตับ นอกจากนี้ยังพบว่า CLA จะมีการสะสมในเนื้อเยื่อมากขึ้นเมื่อมีการเสริม CLA ในปริมาณที่สูงขึ้น โดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อมีการเสริม 2% สรุปแล้ว CLA มีความสามารถในการสะสมในกล้ามเนื้อ ตับ และอวัยวะภายในตัวปลาเรนโบว์เทร้าได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์มีกระดูกสันหลังชนิดอื่น ๆ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำ Conjugated linoleic acid (CLA) มาเสริมลงในอาหารของกุ้งขาวเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและเพิ่มคุณภาพเนื้อ เนื่องมาจาก CLA มีคุณสมบัติในการเร่งการสลายไขมันให้ได้พลังงานเพื่อนำไปใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณไขมันที่สะสมอยู่ตามเนื้อเยื่อหรือกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ซึ่งอาจมีผลทำให้กุ้งมีความแน่นและความเหนียวของเนื้อเพิ่มมากขึ้นกว่ากุ้งที่ไม่ได้รับ CLA จากงานวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่เลี้ยงกุ้งขาวเพื่อเพิ่มผลผลิตและเพิ่มคุณภาพเนื้อของกุ้งขาว เพื่อเตรียมความพร้อมในการแข่งขันในเวทีโลกต่อไปที่จะแข่งขันด้านคุณภาพของสินค้ามากยิ่งขึ้นในอนาคตอันใกล้

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำกุ้งขาว (*L. vannamei*) อายุประมาณ 2 เดือน ความยาว 9.5-9.7 เซนติเมตร น้ำหนัก 6.9-7.2 กรัม จากฟาร์มบ่อดินมาเลี้ยงในบ่อซีเมนต์ขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร ปรับสภาพกุ้ง ให้เข้ากับสภาพการทดลองเป็นเวลา 2-3 วัน ก่อนการทดลอง

2. การเตรียมอาหารทดลอง

เตรียมอาหารทดลองทั้งหมด 4 สูตร ทุกสูตรมีองค์ประกอบและปริมาณวัสดุอาหารเหมือนกัน จะแตกต่างกันที่ปริมาณของ CLA ที่เสริมลงไปในสูตรอาหาร (ตารางที่ 1) และมีคุณค่าอาหารดังตารางที่ 2

3. วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete randomized design, CRD) โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลองตามระดับ CLA ที่แตกต่างกันในอาหาร แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (replication) ใช้กุ้งจำนวน 80 ตัวต่อบ่อคอนกรีตขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร (ความหนาแน่น 80 ตัวต่อตารางเมตร) ด้วยน้ำความเค็ม 15 ppt ให้อากาศตลอดเวลา ปิดบ่อด้วยแสลนสีดำเพื่อลดแสง 60% และควบคุมอุณหภูมิ ให้อาหารทดลองวันละ 3 ครั้ง เวลา 09.00 น. 15.00 น. และ 21.00 น. โดยให้อาหารปริมาณ 5-10 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน และเก็บเศษอาหารที่เหลือ เพื่อนำไปหาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พร้อมทั้งดูดตะกอน และเก็บคราบกุ้งทุกวันเพื่อนำมาหาความถี่ในการลอกคราบ ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 4-5 วัน ประมาณ 70-80%

4. การตรวจสอบการเจริญเติบโต

ทำการสุ่มกุ้งเพื่อชั่งน้ำหนักและวัดความยาวทุก 2 สัปดาห์ โดยการสุ่มกุ้งจากบ่อๆ ละ 20% เพื่อวัดความยาวลำตัว และทำการชั่งน้ำหนักรวมของกุ้งทั้งหมดในแต่ละบ่อ

5. ตรวจคุณภาพน้ำ

ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำประจำวัน ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ด้วย D.O. meter YSI รุ่น 85/10 pH ด้วย pH meter และตรวจสอบปริมาณไนไตรท์และแอมโมเนีย ทุก 3 วัน ด้วยเครื่อง Mutiparameter spectophotometer Hanna C 203

ตารางที่ 1 องค์ประกอบและปริมาณวัตถุดิบในสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ	สูตรอาหาร			
	CLA 0.0% (ควบคุม)	CLA 0.2%	CLA 0.4%	CLA 0.6%
ปลาป่น	32	32	32	32
กากถั่วเหลือง	25	25	25	25
แป้งสาลี	27	27	27	27
ตับหมึกป่น	5.5	5.5	5.5	5.5
เลซิทิน	1	1	1	1
วิตามิน	0.2	0.2	0.2	0.2
แร่ธาตุ	1	1	1	1
ปลายข้าว	8.3	8.1	7.9	7.7
CLA	**0**	**0.2**	**0.4**	**0.6**
รวม	100	100	100	100

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการในสูตรอาหาร (% น้ำหนักแห้ง) ที่ใช้ในการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรอาหาร			
	CLA 0.0% (ควบคุม)	CLA 0.2%	CLA 0.4%	CLA 0.6%
โปรตีน	37.81	37.10	37.63	37.88
ไขมัน	5.77	5.78	5.82	6.03
เถ้า	10.58	10.42	10.45	10.5
เยื่อใย	1.74	1.98	1.96	1.81
ความชื้น	9.90	10.25	10.03	9.96

6. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและไขมันในเนื้อกุ้งขาว

ทำการสุ่มกุ้งเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและไขมันเมื่อเลี้ยงได้ 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ โดยนำกุ้งขาวไปแกะเปลือกและตัดหัว นำไปทำให้แห้งด้วยเครื่อง Freeze Dryer จากนั้นนำไปบดให้ละเอียด และชั่งตัวอย่างประมาณ 0.7 กรัม เพื่อไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน และชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ไปวิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธีของ AOAC (1990)

7. การตรวจวัดคุณภาพเนื้อของกุ้งขาว

การตรวจวัดคุณภาพเนื้อของกุ้งขาวในแง่ความแข็งแรงของโครงสร้าง (muscle integrity) ของกล้ามเนื้อกุ้งขาว โดยการวัดค่าเนื้อสัมผัส ของกล้ามเนื้อของกุ้งขาวสดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (อรสา สุริยาพันธ์ และคณะ, 2548; Srinivasan *et al.*,1997; Sigurgisladottir *et al.*, 1999) ได้แก่ การวัดค่าความแน่นของกล้ามเนื้อ (firmness) ด้วยแรงกด และการวัดค่าความเหนียวของกล้ามเนื้อ (toughness) ด้วยแรงเฉือน จากกุ้งที่มีขนาดใกล้เคียงกันและอยู่ในระยะคราบแข็ง (molt stage C และ Do) ด้วยเครื่อง TA.XT2 Texture Analyzer โดยมีรายละเอียด ดังนี้

7.1 การวัดค่าความแน่นเนื้อ (firmness) นำกุ้งไปวัดด้วยเครื่องโดยเลือก puncture test ใช้หัววัดแบบ cylinder ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (P/6) เพื่อเลียนแบบการวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้นิ้ว ค่าความแน่นของเนื้อกุ้งที่ได้จากเครื่อง คือแรง (นิวตัน) ที่ใช้ในการกดจากตำแหน่งเริ่มต้น 2 มิลลิเมตร จะทำการวัดบริเวณกล้ามเนื้อปล้องที่ 2 หรือ 3

7.2 การวัดความเหนียว (toughness) นำกุ้งไปวัดด้วยเครื่องโดยเลือก cutting test ใช้หัววัดแบบ Waner-Bratzler blad เพื่อเลียนแบบการกัดเนื้อด้วยฟันหน้าและการเคี้ยวด้านข้างตามลำดับ ค่าความเหนียวของเนื้อกุ้งที่ได้จากเครื่องคือ แรงเฉือน (shere force, นิวตัน) ที่ใช้ในการตัดเนื้อกุ้งออกเป็น 2 ส่วน โดยจะทำการวัดที่บริเวณกล้ามเนื้อปล้องที่ 2 หรือ 3

ผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโต ความถี่ในการลอกคราบ ความแตกต่างของขนาด และอัตราการรอดตาย

ความยาวและน้ำหนักของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 60 วัน กุ้งขาวมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยมีความยาว 10.8 - 10.9 เซนติเมตร และมีน้ำหนัก 11.3-11.6 กรัม ความยาวและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Length and Weight gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ความแตกต่างของขนาด ความถี่ในการลอกคราบ และอัตราการรอดตายของทั้ง 4 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

2. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

กุ้งที่ได้รับอาหารที่มีการเสริม CLA มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าชุดควบคุม โดยกุ้งที่ได้รับการเสริม CLA 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ, ความแตกต่างของขนาด ความถี่ในการลอกคราบ และการรอดตายของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ค่าในตารางแสดงในรูปของ Means (S.D.)

ชุดการทดลอง	%น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น	%ความยาวที่เพิ่มขึ้น	%อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (น้ำหนัก) (SGRW)	%อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (ความยาว) (SGRL)	%อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	%CV (น้ำหนัก)	%CV (ความยาว)	อัตราการรอดตาย (%)	ความถี่ในการลอกคราบ (%ต่อวัน)
ชุดควบคุม	69.92(17.59)^{a}	14.60(2.69)^{a}	1.76(0.35)^{a}	0.45(0.08)^{a}	0.16(0.04)^{a}	1.14(0.07)^{a}	13.05(2.32)^{a}	4.78(0.66)^{a}	98.8(0.0)^{a}	2.57(0.53)^{a}
2 g/kg CLA	58.48(13.23)^{a}	15.64(3.36)^{a}	1.53(0.28)^{a}	0.48(0.10)^{a}	0.14(0.03)^{a}	1.05(0.05)^{ab}	8.92(4.25)^{a}	4.81(0.71)^{a}	98.7(1.2)^{a}	2.43(0.26)^{a}
4 g/kg CLA	59.49(3.53)^{a}	11.82(1.10)^{a}	1.56(0.07)^{a}	0.37(0.03)^{a}	0.14(0.01)^{a}	1.05(0.03)^{ab}	11.71(1.17)^{a}	5.27(1.13)^{a}	97.4(1.1)^{a}	1.84(0.28)^{a}
6 g/kg CLA	60.36(8.74)^{a}	14.89(3.28)^{a}	1.57(0.18)^{a}	0.46(0.10)^{a}	0.14(0.01)^{a}	1.00(0.01)^{b}	10.67(1.07)^{a}	4.31(0.54)^{a}	99.6(0.70)^{a}	2.18(0.21)^{a}

อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3. คุณภาพเนื้อ

จากการทดลองพบว่าเมื่อเลี้ยงกุ้งเป็นระยะเวลา 30 วัน ทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และความเหนียวของเนื้อ (toughness) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 4)แต่เมื่อเลี้ยงจนสิ้นสุดการทดลองคือ 60 วัน พบว่าการเสริม CLA ในอาหารมีผลต่อคุณภาพของเนื้อกุ้งขาวทั้งความแน่นเนื้อและความเหนียวเนื้อ โดยการเสริม CLA ที่ระดับ 2 และ 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้กุ้งขาวมีค่าความแน่นของเนื้อสูงกว่าชุดควบคุมและชุดที่เสริม CLA 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนความเหนียวของเนื้อกุ้งขาวชุดที่ได้รับ CLA 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากกุ้งขาวที่ได้รับ CLA 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่มีค่าสูงกว่าชุดควบคุมและชุดที่ได้รับ CLA 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 4 ค่าความแน่นของเนื้อ (firmness) และความเหนียวของเนื้อ (toughness) ของกุ้งขาวเมื่อเลี้ยงนาน 30 วัน และ 60 วัน ค่าในตารางแสดงในรูปของ Means (S.D.)

ชุดการทดลอง	ความแน่นเนื้อ Firmness (g)		ความเหนียวเนื้อ Toughness (kg)	
	30 วัน	60 วัน	30 วัน	60 วัน
ชุดควบคุม	57.4(6.2)[a]	61.1(5.7)[b]	1.511(0.035)[a]	1.471(0.065)[b]
2 g/kg CLA	55.9(2.5)[a]	68.7(4.1)[a]	1.479(0.134)[a]	1.600(0.100)[ab]
4 g/kg CLA	52.8 (7.1)[a]	74.9(4.5)[a]	1.472(0.125)[a]	1.531(0.054)[b]
6 g/kg CLA	54.4(8.9)[a]	56.4(5.9)[b]	1.396(0.279)[a]	1.661(0.058)[a]

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 5 ปริมาณโปรตีนและไขมันในเนื้อกุ้งขาวเมื่อเลี้ยงนาน 30 วัน และ 60 วัน ค่าในตารางแสดงในรูปของ Means (S.D.)

ชุดการทดลอง	% โปรตีน		% ไขมัน	
	30 วัน	60 วัน	30 วัน	60 วัน
ชุดควบคุม	79.8 (2.3)	81.2 (2.4)	2.76 (0.08)	2.59 (0.12)
2 g/kg CLA	77.6 (3.2)	82.6 (4.8)	2.68 (0.13)	2.68 (0.24)
4 g/kg CLA	74.9 (7.3)	79.6 (3.8)	2.63 (0.15)	2.62 (0.03)
6 g/kg CLA	78.4 (2.0)	78.5 (5.1)	2.71 (0.13)	2.48 (0.17)

4. ปริมาณโปรตีนและไขมันในเนื้อกุ้ง

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและไขมันในเนื้อกุ้งหลังจากเลี้ยงกุ้งนาน 30 และ 60 วัน พบว่า กุ้งทั้ง 4 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 5)

5. คุณภาพน้ำ

จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง พบว่า ระดับน้ำความเค็มอยู่ที่ 15 ส่วนในพันอุณหภูมิ 26-29 องศาเซลเซียส พีเอช 7.9-8.3 ไนไตรท์ 0.08-0.60 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนีย 0.25-0.55 มิลลิกรัมต่อลิตร และอัลคาไลนิตี้ 106-120 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งคุณภาพน้ำยังอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง (ตารางที่ 6)

อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโต

กุ้งไม่เพียงแต่มีความต้องการแหล่งพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต แต่มีความต้องการแหล่งกรดไขมันจำเป็น สเตียรอลล์ ฟอสโฟลิปิดและวิตามินที่ละลายในไขมันอีกด้วย โดยเฉพาะกรดไขมันจำพวกโอเมก้า 6 เช่น กรดลิโนเลอิค (linoleic acid) ซึ่งมีความจำเป็นต่อกุ้ง *P. japonicus* (Kanasawa *et al.*, 1977) *P. indicus* (Read, 1981) *P. chinesis* (Xu *et al.*, 1994) *P. monodon* (Merican and Shim, 1996) *L. vannamei* (Lim *et al.*, 1997) จากการศึกษา พบว่าการเสริม CLA ในอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานในปลาชนิดต่างๆ ที่ได้รับ 0.5-5 % CLA ในปลา perch (*Perca flavescens*) (Twibell *et al.*, 2001) ปลากดอเมริกัน (*Icturus punctatus*) (Twibell and Wilson., 2003) ปลาแอคแลนติกแซลมอน (*Salmo salar*) (Berge *et al.*, 2004) ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) (Yasmin *et al.*, 2004) ปลาเรนโบว์เทร้า (*Oncorhynchus mykiss*) (Figueiredo-Silva *et al.*, 2005: Bandarra *et al.*, 2006) แต่มีความแตกต่างจากการรายงานของ Lim *et al.* (1997) และรายงานของ Gonazalez - Felix *et al.* (2002b) ที่พบว่ากรดไขมันในกลุ่ม n-3 HUFA ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาว (*L. vannamei*) โดยเฉพาะกุ้งที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมน้ำมันปลาเมนฮาเดนซึ่งประกอบด้วย n-3 HUFA ในปริมาณสูง จะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด และรายงานการศึกษาของ Gonazales-Felix *et al.* (2002a)

ตารางที่ 6 แสดงค่าคุณภาพน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวตลอดการทดลอง 60 วัน

ชุดการทดลอง	pH	อุณหภูมิ (°C)	Alkalinity (mg/l)	NO^-_2 (mg/l)	NH_3-N (mg/l)	D.O. (mg/l)
ชุดควบคุม	7.9-8.2	26-29	110-114	0.08-0.50	0.25-0.45	6.2-6.6
2 g/kg CLA	7.9-8.3	26-29	108-117	0.09-0.60	0.30-0.50	6.3-6.7
4 g/kg CLA	7.9-8.2	26-29	106-117	0.09-0.55	0.45-0.54	6.3-6.5
6 g/kg CLA	7.9-8.1	26-29	113-120	0.10-0.45	0.35-0.55	6.2-6.4

ที่พบว่า กุ้งขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีฟอสโฟลิปิดมีน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญ (Instantaneous growth rate. IGR) สูงขึ้นในขณะที่ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (FCR) ต่ำลง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติ เป็นที่ทราบกันดีว่า ฟอสโฟลิปิด และกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid, 18:2n-6) จัดเป็นไขมันที่จำเป็นต่อการเจริญของสัตว์น้ำ เพราะสัตว์น้ำส่วนใหญ่ มีความสามารถในการสังเคราะห์ไขมันทั้งสองค่อนข้างต่ำ (Kanasawa *et al.*, 1977) จึงเป็นไปได้ว่า CLA ที่เสริมลงในการเลี้ยงกุ้งขาวไม่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต หรือเป็นระดับที่ต่ำเกินไปที่จะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ อย่างไรก็ตามหากมีการเพิ่มระดับมากกว่านี้ก็จะไม่คุ้มค่าในทางธุรกิจ

2. อัตราการรอดตาย

กุ้งที่ได้รับอาหารที่มีการเสริม CLA มีอัตราการรอดตายไม่แตกต่างจากชุดควบคุม โดยทั้ง 4 ชุดการทดลองมีอัตราการรอดตายอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่าการใช้ CLA ไม่มีผลทางบวกหรือลบต่อการดำรงชีพหรือสุขภาพกุ้งขาวอายุ 2-4 เดือน ซึ่งต่างจากรายงานของ Lim *et al.* (1997) พบว่ากุ้งขาว (*L. vannamei*) จะมีอัตราการรอดตายสูงขึ้นเมื่อได้รับอาหารที่มีการเสริม n-3 HUFA และ Read (1981) พบว่ากุ้งขาว (*P. indicus*) จะมีอัตราการรอดตายสูงขึ้นเช่นกันเมื่อได้รับอาหารที่มีการเสริมกรดไลโนเลอิคร่วมกับน้ำมันปลาแอนโชวี่ (anchovy oil)

3. ค่าความแตกต่างของขนาดและอัตราการการแลกเนื้อ

การเสริม CLA ในอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาว (*L. vannamei*) ไม่มีผลต่อค่าความแตกต่างของขนาดทั้งในด้านน้ำหนักและความยาวลำตัว ชี้ให้เห็นว่าการใช้ CLA ไม่มีผลทางบวกหรือลบต่อความแตกต่างของขนาดกุ้งขาวแต่อย่างใด แสดงว่าการเสริม CLA ไม่ส่งผลเสียต่อความแตกต่างของขนาดกุ้งแต่อย่างใด กุ้งขาวที่ได้รับอาหารที่มีการเสริม CLA มีแนวโน้มอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่ากุ้งที่ไม่ได้รับอาหารที่มีเสริม CLA โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับ 6 กรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องมาจากโดยปกติกุ้งจะใช้ไขมันเป็นแหล่งจัดสรรพลังงานร่วมกับโปรตีน และใช้โปรตีนสำหรับการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ แต่เมื่อกุ้งได้รับอาหารที่ขาดไขมันจะทำให้อาหารมีพลังงานต่ำไม่เพียงพอกับความต้องการของกุ้ง จึงต้องใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงานทดแทน หรืออาจเป็นไปได้ว่า CLA มีผลต่อประสิทธิภาพในการใช้พลังงานจากอาหารของกุ้งขาว และช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซึมอาหารประเภทอื่นๆ ดังรายงานของ Gong *et al.* (2000) ซึ่งพบว่ากุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่ได้รับ phosphatidyl-ethanolamine (PE) และ phosphatidylinositol (PI) จะมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่ากุ้งที่ไม่ได้รับ PE และ PI หรือได้รับในปริมาณน้อย และรายงานของ Gonazalez - Felix *et al.* (2002a) ซึ่งพบว่ากุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่ได้รับฟอสโฟลิปิดร่วมกับน้ำมันสกัดชนิดต่างๆ จะมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำกว่ากุ้งที่ได้รับน้ำมันสกัดเพียงอย่างเดียว ต่างจากรายงานของ Figueiredo-Silva *et al.* (2005) และ Bandarra *et al.* (2006) ซึ่งพบว่าลูกปลาเรนโบว์เทร้า (*Oncorhynchus mykiss*) ที่ได้รับ 0.5-2% CLA ไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

5. ความถี่ในการลอกคราบ

การเสริม CLA ในอาหารไม่มีผลต่อความถี่ในการลอกคราบของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ซึ่งการลอกคราบของกุ้งขึ้นอยู่กับปริมาณสารอนินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แคลเซียม แมกนีเซียม ไบคาร์บอเนต และความพร้อมของระบบต่อมไร้ท่อที่ผลิตฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการลอกคราบ ตลอดจนความสมบูรณ์ของระบบสรีระวิทยาภายในร่างกายกุ้ง (Passano,

1960 ; Smith and Dall, 1985) จากรายงานของ Berge *et al.* (2004) พบว่า CLA มีผลต่อการสะสมของแคลเซียมภายในร่างกายของปลาแอตแลนติกแซลมอน (*Salmo salar*) แต่จากการศึกษานี้ มีความเป็นไปได้ว่า CLA อาจมีผลต่ำมากต่อการสะสมแคลเซียม ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่สำคัญในขบวนการสร้างเปลือก และระบบฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการลอกคราบ

6. คุณภาพเนื้อ

กุ้งขาว (*L. vannamei*) ทุกชุดการทดลองมีสภาพภายนอกของร่างกายที่ไม่แตกต่างกันด้วยสายตาหรือการสัมผัสเบื้องต้น อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่าอาหารที่มีการเสริม CLA จะมีผลต่อค่าความแน่นเนื้อ (firmness) และความเหนียวของเนื้อ (toughness) เมื่อเลี้ยงกุ้งขาวด้วยอาหารที่เสริม CLA เป็นระยะเวลานานกว่า 60 วัน ซึ่งกุ้งที่ได้รับอาหารที่มีการเสริม CLA 2 และ 4 กรัมต่อกิโลกรัม จะมีค่าความแน่นเนื้อดีที่สุด ทำให้สามารถสรุปได้ว่ากุ้งขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม CLA มีการเจริญและการพัฒนาร่างกายที่ดีขึ้นส่งผลให้มีโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่แข็งแรงและมีความต่อเนื่องซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะที่ต้องการของผู้เลี้ยงกุ้ง และอุตสาหกรรมการแปรรูปกุ้ง เนื่องจากกุ้งที่มีโครงสร้างกล้ามเนื้อที่ดี สามารถอุ้มน้ำได้ดี ทำให้การสูญเสียน้ำหนักหลังการแปรรูปลดลง (อรสา สุริยาพันธ์ และคณะ, 2548) อย่างไรก็ตาม มีข้อที่น่าสังเกตว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ CLA เป็น 6 กรัมต่อกิโลกรัม อาหารพบว่าค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อและค่าเฉลี่ยของความเหนียวของกุ้งไม่แตกต่างจากกุ้งกลุ่มควบคุม ข้อสังเกตนี้แสดงให้เห็นว่าผลของกรดคอนจูเกตลิโนเลอิคในอาหารเลี้ยงกุ้งต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออาจมีลักษณะเป็น Dose-dependent type คือ ประสิทธิภาพของ CLA ในด้านการช่วยเสริมการสร้างกล้ามเนื้อขึ้นกับปริมาณที่เหมาะสมของ CLA ด้วย และการได้รับปริมาณCLA ที่มากเกินความต้องการอาจส่งผลให้องค์ประกอบของกล้ามเนื้อในระดับจุลภาคขาดความสมดุลของโปรตีนและไขมัน เพราะ CLA สามารถลดการสะสมของไขมันในกล้ามเนื้อได้ (Pariza *et al.* 2001) จากการทดลองแสดงผลได้ชัดเจนว่า CLA มีผลต่อการเพิ่มคุณภาพเนื้อของกุ้งขาว อาจเป็นผลมาจากคุณสมบัติของ CLA ที่สามารถช่วยลดการสะสมของกรดไขมันอิสระในกล้ามเนื้อ หรืออาจมีส่วนในการเพิ่มปริมาณเส้นใยโปรตีนในกล้ามเนื้อทำให้กุ้งขาวมีค่าความแน่นเนื้อและความเหนียวของเนื้อสูงขึ้น (Berge *et al.*, 2004) ซึ่งระดับที่เหมาะสมควรใช้ CLA เพียง 2 กรัมต่อกิโลกรัม

7. ปริมาณโปรตีนและไขมันในเนื้อกุ้ง

การเสริม CLA ในอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาว (*L. vannamei*) ไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนและไขมันในเนื้อกุ้ง ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่า CLA ไม่ใช่ปัจจัยสำคัญในการสะสมสารอาหารชนิดต่างๆ ในเนื้อโดยเฉพาะอย่างยิ่งไขมัน สอดคล้องกับการรายงานในปลาหลายชนิดที่ได้รับ 0.5 - 2% CLA เช่น ปลากดอเมริกัน (*I. punctatus*) (Twibell and Wilson., 2003) ปลาแอตแลนติกแซลมอน (*S. salar*) (Berge *et al.*, 2004) ปลาเรนโบว์เทร้า (*O. mykiss*) (Baudarra *et al.*, 2006) แตกต่างจากรายงานของ Lim *et al.* (1997) ที่รายงานว่ากุ้งขาวที่ได้รับการเสริมไขมันชนิดต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนในเนื้อกุ้ง แต่มีผลต่อปริมาณไขมันในเนื้อกุ้ง โดยกุ้งขาวที่ได้รับน้ำมันปลาเมนฮาเดน จะมีปริมาณไขมันในเนื้อสูงสุด เช่นเดียวกับการรายงานของ Catacutan (1991) ซึ่งพบว่าปริมาณไขมันในเนื้อกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) จะมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อได้รับการเสริมน้ำมันจากปลาคอด และ Colvin (1976) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันที่สกัดได้จากสัตว์ทะเล จะมีอิทธิพลต่อการสะสมไขมันในร่างกายของกุ้งขาว (*P. indicus*) ด้วยเช่นเดียวกัน

สรุปผลการทดลอง

1. การเสริมกรดไขมัน Conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาว (*L. vannamei*) พบว่า CLA ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย ความถี่ในการลอกคราบ และการแตกต่างของขนาดรวมถึงปริมาณโปรตีนและไขมันในเนื้อของกุ้งขาว

2. การเสริมกรดไขมัน Conjugated linoleic acid (CLA) ในอาหารมีผลต่อการลดลงของอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและการเพิ่มขึ้นของคุณภาพเนื้อ

3. การเสริม CLA ปริมาณ 2 กรัมต่อกิโลกรัม ให้กุ้งขาวนาน 60 วัน เป็นระดับที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาจากคุณภาพเนื้อและอัตราการแลกเนื้อ

เอกสารอ้างอิง

อรสา สุริยาพันธ์ พิทักษ์ สูตรอนันต์ จิตติมา เจริญพานิช และบุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2548. คุณภาพของเนื้อกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงภายใต้น้ำความเค็มต่ำและให้อาหารที่เสริมแร่ธาตุ. วารสารการประมง. 58(6): 550-557.

AOAC. 1990. Official methods of analysis (14 th ed.): Association of official Chemistry Washington, DC.

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 on muscle, liver and visceral lipid deposition in rainbow trout juveniles (*Oncorhynchus mykiss*). Aquacul 254(1-4):496-505.

Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Cor, L.H.. and Griinari, J.M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminant. Cornell University and Helsinki University, Finland. 254 p.

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

Catacutan, M.R., 1991. Growth and fatty acid composition of *Penaeus monodon* juveniles fed various lipids. Bamidgeh, 43: 47-56.

Colvin, P.M., 1976. The effect of select seed oil on the fatty acid composition and growth of *Penaeus indicus*. Aquacul, 8: 81-89.

Daley, C.A., Abott A., Basurstol, M., Narder, G. and Larson, S., 2004. Conjugated linoleic acid. College of Agriculture. California State University and University of California. 143p.

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

Gong, H., Lawrence, A.L., Jiang, Dong-Huo and Gatlin, D.M., 2002. Lipid nutrition of juvenile *Litopenaeus vannamei* II. Active components of soybean lecithin. Aquacul, 190: 325-342.

Gonzalez - Felix, M.L., Lawrence, A.L., Gatlin, D.M. and Perez-Velazquez, M., 2002a. Growth, survival and fatty acid composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* fed different oils in the presence and absence of phospholipids. Aquacul. 205: 325-343.

Gonzalez - Felix, M.L., Lawrence, A.L., Gatlin, D.M. and Perez-Velazquez, M., 2002b. Effect of dietary phospholipids on essential fatty acid requirements and tissue lipid composition of *Litopenaeus vannamei* juveniles. Aquacul, 207: 151-167

Kanazawa, A., Tokiwa, S., Kayama, M. and Hirata, M., 1977. Effect of linoleic and linolenic acids on growth. Bull. Jpn. Soc. Sci. fish. 43: 1111-1114.

Kennedy, S.R., Leavera, M.J., Campbell, P.J., Zheng, X.Z., Dick, J.R., and Tocher, D.R. 2006. Influence of dietary oil content and conjugated linoleic acid (CLA) on lipid metabolism enzyme activities and gene expression in tissues of Atlantic salmon (*Salmo salar L*). Lipids 41(5):423-436.

Lim, C., Ako, H., Brown, C.L. and Hahn, K., 1997. Growth response and fatty acid composition of juvenile *Penaeus vannamei* fed different sources of dietary lipid. Aquacul, 151: 143-153.

Merican, O.Z. and Shim, K.F., 1996. Qualitative requirement of essential fatty acids for juvenile *Peanaeus monodon*. Aquacul, 147: 275-291.

Pariza, M.W., Park, Y., and Cook, M.E. 2001. The biological active isomers of conjugated linoleic acid Prog. Lipid Res. 40 : 283-298.

Passano, L.M. 1960. Molting and its control. In : The Physiology of Crustacea. Vol. 1, Waterman T.H. (ed), Academic Press, New York, pp. 437 - 536.

Read, G.H.L., 1981. The response of *Penaeus indicus* (Crustacean : Penocidea) to purified and compound diets of varying fatty acid composition. Aquacul, 24: 245-256.

Sanhueza, C.J., Susana, N. and Valenzuela, B., 2002. Conjugated linoleic acid: a trans isomer fatty acid potentially beneficial. Rev Chi Nutr, 29.

Sigurgisladottir, S., Hafsteinsson, H., Jonsson, A., Lie, O.; Nortvetdt, R., Thomassen, M., and Torrissen, O. 1999. Textural properties of raw fillets as related to sampling method. J of Food Sci. 64(1): 99-104.

Smith, D.M. and Dall, W.D. 1985. Molting Stag of the tiger prawn *Penaeus esculentus*. In PC. Rothlisberg, B.T. Hill and Staples D.J. (eds.). Second Australian National Prawn Seminar NPS 2. Cleveland, Australia: 56-70.

Srivasan, S., Xiong, Y.L., Blanchard, P., and Tidwall, J.H. 1997. Physicochemical changes in prawns (*Machrobrachium rosenbergii*) subjected to multiple freeze-thaw cycles. J of Food Sci. 62(1): 123-127.

Twibell, R.G., Watkins B.A.., Rogers, L. and Brown, P.B., 2001. Dietary conjugated linoleic acids and lipid source alter fatty acid composition of juvenile yellow perch, *Perca flavescens*. J. Nutr. 131: 2232-2328.

Twibell, R.G. and Wilson R.P., 2003. Effect of dietary conjugated linoleic acid and total dietary lipid concentration of juvenile channel catfish, *Ictalulus punctatus*. Aquacul. 221: 621-628.

Weber T.E., Richert B.T., Belury M.A., Gu Y., Enright K., Schinckel A.P. 2006. Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth performance, pork quality, and fatty acid profiles in genetically lean gilts. J Am. Sci. 84(3):720-732.

Xu, X.L., Ji, W.J., Castell, J.D. and Dor, R.K., 1994. Essential fatty acid requirements of the Chinese prawn, *Penaeus chinensis*. Aquacul, 127: 29-40.

Yasmin, A., Takeuchi, T., Hayashi, M., Hirota, T., Ishizuka, W. and Ishida, S., 2004. Effect of conjugated linoleic acid and docosahexanoic acids on growth of juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish, Sci. 70: 473-481.