รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบกรดไขมันตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโต
ของลูกกุ้งการ์ตูน (*Hymenocera picta*, Dana 1852) เปรียบเทียบกับไข่กุ้งการ์ตูน
ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นจากธรรมชาติ

Characterisation of the changing fatty acids composition across the larval stages
of Harlequin shrimp (*Hymenocera picta*, Dana 1852) using eggs,
wild newly hatched and juvenile shrimp as standards

ดร. จารุนันท์ ประทุมยศ
นางณิษา สิรนนท์ธนา

มีนาคม 2556

รหัสโครงการ 2555A10862019

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบกรดไขมันตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโต
ของลูกกุ้งการ์ตูน (*Hymenocera picta*, Dana 1852) เปรียบเทียบกับไข่กุ้งการ์ตูน
ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นจากธรรมชาติ

Characterisation of the changing fatty acids composition across the larval stages
of Harlequin shrimp (*Hymenocera picta*, Dana 1852) using eggs,
wild newly hatched and juvenile shrimp as standards

ดร. จารุนันท์ ประทมยศ
นางณิษา สิรนนท์ธนา

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา อ. เมือง จ. ชลบุรี

สนับสนุนโดย สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษา
และพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ
สำนักคณะกรรมการอุดมศึกษา

กิติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณการวิจัยภายใต้การสนับสนุนของสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษางบประมาณปี พ.ศ. 2555 จากสำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ) ในการนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างมากมา ณ โอกาสนี้ นอกจากนี้ ขอขอบคุณนางสาววิรชา เจริญดี ที่อนุเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำและขอขอบคุณบุคลากรของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คำอธิบายคำย่อ

ARA = กรดไขมันอาราชิโดนิค (Arachidonic acid,C20:4n-6)

DHA = กรดไขมันโดโคซะเฮกซะอีโนอิค (Docosahexaenoic acid,C22:6n-3)

EPA = กรดไขมันไอโคซะเพนตะอีโนอิค (Eicosapentaenoic acid, C20:5n-3)

LNA = กรดไขมันลิโนลินิค (Linolenic acid, C18:3n-3)

HUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนโซ่ยาวทั้งหมด

MUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด

PUFA = กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด

SFA = กรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบกรดไขมันตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโตของลูกกุ้งการ์ตูน (*Hymenocerapicta*, Dana 1852) เปรียบเทียบกับไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นจากธรรมชาติ

จารุนันท์ ประทุมยศ และ ณิษา สิรนนท์ธนา

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา อ. เมือง จ. ชลบุรี 20131

บทคัดย่อ

กุ้งการ์ตูน (*Hymenocera picta*, Dana 1852) เป็นกุ้งทะเลสวยงามที่มีมูลค่าในการซื้อขายสูง การขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความต้องการกรดไขมันของลูกกุ้งการ์ตูนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การเพาะเลี้ยงลูกกุ้งการ์ตูนประสพปัญหาการรอดตายต่ำ ความแตกต่างระหว่างกรดไขมันในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข้กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น) และลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงในระยะพัฒนาการต่างๆ สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงกุ้งการ์ตูนโดยวิธีการเสริมอาหารในการอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูนครั้งนี้ให้โรติเฟอร์และอาร์ทีเมียแรกฟักเป็นอาหารลูกกุ้งการ์ตูนและใส่เตตร้าเซลมิส คีโตเซอรอสและไอโซไคลซิสอัตราส่วน 1:0.5:0.5 ลงในถังอนุบาลเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำและเป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์เหล่านี้

ผลการทดลองพบว่าปริมาณไขมันในไข่กุ้งและลูกกุ้งแรกฟักมีมากที่สุดและในกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นมีน้อยที่สุด ซึ่งปริมาณไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงลดลงตลอดระยะพัมนาการเจริญเติบโต แสดงว่าไขมันถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติมีกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) มากที่สุด รองลงมาคือกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) ซึ่งตรงกันข้ามกับลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) มากที่สุดรองลงมาคือกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) ความแตกต่างของกรดไขมันในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติและกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงแสดงถึงความไม่เหมาะสมของกรดไขมันในอาหารลูกกุ้งการ์ตูนในการศึกษาครั้งนี้กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติและกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีกรดไขมันปาล์มิติค (C16:0) กรดไขมันสเตียริค (C18:0) กรดไขมันปาล์มิโตลิอิค(C16:1 n-7) และกรดไขมันโอลิอิค (C18:1 n-9) เป็นองค์ประกอบกรดไขมันหลักแต่ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีกรดไขมันไมริสติค (C14:0) กรดไขมันปาล์มิติค (C16:0) และกรดไขมันปาล์มิโตลิอิค (C16:1 n7) ลดลงตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโตแสดงถึงความสำคัญในการเป็นแหล่งพลังงานของของกรดไขมันสองชนิดนี้มากกว่ากรดไขมันสเตียริค (C18:0) และ กรดไขมันโอลิอิค (C18:1 n-9) นอกจากนี้กุ้งการ์ตูนวัยรุ่นจากธรรมชาติยังมีกรดไขมันอีพีเอเป็นองค์ประกอบสูงถึง 19 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ต่ำแสดงถึงความสำคัญของกรดไขมันชนิดนี้ในการเป็นองค์ประกอบเซลล์เนื้อเยื่อในการเจริญเติบโตและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงสะสมกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ไม่เพียงพอต่อความต้องการลูกกุ้งการ์ตูนแรกเกิดและกุ้ง

การ์ตูนวัยรุ่นมีกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ลูกกุ้งการ์ตูนจากการการเพาะเลี้ยงระยะลงเกาะมีการสะสมกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ปริมาณสูงถึง 17 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีกรดไขมันดีเอชเอมากเพียงพอสำหรับในการสร้างเซลล์เนื้อเยื่อเพื่อการเจริญเติบโต ในกุ้งการ์ตูนธรรมชาติไม่พบกรดไขมันเออาร์เอ (C20:4n-6) แต่ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงพบกรดไขมันชนิดนี้ในปริมาณเล็กน้อยอาจเป็นไปได้ว่ากุ้งการ์ตูนต้องการกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 6 น้อย กุ้งการ์ตูนธรรมชาติมีปริมาณกรดไขมันลิโนลินิค (C18:3n-3) น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์แต่ไม่พบกรดไขมันชนิดนี้ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง ประกอบกับกรดไขมันอีพีเอมีปริมาณลดลงและยังพบกรดไขมันตัวกลางของกระบวนการสังเคราะห์กรดไขมันโซ่ยาวกลุ่มโอเมกา 3 แสดงว่ากรดไขมันลิโนลินิค (C18:3n-3) อาจถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานและสังเคราะห์กรดไขมันอีพีเอ (C18:3n-3) กุ้งการ์ตูนวัยรุ่นมีอัตราส่วนกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3)/กรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ประมาณ 0.3 และมีอัตราส่วนกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3/โอเมกา 6 ประมาณ 44 แสดงถึงความสำคัญของกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3 ต่อการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกกุ้งการ์ตูน

จากการศึกษานี้สรุปว่าการอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูนด้วยวิธีการใส่สาหร่ายผสม 3 ชนิดในถังเลี้ยงนั้นลูกกุ้งการ์ตูนสามารถพัฒนาการจนคว่ำตัวลงเกาะได้แต่อัตราส่วนแพลงก์ตอนพืชที่ใช้ในการทดลองนี้ไม่เหมาะสมกับความต้องการกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมกา 3 ของลูกกุ้งการ์ตูนโดยเฉพาะกรดไขมันอีพีเอ ดังนั้น การเสริมคุณค่าอาหารในอาหารลูกกุ้งการ์ตูนควรเลือกใช้แพลงก์ตอนพืชที่มีกรดไขมันอีพีเอสูงและปรับอัตราส่วนแพลงก์ตอนพืชที่ใช้ให้มีองค์ประกอบคล้ายคลึงกับกรดไขมันในกุ้งธรรมชาติหรืออาจเสริมกรดไขมันอีพีเอในอาร์ทีเมียโดยตรง

คำสำคัญ: กุ้งการ์ตูน *Hymenocera picta* กรดไขมัน ดีเอชเอ อีพีเอ เออาร์เอ

Characterisation of the changing fatty acid composition across the larval stages of harlequin shrimp (*Hymenocerapicta*)using eggs, wild newly hatched and juvenile shrimp as standards

Jarunan Pratoomyot and Nisa Siranonthana

Institute of Marine Science, Burapha University, Chonburi, THAILAND 20131

Abstract

The colourful harlequin shrimp, *Hymenocera picta*, Dana 1852, is a valuable and attractive marine ornamental species. Low survival, however, remains a bottleneck to their sustainable and successful culture. Little, for example, is known regarding their fatty acid requirements. By determining the fatty acid profiles and the requirements of different stages of wild shrimp (*i.e.* in eggs, newly hatched and juvenile shrimp) and then by comparing those to the fatty acid profiles in larval cultured shrimp could facilitate the development of appropriate enriched diets and culture techniques. The fatty acid composition in the wild harlequin shrimp and 13 larval stages (12 zoeal and the settling stage) of cultured *H. picta* were compared. In the present study, rotifers and newly hatched *Artemia* were used as feed items. In addition, a 1:0.5:0.5 mix of *Tetraselmis* sp., *Chaetoceros calcitrans* and *Isochrysis gallbana* was added to the shrimp rearing tanks to sustain the zooplankton and to improve water quality.

Of the wild shrimp samples, the eggs and the newly hatched stage had the highest lipid content whilst the juvenile shrimp had the lowest. The lipid content of the cultured larval shrimp was observed to decrease as the shrimp developed indicating that lipid was used as an energy source for growth. The rank order of the fatty acid composition of the wild shrimp was saturated fatty acids >monounsaturated fatty acids >polyunsaturated fatty acids, whilst the rank order of that determined in the cultured shrimp was monounsaturated fatty acids > saturated fatty acids >polyunsaturated fatty acids. This observed difference in the fatty acid composition between the two sample groups of shrimp indicated an imbalance in the fatty acids provided in the feed items that were used in this study. Palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), palmitoleic acid (C16:1n-7) and oleic acid (C18:1n-9) were the main fatty acids found in both collections of shrimp. The myristic acid (C14:0) palmitic acid (C16:0) and

palmitoleic acid (C16:1n-7) content of the cultured shrimp, however, was observed to drop with larval development signifying that these fatty acids were catabolised as an energy source at a higher rate than stearic acid (C18:0) and oleic acid (C18:1n-9). In addition, the wild juvenile shrimp were found to contain up to 19% eicosapentaenoic acid (EPA) (C20:5n-3), an essential component in the formation of cell membranes. The EPA content of the cultured shrimp, by comparison, was only 4% indicating an insufficient accumulation of EPA. Both the newly hatched and juvenile wild shrimp had approximately 6% docosahexaenoic acid (DHA) (C22:6n-3), whilst the cultured shrimp had up to 17% DHA suggesting they had sufficient levels for growth. The wild shrimp were found no detectable arachidonic acid, ARA (20:4n-6) whilst the ARA was found in small amounts in the cultured shrimp samples, possibly the shrimp favour less n-6 HUFA. The wild shrimp were also found to contain less than 1% linolenic acid (LNA) (C18:3n-3), however, this fatty acid was not found in the cultured larval shrimp. In the later developmental stages, the intermediate substrates for n-3 fatty acid biosynthesis C18:4n-3, C20:3n-3 and C20:4n-3 were found in association with decreased levels of EPA. This latter finding suggests that LNA was probably used as an energy source and as a substrate for fatty acid biosynthesis. The ratios of DHA:EPA and that of n-3 PUFA:n-6 PUFA in wild juvenile shrimp were determined to be 0.3 and 44 respectively, highlight the importance of n-3 HUFA for good growth and the survival of harlequin shrimp. These findings suggest that the low ratio of DHA:EPA and the high ratio of n-3 PUFA:n-6 PUFA in the shrimp diet should be considered and addressed as a strategic component of a progressive programme of culture practice.

From this study, it can be concluded that the harlequin shrimp cultured in green water allowed the larvae to develop to the post-larval stage but the composition of phytoplankton that was used did not meet the n-3 PUFA requirements of the harlequin shrimp, most notably EPA. Enrichment of the shrimp diet through the addition of commercial EPA source into the diet or an appropriate mix of EPA-rich phytoplankton species, so that it closely mirrors the n-3 PUFA of wild shrimp, should be considered.

Key words: Harlequin *Hymenocera picta* fatty acid DHA EPA ARA

สารบัญ

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ความต้องการสัตว์ทะเลสวยงามในการเลี้ยงเพื่อให้ความเพลิดเพลินหรือเพื่อธุรกิจการค้าขายสัตว์น้ำส่งผลกระทบต่อประชากรสัตว์น้ำทะเลสวยงามรวมถึงสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในกลุ่มกุ้ง กั้ง ปู (Decapods) ในธรรมชาติอย่างมาก (Calado *et. al.*, 2003a; Calado *et al.*, 2009; Wabnitz, *et al*, 2003) กุ้งการ์ตูนหรือกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta*, Dana 1852) เป็นกุ้งทะเลสวยงามชนิดหนึ่งที่มีสีสันสวยงามและมีราคาซื้อขายสูง (Calado, 2008) นอกจากนี้ ความต้องการกุ้งสวยงามทะเลชนิดนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้จำนวนกุ้งในธรรมชาติลดลง การวิจัยการเพาะเลี้ยงกุ้งการ์ตูนจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถทดแทนการจับกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติโดยการปล่อยคืนสู่ธรรมชาติและยังสามารถสนับสนุนการเพาะเลี้ยงกุ้งการ์ตูนให้เป็นอาชีพได้

เทคนิคในการเพาะเลี้ยงกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ในปัจจุบันยังไม่ประสพผลสำเร็จมากนักและยังต้องมีการพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงเพื่อมุ่งสู่ความสำเร็จระดับเชิงพาณิชย์ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลได้พยายามพัฒนาเทคนิคการเพาะเลี้ยงกุ้งการ์ตูนเพื่อให้ได้ผลผลิตปริมาณมากและมีวัตถุประสงค์ที่จะถ่ายทอดเทคโนโลยีไปสู่เชิงการเลี้ยงระดับเชิงพาณิชย์ แต่อย่างไรก็ตาม จากการที่ลูกกุ้งการ์ตูนมีการรอดตายต่ำ และจากรายงานการวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดต่างๆ พบว่าการรอดตายของสัตว์น้ำวัยอ่อนเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อัตราความหนาแน่นของลูกกุ้งที่เลี้ยง (Calado *et. al.*, 2005a) ชนิดของอาหารและขนาดอาหารที่เหมาะสม (Zhang *et al.*,1998; Rhyne, 2002) พฤติกรรมการกินอาหาร (Sewell, 2007) ระยะเวลาในการพัฒนาการเจริญเติบโตจนกระทั่งลงเกาะที่ยาวนาน (Lin *et al.*, 2001) และปัจจัยด้านคุณค่าทางอาหารที่เหมาะสม (Raabe & Raabe, 2007; Lin & Zhang 2001; Rueda & Martinez 2001, Lin & Shi 2002; Calado, 2008)

องค์ประกอบกรดไขมันในแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นอาหารของสัตว์น้ำในธรรมชาติอาจจะเป็นกรดไขมันที่ใกล้เคียงกับกรดไขมันที่สัตว์น้ำต้องการ (Hamre *et al.*, 2008) และใกล้เคียงกับกรดไขมันที่ได้รับจากอาหารและที่สะสมในสัตว์น้ำด้วย (Fernandez-Reiriz *et al.*, 2011; Leonardo & Lucas, 2000) ซึ่งปริมาณกรดไขมันที่วิเคราะห์จากเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากธรรมชาติสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความต้องการกรดไขมันของสัตว์น้ำ (D'Abrahamo & sheen, 1993) ส่วนองค์ประกอบกรดไขมันในไข่หรือในลูกกุ้งแรกเกิดจากธรรมชาติอาจจะเป็นจุดเริ่มต้นของสารอาหารที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกกุ้งในระยะต่อไปได้ Izquierdo & Fernandez-Palacios (1997) แบ่งวิธีการศึกษาความต้องการสารอาหารของสัตว์น้ำออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ การศึกษาองค์ประกอบสารอาหารในไข่เปรียบเทียบกับสารอาหารในสัตว์น้ำวัยอ่อน การศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบสารอาหารในสัตว์น้ำอายุเดียวกันที่อดอาหารและกินอาหาร และการศึกษาทดลองอาหารที่ควบคุมระดับสารอาหารที่ต้องการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ทำการอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) แรกฟักจนกระทั่งลูกกุ้งการ์ตูนคว่ำตัวลงเกาะและให้โรติเฟอร์และอาร์ทีเมียแรกฟักเป็นอาหาร นอกจากนี้ ในการอนุบาลใส่แพลงก์ตอนพืชผสมระหว่างเตตร้าเซลมิส:คีโตเซอรอส:ไอโซไคลซิส อัตราส่วน 1:0.5:0.5 ในถังอนุบาล (การเลี้ยงแบบ green water) เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำและเป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์ และเปรียบเทียบองค์ประกอบกรดไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงตลอดระยะพัฒนาการจนคว่ำตัวลงเกาะกับกรดไขมันในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกเกิดและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 ศึกษาถึงชนิดและปริมาณกรดไขมันในจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟัก กุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)

2.2 ศึกษาถึงชนิดและปริมาณกรดไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนระยะพัฒนาการต่างๆตลอดระยะพัฒนาการจนกระทั่งลูกกุ้งการ์ตูนคว่ำตัวลงเกาะ

3 เปรียบเทียบความแตกต่างของกรดไขมันระหว่างลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงและกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ

ขอบเขตของการวิจัย

อนุบาลลูกกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) แรกเกิดจนกระทั่งคว่ำตัวลงเกาะ ในขณะเดียวกัน ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบกรดไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงในระยะพัฒนาการเจริญเติบโตต่างๆและเปรียบเทียบกับกรดไขมันในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลุกกุ้งการ์ตูนแรกฟัก กุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. หน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา กรมประมง และ สถาบันวิจัยต่างๆ เป็นต้น
2. สถาบันการศึกษาต่างๆ ที่ใช้องค์ความรู้ประกอบการเรียน การสอน ฯลฯ ในระดับวิชาชีพหรืออุดมศึกษา
3. บริษัทเอกชน/เกษตรกรผู้สนใจหรือผู้มีอาชีพเพาะเลี้ยงสัตว์สวยงามทะเล

ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของการวิจัย

ในการเพาะเลี้ยงกุ้งการ์ตูนยังขาดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความต้องการสารอาหารของลูกกุ้งการ์ตูน ดังนั้น จึงควรศึกษาความต้องการสารอาหารของลูกกุ้งการ์ตูนเพื่อเป็นแนวทางในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดนี้ สัตว์น้ำวัยอ่อนแต่ละชนิดในแต่ละระยะพัฒนาการเจริญเติบโตต้องการกรดไขมันในอาหารแตกต่างกัน Calado *et. al.*, (2005b) ในสัตว์น้ำกลุ่มกุ้งกั้งและปูที่ได้รับชนิดและสัดส่วนกรดไขมันในอาหารไม่เหมาะสมมีผลมีการเจริญเติบโตและการลอกคราบช้าลงและมีการรอดตายต่ำ (Naessens *et al.* 1997; Wouters *et al.* 1999; Harlioglu *et al.*, 2012; Suprayudi *et al.*, 2002ab; Supraudi, Takeuchi & Hamasaki, 2004; Calado *et al*, 2005b) ถึงแม้ว่าสัตว์น้ำเหล่านี้สามารถสังเคราะห์กรดไขมันโซ่ยาวได้จากกรดไขมันที่มีโซ่สั้นโดยการเพิ่มพันธะคู่ (desaturation) และการเพิ่มความยาวของไฮโดรคาร์บอน (elongation) แต่อย่างไรก็ตาม สัตว์น้ำเหล่านี้โดยเฉพาะสัตว์ทะเลไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมันที่จำเป็นแก่ร่างกายได้และสัตว์น้ำจะได้รับกรดไขมันที่จำเป็นเหล่านี้โดยการกินอาหารเท่านั้น (Kanasawa *et al.*, 1979; Sargent *et al.,* 1999; Bell & Sargent 2003) และกรดไขมันที่จำเป็นได้แก่ กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมกา 3 คือ กรดไขมันลิโนลินิค (C18:3n-3) กรดไขมันไอโคซะเพนตะอีโนอิค (อีพีเอ, C20:5n-3) กรดไขมันโดโคซะเฮกซะอีโนอิค (ดีเอชเอ, C22:6n-3) และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมกา 6 คือ กรดไขมันลิโนลิอิค (C18:2n-6) กรดไขมันอาราชิคโนดิค (เออาร์เอ, C20:4n-6) ซึ่งกรดไขมันเออาร์เอ (C20:4n-6) อีพีเอ (C20:5n-3) และดีเอชเอ (C22:6n-3) นอกจากเป็นองค์ประกอบหลักของฟอสโฟลิปิดที่เป็นของโครงสร้างเซลล์เมมเบรนแล้ว กรดไขมันเหล่านี้ก็เป็นแหล่งพลังงานของสัตว์น้ำระยะวัยอ่อนที่มีพัฒนาการในการเจริญเติบโตสูงด้วย(Sargent *et al.*, 2002) ลูกกุ้งการ์ตูนมีพัฒนาการในการเจริญเติบโตโดยการลอกคราบซึ่งต้องใช้พลังงานในการลอกคราบมากในแต่ละครั้งประกอบกับลูกกุ้งการ์ตูนมีพัฒนาการเจริญเติบโตเป็นระยะเวลามากกว่า 1 เดือนก่อนที่จะคว่ำตัวลงเกาะ ดังนั้น การที่ลูกกุ้งการ์ตูนมีอัตราการรอดตายต่ำจึงอาจจะเกี่ยวข้องกับปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและเป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อเซลล์อาจจะไม่เพียงพอมีผลให้ลูกกุ้งตาย ดังนั้น การทราบถึงองค์ประกอบกรดไขมันในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกเกิดและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น) และเปรียบเทียบกับองค์ประกอบกรดไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงตลอดระยะพัฒนาการจนคว่ำตัวลงเกาะ ซึ่งความแตกต่างของกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูนธรรมชาติและกุ้งการ์ตูนจากการเพาะลี้ยงทำให้ทราบถึงความต้องการกรดไขมันของลูกกุ้งการตูนเพื่อการเจริญเติบโตและสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูนโดยการเสริมกรดไขมันในอาหารให้ตรงตามความต้องการของลูกกุ้งการ์ตูน

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

กุ้งการ์ตูนจัดอยู่ใน Kingdom: Animalia; Phylum: Arthrophoda; Subphylum: Crustacea; Class: Malacostraca; Subclass: Eumalacostrata; Order: Decapoda; Suborder: Pleocyemata; Infraorder: Caridea; Superfamily: Palaemonoida (Brusca & Brusca, 1990; Holthuis, 1955 อ้างโดย Fiedler, 2000; Calado, 2008) Family: Hymenoceridae; Genus: *Hymenocera*; Species: *picta* (Dana, 1852) (Martin & David, 2001 อ้างโดย Calado,2008) กุ้งการ์ตูน (*Hymenocera picta*, Dana, 1852) มีลำตัวสีขาวและมีลวดลายสวยงามแตกต่างกันในแต่ละถิ่นที่อยู่อาศัย พบได้ในบริเวณที่มีระดับน้ำลึก 1-30 เมตร (Fielder, 2002) กุ้งการ์ตูนอาศัยในมหาสมุทร Indo-Western Pacific มีพื้นลำตัวสีขาว มีลายจุดแต้มโทนสีฟ้าหรือสีน้ำเงินบริเวณขอบด้านนอก ส่วนกุ้งการ์ตูนที่อาศัยในมหาสมุทร Central-Eastern Pacific มีพื้นลำตัวสีขาว มีลายจุดแต้มโทนสีม่วงหรือสีม่วงอมแดง และกุ้งการ์ตูนจากทั้งสองบริเวณมีสีเหลือง สีเหลืองอมส้มหรือสีน้ำตาลอยู่ภายในลายจุดแต้มและมีลวดลายสีน้ำเงิน สีขาว สีเหลือง สีน้ำตาลที่ก้ามและบริเวณส่วนหัว กุ้งการ์ตูนมีลำตัวสั้นและกว้าง ส่วนหัวประกอบด้วย carapace มีกรีเล็กและยื่นไปไม่ยาวกว่าตา มี antennules antennae maxillipeds ซึ่งเป็นอวัยวะช่วยในการรับรู้สัมผัสสิ่งแวดล้อมรอบตัว มีขาเดิน (pereiopods) ทั้งหมด 5 คู่ ขาเดิน 2 คู่แรกเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เป็นอวัยวะสำหรับคุ้ยจับกินอาหารหรือตะล่อมอาหาร โดยกุ้งการ์ตูนใช้ขาเดินคู่ที่ 1 เจาะผิวหนังชั้นนอกของดาวทะเลโดยการแกะทีละน้อยจนกระทั่งเป็นรอยแผลเปิดขนาดใหญ่ จากนั้นกุ้งการ์ตูนจะเปลี่ยนมาใช้ขาเดินคู่ที่ 2 ซึ่งบริเวณปลายขามีลักษณะคล้ายก้ามปู (claws) สำหรับตัดหรือคีบอาหาร นอกจากนี้ ขาเดินคู่ที่ 2 ยังสามารถใช้เป็นอาวุธสำหรับต่อสู้ป้องกันตัวเองด้วย ส่วนขาเดินที่เหลือจำนวน 3 คู่ ซึ่งมีความยาวประมาณ 2-3 นิ้ว สำหรับใช้ในการเคลื่อนที่ นอกจากนี้ ในกุ้งการ์ตูนเพศเมียบริเวณท้องใต้ขาว่ายน้ำมีอวัยวะสำหรับให้ไข่มาเกาะติด (Calado,2008) กุ้งการ์ตูนมีพฤติกรรมหวงถิ่นที่อยู่อาศัยและในประเทศไทยพบกุ้งการ์ตูนอาศัยอยู่ตามโพรงหิน โพรงปะการัง หรือซอกหินที่ค่อนข้างมืดบริเวณแนวปะการังในทะเลอันดามันแถบจังหวัดกระบี่ พังงา และ ภูเก็ต เป็นต้น (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งระยอง 2552, อุราณี 2552)

รายงานการศึกษาวิจัยในกุ้งการ์ตูนยังมีไม่แพร่หลายมากนัก จากรายงานการวิจัยเหล่านี้พบว่ากุ้งการ์ตูนเพศเมียวางไข่ครั้งละ 100-5,000 ฟอง ทุกๆ 18-26 วัน ลูกกุ้งการ์ตูนมีพัฒนาการในการเจริญเติบโตทั้งหมด 13 ระยะ (ระยะซูเอี้ยะ 1-12 และระยะคว่ำตัวลงเกาะ) และระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาการจนกระทั่งลงเกาะประมาณ 5-6 สัปดาห์ (Fielder, 1994) หรือ 34-57 วัน และจำนวนลูกกุ้งการ์ตูนลงเกาะมากที่สุดเมื่ออายุประมาณ 40-44 วัน (Sean, 2010) ลูกกุ้งการ์ตูนที่เพิ่งลงเกาะมีลำตัวใส สีเหลืองถึงสีชมพู และยังไม่กินอาหารหลังจากลงเกาะประมาณ 3-4 วัน หลังจากลูกกุ้งลอกคราบประมาณ 1-2 ครั้ง สีบนลำตัวของลูกกุ้งการ์ตูนเริ่มปรากฏให้เห็นเหมือนสีของกุ้งการ์ตูนตัวเต็มวัย (Fiedler, 1994; Sean, 2010)

ลูกกุ้งการ์ตูนเจริญเติบโตโดยการลอกคราบ อัตราการเจริญเติบโตของลูกกุ้งการ์ตูนโดยการลอกคราบขึ้นอยู่กับสุขภาพกุ้งและอาหารที่ได้รับ (Raabe and Raabe, 2007) และอาหารที่ใช้เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ก็มีผลต่อผลผลิตลูกกุ้งการ์ตูน (Calado *et al*, 2009) จากรายงานการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการอนุบาลลูกกุ้งสวยงามทะเลชนิดอื่นๆในแนวประการังบางชนิด เช่น กุ้งสวยงามในสกุล *Lysmata* และ *Stenopus* ที่เลี้ยงในระบบปิด พบว่าลูกกุ้งมีอัตราการรอดตายสูงขึ้น และ ลูกกุ้งมีพัฒนาการการเจริญเติบโตดี (Calado et. al., 2003b) การศึกษาอัตราความหนาแน่นในการอนุบาลก็มีผลต่อพัฒนาการของลูกกุ้ง ลูกกุ้ง *Lysmata seticaudata* ที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูงที่ 40 ตัวต่อลิตรคว่ำตัวลงเกาะช้ากว่ากุ้งชนิดเดียวกันที่เลี้ยงในอัตราความหนาแน่น 10 และ 20 ตัวต่อลิตร Calado et. al. (2005a) การอนุบาลลูกกุ้งสวยงามทะเล *Lysmata* sp. (Zhang *et al.*,1998; Rhyne (2002) และสกุล *Stenopus* (Zhang *et al.*, 1997) ด้วยอาหารมีชีวิต เช่น โรติเฟอร์ และ อาร์ทีเมียแรกฟัก ลูกกุ้งมีอัตราการรอดตายและมีระยะพัฒนาการเจริญเติบโตดีกว่าการอนุบาลด้วยอาหารมีชีวิตร่วมกับอาหารสำเร็จรูป (Rhyne, 2002) ลูกกุ้งที่ให้กินอาร์ทีเมียแรกฟักมีอัตราการรอดตายสูงกว่าลูกกุ้งที่ให้กินโรติเฟอร์ (Zhang *et al.*, 1997) ซึ่งการทดลองนี้ขัดแย้งกับ รินปวีร์และคณะ (2555) ที่อนุบาลูกกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ด้วยการใช้อาหารมีชีวิตร่วมกับอาหารลูกกุ้งสำเร็จรูปซึ่งพบว่าลูกกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ที่กินอาหารมีชีวิต (อาร์ทีเมียและโรติเฟอร์) ร่วมกับอาหารเม็ดมีอัตราการรอดตายสูงที่สุดคือ19 เปอร์เซ็นต์ และมีอายุเฉลี่ยของลูกกุ้งตัวแรกและตัวสุดท้ายในการลงเกาะ 41-51 วัน ในขณะที่ลูกกุ้งการ์ตูนที่กินอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารเม็ดและลูกกุ้งการ์ตูนที่กินโรติเฟอร์ร่วมกับอาร์ทีเมียมีการรอดตาย 14 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและมีอายุเฉลี่ยของลูกกุ้งตัวแรกและตัวสุดท้ายในการลงเกาะ 41-51 วัน และ 48-58 วัน ตามลำดับ

มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับความสำคัญและบทบาทของกรดไขมันต่อการรอดตายและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำชนิดต่างๆ เช่น ลูกกุ้งมังกร, *Panulirus homarus* (Radhakrishnan, & Vijayakumaran, 1993; ลูกกุ้งขาว *Penaeus vannamei* (Naessens *et al*. 1997; Wouters *et al*. 1999), ลูกกุ้ง crayfish, *Astacus leptodactylus* (Harlioglu *et al.*, 2012) ลูกปูทะเล *Scylla serrata* (Suprayudi *et al.*, 2002ab; Supraudi, Takeuchi & Hamasaki, 2004); Hamasaki, Suprayudi & Takeuchi, 2002) ลูกปูม้า *Portunus trituberculatus* (Takeuchi *et al.*, 1999b) ลูกปู Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* (Sui *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2007a) และในลูกกุ้งทะเลสวยงาม *Lysmata seticaudata* (Calado *et al*, 2005b.) ซึ่งโดยสรุปแล้วสัตว์น้ำเหล่านี้มีความต้องการกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3 เช่น กรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) และกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) มากกว่ากรดไขมันกลุ่มโอเมกา 6 เช่น กรดไขมันเออาร์เอ (C20:4n-6)) ซึ่งนอกจากปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดที่มีผลต่อการรอดตายและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันเหล่านี้ก็มีผลต่อการรอดตายของสัตว์น้ำเช่นกัน (Sargent et al, 2002)

วิธีดำเนินการวิจัย

1 สารเคมีและอุปกรณ์

1.1 สารเคมีและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์กรดไขมัน

เมทานอล (Methanol, AR grade)	BDH, อังกฤษ
คลอโรฟอร์ม (Chloroform, AR grade)	BDH, อังกฤษ
เฮกเซน (n-hexane, AR grade)	Merck, เยอรมัน
กรดซัลฟุริค (Sulfuric acid, AR grade)	Merck, เยอรมัน
Butylated hydroxytoluene (BHT), AR grade	Sigma, อเมริกา
โปแตสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride, AR grade)	Merck, เยอรมัน
โปแตสเซียมไบคาร์บอเนต	Fluka
(Potassium hydrogen carbonate, AR grade)	Fluka, สวิสเซอร์แลนด์
โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate anhydrous, AR grade)	Merck, เยอรมัน
สารมาตรฐานกรดไขมัน (PUFA No. 3, menhaden oil)	
(external standard)	Supelco, อเมริกา
กรดไขมัน C17:0 free fatty acid (internal standard)	Sigma,อเมริกา
กรดไขมัน C20:0 methyl ester (external standard)	Fluka
กรดไขมัน C22:0 mtehyl ester (external standard)	Fluka
แก๊สฮีเลียม	RTG
แก๊สไฮโดรเจน	RTG
แก๊สไนโตรเจน	RTG
ออกซิเจน	RTG
Gas Chromatograph	Agilent Technologies 7820A
เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	Satorius, เยอรมัน
เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge)	Yamato, ญี่ปุ่น
ตู้อบ (Hot air oven)	Yamato, ญี่ปุ่น
เครื่องสั่นสะเทือนด้วยคลื่นความถี่สูง (Sonicator)	
ที่บดต่อมใต้สมองปลา (Hand homogenizer)	
หลอดสำหรับปั่นเหวี่ยง (Nalgene Centrifuge tube)	Thermo Fisher Scientific, UK
คอลัมน์กรดไขมัน	HP-Innowax Agilent J&W
บีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร	Pyrex
กระดาษกรอง Whatman no.1	Schleicher & Schuell,Maidstone, UK
ตู้แช่แข็ง Freezer -40°C	Legaci refrigeration system, USA
ปากคีบ ปิเปต หลอดแก้ว กรวยแก้ว เป็นต้น	

1.2 สารเคมีและอุปกรณ์สำหรับการอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูน

แพลงก์ตอนพืช 3 ชนิด (*Chaetoceros calsitrans*, *Isochrysis galbana*, *Tetraselmis* sp.)	ห้องปฏิบัติการแพลงก์ตอนพืช สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล
โรติเฟอร์ (*Brachionus rotundiformis*)	ห้องปฏิบัติการแพลงก์ตอนสัตว์
ไข่อาร์ทีเมีย (INVE, Belgium)	ร้านขายอาหารสัตว์น้ำ
แร่ธาตุ	มารีนลีดเดอร์
TRIVIT-B (วิตะมิน)	ร้านขายอาหารสัตว์น้ำ
ไวต้าซูโอพลัส (ฆ่าซูโอแทมเนียม)	ร้านขายอาหารสัตว์น้ำ
สารละลายกรดไฮโดรครอลิค 5 นอร์มัล	Ajax, New Zealand
โซเดียมไฮดรอกไซด์	Ajax, New Zealand
โซเดียมไธโอซัลเฟต	Ajax, New Zealand
Orthotolidine solution 10%	
น้ำทะเล	
เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำ	Mettler Toledo
เครื่องวัดพีเอชในน้ำ	HACH, Sension 6
เครื่องวัดความเค็มน้ำทะเล	Hand Refragtometer, ATAGO
ตู้กระจกขนาด 30 ลิตร	
ถังไฟเบอร์กลาสสามขาขนาด 500 ลิตร	
ถังไฟเบอร์กลาสขนาด 100 ลิตร และโหลแก้ว 10 ลิตร	
ถังพลาสติก	
ถุงผ้าสักหลาดกรองน้ำขนาดความถี่ผ้ากรองประมาณ 1 ไมครอน	
เครื่องปั๊มอากาศ หัวทราย สายยาง คลอรีน เป็นต้น	

2 วิธีการดำเนินการทดลอง

2.1 สัตว์ทดลอง

2.1.1 พ่อแม่พันธุ์กุ้งการ์ตูน (*Hymenocera picta*)

พ่อแม่พันธุ์กุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ที่ใช้ในการทดลองเป็นพ่อแม่พันธุ์ธรรมชาติได้มาจากร้านจำหน่ายสัตว์ทะเลสวยงาม จตุจักร กรุงเทพมหานคร ทำการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์เป็นคู่ในตู้กระจกขนาด 30 ลิตร ที่บรรจุน้ำทะเลความเค็มประมาณ 32-34 พีพีที อุณหภูมิประมาณ 28-29 องศาเซลเซียส อัลคาลินิตี้ประมาณ 90-110 มิลลิกรัม/ลิตร แม่พันธุ์กุ้งการ์ตูนออกไข่หลังจากเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งการ์ตูนในโรงเรือนสาธิตการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลได้ประมาณ 3 เดือน

ภาพที่ 1 พ่อแม่พันธุ์กุ้งการ์ตูน (*H. picta*)

2.1.2 กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)

- ไข่กุ้งการ์ตูนได้มาจากแม่พันธุ์กุ้งการ์ตูนที่อ่อนแอและตาย ทำการแยกไข่และเก็บรักษาอุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียสจนกระทั่งทำการวิเคราะห์กรดไขมัน
- ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟัก ได้มาจากแม่พันธุ์กุ้งการ์ตูนจำนวน 3 ตัว เก็บตัวอย่างลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและเก็บรักษาในอุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียสจนกระทั่งทำการวิเคราะห์กรดไขมัน
- กุ้งการ์ตูนวัยรุ่นจำนวน 3 ตัว ได้มาจากร้านจำหน่ายสัตว์ทะเลสวยงาม จตุจักร กรุงเทพมหานคร น้ำหนักประมาณ 0.2 กรัม ความยาวประมาณ 2.10 เซนติเมตร เก็บรักษาในอุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียสจนกระทั่งทำการวิเคราะห์กรดไขมัน

2.1.3 ลูกกุ้งการ์ตูนสำหรับอนุบาล เป็นลูกกุ้งการ์ตูนจากแม่พันธุ์กุ้งการ์ตูนจำนวน 3 ตัว และเป็นลูกกุ้งการ์ตูนชุดเดียวกับลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟัก (ข้อ 2.1.2)

2.2 อาหารสัตว์ทดลอง

2.2.1 อาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้งการ์ตูน (*H. picta*)

ให้พ่อแม่พันธุ์กุ้งการ์ตูนกินดาวแดง (*Linckia multiflora*) ซึ่งเป็นอาหารของกุ้งการ์ตูนในธรรมชาติ ได้มาจากร้านจำหน่ายสัตว์ทะเลสวยงาม จตุจักร กรุงเทพมหานคร

2.2.2 อาหารลูกกุ้งการ์ตูน (*H. picta*)

ในการอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูนครั้งนี้ อาหารที่ใช้เลี้ยงลูกกุ้งการ์ตูนมี 2 ชนิด ได้แก่ โรติเฟอร์ (*Brachionus rotundiformis*) และอาร์ทีเมียแรกฟัก (Newly hatched *Artemia*) โรติเฟอร์ที่ใช้ในการทดลองเป็นโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยแพลงก์ตอนพืชชนิดเตตราเซลมิส (*Tetraselmis* sp.) ได้มาจากห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนสัตว์ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล อาร์ทีเมียแรกฟักที่ใช้ในการทดลองได้มาจากการเพาะฟักไข่อาร์ทีเมียเป็นระยะเวลา 20-22 ชั่วโมง ในถังไฟเบอร์ขนาด 100 ลิตร บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30-32 พีพีทีและให้อากาศตลอดเวลา ทำการแยกอาร์ทีเมียแรกฟักออกจากเปลือกไข่อย่างน้อยจำนวน 2 ครั้งก่อนนำไปเลี้ยงลูกกุ้งการ์ตูน

2.2.3 อาหารโรติเฟอร์ (*B. rotundiformis*) และอาร์ทีเมียแรกฟัก (newly hatched *Artemia*)

ใส่แพลงก์ตอนพืช 3 ชนิด ได้แก่ เตตราเซลมิส (*Tetraselmis* sp.) คีโตเซอรอส (*Chaetoceros calcitrans*) และไอโซไครซิส (*Isochrysis galbana*) ลงในถังอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูนตลอดระยะเวลาการทดลองเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำ และ เป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์สองชนิดนี้ แพลงก์ตอนพืชที่ใช้ได้รับจากห้องปฏิบัติการแพลงก์ตอนพืชที่เพาะขยายในห้องปฏิบัติการแพลงก์ตอนพืช สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลเป็นระยะเวลา 4 วัน อัตราส่วนที่ใช้เตตร้าเซลมิส: คีโตเซอรอส:ไอโซไคลซิส เท่ากับ 1:0.5:0.5 ปริมาตรที่ใช้ 6 ลิตร/วัน/ถังอนุบาล โดยแบ่งให้ครั้งละ 3 ลิตร จำนวน 2 ครั้ง/วัน ความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชผสมทั้ง3 ชนิดในถังเลี้ยงประมาณ 20,000-40,000 เซลล์/มล

2.3 การเตรียมน้ำทะเลสำหรับใช้ในการอนุบาล

กรองน้ำทะเลผ่านถุงผ้าสักหลาดขนาดความถี่ผ้ากรองประมาณ 1 ไมครอน ลงในถังพักน้ำขนาด 500 ลิตร ใส่หัวทรายเพิ่มออกซิเจนในน้ำ ฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยคลอรีนความเข้มข้น 5 พีพีเอ็มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจเช็คปริมาณคลอรีนตกค้างในน้ำด้วย Orthotolidine solution 10% หลังจากนั้นปรับน้ำทะเลให้มีความเค็มประมาณ 28-30 พีพีทีและปรับพีเอชให้มีค่าระหว่าง 7-5-7.8 ด้วยกรดไฮโดรครอลิก 5 นอร์มัล ตลอดการทดลองปิดฝาถังพักน้ำด้วยตาข่ายกรอกแสงสีดำ

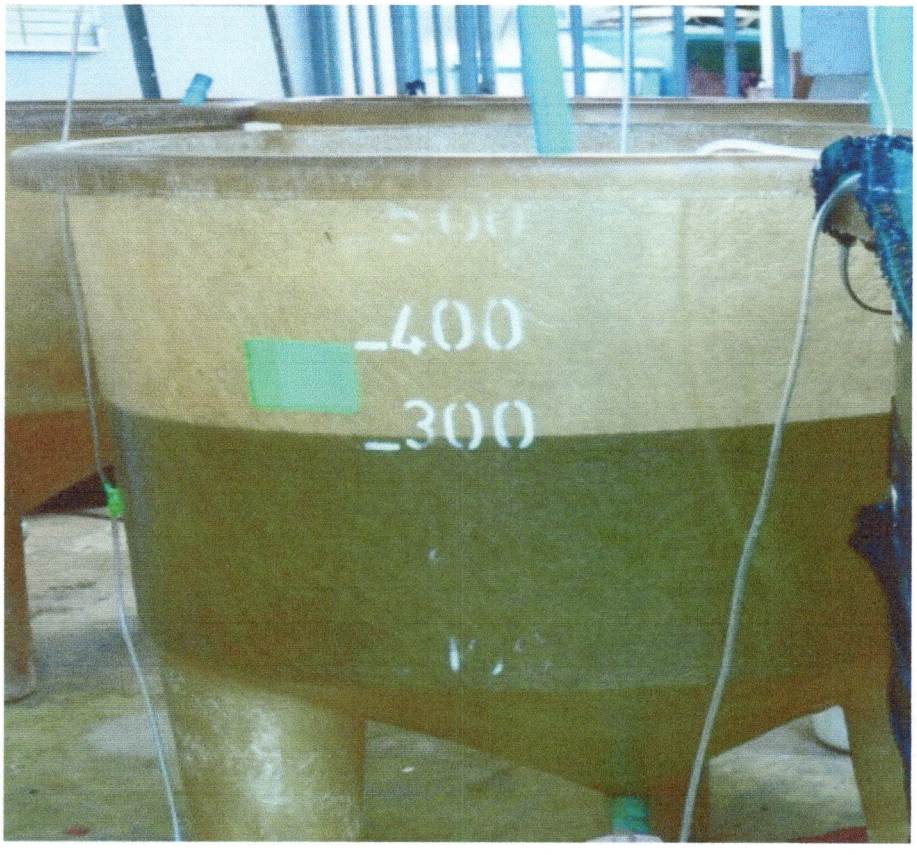
2.4 การอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูน (*H. picta*)

2.4.1 ย้ายแม่กุ้งการ์ตูนจำนวน 3 ตัวที่มีไข่ใต้ท้องสีน้ำตาลเข้มมองเห็นตาลูกกุ้งการ์ตูนสีเงิน ซึ่งเป็นระยะลูกกุ้งการ์ตูนใกล้ฟักเป็นตัวมาใส่ตู้กระจกขนาด 30 ลิตร ความเค็มน้ำทะเลประมาณ 32-33 พีพีที ใส่หัวทรายเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำตลอดเวลา ในการศึกษาครั้งนี้ จำนวนลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักเฉลี่ย 4,616 ตัว/แม่กุ้ง

2.4.2 ย้ายลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักระยะซูเอี้ยะ 1 มาอนุบาลในถังไฟเบอร์กลาสขนาด 500 ลิตร บรรจุน้ำทะเลปริมาตร 300 ลิตร อนุบาลลูกกุ้งการ์ตูนในอัตราความหนาแน่นเริ่มต้น 15-20 ตัว/ลิตร

2.4.3 ใส่แพลงก์ตอนพืชผสม 3 ชนิดในถังอนุบาลอัตราส่วนการใช้ตามข้อ 2.2.3

2.4.4 ลูกกุ้งการ์ตูนอายุ 1-14 วัน ให้ลูกกุ้งการ์ตูนกินโรติเฟอร์จำนวน 10 ตัว/มลและให้กินอาร์ทีเมียแรกฟักจำนวน 2-4 ตัว/มล วันละ 1 ครั้ง ลูกกุ้งการ์ตูนอายุตั้งแต่ 15 วันขึ้นไป ให้ลูกกุ้งการ์ตูนกินอาร์ทีเมียแรกฟักจำนวน 5-7 ตัว/มล วันละ 2 ครั้ง



ภาพที่ 2 การอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูนถังไฟเบอร์กลาส

2.4.5 การเปลี่ยนถ่ายน้ำและทำความสะอาดถังอนุบาล การอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูนครั้งนี้เป็นการอนุบาลโดยวิธีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดการทดลอง ลูกกุ้งการ์ตูนอายุ 1 สัปดาห์แรก อนุบาลในน้ำทะเลปริมาตร 300 ลิตร ในระยะ 2 วันแรกของการอนุบาลไม่ทำความสะอาดพื้นถังและไม่เปลี่ยนถ่ายน้ำ ลูกกุ้งการ์ตูนอายุ 3 วันถึง 7 วัน ทำความสะอาดพื้นถังทุก 2 วัน โดยการไซฟอนตะกอนลงในถังน้ำพลาสติกที่เจาะข้างถังน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมและติดด้วยผ้ากรองเพื่อกั้นลูกกุ้งการ์ตูนไว้ในถังและปล่อยให้ตะกอนหลุดออกไปและทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 10 % หลังจากนั้นเติมน้ำทะเลโดยการไซฟอนน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนลงในถังเลี้ยงให้มีปริมาตรน้ำเท่าเดิม ลูกกุ้งการ์ตูนอายุ 2-4 สัปดาห์ ทำความสะอาดถังทุกวันและเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 20-30 % และเพิ่มปริมาตรน้ำทะเลเป็น 400 ลิตร นอกจากนี้ ทุก 7-10 วันทำการย้ายลูกกุ้งการ์ตูนทั้งหมดไปเลี้ยงในถังใหม่ที่ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรคด้วนคลอรีน ทำความสะอาดวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้เลี้ยงลูกกุ้งการ์ตูนโดยการจุ่มในคลอรีนความเข้มข้น 20 พีพีเอ็มและตากให้แห้ง

2.5 การเก็บตัวอย่างลูกกุ้งการ์ตูน (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ)

ตัวอย่างลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรง ทำการตรวจเช็คพัฒนาการของลูกกุ้งการ์ตูนแต่ละระยะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยการใช้ภาพประกอบจากวิทยานิพนธ์ของ Fiedler (1994) เก็บตัวอย่างลูกกุ้งการ์ตูนแต่ละระยะหลังจากพบว่าลูกกุ้งการ์ตูนพัฒนาการเข้าสู่ระยะถัดไป 2 วัน (ระยะพัฒนาการแต่ระระยะประมาณ 2-4 วัน) จำนวนลูกกุ้งการ์ตูนที่เก็บสำหรับวิเคราะห์กรดไขมันมีดังนี้ ลูกกุ้งการ์ตูนแรกเกิดจำนวนประมาณ 100 ตัว/ชุดการทดลอง ลูกกุ้งการ์ตูนระยะ zoeal 2-6 จำนวน 40 ตัว/ชุดการทดลอง ลูกกุ้งการ์ตูนระยะ zoeal 7-12 จำนวน 30 ตัว/ชุดการทดลอง ลูกกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะจำนวน 5 ตัว/ชุดการทดลอง เก็บรักษาตัวอย่างลูกกุ้งการ์ตูนในอุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียสจนกระทั่งทำการวิเคราะห์กรดไขมัน

ตัวอย่างลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ ลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอที่อยู่บริเวณพื้นก้นถังอนุบาลและถูกไซฟอนออกมาปะปนกับตะกอนในขณะทำความสะอาดก้นถังอนุบาล ตรวจเช็คระยะพัฒนาการและเก็บรักษาตัวอย่างลูกกุ้งการ์ตูนในอุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส จนกระทั่งทำการวิเคราะห์กรดไขมัน

2.6 การวิเคราะห์กรดไขมัน

วิเคราะห์กรดไขมันในตัวอย่างกุ้งการ์ตูนตามวิธีของ Folch (1957) และตรวจวัดชนิดและปริมาณกรดไขมันด้วยเครื่อง gas liquid chromatography (Christie, 1993)

2.6.1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างขนาดใหญ่ (กุ้งการ์ตูนวัยรุ่น) ชั่งน้ำหนักกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นที่ปั่นละเอียดประมาณ 1 กรัม ลงในบีเกอร์ขนาด 100 มล ใส่สารละลายคลอโรฟอร์ม:เมทธานอล (2:1) ที่มีสารกันหืน (BHT) 0.01% (สัดส่วนสารละลาย:ตัวอย่างประมาณ 20:1) และแช่ไว้ในน้ำแข็งจนกระทั่งทำการสกัดไขมัน

ตัวอย่างขนาดเล็ก (ไข่กุ้งการ์ตูนและลูกกุ้งการ์ตูน) ชั่งน้ำหนักไข่กุ้งการ์ตูนและลูกกุ้งการ์ตูนประมาณ 0.3-0.5 กรัม ลงในที่บดต่อมใต้สมองปลา (hand homogenizer) ใส่สารละลายคลอโรฟอร์ม: เมทธานอล (2:1) ที่มีสารกันหืน (BHT) 0.01% และแช่ไว้ในน้ำแข็งจนกระทั่งทำการสกัดไขมัน

2.6.2 ขั้นตอนการสกัดไขมันในตัวอย่าง

- ตัวอย่างขนาดใหญ่ นำตัวอย่างกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นที่เตรียมไว้ในข้อ 2.6.1 แช่ในน้ำแข็งและปั่นละเอียดด้วยเครื่อง homoginiser ประมาณ 5 นาที และแช่ตัวอย่างไว้ในน้ำแข็งประมาณ 1 ชั่วโมง

- ตัวอย่างขนาดเล็ก นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ในข้อ 2.6.1 แช่ในน้ำแข็งและบดละเอียดด้วยที่บดต่อมใต้สมองปลา (hand homoginiser) หลังจากนั้น ถ่ายสารละลายที่มีตัวอย่างบดละเอียดลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มล ก่อนนำไปใส่ในเครื่องสั่นสะเทือนด้วยคลื่นความถี่สูง (sonicator) ที่มีอุณหภูมิ 18-20 ^{0}C ประมาณ 15 นาที และแช่ตัวอย่างไว้ในน้ำแข็งประมาณ 1 ชั่วโมง

- ตัวอย่างทั้งหมด ถ่ายสารละลายทั้งหมดลงในหลอดสำหรับปั่นเหวี่ยง (centrifuge tubes) ใส่สารละลายโปแตสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.88% ปริมาตร 1/4 ส่วนของปริมาตรสารละลายลงในตัวอย่าง เขย่าและตั้งไว้ให้แยกชั้นในน้ำแข็งประมาณ 5 นาที

- นำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 1500 rpm ประมาณ 5 นาที ปิเปตสารละลายชั้นบนออกทิ้ง

- กรองสารละลายส่วนล่างผ่านกระดาษกรอง Whatman no. 1 ลงในหลอดแก้วที่ทราบน้ำหนักแล้ว ระเหยแห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน และนำไปใส่โหลดูดความชื้นประมาณ 1 ชั่วโมงก่อนชั่งน้ำหนักและคำนวณปริมาณไขมันทั้งหมด

- ละลายไขมันด้วยสารละลายคลอโรฟอร์ม:เมทธานอล (2:1) ที่มีสารกันหืน (BHT) 0.01% ให้มีความเข้มข้น 10 มก/มล (10,000 พีพีเอ็ม) ถ่ายสารละลายลงในขวดแก้วสีน้ำตาลขนาด 2 มล และเก็บไว้ในอุณหภูมิ -20°C

2.6.3 ขั้นตอนการทำ transesterification

- นำตัวอย่างไขมันปริมาตร 0.1 มล (ความเข้มข้น 1000 พีพีเอ็ม) ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาเกลียวขนาด 15 มล และระเหยแห้งด้วยแกสไนโตรเจน เติมสารละลาย 1% กรดซัลฟูริคในเมทธานอล ปริมาตร 10 มล (methylation reagent) และเติม internal standard (C17:0 free fatty acid)

ปริมาตร 1 มล (ความเข้มข้น 1000 พีพีเอ็ม) เขย่าให้เข้ากัน และนำไปใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C เป็นเวลาประมาณ 16 ชั่วโมง

- นำตัวอย่างออกจากตู้อบ ตั้งทิ้งให้เย็นก่อนถ่ายใส่กรวยแก้วสำหรับสกัดและแยกสาร ชะสารที่ตกค้างในหลอดทดลองด้วย 5% โซเดียมคลอไรด์ปริมาตร 5 มล และเทลงในกรวยแก้ว เติมเฮกเซนปริมาตร 5 มล ทำการเขย่าประมาณ 1 นาทีและตั้งไว้ให้แยกชั้น เก็บชั้นเฮกเซน ทำการสกัดซ้ำอีกครั้งและรวมส่วนของชั้นเฮกเซนไว้ด้วยกัน

- เติมสารละลาย 2% โปตัสเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ปริมาตร 40 มล เขย่าประมาณ 1 นาทีและตั้งไว้ให้แยกชั้น เก็บส่วนของเฮกเซน (ชั้นบน) โดยการกรองผ่านกรวยกรองที่บรรจุโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ (sodium sulfate anhydrous) นำสารที่ได้ไประเหยแห้งด้วยแกสไนโตรเจน ละลายด้วยเฮกเซนปริมาตร 1 มล และบรรจุลงในขวดแก้วสีน้ำตาล ขนาด 2 มล หลังจากนั้น นำไปฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟเพื่อวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมันหรือเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิ -20 ^{o}C เพื่อรอการนำไปฉีดเข้าเครื่อง gas liquid chromatography โดยสภาวะที่ใช้ในการการจำแนกและการตรวจวัดชนิดและปริมาณกรดไขมันมีดังนี้

เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ (GC Agilent Technologies 7820A)

คอลัมน์	Column HP-Innowax Agilent J&W
	ขนาด 30 m. x 0.25 mm. x 0.25 μm. (length x id x film thickness)
แก๊สเคลื่อนที่	แก๊สฮีเลียม อัตราการไหล 1.2 มล/นาที
อุณหภูมิเตาอบ	150 ^{o} C 0.5 min
	150° C ⟶ 170° C (10 min, 5° C/min)
	170° C ⟶ 190° C (28 min, 3° C/min)
อุณหภูมิช่องฉีดสาร	230° C
อุณหภูมิเครื่องตรวจวัด	250° C
เครื่องตรวจวัด	ชนิด Flame Ionisation Detecter (FID)
ชนิดการฉีด	split 5:1
ปริมาตรที่ฉีด	2 μl

การจำแนกและตรวจวัดชนิดกรดไขมันโดยการเปรียบเทียบเวลาของพีคสารตัวอย่างถูกชะออกจากคอลัมน์กับเวลาของพีคสารมาตรฐานกรดไขมันชนิดเดี่ยวๆที่ทราบชนิดแล้วและเปรียบเทียบกับเวลาของพีคสารมาตรฐานกรดไขมันแต่ละชนิด (external standard, PUFA No. 3, menhaden oil, Supelco, USA) ก่อนนำไปคำนวณหาปริมาณของกรดไขมันแต่ละชนิด โดยการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคของตัวอย่างกับพื้นที่ทั้งหมด

การคำนวณ

%กรดไขมัน = 100 x พื้นที่ใต้พีคของกรดไขมัน / A

A = พื้นที่ใต้พีคกรดไขมันทั้งหมด – (พื้นที่ใต้พีคเฮกเซน+พื้นที่ใต้พีคBHT+ พื้นที่ใต้พีค internal std)

3 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลไขมันและกรดไขมันระหว่างลูกกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$ (Zar, 1999) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี S-N-K สำหรับการเปรียบเทียบไขมันและกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงที่แข็งแรงและอ่อนแอ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Independent-samples t-test การการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS version 17

4 สถานที่ทำการทดลอง

โรงเรือนสาธิตการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และห้องปฏิบัติการวิจัย สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา

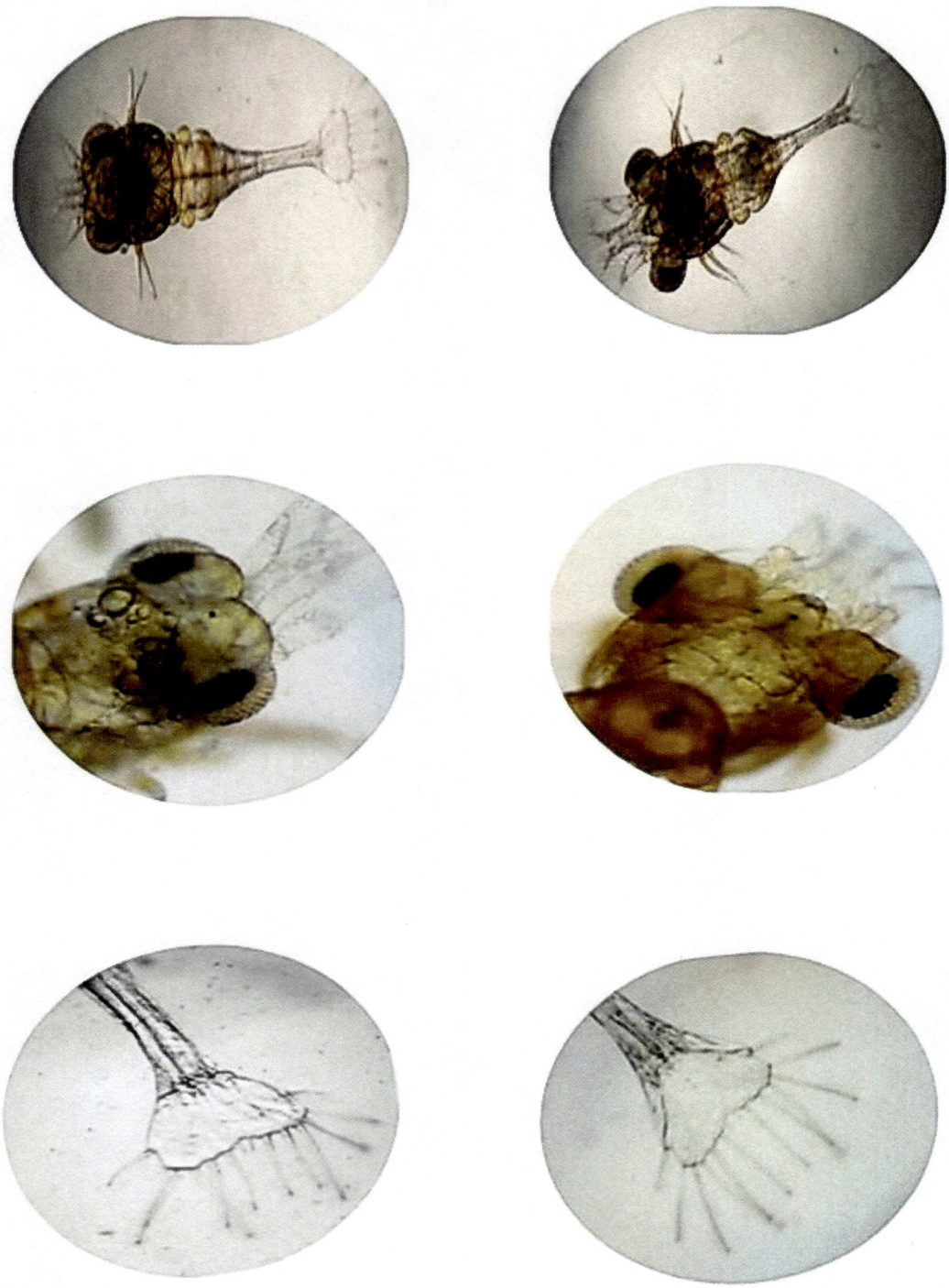
ผลการดำเนินการทดลอง

1 การเจริญเติบโตของลูกกุ้งการ์ตูน (*H. picta*)

ในการอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูนครั้งนี้ ลูกกุ้งการ์ตูนมีอัตราการรอดตายต่ำมาก ลูกกุ้งการ์ตูนมีระยะพัฒนาการเจริญเติบโตในระยะซูเอี้ยะทั้งหมด 12 ระยะ ก่อนคว่ำตัวลงเกาะ (postlarvae) และระยะเวลาที่ลูกกุ้งการ์ตูนตัวแรกและตัวสุดท้ายลงเกาะคือ 32-45 วัน ลักษณะเด่นที่ใช้ในการจำแนกรูปร่างลักษณะของลูกกุ้งการ์ตูนในแต่ละระยะพัฒนาการเจริญเติบโตโดยการเปรียบเทียบกับภาพระยะพัฒนาการของลูกกุ้งการ์ตูนจากงานวิจัยของ Fiedler (1994) มีลักษณะดังนี้ ลักษณะเด่นที่ใช้จำแนกลูกกุ้งการ์ตูนระยะซูเอี้ยะ 1-ระยะซูเอี้ยะ 2 คือส่วนของตา (ภาพที่ 3) ลักษณะเด่นที่ใช้จำแนกลูกกุ้งการ์ตูนระยะซูเอี้ยะ 3-ระยะซูเอี้ยะ 4 คือส่วนของหาง (ภาพที่ 4) ลักษณะเด่นที่ใช้จำแนกลูกกุ้งการ์ตูนระยะซูเอี้ยะ 5-ระยะซูเอี้ยะ 12 คือพัฒนาการส่วนของหาง กรีและขาว่ายน้ำ (ภาพที่ 4 ภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6) ลูกกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะมีลำตัวใส สีบนลำตัวลูกกุ้งการ์ตูนเริ่มปรากฏหลังจากลูกกุ้งการ์ตูนกินดางทะเลเป็นอาหารและพัฒนารูปร่างจนมีลักษณะเหมือนพ่อแม่ในระยะต่อมา (ภาพที่ 7) ในระหว่างการอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูนมีปัญหาการเกิดโปรโตซัวซูโอแทมเนียมเกาะบนลูกกุ้งการ์ตูนซึ่งมีผลกระทบต่อการรอดตายของลูกกุ้งการ์ตูนด้วย (ภาพที่ 8)

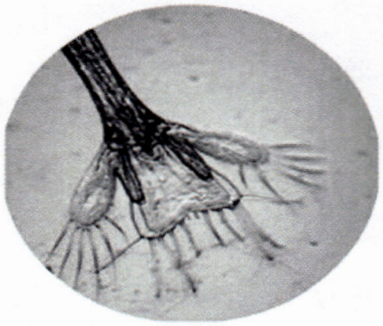
2 ปริมาณไขมันในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น) และในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ระยะซูเอี้ยะและระยะลงเกาะ)

ปริมาณไขมันในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟัก และกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และปริมาณไขมันในไข่กุ้งการ์ตูนและในลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักมีมากกว่าในกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นจากธรรมชาติประมาณ 2 เท่า (ตารางที่ 1) ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะ 2-ระยะซูเอี้ยะ 7 มีปริมาณไขมันมากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงระยะซูเอี้ยะ 8 ขึ้นไปจนถึงระยะลงเกาะและมากกว่ากุ้งการ์ตูนวัยรุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณในลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะ 2-ระยะซูเอี้ยะ7 ไม่แตกต่างจากปริมาณไขมันในไข่กุ้งการ์ตูนและลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟัก ($p<0.05$) นอกจากนี้ ปริมาณไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะ 8 ขึ้นไปจนถึงระยะลงเกาะไม่แตกต่างจากไขมันในกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะ 8 ขึ้นไปจนถึงระยะลงเกาะมีปริมาณไขมันน้อยกว่าในไข่กุ้งการ์ตูนและลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักประมาณ 1 เท่า (ตารางที่ 1)

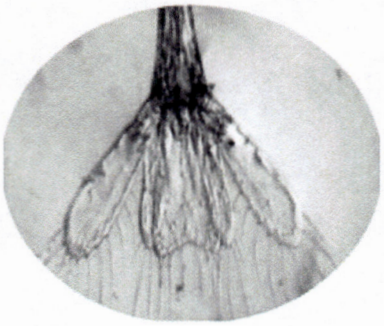


ภาพที่ 3 พัฒนาการกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ1 ถึงระยะซูเอี้ยะ 2

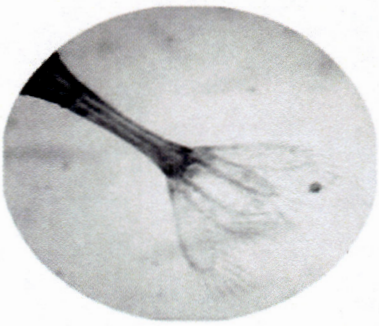
ระยะซูเอี้ยะ1 ตาติดส่วนหัว หาง (telson) มีลักษณะคล้ายรูปหัวใจ มีหนามบริเวณปลายหาง
ระยะซูเอี้ยะ 2 มีก้านตา หาง (telson) มีลักษณะคล้ายรูปหัวใจ มีหนามบริเวณปลายหาง
และเห็นแพนหาง (exopods) อยู่ภายใน



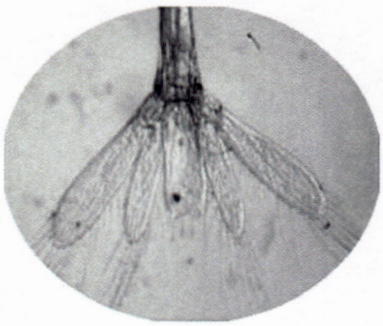
ระยะซูเอี้ยะ 3



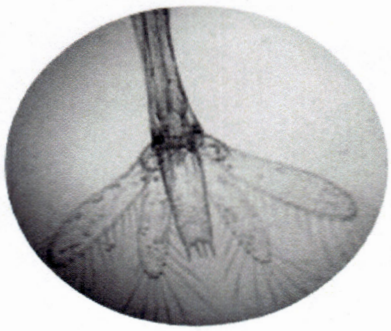
ระยะซูเอี้ยะ 4



ระยะซูเอี้ยะ 5



ระยะซูเอี้ยะ 6



ระยะซูเอี้ยะ 7

ภาพที่ 4 พัฒนาการส่วนหางของลูกกุ้งการ์ตูน (*H. picta*)

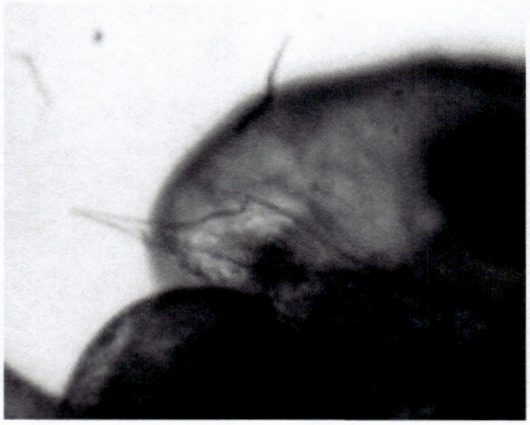
ระยะซูเอี้ยะ 3 แพนหาง exopods มีความยาวหนึ่งเท่าของ uropods แต่สั้นกว่าหาง (telson)

ระยะซูเอี้ยะ 4 แพนหาง uropods มีความยาวประมาณ 2 ใน 3 ของ exopods แต่สั้นกว่าหาง (telson)

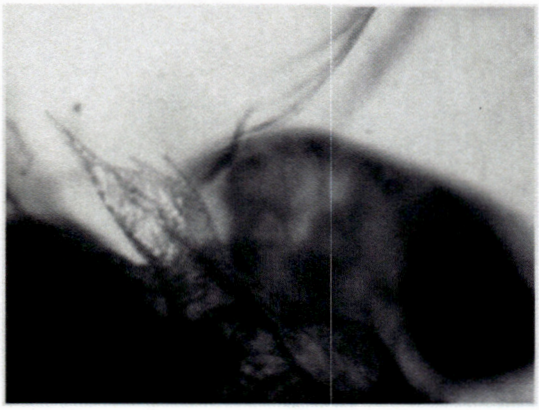
ระยะซูเอี้ยะ 5 แพนหาง exopods และ endopods ยาวกว่าส่วนหาง

ระยะซูเอี้ยะ 6-12 หาง (telson) และแพนหาง (exopods uropods) พัฒนายาวเรียวขึ้น

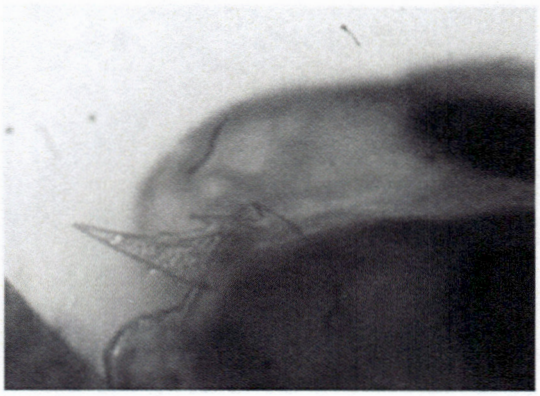
ระยะซูเอี้ยะ 5



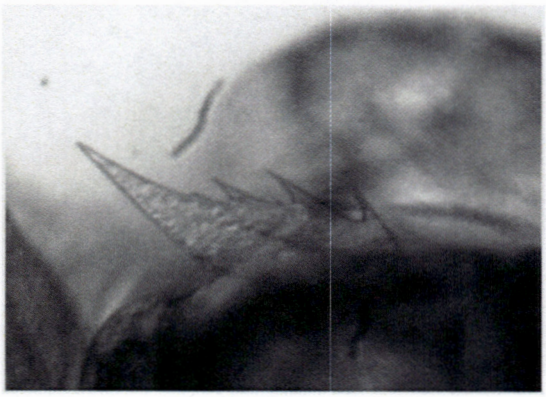
ระยะซูเอี้ยะ 7



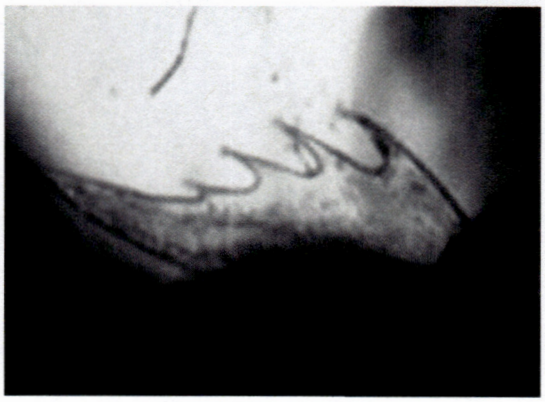
ระยะซูเอี้ยะ 9



ระยะซูเอี้ยะ 10



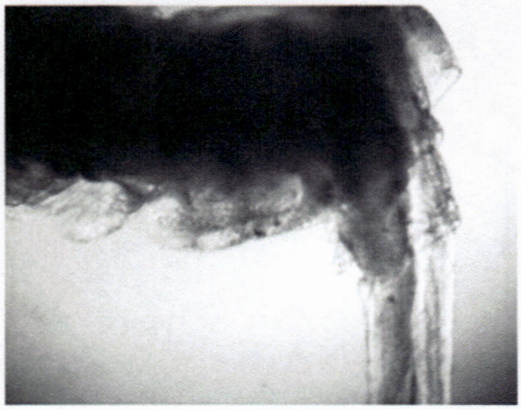
ระยะซูเอี้ยะ 10



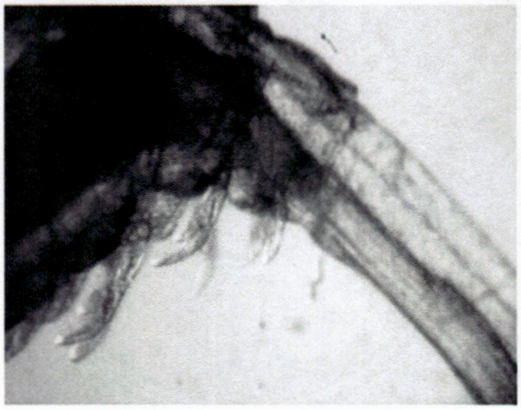
ระยะซูเอี้ยะ 12

ภาพที่ 5 พัฒนาการส่วนกรีของลูกกุ้งการ์ตูน (*H. picta*)

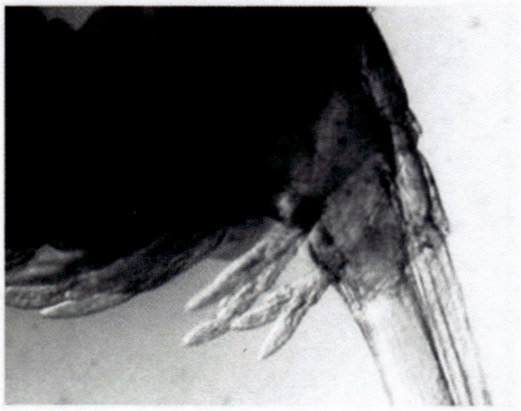
ระยะซูเอี้ยะ 2 มีกรีโค้งและจำนวนฟันบนกรีเพิ่มขึ้นเมื่อลูกกุ้งการ์ตูนพัฒนาการเจริญเติบโตขึ้น ระยะซูเอี้ยะ 5-7 กรีมีฟันขนาดเล็ก 1 อัน ระยะซูเอี้ยะ 9 มีฟันบนกรี 2 อัน ระยะซูเอี้ยะ10 มีฟันบนกรี 3 อัน ระยะซูเอี้ยะ 12 มีฟันบนกรี 4 อัน



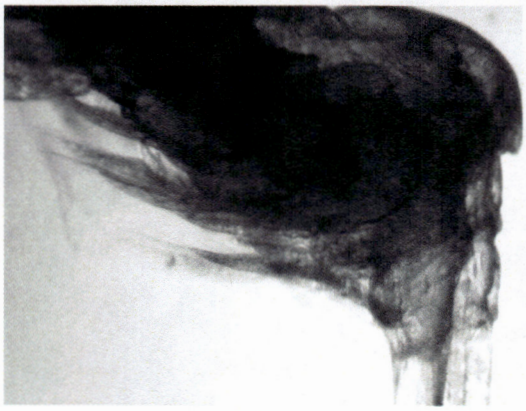
ระยะซูเอี้ยะ 9



ระยะซูเอี้ยะ 10



ระยะซูเอี้ยะ 11



ระยะซูเอี้ยะ 12

ภาพที่ 6 พัฒนาการระยางค์ขาว่ายน้ำของลูกกุ้งการ์ตูน (*H. picta*)

ระยะซูเอี้ยะ 8 ตุ่มระยางค์ขาว่ายน้ำเริ่มปรากฏ ระยะซูเอี้ยะ 9-10 ระยางค์ขาว่ายน้ำงอกเพิ่มเป็น 2 อัน (biramous)

ระยะซูเอี้ยะ 11 ระยางค์ขาว่ายน้ำเพิ่มเป็น 3 อัน (ปรากฏ appendix internae)

ระยะซูเอี้ยะ 12 ขาว่ายน้ำปรากฏขนอ่อน (plumose seta)

ภาพที่ 7 ลูกกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะลงเกาะ

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน

ภาพจากกล้องอิเลคตรอนบบส่องกราด
(Scanning electron microscope, SEM)

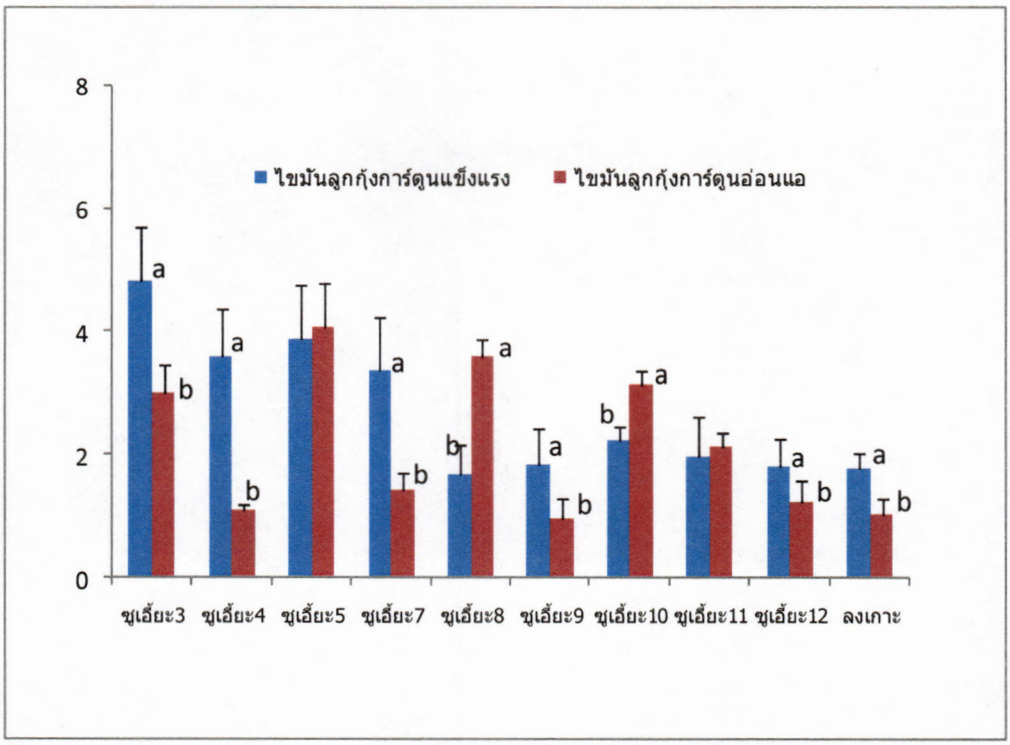
ภาพที่ 8 โปรโตซัวซูโอแทมเนียมเกาะบนลูกกุ้งการ์ตูน (*H. picta*)
ภาพจากกล้องอิเลคตรอนบบส่องกราด (SEM)

ปริมาณไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอมีปริมาณลดลงเมื่อลูกกุ้งการ์ตูนมีพัฒนาการการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นและปริมาณไขมันลดลงมากในลูกกุ้งการ์ตูนระยะซูเอี้ยะ 8 ขึ้นไป แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณไขมัน (%น้ำหนักสด) ในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟัก และกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น) และในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ระยะซูเอี้ยะจนถึงระยะลงเกาะ)

ระยะพัฒนาการ	ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรง	ลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ
ไข่กุ้งการ์ตูน (ชุดควบคุม)	4.0 ± 0.1^{a}	-
ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟัก ระยะซูเอี้ยะ1 (ชุดควบคุม)	4.8 ± 0.7^{a} (28%)*	-
ระยะซูเอี้ยะ2	4.8 ± 0.3^{a}	-
ระยะซูเอี้ยะ3	4.8 ± 0.9^{a}	3.0 ± 0.5^{a}
ระยะซูเอี้ยะ4	3.6 ± 0.8^{a}	1.1 ± 0.1^{c}
ระยะซูเอี้ยะ5	3.9 ± 0.9^{a}	4.1 ± 0.7^{a}
ระยะซูเอี้ยะ6	3.2 ± 0.3^{a}	-
ระยะซูเอี้ยะ7	3.4 ± 0.9^{a}	1.4 ± 0.3^{c}
ระยะซูเอี้ยะ 8	1.7 ± 0.5^{b}	3.4 ± 0.1^{a}
ระยะซูเอี้ยะ 9	1.8 ± 0.6^{b}	1.0 ± 0.3^{c}
ระยะซูเอี้ยะ 10	2.2 ± 0.2^{b}	3.1 ± 0.2^{a}
ระยะซูเอี้ยะ11	2.0 ± 0.6^{b}	2.1 ± 0.2^{b}
ระยะซูเอี้ยะ12	1.8 ± 0.5^{b}	1.3 ± 0.4^{c}
ระยะลงเกาะ	1.8 ± 0.2^{b}	1.0 ± 0.2^{c}
กุ้งการ์ตูนวัยรุ่น (ชุดควบคุม)	1.3 ± 0.0^{b}	-

ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± SD, n=3 * ปริมาณไขมัน (%/น้ำหนักแห้ง)



ภาพที่ 9 ปริมาณไขมันในลูกกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) แข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยง

ตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโตของลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง พบว่าลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงมีการสะสมไขมันมากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 9) ยกเว้นลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอระยะซูเอี้ยะ 8 และระยะซูเอี้ยะ 10 มีปริมาณไขมันมากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงที่มีระยะพัฒนาการเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3 กรดไขมันในอาร์ทีเมียแรกฟักที่กิน เตตร้าเซลมิส คีโตเซอรอส และไอโซไคลซิส

อาร์ทีเมียแรกฟักเป็นอาหารหลักที่ใช้เลี้ยงลูกกุ้งการ์ตูนตลอดระยะการอนุบาล ดังนั้นจึงเลือกวิเคราะห์กรดไขมันในอาร์ทีเมียที่ให้กินเตตร้าเซลมิส คีโตเซอรอส และไอโซไคลซิสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าอาร์ทีเมียแรกฟักมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (Monounsaturated fatty acid, MUFA) เป็นองค์ประกอบมากที่สุด รองลงมาคือกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (Saturated fatty acid, SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (n-3, n-6 polyunsaturated fatty acid, PUFA) ในกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในกลุ่มโอเมกา 3 (n-3 polyunsaturated fatty acid, n-3 PUFA) ใกล้เคียงกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในกลุ่มโอเมกา 6 (n-6 polyunsaturated fatty acid, n-6 PUFA) โดยอาร์ทีเมียแรกฟักมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) เป็นองค์ประกอบมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) ประมาณ 4 เท่า และมีกรดไขมันปาล์มิติก (C16:0), กรดไขมันสเตียริค (C18:0), โอลิอิค (C18:1-9) และ กรดไอโคซีโนอิก (C20:1-9) เป็นองค์ประกอบหลักของกรดไขมันสองกลุ่มนี้

นอกจากนี้ อาร์ทีเมียแรกฟักมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในกลุ่มโอเมกา 3 (n-3 PUFA) และ โอเมกา 6 (n-6 PUFA) ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดไขมันลิโนลิอิค (C18:2n-6) ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ากรดไขมันอะราชิคโนดิค (Arachidonic acid, ARA, C20:4 n-6) ประมาณ 2 เท่า และมีกรดไขมันโดโคซะเฮกซะอีโนอิค (Docosahexaenoic acid, DHA, C22:6 n-3) ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ากรดไขมันไอโคซะเพนตะอีโนอิก (Eicosapentaenoic acid, EPA, C20:5n-3) ประมาณ 3 เท่า นอกจากนี้ยังพบกรดไขมัน 18:3n-3, 18:4n-3, 20:3n-3 และ 20:4n-3 ในปริมาณน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3/กลุ่มโอเมกา 6 (n3/n6) ต่ำกว่า 1 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 กรดไขมันในอาร์ทีเมียที่กินแพลงก์ตอนพืชผสมระหว่างเตตร้าเซลมิส คีโตเซอรอส และไอโซไครซิส ในอัตราส่วน 1:0.5:0.5 เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ชนิดกรดไขมัน	อาร์ทีเมียกิน คีโตเซอรอส /ไอโซไคลซีส/เตตราเซลมิส
C14:0	0.6
C16:0	9.1
C18:0	4.7
C20:0	0.2
C22:0	0.3
Total saturated fatty acid (SFA)	15.0
C16:1n-7	4.2
C18:1 n-9	28.3
C 20:1	29.5
Total monounsaturated fatty acid MUFA)	62.1
C18:2n-6	4.8
C20:4n-6	2.5
Total n-6 polyunsaturated fatty acid (n-6 PUFA)	7.2
C18:3n-3	0.4
C18:4n-3	0.3
C20:3n-3	0.4
C20:4n-3	0.8
C20:5n-3	0.9
C22:6n-3	3.4
Total n-3 polyunsaturated fatty acid (n-3 PUFA)	6.3
Total n-3,n-6 polyunsaturated fatty acid (PUFA)	13.5
n-3/n-6	0.9

4 กรดไขมันในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น) เปรียบเทียบกับลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงจากการเพาะเลี้ยง

กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติมีกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) มากที่สุด รองลงมาคือกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) ซึ่งในกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 (n-3 PUFA) มากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 6 (n-6 PUFA) (ตารางที่ 3, ภาพที่ 10) ในทางตรงกันข้าม ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีองค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) มากที่สุด รองลงมาคือกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) และมีกรดไขมันกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 (n-3 PUFA) มากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 6 (n-6 PUFA) (ตารางที่ 3)

ไข่กุ้งการ์ตูนและลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักมีกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) มากกว่ากุ้งการ์ตูนวัยรุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 3, ภาพที่ 10) กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติทุกกลุ่มมีกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) มากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง ในทางตรงกันข้าม กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติมีกรดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) น้อยกว่าลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงทุกระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณกรดไขมันสองกลุ่มนี้ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโต และปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ลดลงมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) (ตารางที่ 3)

กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีกรดไขมันปาล์มิติค (C16:0) กรดไขมันสเตียริค (C18:0) และกรดไขมันโอลิอิค (C18:1n-9) เป็นองค์ประกอบหลักในกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ไข่กุ้งการ์ตูนและลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักมีปริมาณกรดไขมันปาล์มิติค (C16:0) และ กรดไขมันปาล์มิโตลิอิค (C16:1n-7) มากกว่ากุ้งการ์ตูนวัยรุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 3) ไข่กุ้งการ์ตูนและลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักมีปริมาณกรดไขมันไมริสติค (C14:0) มากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงทุกระยะพัฒนาการ นอกจากนี้ ไข่กุ้งการ์ตูนมีปริมาณกรดไขมันไมริสติค (C14:0) กรดไขมันปาล์มิติค (C16:0) และกรดไขมันปาล์มิโตลิอิค (C16:1n-7) มากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงทุกระยะพัฒนาการในขณะที่ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักมีปริมาณกรดไขมันไมริสติค (C14:0) กรดไขมันปาล์มิติค (C16:0) มากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะ 3 ขึ้นไปจนกระทั่งลงเกาะ และมีกรดไขมันปาล์มิโตลิอิค (C16:1n-7) มากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงทุกระยะพัฒนาการอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) สำหรับกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นจากธรรมชาติ กุ้งการ์ตูนวัยรุ่นมีปริมาณกรดไขมันปาล์มิติค (C16:0) และ กรดไขมันปาล์มิโตลิอิค (C16:1n-7) น้อยกว่าลูกกุ้งการ์ตูนแรกเกิดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กุ้งการ์ตูนทุกกลุ่มมีกรดไขมันสเตียริค (C18:0) ไม่แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติทุกกลุ่มและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะทุกระยะมีกรดไขมันโอลิอิค (C18:1n-9) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ปริมาณกรดไขมันโอลิอิค (C18:1n-9) แตกต่างจากลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงระยะลงเกาะที่มีกรดไขมันโอลิอิค (C18:1) ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงทุกระยะพัฒนาการมีกรดไขมันกรดไอโคซีโนอิก (C20:1) มากกว่ากุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติทุกกลุ่ม (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีปริมาณกรดไขมันไมริสติค (C14:0) กรดไขมันปาล์มิติค (C16:0) และกรดไขมันปาล์มิโตลิอิค (C16:1n-7) ลดลงตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโต แต่อย่างไรก็ตาม ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีกรดไขมันสเตียริค (C18:0) กรดไขมันโอลิอิค (C18:1n-9) และกรดไขมันไอโคซีโนอิก (C20:1) ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโต (ตารางที่ 3)

ไข่กุ้งการ์ตูนมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) น้อยที่สุดและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) มากที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ไข่กุ้งการ์ตูนมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) น้อยกว่าลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงทุกระยะพัฒนาการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 3, ภาพที่ 10) และกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) มากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะ 2-ระยะซูเอี้ยะ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 3, ภาพที่ 10) นอกจากนี้ ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะ 2-ระยะซูเอี้ยะ 10 มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) น้อยกว่าลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะ 11-ระยะซูเอี้ยะ12 และลูกกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) น้อยกว่าลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงตั้งแต่ระยะซูเอี้ยะ 9 ขึ้นไปถึงระยะลงเกาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันกลุ่มนี้ตลอดระยะพัฒนาการและการเพิ่มขึ้นนี้มีผลมาจากการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 (n-3 PUFA) มากกว่าการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 6 (n-6 PUFA) (ตารางที่ 3)

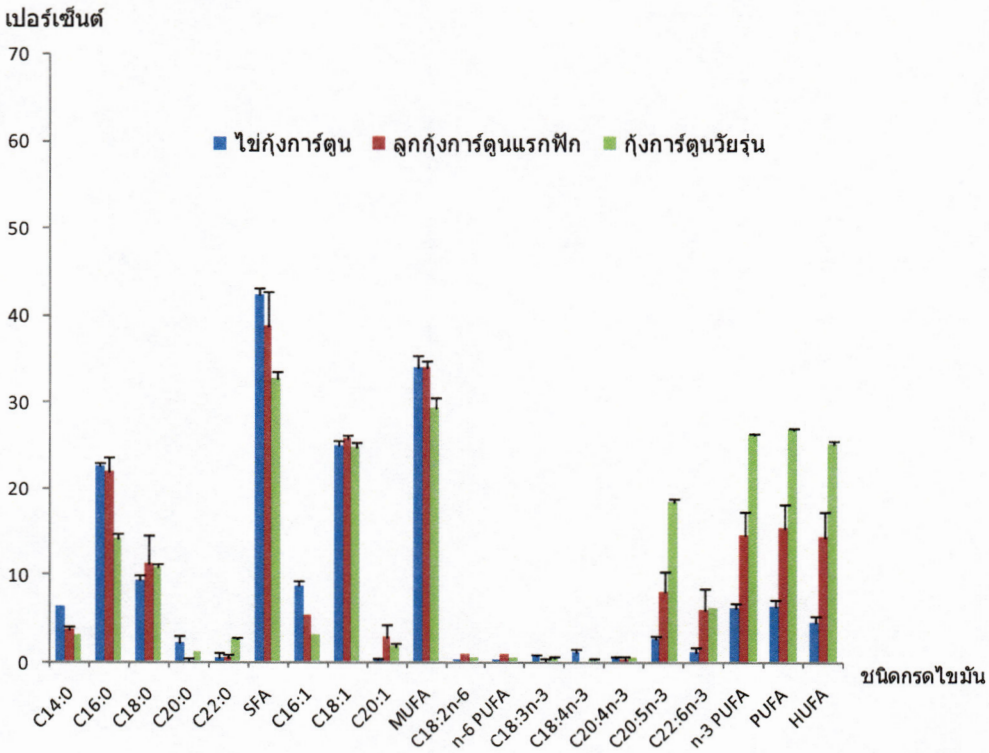
กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติทั้งหมดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 6 (n-6 PUFA) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และมีกรดไขมันลิโนลิอิค (C18:2n-6) เป็นกรดไขมันหลักแต่ไม่พบกรดไขมันเออาร์เอ (C20:4n-6) กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 6 (n-6 PUFA) น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ซึ่งน้อยกว่าในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงทุกระยะพัฒนาการอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (ตารางที่ 3) ถึงแม้ว่าลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงในระยะพัฒนาการแรก ๆของการเจริญเติบโตมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 6 (n-6 PUFA) เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณกรดไขมันกลุ่มนี้ค่อนข้างคงที่ในระยะพัฒนาการต่อมา การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 6 (n-6 PUFA) เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันลิโนลิอิค (C18:2n-6) (ตารางที่ 3)

เช่นเดียวกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) ไข่กุ้งการ์ตูนมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 (n-3 PUFA) น้อยที่สุดและแตกต่างจากลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงทุกระยะอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) (ตารางที่ 3, ภาพที่ 10) ในขณะที่กุ้งการ์ตูนวัยรุ่นมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา (n-3 PUFA) มากที่สุดและแตกต่างจากลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะทุกระยะอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) (ตารางที่ 3, ภาพที่ 10) แต่ไม่แตกต่างจากลูกกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะ (ตารางที่ 3.3) ลูกกุ้งการ์ตูนระยะแรกฟักและลูกกุ้งการ์ตูนระยะซูเอี้ยะทุกระยะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (n-3 PUFA) น้อยกว่าลูกกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) (ตารางที่ 3) กุ้งการ์ตูนวัยรุ่นมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา (n-3 PUFA) มากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและไข่กุ้งการ์ตูนประมาณ 1.7 และ 4 เท่า ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 (n-3 PUFA) เพิ่มขึ้นตลอดการเจริญเติบโต (ตารางที่ 3)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 (n-3 PUFA) เนื่องมาจากปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) และดีเอชเอ (C22:6n-3) ที่เป็นองค์ประกอบหลักของกรดไขมันกลุ่มนี้ กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติมีกรดไขมันอีพีเอ (C20:5 n-3) มากกว่ากรดไขมันดีเอชเอ (C22:6 n-3) และมีกรดไขมันลิโนลีนิค (C18:3n-3) น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3, ภาพที่ 10) กุ้งการ์ตูนวัยรุ่นมีปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5 n-3) สูงถึง 19 เปอร์เซ็นต์มากกว่าในไข่กุ้งการ์ตูน ในลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงทุกระยะพัฒนาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางที่ 3) ไข่กุ้งการ์ตูนมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอีพีเอ (C20:5 n-3) น้อยกว่าลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟัก ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะ 2 -ระยะซูเอี้ยะ 5 และลูกกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p <0.05) ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักมีปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5 n-3) มากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงทุกระยะพัฒนาการ (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ ปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงไม่เพิ่มขึ้นตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโต (ตารางที่ 3)

กุ้งการ์ตูนวัยรุ่นและลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักมีกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6 n-3) ใกล้เคียงกัน แต่กุ้งการ์ตูนสองกลุ่มนี้มีกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6 n-3) มากกว่าไข่กุ้งการ์ตูนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติทุกกลุ่มมีกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6 n-3) น้อยกว่าลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะ 4-ระยะซูเอี้ยะ 12 และลูกกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ตรงกันข้ามกับกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีปริมาณกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) เพิ่มขึ้นตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโต (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ ยังพบกรดไขมันชนิด C18:4n-3, C20:3n-3,C20:4n-3 ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะ 8 ขึ้นไปจนถึงระยะลงเกาะในปริมาณเล็กน้อยเช่นเดียวกับในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ตารางที่ 3)

กุ้งการ์ตูนวัยรุ่นมีอัตราส่วนกรดไขมันโอเมกา 3/โอเมกา 6 (n3/n6) มากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กับไข่กุ้งการ์ตูนและลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟัก นอกจากนี้ ไข่กุ้งการ์ตูนมีอัตราส่วนกรดไขมันโอเมกา 3/โอเมกา 6 6 (n3/n6) น้อยที่สุดและแตกต่างกับลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) การ์ตูนจากธรรมชาติทุกกลุ่มมีอัตราส่วนกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3/โอเมกา 6 มากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงทุกระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p <0.05) (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติทุกกลุ่มมีอัตราส่วนกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) และกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ต่ำและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางที่ 3) ในขณะที่ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) สูงกว่ากรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ทำให้มีอัตราส่วนกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) สูงและมากกว่าในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 10 แสดงกรดไขมันในไข่กุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น

ตารางที่ 3 องค์ประกอบกรดไขมันในกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟัก กุ้งการ์ตูนวัยรุ่น) และ ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง

กรดไขมัน	ไข่กุ้งการ์ตูน	ระยะซูเอี้ยะ1	ระยะซูเอี้ยะ2	ระยะซูเอี้ยะ3	ระยะซูเอี้ยะ4	ระยะซูเอี้ยะ5	ระยะซูเอี้ยะ6	ระยะซูเอี้ยะ7	ระยะซูเอี้ยะ 8	ระยะซูเอี้ยะ 9	ระยะซูเอี้ยะ 10	ระยะซูเอี้ยะ11	ระยะซูเอี้ยะ12	ระยะลงเกาะ	กุ้งวัยรุ่น
14:0	6.3 ± 0.1^{a}	3.7 ± 0.4^{b}	2.6 ± 0.3^{c}	1.9 ± 0.1^{d}	1.6 ± 0.4^{de}	1.6 ± 0.4^{de}	1.5 ± 0.4^{de}	1.4 ± 0.1^{de}	1.4 ± 0.4^{de}	1.2 ± 0.1^{e}	0.9 ± 0.1^{e}	1.0 ± 0.1^{e}	1.0 ± 0.1^{e}	1.5 ± 0.3^{d}	3.0 ± 0.1^{c}
16:0	22.6 ± 0.5^{a}	22.0 ± 1.6^{ab}	19.3 ± 0.9^{bc}	16.5 ± 0.9^{cd}	16.9 ± 2.1^{cd}	16.6 ± 2.3^{cd}	16.8 ± 2.2^{cd}	16.2 ± 0.6^{cd}	15.2 ± 2.5^{d}	14.1 ± 1.0^{d}	12.9 ± 0.6^{d}	13.4 ± 0.2^{d}	13.6 ± 0.4^{d}	16.1 ± 2.3^{cd}	14.2 ± 0.5^{d}
18:0	9.4 ± 0.6	11.2 ± 3.4	9.4 ± 0.1	8.9 ± 1.5	9.6 ± 1.2	9.9 ± 1.4	9.8 ± 1.4	9.1 ± 0.3	8.9 ± 0.5	9.3 ± 0.5	9.1 ± 0.3	9.6 ± 0.1	10.0 ± 0.8	10.4 ± 1.1	10.8 ± 0.3
20:0	2.2 ± 0.8^{a}	tr	n.d.	tr	n.d.	tr	n.d.	n.d.	tr	0.4 ± 0.4^{ab}	0.5 ± 0.5^{ab}	0.5 ± 0.0^{ab}	0.5 ± 0.2^{ab}	1.5 ± 2.6^{ab}	1.1 ± 0.0^{ab}
22:0	0.6 ± 0.5^{ab}	0.5 ± 0.5^{ab}	n.d.	1.0 ± 0.1^{ab}	0.3 ± 0.5^{b}	0.9 ± 0.8^{ab}	1.4 ± 0.2^{ab}	1.2 ± 0.1^{ab}	0.8 ± 0.7^{ab}	1.3 ± 0.1^{ab}	0.7 ± 0.6^{ab}	1.5 ± 0.0^{ab}	1.5 ± 0.1^{ab}	2.0 ± 0.3^{a}	2.7 ± 0.1^{a}
SFA	42.2 ± 1.0^{a}	38.8 ± 3.8^{a}	31.3 ± 1.0^{bc}	28.2 ± 2.3^{bc}	28.4 ± 3.0^{bc}	29.8 ± 4.9^{bc}	29.4 ± 4.2^{bc}	28.0 ± 1.1^{bc}	26.5 ±2.2^{bc}	26.6 ± 1.9^{bc}	24.7 ± 0.8^{c}	26.1 ±0.4bc	26.7 ± 1.3^{bc}	31.6 ± 2.7^{bc}	32.6 ± 1.0^{b}
16:1	8.7 ± 0.8^{a}	5.3 ± 0.1^{b}	3.4 ± 1.0^{cd}	4.0 ±1.2^{c}	2.3 ± 0.8^{de}	2.5 ± 0.5^{de}	2.6 ± 0.1^{cde}	2.6 ± 0.3^{cde}	3.2 ± 0.4^{cd}	3.0 ± 0.5^{cd}	2.7 ± 0.3^{cde}	2.2 ± 0.2^{de}	2.1 ± 0.1^{de}	1.6 ± 0.2^{e}	3.0 ± 0.0^{cd}
18:1	24.9 ± 0.6^{ab}	25.7 ± 0.5^{ab}	23.7 ± 4.3^{ab}	29.0 ± 2.1^{a}	23.1 ± 2.3^{b}	24.4 ± 0.4^{ab}	26.0 ± 1.9^{ab}	26.6 ± 2.5^{ab}	26.6 ± 1.2^{ab}	26.9 ± 1.8^{ab}	27.5 ± 1.8^{ab}	24.5 ± 0.8^{ab}	25.3 ± 0.6^{ab}	19.0 ± 2.3^{c}	24.6 ± 0.8^{ab}
20:1	0.4 ± 0.1^{e}	2.8 ± 1.4^{d}	27.3 ± 2.1^{a}	18.8 ± 2.4^{abc}	24.6 ± 4.7^{ab}	15.7 ± 2.1^{bc}	15.5 ± 1.4^{bc}	18.7 ± 4.1^{abc}	19.0 ± 5.2^{abc}	15.0 ± 2.8^{c}	18.0 ± 1.8^{abc}	15.4 ± 0.8^{bc}	15.1 ± 1.9^{c}	14.6 ± 3.3^{c}	1.7 ± 0.4^{de}
MUFA	34.0 ± 1.4^{e}	33.9 ± 0.9^{e}	54.5 ± 3.2^{a}	51.8 ± 1.1^{ab}	50.0 ± 1.0^{b}	42.7 ± 2.1^{d}	44.2 ± 0.5^{d}	47.9 ± 1.4^{bc}	48.9 ± 4.0^{b}	44.9 ± 1.0^{cd}	48.2 ±0.4^{bc}	42.1 ± 0.5^{d}	42.6 ± 1.6^{d}	35.2 ± 1.8^{e}	29.4 ± 1.1^{f}
18:2n-6	0.3 ± 0.0^{c}	0.9 ± 0.1^{cb}	2.1 ± 1.9^{b}	3.8 ± 0.1^{a}	3.6 ± 0.8^{a}	3.9 ± 0.2^{a}	4.0 ± 0.6^{a}	4.4 ± 0.6^{a}	4.7 ±0.3^{a}	4.6 ± 0.3^{a}	4.5 ± 0.4^{a}	4.0 ± 0.2^{a}	4.1 ± 0.1^{a}	3.3 ± 0.4^{a}	0.6 ± 0.0^{c}
20:4n-6	n.d.	n.d.	n.d.	1.0 ± 0.2^{a}	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	tr	0.3 ± 0.3^{bc}	0.6± 0.0^{ab}	0.5 ± 0.0b	0.4 ± 0.0b	n.d.	n.d.
n-6PUFA	0.3 ± 0.0^{c}	0.9 ± 0.1^{cb}	2.1 ± 1.9^{b}	4.8 ± 0.2^{a}	3.6 ± 0.8^{a}	3.9 ± 0.2^{a}	4.0 ± 0.6^{a}	4.4 ± 0.6^{a}	4.9 ± 0.4^{a}	4.9 ± 0.4^{a}	5.1 ± 0.4^{a}	4.5 ± 0.2a	4.5 ± 0.1a	3.3 ± 0.4^{a}	0.6 ± 0.0^{c}
18:3n-3	0.7 ± 0.2^{a}	tr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	tr	tr	n.d.	n.d.	n.d.	0.6 ± 0.0^{a}
18:4n-3	1.1 ± 0.5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	tr	tr	tr	n.d.	n.d.	tr	0.4 ± 0.1
20:3n-3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.3 ± 0.6^{bc}	n.d.	0.8 ± 0.7^{abc}	0.3 ± 0.6^{c}	1.0 ± 0.9^{abc}	1.4 ± 0.6^{abc}	2.0 ± 0.2^{a}	1.4 ± 0.0^{abc}	1.7 ± 0.1^{abc}	0.7 ± 0.6^{abc}	n.d.
20:4n-3	0.6 ± 0.2	0.3 ± 0.5	n.d.	tr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	tr	0.4 ± 0.4	0.8 ± 0.0	0.6 ± 0.0	0.6 ± 0.0	n.d.	0.5 ± 0.0
20:5n-3	2.6 ± 0.4^{e}	8.1 ± 2.3^{b}	6.0 ±0.4^{c}	5.5 ± 1.1^{c}	4.2 ± 1.0^{d}	3.8 ± 0.3^{d}	3.3 ± 0.1^{de}	3.6 ± 0.2^{d}	2.9 ± 0.2^{de}	2.8 ± 0.4^{de}	2.0 ± 0.3^{e}	2.7 ± 0.3^{de}	2.7 ± 0.4^{de}	3.7 ± 0.6^{d}	18.5 ± 0.4^{a}
22:6n-3	1.3 ± 0.5^{e}	6.0 ± 2.6^{d}	5.7 ± 0.9^{d}	6.6 ± 1.0^{d}	8.7 ± 0.8^{c}	9.5 ± 1.1^{bc}	10.3 ± 0.2^{bc}	10.6 ± 0.4^{bc}	9.6 ± 0.9bc	9.6 ± 1.4^{bc}	9.5 ± 0.8^{bc}	12.9 ± 0.8^{b}	12.7 ± 0.5^{b}	17.4 ± 1.5^{a}	6.2 ± 0.0^{d}
n-3PUFA	6.2 ± 0.7^{d}	14.5 ± 2.7^{bc}	11.7 ± 1.1^{c}	12.3 ± 0.3^{c}	15.2 ± 3.8^{bc}	13.4 ± 0.8^{bc}	14.4 ± 0.6^{bc}	14.5 ± 0.3^{bc}	13.9 ± 2.2^{bc}	15.1 ± 2.0^{bc}	14.6 ± 0.2^{bc}	17.6 ± 0.8^{b}	17.7 ± 0.4^{b}	23.5 ± 4.2^{a}	26.1 ± 0.3^{a}
n-3HUFA	4.5 ± 1.0^{d}	14.3 ± 3.1^{bc}	11.7 ± 1.1^{c}	12.3 ± 0.3^{c}	13.2 ± 0.4^{bc}	13.4 ± 0.8^{bc}	14.4 ± 0.6^{bc}	14.5 ± 0.3^{bc}	13.8 ± 2.1^{bc}	14.4 ± 2.0^{bc}	14.4 ± 0.4^{bc}	17.6 ± 0.8^{b}	17.7 ± 0.4^{b}	21.8 ± 1.6^{a}	25.1 ± 0.4^{a}
PUFA	6.5 ± 0.7^{e}	15.5 ± 2.8^{cd}	13.8 ± 3.0^{d}	17.1 ± 0.5^{bcd}	18.8 ± 4.5^{bcd}	17.3 ± 1.0^{bcd}	17.3 ± 2.1^{bcd}	18.9 ± 0.5^{bcd}	18.8 ±2.7^{bcd}	20.1 ± 1.6^{bc}	19.7 ± 0.5^{bc}	22.0 ± 0.9^{ab}	22.2 ± 0.4^{ab}	26.8 ± 3.8^{a}	26.7 ± 0.3^{a}
HUFA	4.5 ± 1.0^{e}	14.3 ± 3.1^{cd}	11.7 ± 1.1^{d}	13.4 ± 0.4^{cd}	15.2 ± 3.8^{cd}	13.4 ± 0.8^{cd}	14.1 ± 0.6^{d}	14.5 ± 0.3^{cd}	17.1 ± 2.0^{c}	14.8 ± 1.9^{cd}	14.9 ± 0.4^{cd}	18.0 ± 0.8^{c}	18.1 ± 0.4^{c}	21.8 ± 1.6^{b}	25.1 ± 0.4^{a}
n-3/n-6	20.7 ± 3.9^{b}	15.6 ± 2.6^{c}	5.5 ± 1.1^{d}	2.6 ± 0.1^{e}	4.3 ± 0.6^{de}	3.4 ± 0.2^{de}	3.7 ± 0.7^{de}	3.3 ± 0.4^{de}	2.8 ± 0.2^{de}	3.1 ± 0.6^{de}	2.9 ± 0.2^{de}	3.9 ± 0.2^{de}	3.9 ± 0.2^{de}	7.2 ± 2.1^{d}	43.6 ± 1.5^{a}
DHA/EPA	0.5 ± 0.1^{fg}	0.8 ± 0.3^{efg}	1.0 ± 0.1^{ef}	1.3 ± 0.5^{e}	2.2 ± 0.6^{d}	2.5 ± 0.4^{cd}	3.2 ± 0.0^{cd}	3.0 ± 0.2^{cd}	3.3 ± 0.3^{bcd}	3.5 ± 0.8^{bc}	4.7 ± 0.9^{ab}	4.7 ± 0.5^{ab}	4.9 ± 0.8^{a}	4.7 ±0.5^{ab}	0.3 ± 0.0^{g}

ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ย ± sd, n=3;tr $\leq$0.2 %

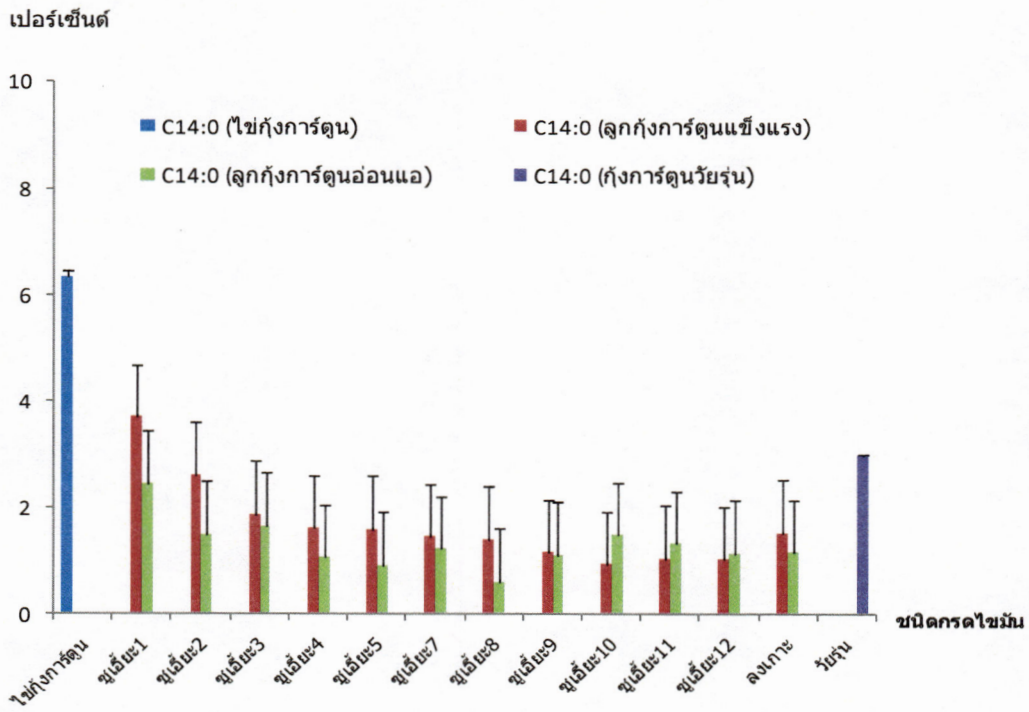
5 กรดไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ)

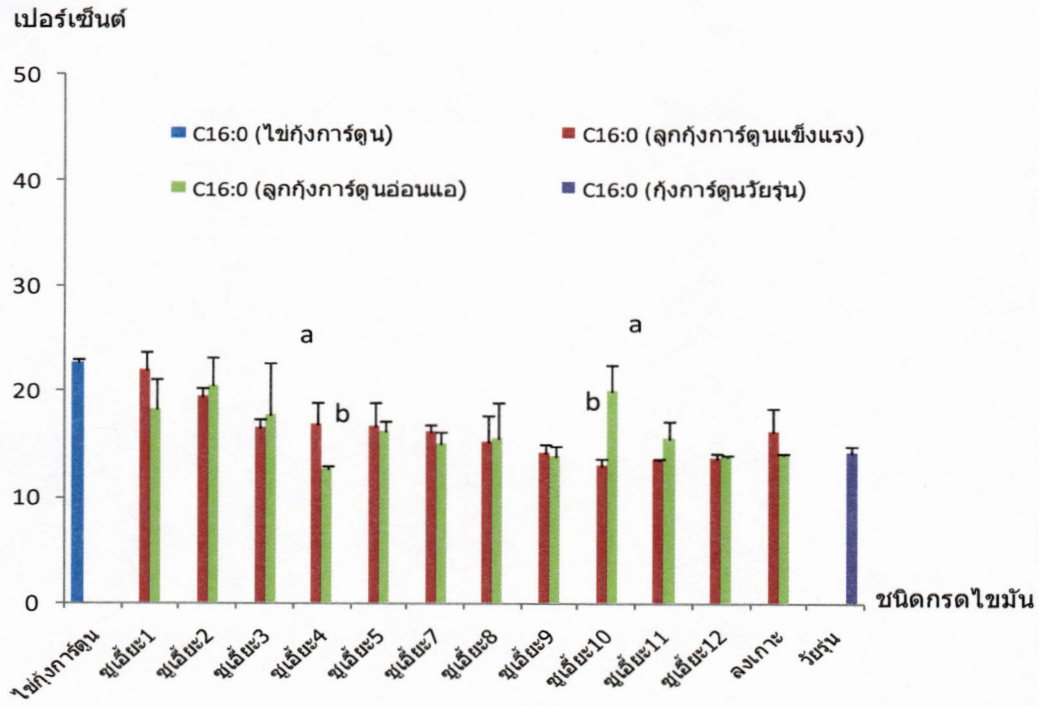
องค์ประกอบกรดไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอคล้ายกับในลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงคือ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) มากที่สุด รองลงมาคือกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) ซึ่งในกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 (n-3 PUFA) มากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 6 (n-6 PUFA) เมื่อลูกกุ้งการ์ตูนมีพัฒนาการมากขึ้นพบว่ามีความแตกต่างของกรดไขมันแต่ละชนิดระหว่างลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ชนิดของกรดไขมันที่แตกต่างกันคือ กรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) เช่น กรดไขมันไมริสติค (C14:0) กรดไขมันปาล์มิติค (C16:0) กรดไขมันสเตียริค (C18:0) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) เช่น กรดไขมันปาล์มิโตลิอิค (C16:1) กรดไขมันโอลิอิค (C18:1n-9) กรดไขมันไม่อิ่มตัวยาวเชิงซ้อนโซ่ยาวกลุ่มโอเมกา 3 (n-3 HUFA) เช่น กรดไขมันอีพีเอ (C20:5 n-3) และกรดไขมันดีเอชเอ (C20:6n-3) เป็นต้น (ภาพที่ 11-ภาพที่ 12, ภาพที่ 14-ภาพที่ 15, ภาพที่ 18-ภาพที่ 20)

ตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโตจนกระทั่งลงเกาะ ลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอมีแนวโน้มการลดลงของกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) เช่นเดียวกับลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรง การลดลงของกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) เนื่องมาจากการลดลงของกรดไขมันไมริสติค (C14:0) และกรดไขมันปาล์มิติค (C16:0) เป็นหลัก ทั้งลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและอ่อนแอมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอาราชิดิค (C20:0) และ behanic (C22:0) ตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโตโดยเฉพาะในลูกกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะ (ตารางที่ 3, ภาพที่ 12 และภาพที่ 13) ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอมีกรดไขมันสเตียริค (C18:0) ในปริมาณคงที่ตลอดพัฒนาการการเจริญเติบโต (ตารางที่ 3, ภาพที่ 12) กรดไขมันอิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบหลักของกรดไขมันอิ่มตัวในลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอคือกรดไขมันปาล์มิติค (C16:0) และกรดไขมันสเตียริค (C18:0) ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวในลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและอ่อนแอไม่แตกต่างกันทางสถิติยกเว้นลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอระยะซูเอี้ยะ 2, ซูเอี้ยะ 4 และซูเอี้ยะ 10 มีกรดไขมันอิ่มตัวกรดไขมันปาล์มิติค (C16:0) และ กรดไขมันสเตียริค (C18:0) มากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรง (ภาพที่ 11-ภาพที่ 12)

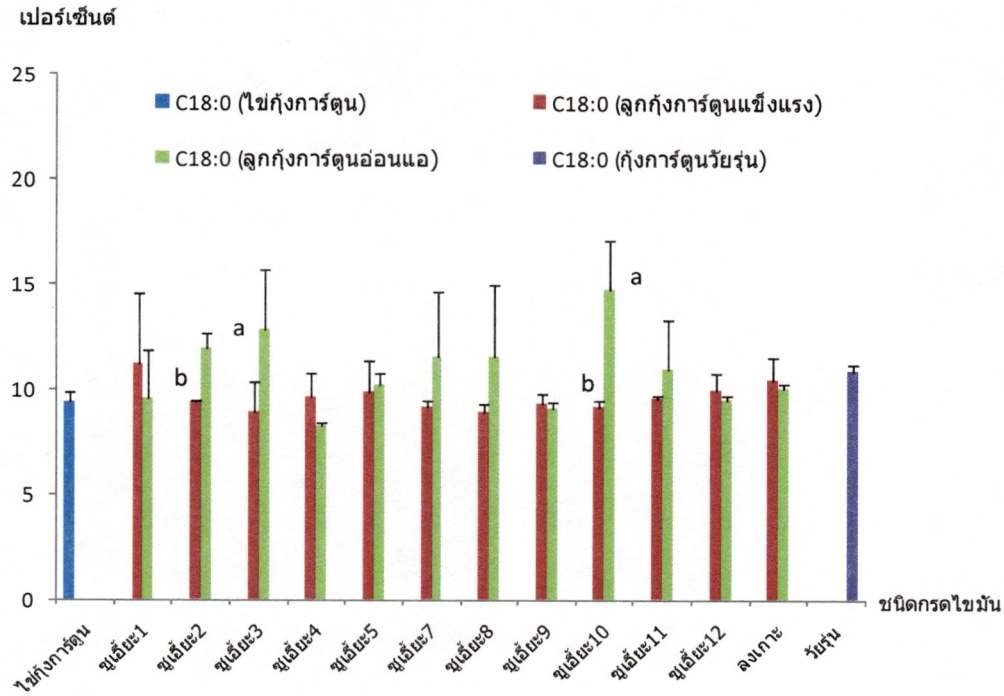
ในทำนองเดียวกับลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรง การลดลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ในลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอมีผลมาจากการลดลงของกรดไขมันปาล์มิติค (C16:1n-7) และกรดไขมันโอลิอิค (C18:1n-9) ซึ่งปริมาณกรดไขมันเหล่านี้ลดลงอย่างชัดเจนในลูกกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะ (ตารางที่ 3, ภาพที่ 14) จึงมีผลให้ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ในลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงระยะซูเอี้ยะ 2 ซูเอี้ยะ 3 ซูเอี้ยะ 9 และ ซูเอี้ยะ 12 มากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอระยะเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 15)

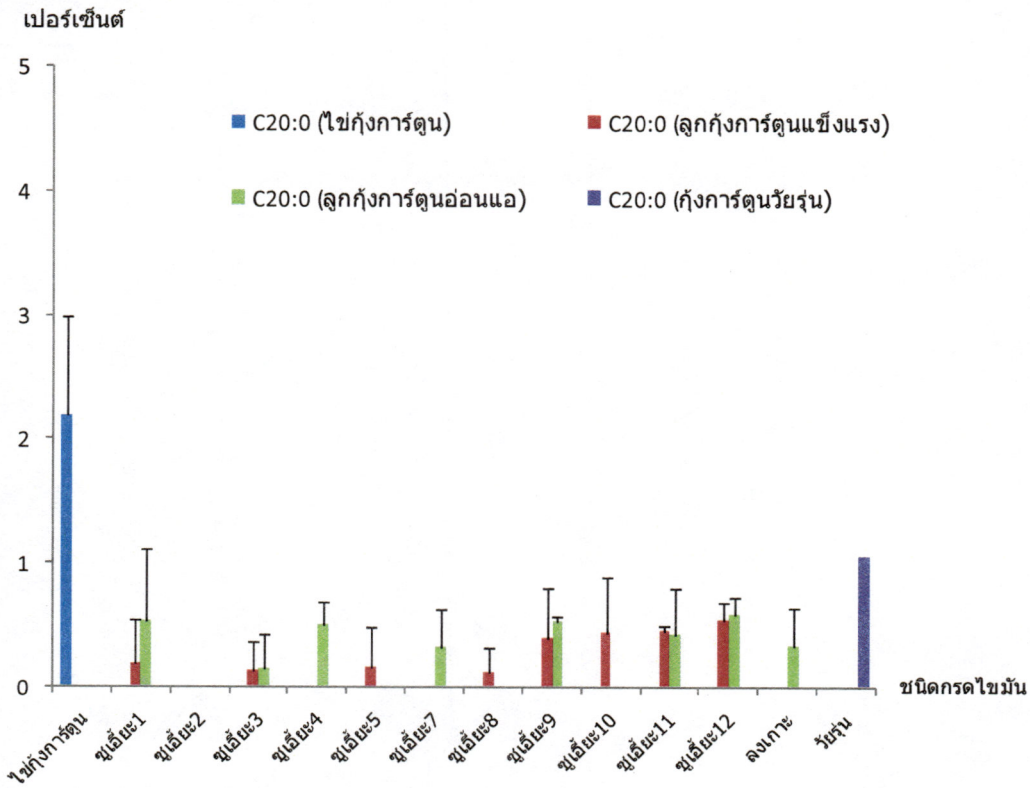
ลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) คล้ายคลึงกับลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรง (ภาพที่ 17 และภาพที่ 21) เมื่อลูกกุ้งการ์ตูนมีพัฒนาการในการเจริญเติบโตมากขึ้น ลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอมีปริมาณกรดไขมันไขมันลิโนลิอิค (C18:2n-6) เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า 6 (n-6 PUFA) เพิ่มขึ้นในบางระยะพัฒนาการเจริญเติบโต (ภาพที่ 16) ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอเกือบทุกระยะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า 6 (n-6 PUFA) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงระยะซูเอี้ยะ 10 ที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า 6 (n-6 PUFA) มากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอระยะเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 17) สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า 3 (n-3 PUFA) ตลอดระยะพัฒนาการลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอมีกรดไขมันลิโนลินิค (C18:3 n-3) ในปริมาณน้อยมาก (ภาพที่ 18) และมีกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) มากกว่ากรดไขมันดีเอชเอ (C2:6n-3) เช่นเดียวกับลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรง (ภาพที่ 20) นอกจากนี้ ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและอ่อนแอมีปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ไม่เพิ่มขึ้นแต่มีปริมาณกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) กรดไขมันดีเอชเอ (C2:6n-3) (ภาพที่ 3.18) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) (ภาพที่ 21) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนโซ่ยาว (HUFA) (ภาพที่ 21) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงระยะลงเกาะมีกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) มากกว่ากรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) แต่อัตราส่วนกรดไขมันอีพีเอ(C20:5n-3) / ดีเอชเอ (C2:6n-3) และ อัตราส่วนกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3/โอเมกา 6 (n-3/n-6) ในลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอระยะลงเกาะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 22)



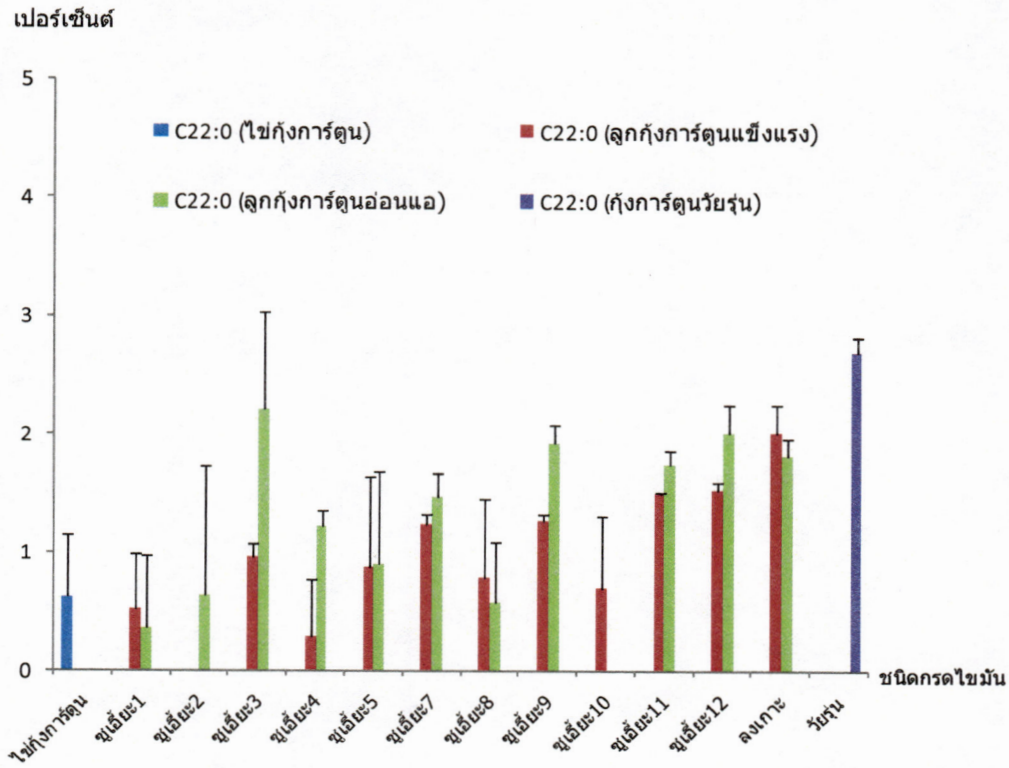


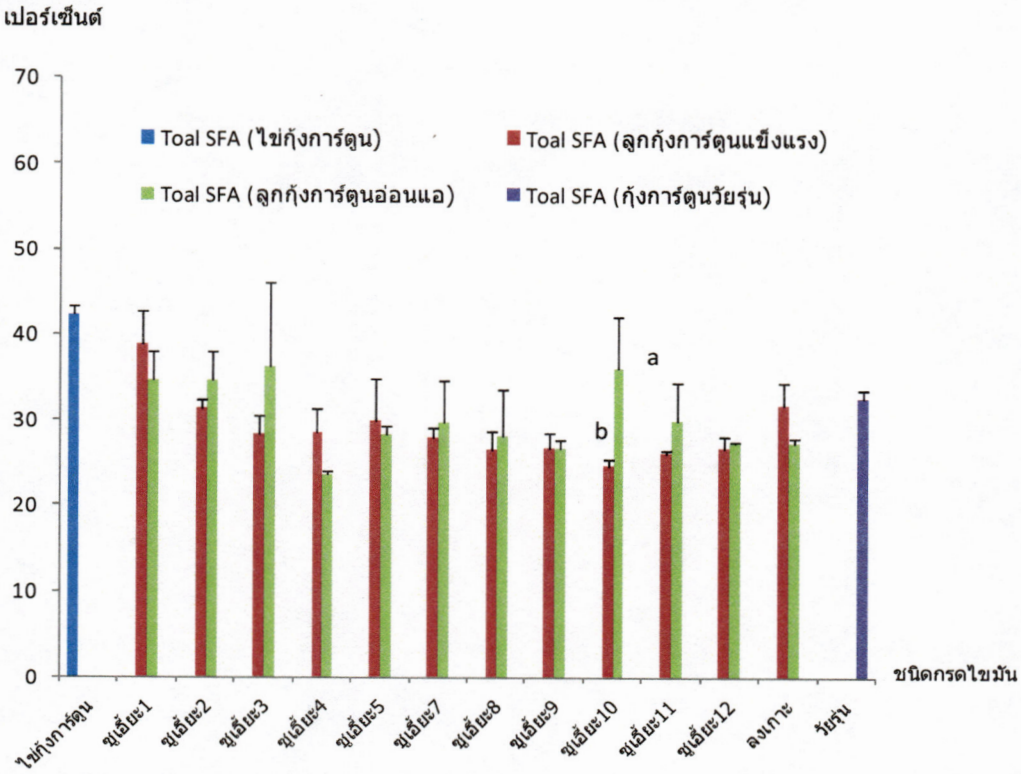
ภาพที่ 11 แสดงกรดไขมันไมริสติค (C14:0) และปาล์มิติค (C16:0) ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ) เปรียบเทียบกับกรดไขมันในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)



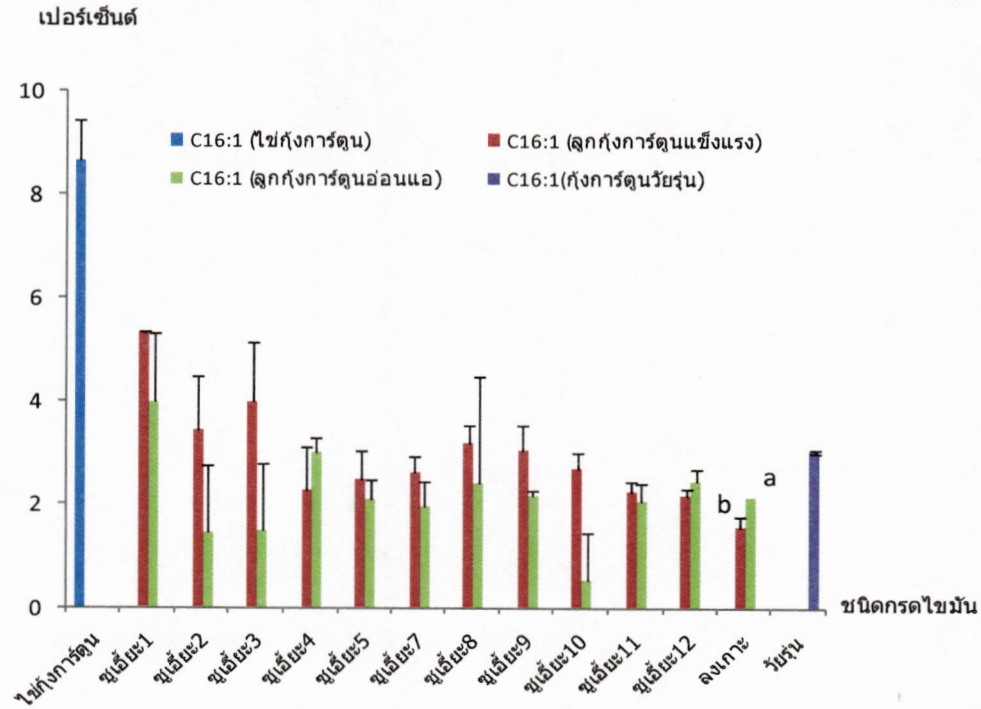


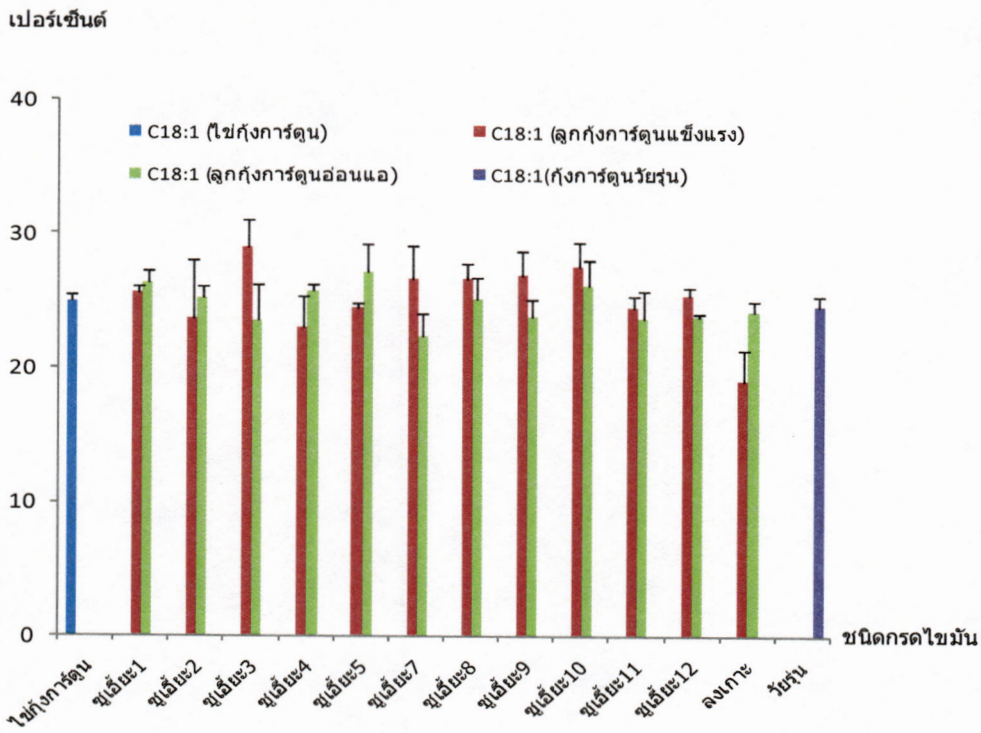
ภาพที่ 12 แสดงกรดไขมันสเตียริค (C18:0) และกรดไขมันอะราชิดิค (C20:0) ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ) เปรียบเทียบกับกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)



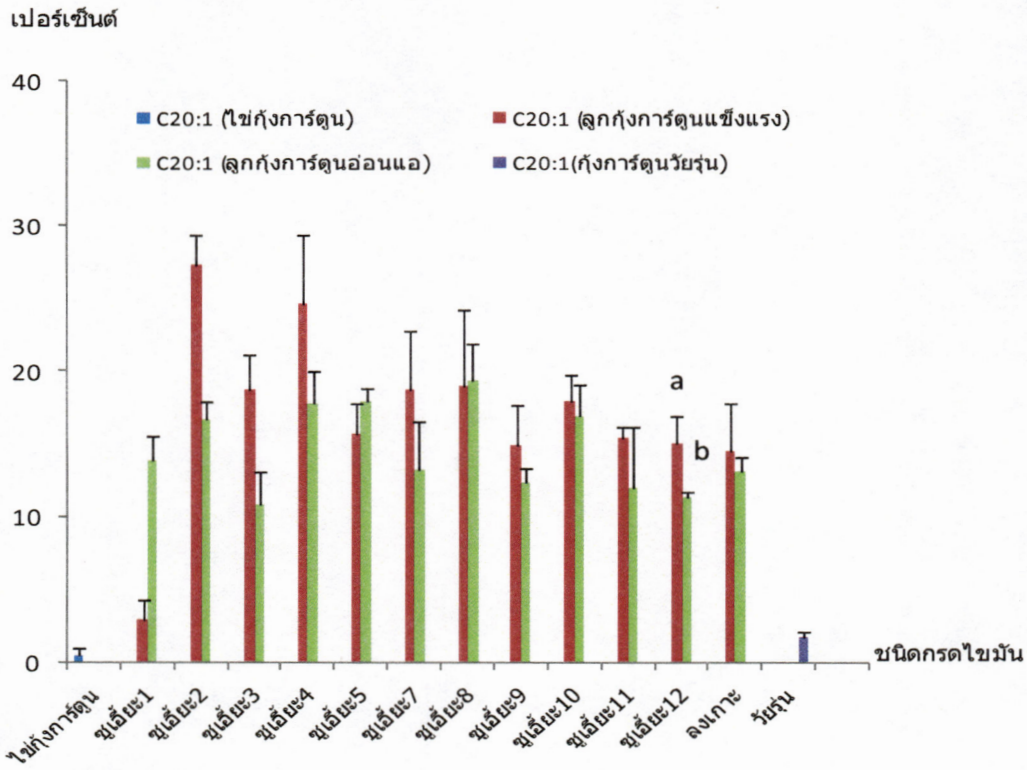


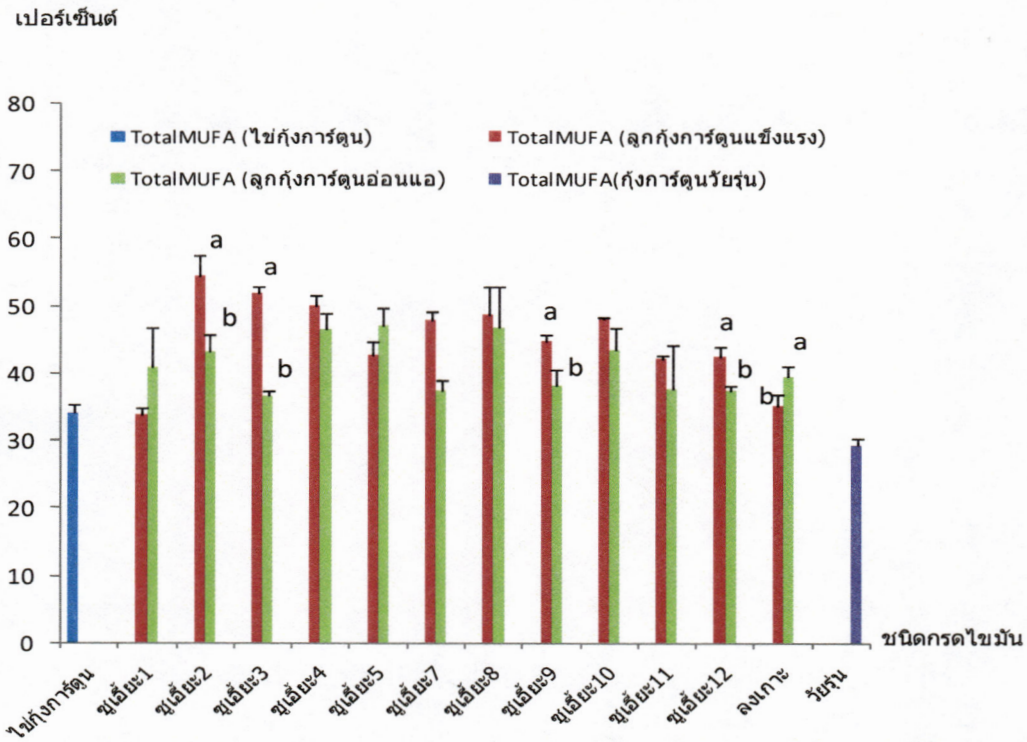
ภาพที่ 13 แสดงกรดไขมัน behanic (C22:0) และกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ) เปรียบเทียบกับกุ้งการ์ตูนการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)



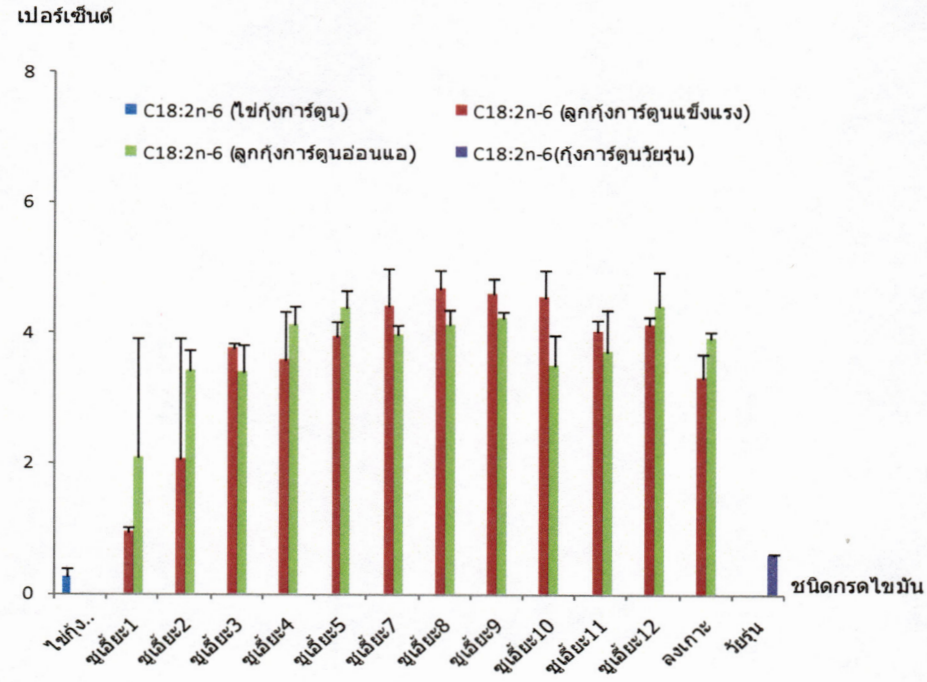


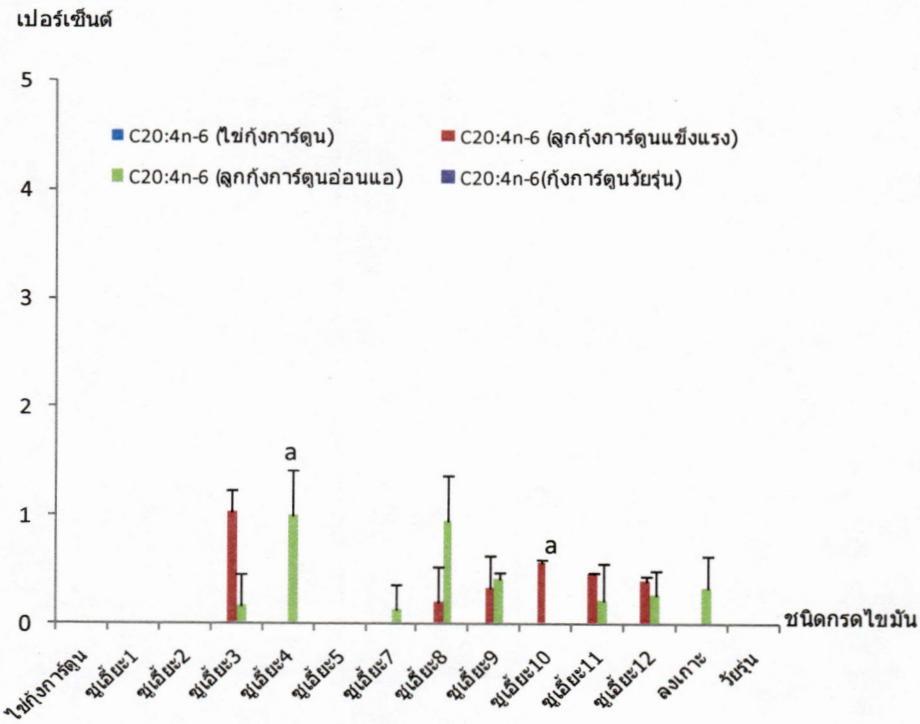
ภาพที่ 14 แสดงกรดไขมันปาล์มิโตลิอิค (C16:1n-7) และโอลิอิค (C18:1n-9) ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการ เพาะเลี้ยง (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ) เปรียบเทียบกับกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูนการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)



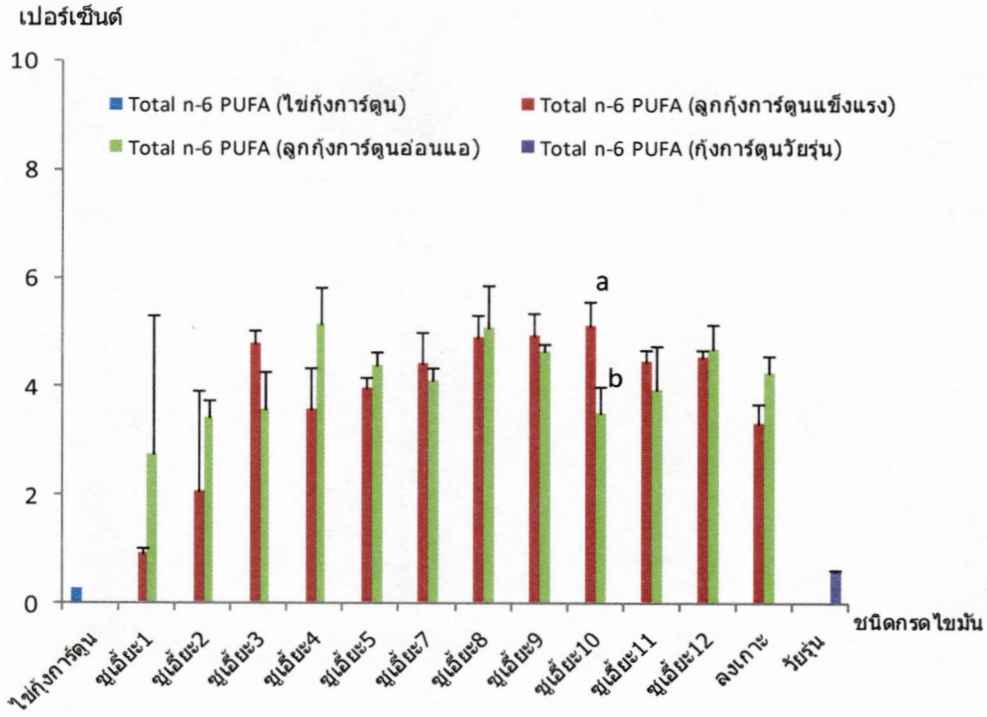


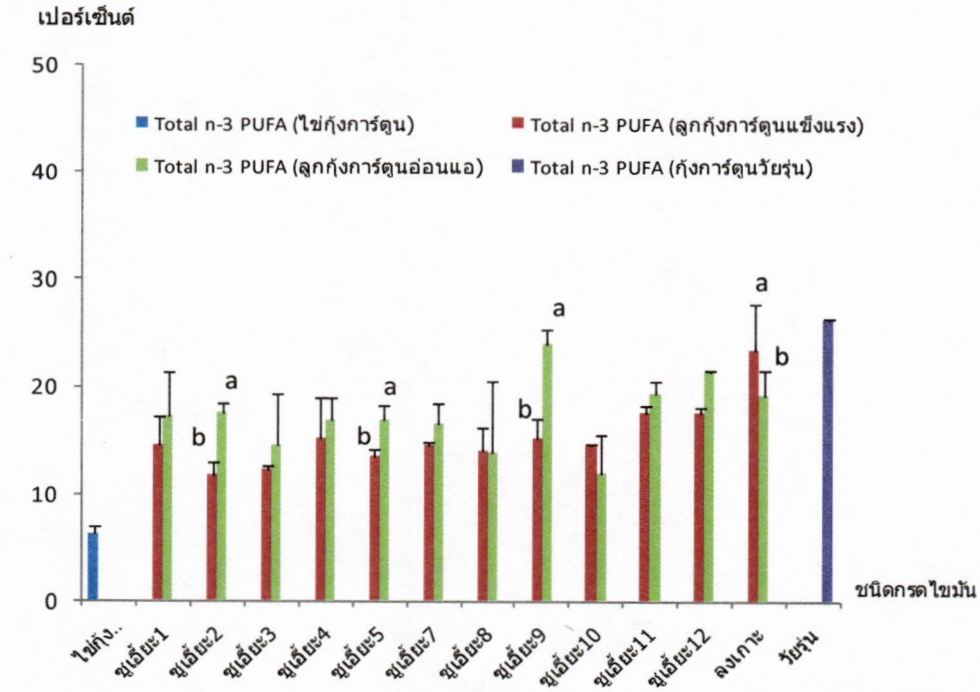
ภาพที่ 15 แสดงกรดไขมัน C20:1 (n7-n9) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ) เปรียบเทียบกับกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)



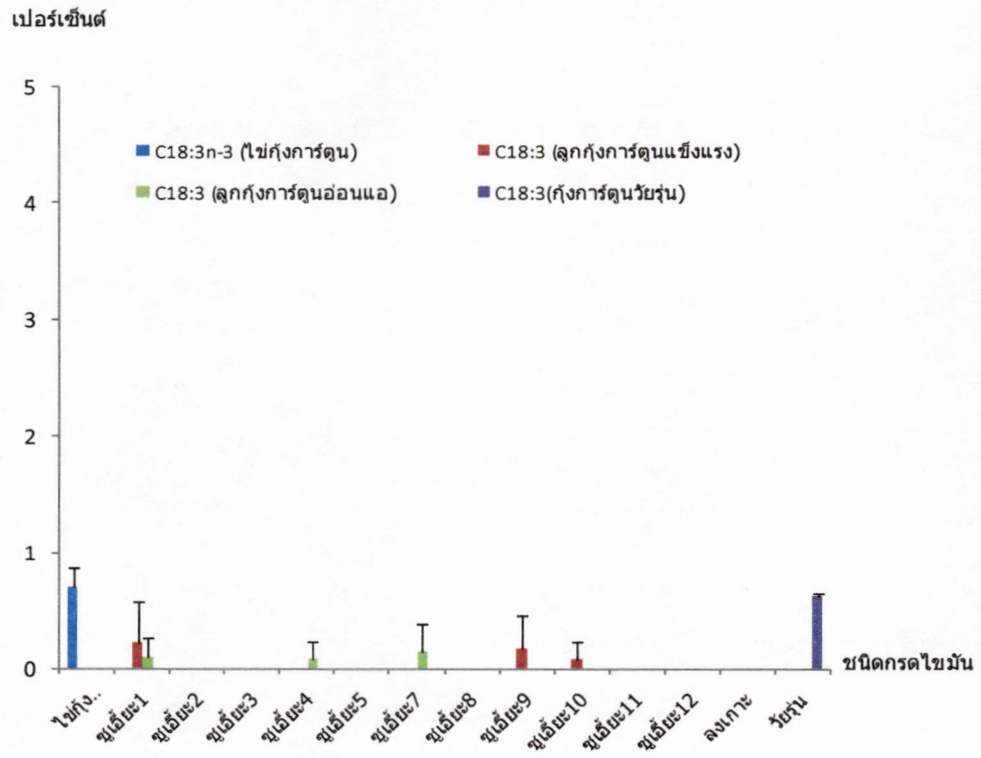


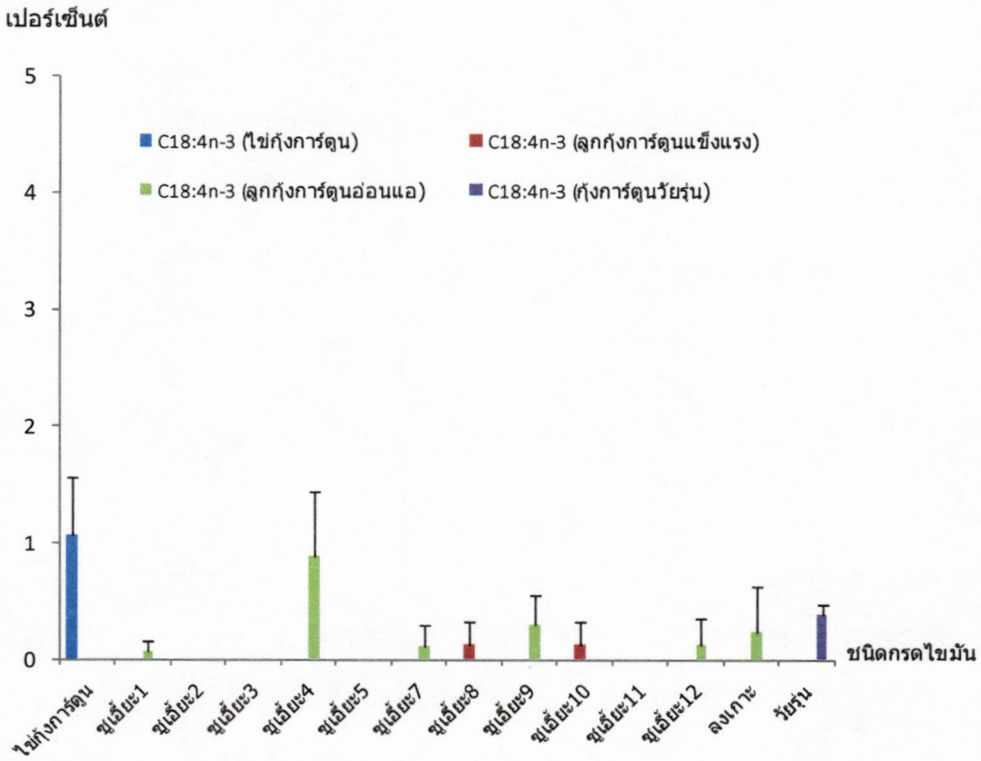
ภาพที่ 16 แสดงกรดไขมันลิโนลิอิค (C18:2n-6) และกรดไขมันเออาร์เอ (C20;4n-6) ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ) เปรียบเทียบกับกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูนการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)



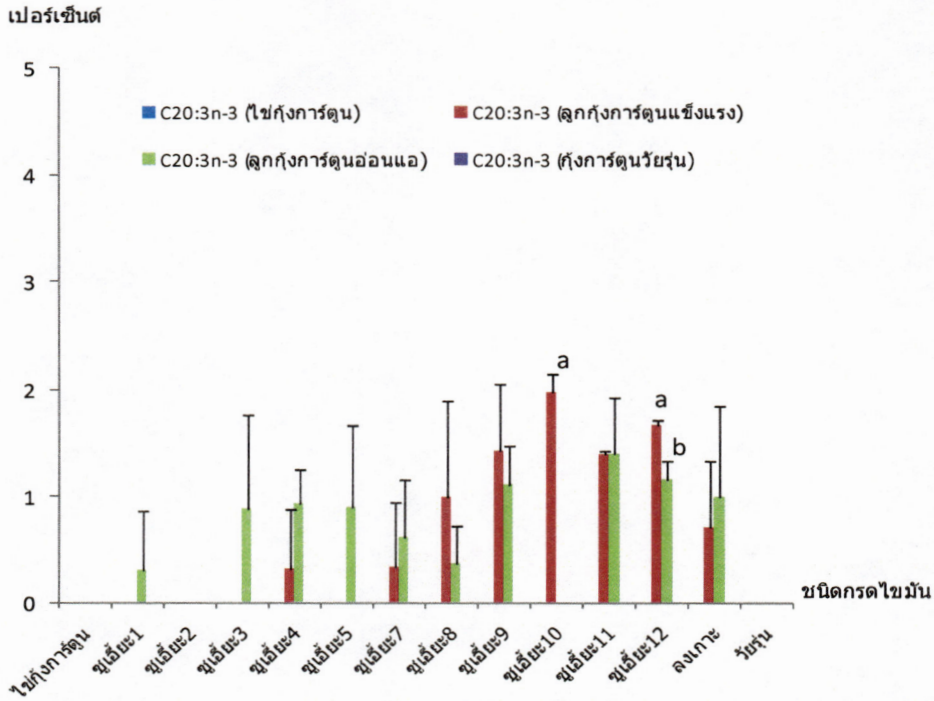


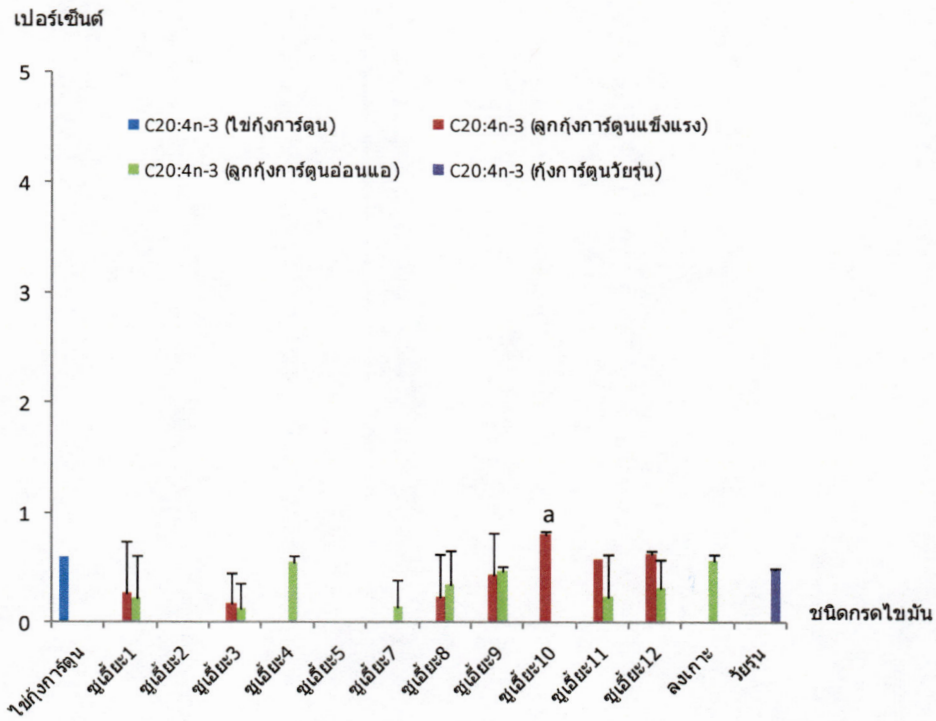
ภาพที่ 17 แสดงกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมกา 3 และโอเมกา 6 ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ) เปรียบเทียบกับกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูนการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)



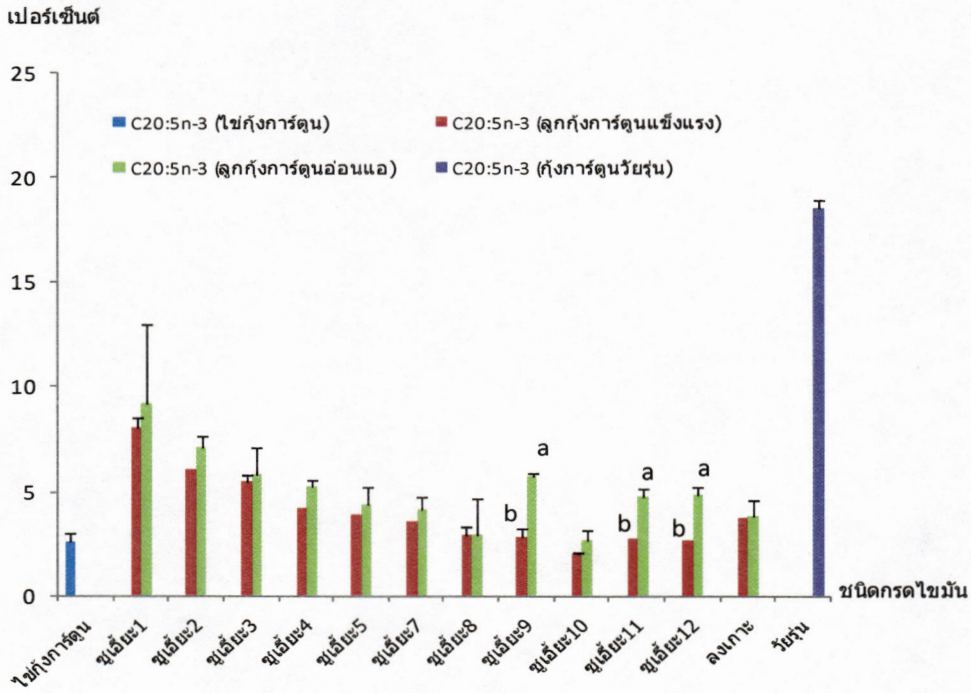


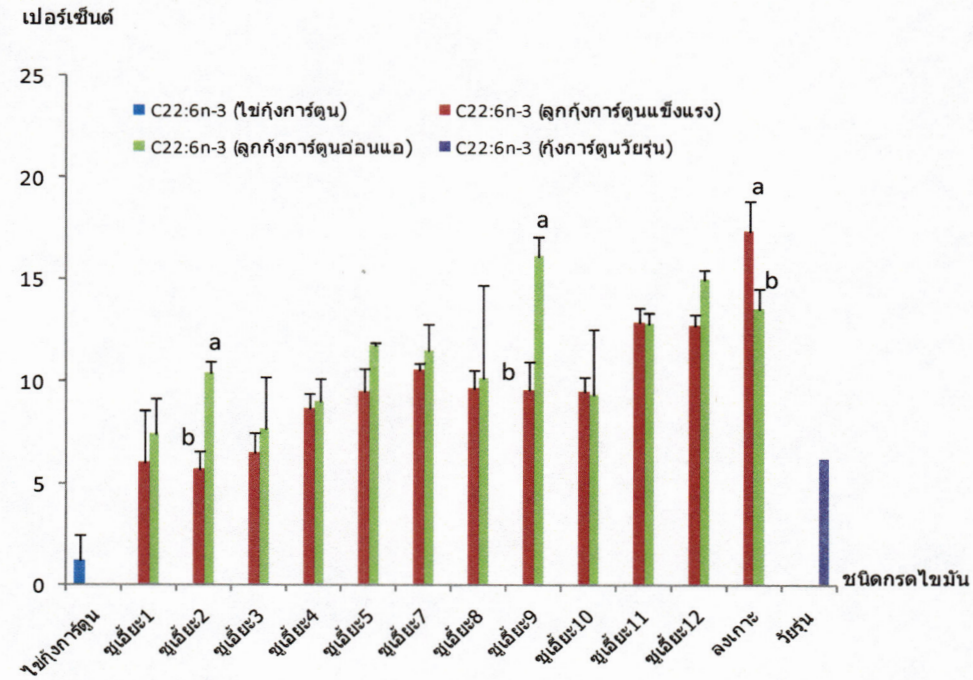
ภาพที่ 18 แสดงกรดไขมันลิโนลินิค (C18:3n-3) และ C18:4n-3 ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ) เปรียบเทียบกับกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูนการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)



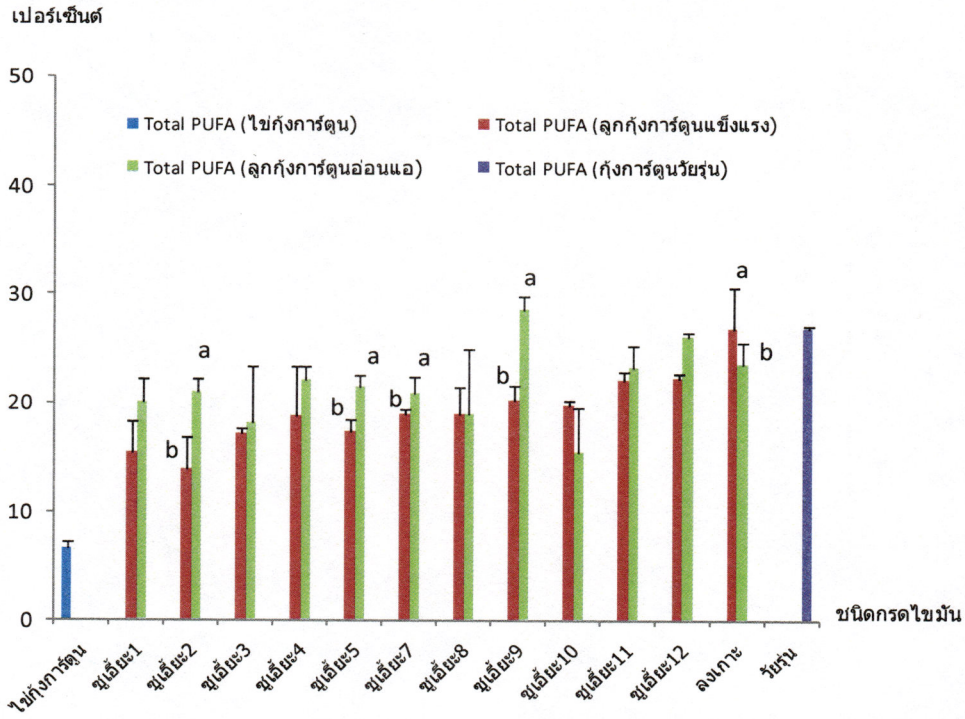


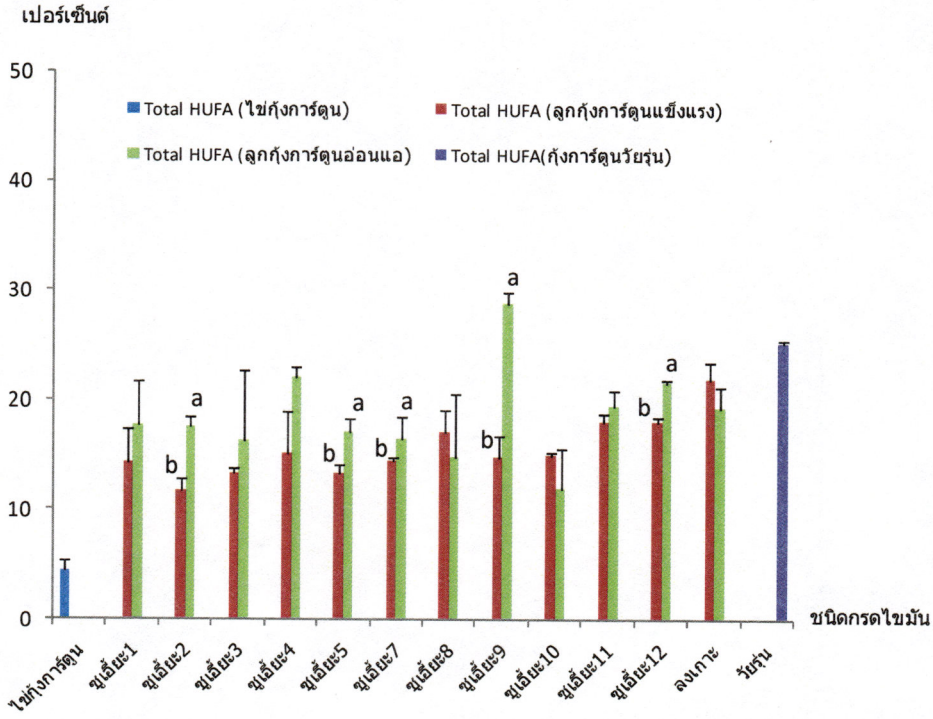
ภาพที่ 19 แสดงกรดไขมัน C20:3n-3 และ C20:4n-3 ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ) เปรียบเทียบกับกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูนการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)



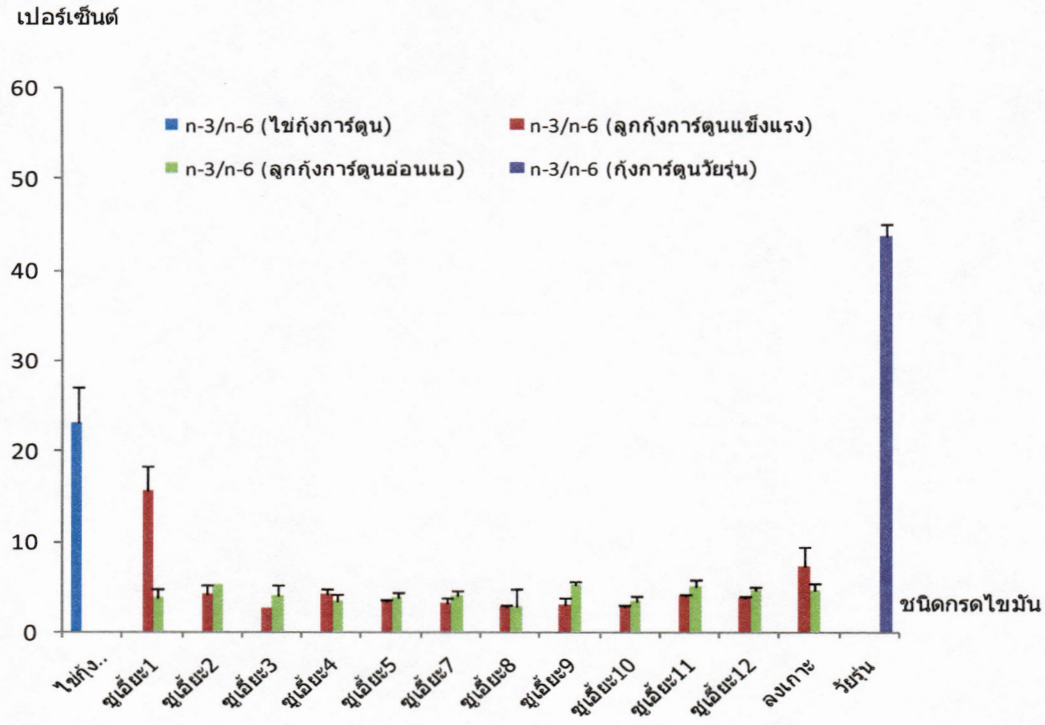


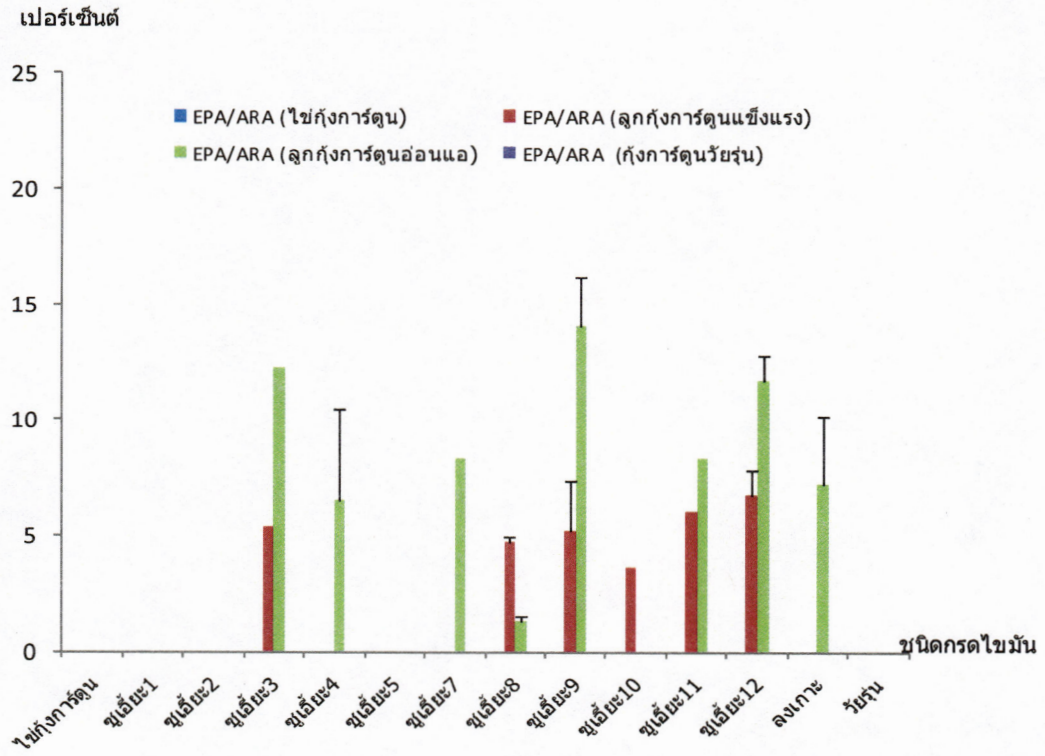
ภาพที่ 20 แสดงกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) และดีเอชเอ (C22:6n-3) ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ) เปรียบเทียบกับกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูนการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)





ภาพที่ 21 แสดงกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (n-3,n-6 PUFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนโซ่ยาว (n-3, n-6 HUFA) ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ) เปรียบเทียบกับลูกกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูนการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)





ภาพที่ 22 แสดงอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน n-3 PUFA / n-6 PUFA และกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) และอีพีเอ (C20:5n-3) ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง (ลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอ) เปรียบเทียบกับกุ้งการ์ตูนการ์ตูนจากธรรมชาติ (ไข่กุ้งการ์ตูนการ์ตูน ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น)

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

1 ไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโต

สัตว์น้ำวัยอ่อนโดยทั่วไปใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงาน และสัตว์น้ำแต่ละชนิดต้องการไขมันในปริมาณไขมันแตกต่างกัน (Sargent *et al*, 2002) ปริมาณไขมันที่ลดลงตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโตของลูกกุ้งการ์ตูนแสดงว่าลูกกุ้งการ์ตูนใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงานเพื่อการพัฒนาการเจริญเติบโตในปริมาณมากกว่าไขมันที่ลูกกุ้งการ์ตูนสะสมไว้ เนื่องจากลูกกุ้งการ์ตูนมีระยะพัฒนาในการเจริญเติบโตระยะซูเอี้ยะทั้งหมด 12 ระยะก่อนลงเกาะซึ่งเป็นระยะเวลานานกว่า 1 เดือน (วิรชาและคณะ, 2553; รินปวีร์และคณะ 2555; Fiedler, 1994, Calado, 2008) ดังนั้น ลูกกุ้งการ์ตูนจึงต้องสะสมไขมันในปริมาณมาก ในการศึกษานี้ ปริมาณไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งสูงกว่าที่พบในกุ้งทะเลชนิดอื่นๆ กุ้งกลุ่ม caridian มีปริมาณไขมันค่อนข้างสูง (Anger *et al*, 2004) ซึ่งปริมาณไขมันในลูกกุ้งผันแปรไปตามสภาพแวดล้อมที่ลูกกุ้งอาศัยอยู่ (Rosa *et al*, 2007) กุ้ง caridean, *Palaemon serratus* มีไขมันประมาณ 22 เปอร์เซนต์ (น้ำหนักแห้ง) (Narciso & Morais, 2001) และลูกกุ้งทะเล *Penaeus kerathurus* แรกเกิดมีไขมันมากกว่า 17 เปอร์เซนต์ (น้ำหนักแห้ง) (Mourente *et al*, 1995) และมากกว่ากุ้งที่อาศัยอยู่ในเขตร้อน เช่น กุ้งมังกร spiny lobster, *Jasus edwardsii* ที่มีไขมันประมาณ 7-12 เปอร์เซนต์ (น้ำหนักแห้ง) (Ritar *et al*, 2003) ปริมาณไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักอาจเป็นระดับไขมันขั้นต่ำในอาหารที่เพียงพอสำหรับลูกกุ้งการ์ตูนแรกเกิดถึงลูกกุ้งการ์ตูนระยะซูเอี้ยะ 7 และระดับไขมันในอาหารสามารถลดลงได้เมื่อลูกกุ้งการ์ตูนมีระยะพัฒนาการสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ระดับไขมันที่เหมาะสมกับความต้องการของลูกกุ้งการ์ตูนควรต้องทำการทดลองต่อไป

ปริมาณไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอที่น้อยกว่าในลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้ลูกกุ้งการ์ตูนรอดตายน้อย ลูกกุ้งสะสมพลังงานไว้ในรูปไตรกรีเซอร์ไรด์ (Håkanson, 1984; Fraser, 1989; Ouellet *et al*, 1992; Mourente *et al*, 1995) สัตว์น้ำกลุ่มกุ้งกั้งปูเจริญเติบโตโดยการลอกคราบและในการลอกคราบแต่ละครั้งต้องใช้พลังงานอย่างมาก (Calado 2008) สัตว์น้ำวัยอ่อนชนิดอื่นๆ เช่น ในกุ้งมังกร spiny lobster, *Jasus edwardsii* (Smith *et al*, 2003) กุ้ง *Jasus edwardsii* (Jeffs *et al*, 2001) ลูกม้าน้ำ *Hippocampus guttulatus* (Faleiro & Narciso, 2010; 2011) ลูกปลา Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (Rønnestad *et al*, 1995) ลูกปลา spotted wolf-fish, *Anarhichas minor* (Tveiten *et al*, 2004) เป็นต้น ใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงานในการลอกคราบเพื่อการเจริญเติบโตเช่นกัน ลูกกุ้ง *Penaeus kerathurus* ระยะนอเพลียส (nauplii) ที่ยังไม่ได้เริ่มกินอาหารจากภายนอกดำรงชีพโดยการใช้พลังงานจากไตรกรีเซอไรด์ที่สะสมไว้และปริมาณไตรกรีเซอไรด์ในลูกกุ้งลดลงตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโตแสดงว่าลูกกุ้งมีพัฒนาการเจริญเติบโตมากกว่าการสะสมพลังงาน (Mourente *et al,* 1995) ดังนั้น ลูกกุ้งการ์ตูนที่ได้รับสารอาหารในปริมาณเพียงพอกับความต้องการและเฉพาะลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงสมบูรณ์จึงสามารถพัฒนาการเข้าสู่ระยะต่อไปได้

(Raabe and Raabe, 2007;Calado 2008) แต่ถ้าปริมาณไขมันที่สะสมไว้ลดลงมากเกินไปจนกระทั่งไม่เพียงพอกับความต้องการมีผลให้สัตว์น้ำอ่อนแอ (Sargent *et al*, 2002, Faleiro & Narciso 2010) ในการศึกษานี้ ระยะเวลาที่ลูกกุ้งการ์ตูนตัวแรกและตัวสุดท้ายลงเกาะห่างกันเกือบ 2 สัปดาห์ อาจเนื่องมาจากลูกกุ้งการ์ตูนแต่ละตัวได้รับสารอาหารไม่เท่ากันมีผลให้ลูกกุ้งการ์ตูนแต่ละตัวมีพัฒนาการเจริญเติบโตไม่เท่ากัน กุ้งกลุ่ม stenopodidian และ caridian มีระยะพัฒนาการเจริญเติบโตหลายระยะและใช้เวลาในการพัฒนาการเจริญเติบโตจนถึงระยะคว่ำตัวลงเกาะวัสดุนาน เมื่อลูกกุ้งได้รับสารอาหารที่ไม่เหมาะสมมีผลให้พัฒนาการของลูกกุ้งช้าลง (delay metamorphosis) ในขณะที่การเจริญเติบโตและการลอกคราบยังคงเกิดขึ้นตลอดเวลา (Calado 2008) ดังนั้น อาหารที่ลูกกุ้งกินจึงใช้ในการดำรงชีพเพื่อให้มีชีวิตอยู่ได้และเมื่อใดที่ลูกกุ้งมีพลังงานสะสมเพียงพอและมีขนาดโตขึ้นจึงจะลอกคราบและพัฒนาการเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะต่อไปได้ตามปกติ (Knolton, 1974) แต่เมื่อลูกกุ้งสะสมพลังงานไว้ไม่เพียงพอมีผลให้ลูกกุ้งไม่สามารถลอกคราบ (Anger, 2001; Calado 2008) และตายในระหว่างการลอกคราบได้ (Ouellet *et al*, 1992)

2 กรดไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโต

ปริมาณไขมันที่มีสูงในไข่กุ้งการ์ตูนและในลูกกุ้งการ์ตูนระยะซูเอี้ยะแรกๆ สอดคล้องกับปริมาณกรดไขมันกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ที่มีมากในลูกกุ้งการ์ตูนแรกเกิดและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะแรกๆ และปริมาณไขมันที่มีน้อยในกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นและในลูกกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะสอดคล้องกับปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) โดยเฉพาะกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) และกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ที่มีมากในลูกกุ้งการ์ตูนลงเกาะและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นแสดงถึงความสำคัญของกรดไขมันแต่ละกลุ่มต่อการเจริญเติบโตในแต่ละระยะของลูกกุ้งการ์ตูน ลูกสัตว์น้ำสะสมไขมันในรูปของไตรกรีเซอรไรด์ (Triglycerides) ซึ่งมีกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) เป็นองค์ประกอบและลูกสัตว์น้ำใช้กรดไขมันสองกลุ่มนี้ในขบวนการออกซิเดชั่น (Sargent *et al.* 1989; Tocher 2003;Turnichi & Francis 2009) ในลักษณะตรงกันข้าม กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) โดยเฉพาะกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) และกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ที่มีมากในลูกกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะและในกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นแสดงว่าลูกกุ้งการ์ตูนต้องการกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) และกรดไขมันดีเอชเอ(C22:6n-3) ในการสร้างเซลล์เนื้อเยื่อร่างกายในการเจริญเติบโต เนื่องจากกรดไขมันสองชนิดนี้เป็นองค์ประกอบกรดไขมันในฟอสโฟลิปิดซึ่งเป็นไขมันที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์เมมเบรนและเซลล์กล้ามเนื้อร่างกาย (Harrison, 1990; Anger, 2001) และการที่ไม่พบกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มเออาร์เอ (C20:4n-6) ในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติที่ศึกษาในครั้งนี้แสดงว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมกา 6 มีความสำคัญต่อลูกกุ้งการ์ตูนน้อยกว่ากรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3 เช่นเดียวกับในสัตว์น้ำทะเลวัยอ่อนชนิดอื่นๆ (Sargent *et al*, 2002)

สัตว์น้ำแต่ละชนิดมีปริมาณกรดไขมันแตกต่างกันไปขึ้นกับความต้องการในแต่ละระยะพัฒนาการของสัตว์น้ำวัยอ่อน (Faleiro & Narciso, 2010) กุ้งทะเลบางชนิดมีกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) มากที่สุดประมาณ 44-45 เปอร์เซนต์และมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) มากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) เช่น กุ้ง caridean, *Alpheus saxidomus* (Wehrtmann & Graeve, 1998) กุ้ง *Chlorotocus crassicornis* (Rosa *et al*, 2007) กุ้งบางชนิดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) มากที่สุดประมาณ 43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) เช่น กุ้งทะเลสวยงาม *Lysmata seticaudata* (Calado *et al*, 2005b) กุ้งมังกร *Homarus gammarus* (Rosa *et al*, 2005) กุ้ง *Palaemonetes schmitti* (Wehrtmann & Graeve, 1998) แต่กุ้งบางชนิดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ใกล้เคียงกันและมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) เช่น กุ้ง *Macropipus tuberculatus* (Rosa *et al*, 2007) ส่วนกุ้ง *Plesionika narval* มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) มากที่สุดประมาณ 39 เปอร์เซนต์และมีกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) ใกล้เคียงกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) (Rosa *et al*, 2007) ซึ่งโดยรวมแล้วลูกกุ้งเหล่านี้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ในปริมาณใกล้เคียงกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) หรือมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ไม่แตกต่างจากกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) ในปริมาณมาก ในการศึกษาครั้งนี้ลูกกุ้งการ์ตูนแรกเกิดมีกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) เป็นองค์ประกอบประมาณ 40 เปอร์เซนต์ มากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) และมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) ในขณะที่กุ้งการ์ตูนวัยรุ่นมีกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ในปริมาณใกล้เคียงกันคือประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงทั้งลูกกุ้งการ์ตูนแข็งแรงและลูกกุ้งการ์ตูนอ่อนแอมีองค์ประกอบกรดไขมันแนวทางเดียวกันและมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) มากที่สุด ซึ่งองค์ประกอบกรดไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนทุกลุ่มที่ศึกษาครั้งนี้แตกต่างจากลูกกุ้งcaridean, *Polybius henslowii* (Rosa *et al*, 2007) กุ้ง *Palaemon serratus* และ *Palaemon elegans* (Morais *et al*, 2002) ที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) มากที่สุดประมาณ 47-49 เปอร์เซ็นต์และมีกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ในปริมาณใกล้เคียงกัน แต่องค์ประกอบกรดไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงคล้ายคลึงกับกุ้งทะเล *Nephrops novegicus* (Rosa *et al*, 2003) และกุ้ง *Plesionika martia martia* (Morais *et al*, 2002) ที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) มากที่สุดประมาณ 40 เปอร์เซนต์และมีกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) มากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA)

ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่สะสมในตัวสัตว์น้ำมีลักษณะคล้ายคลึงกับกรดไขมันในสัตว์น้ำที่เป็นอาหาร (Mourente *et al*, 1995) ดังนั้น องค์ประกอบกรดไขมันในแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นอาหารของสัตว์น้ำในธรรมชาติอาจจะเป็นกรดไขมันที่ใกล้เคียงกับกรดไขมันที่สัตว์น้ำต้องการ (Hamre *et*

al., 2008) และใกล้เคียงกับกรดไขมันที่ได้รับจากอาหารและที่สะสมในสัตว์น้ำด้วย (Fernandez-Reiriz *et al.*, 2011; Leonardos & Lucas, 2000) ดังนั้น องค์ประกอบกรดไขมันในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติเป็นกรดไขมันที่เหมาะสมในการนำมาปรับใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูน และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่ากุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีองค์ประกอบกรดไขมันแตกต่างกันแสดงถึงความไม่เหมาะสมของกรดไขมันในอาหารที่ใช้เลี้ยงลูกกุ้งการ์ตูน ปริมาณกรดไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนแรกเกิดคล้ายคลึงกับในไข่กุ้งการ์ตูนเนื่องมาจากลูกกุ้งการ์ตูนแรกเกิดอาศัยสารอาหารที่สะสมในไข่เพื่อการเจริญเติบโต (Mourente *et al*, 1995) เช่นเดียวกับสัตว์น้ำอื่นๆ เช่น ลูกม้าน้ำ *H. guttatus* (Faleiro & Narciso, L. 2010) เป็นต้น ในการศึกษานี้ตลอดการทดลองให้แม่กุ้งการ์ตูนกินดาวแดงซึ่งเป็นอาหารในธรรมชาติ (Calado, 2008; รินปวีร์และคณะ, 2555) ดังนั้นกรดไขมันที่พบในลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักส่วนหนึ่งเป็นกรดไขมันที่ถ่ายทอดจากดาวแดงผ่านแม่กุ้งการ์ตูนมาสะสมในไข่กุ้งการ์ตูนและในลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักด้วยและอีกส่วนหนึ่งเป็นองค์ประกอบกรดไขมันในแม่กุ้งการ์ตูน ดังนั้น กรดไขมันในลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักในการศึกษาครั้งนี้จึงควรเป็นสัดส่วนกรดไขมันที่ใกล้เคียงกับความต้องการกรดไขมันของลูกกุ้งการ์ตูนในระยะพัฒนาการแรกๆของการเจริญเติบโต และกรดไขมันในกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นจึงควรเป็นกรดไขมันที่ใกล้เคียงกับลูกกุ้งการ์ตูนลูกกุ้งระยะลงเกาะต้องการ ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) มากกว่ากรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) และมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) โดยเฉพาะกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) และดีเอชเอ (C22:6n-3) เนื่องมาจากอาร์ทีเมียแรกฟักที่ให้กินแพลงก์ตอนพืชผสมระหว่างเตตร้าเซลมิส คีโตเซอรอสและไอโซไครซิสอัตรส่วน 1:0.0:0.5 มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์และมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) ประมาณ 4 เท่า ซึ่งองค์ประกอบกรดไขมันในแพลงก์ตอนพืชที่แตกต่างกันและไม่เหมาะสมมีผลต่อการรอดตายของสัตว์น้ำวัยอ่อน (Fernandez-Reiriz *et al*, 2011) ปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ที่ต่ำกว่ากรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงซึ่งตรงกันข้ามกับกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นจากธรรมชาติที่มีปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) มากกว่ากรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ประกอบกับลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงรอดตายน้อยแสดงว่าลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงที่ให้กินอาร์ทีเมียและเสริมด้วยแพลงก์พืชเหล่านี้มีกรดไขมันไม่เหมาะสมและมีผลให้ลูกกุ้งการ์ตูนได้รับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 (n-3 PUFA) ไม่เพียงพอกับความต้องการ ลูกม้าน้ำ *H. guttatus* มีอัตราการรอดตายต่ำเมื่อเลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ในปริมาณสูงและมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) ในปริมาณต่ำ และลูกม้าน้ำมีอัตราการรอดตายมากขึ้นเมื่อเลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนโซ่ยาว (HUFA) และกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) ในปริมาณสูงแต่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ในปริมาณต่ำ ผู้วิจัยสรุปว่าอาร์ทีเมียมีคุณค่าทางอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกม้าน้ำโดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) และกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) (Faleiro & Narciso, 2011)

กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์เนื้อเยื่อสัตว์น้ำสะท้อนถึงผลของการเมตะบอลิสซึม และ/หรือสะท้อนถึงระดับกรดไขมันที่มีในอาหารของสัตว์น้ำ ดังนั้น ความแตกต่างระหว่างกรดไขมันในเนื้อเยื่อสัตว์และในอาหารบ่งบอกว่าสัตว์น้ำเลือกที่จะใช้กรดไขมันชนิดใดในการเผาผลาญเป็นแหล่งพลังงานหรือเลือกที่จะสะสมกรดไขมันชนิดนั้นๆเป็นองค์ประกอบเซลล์ร่างกาย (Torstensen *et al.* 2004) กุ้งการ์ตูนทุกกลุ่มมีกรดไขมันชนิดปาล์มิติค (C16:0) กรดไขมันเสตียริค (C18:0) กรดไขมันปาล์มิโตลิอิค (C16:1n-7) และกรดไขมันโอลิอิค (C18:1n-9) เป็นองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของสัตว์น้ำทะเลที่มีกรดไขมันเหล่านี้เป็นองค์ประกอบกรดไขมันหลัก เช่น หมึก cephalopods (Navarro & Villanueva, 2000) กุ้งมังกร spiny lobster, *Jasus edwardsii* (Smith,*et al*, 2003); spiny lobster, *Panulirus homarus* (Chakraborty *et al*, 2010); ลูกกุ้งหลังแดงแรกเกิด *L. amboinensis* (Calado *et al*, 2009) กุ้ง caridians. *P. seratus* (Narciso & Morais, 2001) กุ้งก้ามกราม *M. rosenbergii* (Roustaian *et al*, 1999), กุ้ง penaeids, *P. japonicas*, *P. semisulcatus* and *P. monodon* (D'Souza & Loneragan, 1999) หอยสองฝา (clam), *Venerupis pullastra* (Fernandez-Reiriz *et al*, 2011) ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงทุกระยะมีกรดไขมัน กรดไขมันปาล์มิโตลิอิค (C16:1n-7) และกรดไขมันโอลิอิค (C18:1n-9) น้อยกว่าในอาร์ทีเมีย นอกจากนี้ ปริมาณกรดไขมันสองชนิดนี้ลดลงอย่างมากในลูกกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะ แสดงว่าลูกกุ้งการ์ตูนเลือกใช้กรดไขมันเหล่านี้เป็นแหล่งพลังงาน (Henderson, 1996; Sargent *et al.* 1989; 2002; Tocher 2003) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (PUFA) ปลาทะเลเลือกใช้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) เป็นแหล่งพลังงานมากที่สุด (Sargent *et al*, 2002) กรดไขมันที่มีโซ่สั้นและมีจุดหลอมเหลวต่ำถูกย่อยและดูดซึมไปใช้ได้ดีกว่ากรดไขมันที่มีจุดหลอมเหลวสูงและดังนั้นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว(MUFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) จึงถูกดูดซึมนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการออกซิเดชั่นได้ดีกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (SFA) (Leger 1985 Sargent *et al.* 1989; Tocher 2003) ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีปริมาณกรดไขมันปาล์มิติค (C16:0) กรดไขมันเสตียริค (C18:0) และกรดไขมันชนิด C20:0 และ C22:0 มากกว่าในอาร์ทีเมีย แต่ปริมาณกรดไขมันเหล่านี้ค่อนข้างคงที่และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงโดยเฉพาะในลูกกุ้งระยะพัฒนาหลังๆ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของกรดไขมัน C20:0 และ C22:0 ที่เป็นกรดไขมันกรดไขมันอิ่มตัวโซ่ยาวเนื่องมาจากการนำไปใช้ในกระบวนการออกซิเดชั่นยากกว่าการใช้กรดไขมันโซ่สั้น (Olsen, 1998) การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันเหล่านี้พบได้ในสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ เช่นกัน เช่น ลูกกุ้งหลังแดง *Lysmata amboinensis* (Calado *et al*, 2005b; 2009; Calado, 2008) spiny lobster, *Jasus edwardsii* (Smith,*et al*, 2003) ลูกปลา common dentex, *Dentex dentex* (Gimenez *et al*, 2008) ปริมาณกรดไขมันที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากทั้งการสังเคราะห์จากกรดไขมันโซ่สั้นและจากการสะสมจากการกินอาหารที่มีปริมาณกรดไขมันเหล่านี้มากกว่าความต้องการ (Olsen, 1998; Smith *et al*, 2003) แต่การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) เหล่านี้ในปริมาณน้อยแสดงว่าลูกกุ้งการ์ตูนใช้กรดไขมันเหล่านี้ในปริมาณน้อยกว่าการสะสมและน้อยกว่าการ

ใช้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) จากการทดลองพบว่ากุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (MUFA) ลดลงมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (SFA) ซึ่งพบได้ในลูกกุ้งหรือสัตว์น้ำชนิดอื่นๆที่ใช้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวเป็นแหล่งพลังงานเช่นกัน ดังเช่น กุ้งมังกร spiny lobster, *Jasus edwardsii* (Smith,*et al*, 2003) กุ้งก้ามกราม *Macrobrachium rosenbergii* (Cavalli *et al*, 2001) กุ้ง Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (Rosa *et al*, 2003) ลูกกุ้ง *L. amboinensis* (Calado *et al*, 2008) ลูกม้าน้ำแรกเกิด *H. guttatus* (Faleiro & Narciso, 2010) ลูกปลา spotted wolf-fish, *Anarhichas minor* (Tveiten *et al*, 2004) และลูกปลา common dentex, *Dentex dentex* (Gimenez *et al*, 2008) เป็นต้น

อัตราส่วนกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3 ต่อโอเมกา 6 (n3/n6) เป็นดัชนีสำคัญบ่งบอกความต้องการกรดไขมันในแต่ละกลุ่มเพื่อการเจริญเติบโต (Sargent 1995; Holman, 1986) กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติมีอัตราส่วนกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3ต่อโอเมกา 6 (n3/n6) สูงกว่ากุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงเนื่องมาจากมีกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) และดีเอชเอ (C22:6n-3) สูงกว่ากรดไขมันชนิดอื่นในกลุ่มโอเมกา 3 ต่อโอเมกา 6 (n3/n6) โดยลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นมีอัตราส่วนกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 ต่อโอเมก้า 6 (n3/n6) เท่ากับ 16:1 และ44:1 ตามลำดับ แต่ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีอัตราส่วนของกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3 ต่อโอเมกา 6 ต่ำและเมื่อลูกกุ้งการ์ตูนลงเกาะมีอัตราส่วนกรดไขมันสองกลุ่มนี้เท่ากับ 7 ในการศึกษาครั้งนี้ กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติมีอัตราส่วนกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3 ต่อ โอเมกา 6 (n3/n6) สูงซึ่งแตกต่างจากกุ้งทะเลชนิดอื่นๆ ที่มีอัตราส่วนกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3 ต่อโอเมกา 6 (n3/n6) ต่ำ เช่น กุ้งทะเลสวยงาม *Lysmata seticaudata* มีอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3 และ โอเมกา 6 (n3/n6) ประมาณ 0.6 (Calado *et al*, 2005b) กุ้งมังกร spiny lobster (*Panulirus homarus*) แรกฟักมีอัตราส่วนโอเมกา 3 ต่อโอเมกา 6 (n3/n6) เท่ากับ 0.81 (Chakraborty *et al*, 2010) การที่ลูกกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติมีอัตราส่วนกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3 ต่อ โอเมกา 6 (n3/n6) สูงเนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 6 น้อยกว่า 1 เปอร์เซนต์และมีเฉพาะกรดไขมันลิโนลิอิค (C18:2n-6) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งอัตราส่วนกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3 ต่อโอเมกา 6 (n3/n6) ที่มีค่าสูงแสดงว่าลูกกุ้งต้องการกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนโซ่ยาวกลุ่มโอเมก้า 3 (n-3 HUFA) โดยเฉพาะกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) และดีเอชเอ (C22:6n-3) ในปริมาณสูงและมีความต้องการกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนโซ่ยาวกลุ่มโอเมก้า 6 (n-6 HUFA) จำกัดเช่นเดียวกับสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ (Calado *et al*, 2009, Xu, *et al*, 1994; Wickens *et al*, 1995)

ความสำคัญของกรดไขมันกรดไขมันเออาร์เอ (C20:4n-6) ต่อสัตว์น้ำแตกต่างกันไป กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนระยะแรกฟักไม่พบกรดไขมันเออาร์เอ (C20:4n-6) แต่ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงที่มีระยะพัฒนาการสูงขึ้นพบกรดไขมันเออาร์เอ (C20:4n-6) ในปริมาณใกล้เคียงกับที่พบในลูกม้าน้ำคือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (Faleiro & Narciso, 2010) ในกุ้งทะเลชนิดอื่นๆ มีกรดไขมันเออาร์เอ (C20:4n-6) มากกว่าลูกกุ้งการ์ตูนที่ศึกษาครั้งนี้ กุ้งมังกร phyllosoma spiny

lobster, *Jasus edwardsii*, มีเออาร์เอประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ (Smith *et al*, 2003) และ 6.6 เปอร์เซ็นต์ (Smith *et al*, 2004) ดังนั้นการที่ไม่พบกรดไขมันเออาร์เอ (C20-4n-6) ในกุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติและในลูกกุ้งการ์ตูนระยะแรกอาจเนื่องมาจากกุ้งการ์ตูนต้องการกรดไขมันเออาร์เอ (C20-4n-6) ในปริมาณน้อย Suprayudi, Takeuchi & Hamasaki (2004) รายงานว่าระดับกรดไขมันเออาร์เอ (C20:4n-6) ในอาหารประมาณ 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์อาจจะเพียงพอต่อความต้องการของลูกปูทะเล *S. serrata* ในช่วงที่ให้กินอาร์ทีเมียเพราะว่าระดับกรดไขมันเออาร์เอที่สูงกว่านี้ไม่ได้มีส่วนช่วยในการเพิ่มการรอดตายหรือเร่งให้ลูกปูทะเล *S. serrata* ลอกคราบเร็วขึ้น กรดไขมันเออาร์เอ (C20:4n-6) และอีพีเอ (C20:5n-3) เป็นสารตั้งต้นของฮอร์โมนกลุ่ม eicosanoid ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองทางด้านภูมิคุ้มกันของสัตว์น้ำ (Rowley *et al*, 1995; Mustafa & Srivastava (1989) สัตว์น้ำทั่วไปมีความต้องการกรดไขมันเออาร์เอ (C20:4n-6) ในปริมาณน้อยกว่ากรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) และดีเอชเอ (C22:6n-3) แต่ปริมาณความต้องการในสัตว์น้ำแต่ละชนิดแตกต่างกันซึ่งสภาวะแวดล้อมมีผลต่อความต้องการกรดไขมันชนิดนี้ (Bell and Sargent, 2003) สัตว์น้ำที่อยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม มีความต้องการกรดไขมันเออาร์เอสูงในขณะที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต้องการกรดไขมันเออาร์เอน้อย (Sargent *et al*, 1999) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าการอนุบาลลูกกุ้งในระบบที่ใส่แพลงก์ตอนพืชลงในถังนุบาลช่วยลดความเครียดในลูกกุ้ง มังกร spiny lobster, *Panulirus homarus* (Chakraborty *et al*, 2010) ดังนั้น การพบกรดไขมันเออาร์เอ (C20-4n-6) ปริมาณเล็กน้อยในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงระยะพัฒนาบางระยะแต่ไม่พบกรดไขมันเออาร์เอ (C20-4n-6) ในกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะควรจะมาจากลูกกุ้งการ์ตูนใช้กรดไขมันเออาร์เอ (C20-4n-6) เป็นแหล่งพลังงานในปริมาณที่น้อยกว่ากรดไขมันชนิดอื่นๆมากกว่าการเครียดจากสภาพแวดล้อม

กรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) และอีพีเอ (C20:5n-3) เป็นกรดไขมันหลักในฟอสโฟลิปิดที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเซลล์เมมแบรน (Stubhuang *et al*, 2007; Tocher,2003; 2010) กรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) มีปริมาณมากในเซลล์อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับสมองและการมองเห็น (Watanabe, 1993; Lauritzen *et al*, 2001; Tocher, 2003) และมีความสำคัญต่อการรอดตายและพัฒนาการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำวัยอ่อนรวมทั้งสัตว์กลุ่มกุ้งกั้งปู (Furuita *et al*, 2007; Takeuchi, 1997; Takeuchi *et al*,1999; Hamasaki *et al*, 2002; Suprayudi *et al*, 2002ab) ปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) และดีเอชเอ (C22:6n-3) ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงที่มีมากกว่าในอาร์ทีเมียแรกฟักที่เป็นอาหารแสดงว่าลูกกุ้งการ์ตูนสะสมกรดไขมันสองชนิดนี้เพื่อเป็นองค์ประกอบเซลล์กล้ามเนื้อ นอกจากนี้ เมื่อลูกกุ้งการ์ตูนมีพัฒนาการเจริญเติบโตที่สูงขึ้นมีปริมาณกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) เพิ่มขึ้นแต่ปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ไม่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การที่กรดไขมันอีพีเอไม่ลดลงไปมากกว่าเดิมแสดงว่านอกจากลูกกุ้งการ์ตูนใช้กรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) และดีเอชเอ (C22:6n-3)ในการสร้างเซล์กล้ามเนื้อในการเจริญเติบโตแล้ว ลูกกุ้งการ์ตูนยังใช้กรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ในการเมตตะบอลิสซึมด้วย (Sargent *et al.* 1989; Tocher 2003, 2010; Codabaccus *et al*, 2012; Stubhuang *et al*, 2007) ดังเช่นที่พบในลูกกุ้งทะเลสวยงาม *Lysmata amboinensis* (Calado *et al*,

2009) การสะสมกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) เป็นลักษณะที่พบได้ในสัตว์น้ำทั่วไป (Henderson & Tocher 1987) ลูกกุ้ง *Penaeus kerathurus* มีปริมาณกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) เพิ่มขึ้นเมื่อลูกกุ้งมีการเจริญเติบโตมากขึ้น (Mourente *et al*, 1995) ในการศึกษาครั้งนี้กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติ (ลูกกุ้งการ์ตูนแรกฟักและกุ้งการ์ตูนวัยรุ่น) มีกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ในปริมาณใกล้เคียงกันคือประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่ากุ้งการ์ตูนวัยรุ่นที่มีกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) สูงถึง 19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตรงกันข้ามกับลูกกุ้งจากการเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) มากกว่าในกุ้งธรรมชาติโดยเฉพาะลูกกุ้งการ์ตูนระยะลงเกาะมีปริมาณกรดมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ที่เท่ากันในลูกกุ้งการ์ตูนแรกเกิดและในกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นอาจจะเพียงพอต่อความต้องการในการเจริญเติบโตของลูกกุ้งการ์ตูน ดังนั้น การอนุบาลครั้งนี้ ลูกกุ้งการ์ตูนมีปริมาณกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) มากเพียงพอต่อความต้องการในการเจริญเติบโต แต่ลูกกุ้งจากการเพาะเลี้ยงมีปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์และปริมาณกรดไขมันขนิดนี้ไม่เพิ่มขึ้นขึ้นตลอดระยะพัฒนาการเจริญเติบโตอาจมีสาเหตุมาจากลูกกุ้งการ์ตูนสะสมกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ได้ในปริมาณน้อยกว่าการนำไปใช้มีผลให้มีปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ไม่เพียงพอต่อความต้องการและอาจเป็นปัจจัยหนึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของลูกกุ้งการ์ตูนในการศึกษาครั้งนี้ ลูกปูม้า *Portunus trituberculatus* ที่ได้รับกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ในอาหารไม่เพียงพอ (Takeuchi *et al*, 1999b) และลูกปูทะเล *Scylla serrata* (Hamasaki *et al*, 2002; Suprayudi *et al*, 2002ab) กินอาหารที่มีปริมาณกรดไขมันอีพีเอที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการมีผลให้ลูกปูทั้งสองชนิดไม่สามารถลอกคราบสู่ระยะต่อไปได้และตายในระยะต่อมา แต่ลูกปูม้า*Portunus trituberculatus* ที่ได้รับกรดไขมันดีเอชเอในปริมาณเพียงพอ ลูกปูม้าลอกคราบบ่อยขึ้นและมีความกว้างของกระดองปูเพิ่มมากขึ้น (Takeuchi *et al*, 1999b) นอกจากนี้ ลูกหอย *Venerupis pullastra* (Fernandez-Reiriz *et al*, 2011) และ *Pecten maximus* (Delauney *et al*, 1993) ลงเกาะได้น้อยลงเมื่อกินอาหารที่มีกรดไขมันดีเอชเอไม่เพียงพอ

อัตราส่วนที่เหมาะสมของกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่อ อีพีเอ (C20:5n-3) มีผลต่อการรอดตายและการพัฒนาการเจริญเติบโตของลูกกุ้ง *Lysmata debelius* (Palmtag & Holt, 2007) ลูกกุ้ง *L. amboinensis* (Tziouveli & Smith, 2012) ในกุ้งทะเลทั่วไปมีปริมาณกรดมันอีพีเอ (C20:5n-3) มากกว่ากรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ซึ่งตรงกันข้ามกับปลาทะเลที่มีกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) มากกว่ากรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) (Faleiro & Narciso, 2010) แต่อย่างไรก็ตาม ลูกกุ้งทะเลบางชนิดก็มีกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) น้อยกว่ากรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3)เช่นกัน (Rosa *et al*, 2007) ในการศึกษาครั้งนี้กุ้งการ์ตูนจากธรรมชาติมีกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) น้อยกว่ากรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) คล้ายกับกุ้งทะเลทั่วไปและมีอัตราส่วนของกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) ประมาณ 0.3-0.8 และมีอัตราส่วนกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) ไม่แตกต่างกับลูกกุ้งทะเลชนิดอื่นๆ เช่น ลูกกุ้งมังกรแรกเกิด spiny lobster, *Jasus edwardsii* มีอัตราส่วนระหว่างดีเอชเอ (C22:6n-3)ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) เท่ากับ 0.9 (Smith,*et al*, 2003) ลูกกุ้งspiny

lobster, *Jasus edwardsii*, ระยะ phyllosoma จากธรรมชาติ (Smith *et al*, 2004) และ spiny lobster, *Panulirus homarus* ระยะแรกฟักมีอัตราส่วนดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) เท่ากับ 0.5 และ 0.4 ตามลำดับ (Chakraborty *et al*, 2010) ลูกกุ้งทะเลสวยงาม *Lysmata seticaudata* มีอัตราส่วนดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) ประมาณ 0.6 (Calado *et al*, 2005b) ลูกกุ้ง *Palaemon serratus* มีอัตราส่วนดีเอชเอต่ออีพีเอประมาณ 0.4 (Morais *et al*, 2002) ลูกกุ้ง *Alpheus saxidomus* (Wehrtmann and Graeve, 1998) และลูกกุ้ง *Palaemon elegans* (Morais *et al*, 2002) มีอัตราส่วนดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) ประมาณ 0.2 เป็นต้น อัตราส่วนกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) ที่ใกล้เคียงกับลูกกุ้งแรกเกิดเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมและลูกกุ้ง *Lysmata amboinensis* รอดตายมากขึ้น (Calado *et al*, 2008; Calado *et al*, 2009) ลูกกุ้งทะเลสวยงาม *L. amboinensis* แรกเกิดที่มีอัตราส่วนดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) เท่ากับ 1 สามารถลอกคราบไปสู่ระยะซูเอี้ยะ 2 ได้ (Tziouveli & Smith 2012) เช่นเดียวกับลูกกุ้งมังกร spiny lobster, *Jasus edwardsii* ระยะ phyllosoma ที่อดอาหาร 3 วันและมีอัตราส่วนกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) เท่ากับ 1 สามารถลอกคราบไปสู่ระยะซูเอี้ยะ 2 ได้เช่นกัน (Smith *et al*, 2004) แต่ลูกกุ้งทะเลสวยงาม *L. amboinensis* ที่อดอาหาร 3 วันและมีอัตราส่วนกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) ประมาณ 3.7 ไม่สามารถลอกคราบไปสู่ระยะซูเอี้ยะ 2 ได้ (Calado *et al*, 2008) แสดงว่าอัตราส่วนกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) ที่มีค่าต่ำเหมาะสมต่อการรอดตายและการพัฒนาการของลูกกุ้งมากกว่าอัตราส่วน ดีเอชเอ(C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) ที่มีสูง (Biswas *et al*, 2006; Woods, 2003) ในการศึกษาครั้งนี้ ลูกกุ้งการ์ตูนแรกเกิดและในกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นมีอัตราส่วนกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) น้อยกว่า 1 แต่ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงระยะซูเอี้ยะ 6 ขึ้นไปมีอัตราส่วนกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) มากกว่า 3 และเมื่อลูกกุ้งการ์ตูนลงเกาะมีอัตราส่วนกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) เท่ากับ 4.7 ซึ่งสูงกว่ากุ้งการ์ตูนวัยรุ่นจากธรรมชาติประมาณ 5 เท่า ซึ่งอัตราส่วนกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) เท่ากับ 4.7 อาจเป็นอัตราส่วนสูงสุดที่ลูกกุ้งการ์ตูนจากการศึกษาครั้งนี้สามารถลอกคราบและลงเกาะได้แต่อาจไม่ใช่อัตราส่วนที่เหมาะสมเนื่องจากจำนวนลูกกุ้งการ์ตูนลงเกาะน้อยและยังพบลูกกุ้งการ์ตูนตายหลังจากลงเกาะด้วย ซึ่งอัตราส่วนดีเอชเอ(C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) ที่ไม่เหมาะสมจึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งมีผลต่อการรอดตายของลูกกุ้งการ์ตูนจากการศึกษาครั้งนี้ ดังนั้น การอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูนด้วยอาหารที่มีกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) สูงกว่ากรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) และมีอัตราส่วนกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ต่ออีพีเอ (C20:5n-3) ประมาณ 0.5-1 ซึ่งใกล้เคียงกับกับในกุ้งการ์ตูนธรรมชาติ จึงเป็นอัตราส่วนที่ควรจะต้องทำการศึกษาต่อไป

กุ้งทะเลสามารถสังเคราะห์กรดไขมันได้เองจาก acetate (Kanasawa *et al*, 1979) แต่การสังเคราะห์กรดไขมันของกุ้งมีข้อจำกัดเช่นเดียวกับในสัตว์น้ำอื่นๆ Watanabe *et al*, 1989; Takeuchi *et al*, 1990;1992; D'Abramo and Sheen, 1993) และไม่พอเพียงต่อความต้องการ (Sargent, *et al*, 2002; Deering *et al*, 1997; Merican & Shim, 1996) สัตว์น้ำวัยอ่อนสังเคราะห์กรดไขมันปริมาณ

มากเนื่องจากระบบการทำงานของร่างกายยังพัฒนาการไม่สมบูรณ์ (Faleiro & Narciso, 2011) ในการศึกษานี้ ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีปริมาณกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) และอีพีเอ (C22:6n3) มากกว่าในอาร์ทีเมียแรกฟักแต่มีกรดไขมันลิโนลินิค (C18:3n-3) น้อยกว่าในอาร์ทีเมียแรกฟัก ดังนั้น การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) และอีพีเอ (C22:6n3) ในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงเพิ่มขึ้นจากการกินอาหารมากกว่าการสังเคราะห์จากกรดไขมันลิโนลินิค (C18:3n-3) นอกจากนี้ ลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงมีปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) น้อยกว่าในกุ้งการ์ตูนวัยรุ่นจากธรรมชาติมาก ประกอบกับไม่พบกรดไขมันลิโนลีนิค (C18:3n-3) เป็นองค์ประกอบในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงแต่พบกรดไขมันตัวกลางในการสังเคราะห์กรดไขมัน เช่น C18:4n-3, C20:3n-3 และ C20:4n-3 ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ากรดไขมันลิโนลินิค(C18:3n-3) ถูกใช้ทั้งในกระบวนการเมตตะบอลิสซึมและถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดไขมันโซ่ยาวกลุ่มโอเมกา 3 (Sargent *et al*, 2002) ปริมาณกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) ที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะพัฒนาการ แต่ปริมาณกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ไม่เพิ่มขึ้นแสดงว่าลูกกุ้งการ์ตูนไม่ได้สังเคราะห์กรดไขมันดีเอชเอไปยังอีพีเอเช่นเดียวกับลูกม้าน้ำ (Faleiro & Narciso, 2011)

ข้อเสนอแนะ

1. ผลการศึกษานี้ได้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาการอนุบาลลูกกุ้งการ์ตูนด้วยวิธีการเสริมอาหารเทคนิคต่าง ๆกัน เช่น การเลือกชนิดและอัตราส่วนการใช้แพลงก์ตอนพืชหรือการเสริมกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ในอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์โดยตรง หรือ การเสริมกรดไขมันอีพีเอ (C20:5n-3) ในแพลงก์ตอนสัตว์ (enrichment) ร่วมกับการใช้แพลงก์ตอนพืชเพื่อให้มีปริมาณกรดไขมันอีพีเอใกล้เคียงกับในกุ้งธรรมชาติมากที่สุด
2. การเลือกใช้แพลงก์ตอนสัตว์ชนิดอื่น ๆที่มีคุณค่าทางอาหารเหมาะสมกว่าอาร์ทีเมียแรกฟัก
3. การอนุบาลในระบบปิดแทนการอนุบาลโดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำเพราะสามารถควบคุมคุณภาพน้ำได้ดีกว่าการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

ผลผลิต

1. ผลงานตีพิมพ์ในสารสารวิชาการทั้งในระดับชาติและนานาชาติ -
2. การจดสิทธิบัตร -
3. ผลงานเชิงพาณิชย์ -
4. ผลงานเชิงสาธารณะ -

บรรณานุกรม

รินปวีร์ เกตุมณี ปริญญา สุทธินนท์ สมพิศ แย้มเกษม และวาริช ตนุภัทรสรณ์ 2555 การอนุบาลกุ้งตัวตลก (*Hymenocera picta* Dana, 1852) รายงานการวิจัยลำดับที่ 294 ฉบับที่ 25/2555 ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งระยอง กรมประมง 22 หน้า

วิรชา เจริญดี เสาวภา สวัสดิ์ภีระ วรเทพ มุธุวรรณ ศิริวรรณ ชูศรี และ อนงค์ คูณอาจ 2553 การศึกษา พัฒนาการของคัพภะและกุ้งการ์ตูนวัยอ่อน *Hymenocera picta* Dana (1852). รายงานการวิจัย ภายใต้แผนงานวิจัยการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะลี้ยงกุ้งทะเลสวยงาม (กุ้งการ์ตูน, *Hymenocera picta* Dana 1852 เพื่อการอนุรักษ์และการผลิตเชิงพาณิชย์ สถาบันวิทยาศาสตร์ ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา 50 หน้า

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งระยอง กรมประมง 2552 การเพาะเลี้ยงกุ้งการ์ตูน วันที่เข้าค้นข้อมูล 30 มกราคม 2556 เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th/cf-rayong

อุราณี ทับทอง 2552 เทคโนโลยีชาวบ้าน พฤษภาคม ปีที่ 21 ฉบับที่ 454 หน้าที่ 88-89.

Anger, K. 2001. *The biology of Decapod Crustacean Larvae. Crustacean Issues 14*. A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, the Netherlands, 420 pp.

Anger, K., Lovrich, G.A., Thate, S. & Calcagno, J. A. 2004. Larval and early juvenile development of *Lithodes santolla* (Molina, 1782) (Decapoda: Anomura: Lithodidae) reared at different temperatures in the laboratory. *Journal of Experimental Marine Biology & Ecology* 306, 217-230.

Bell, J.G. & Sargent, J.R. 2003.Arachidonic acid in aquaculture feeds: current status and future opportunities. *Aquaculture* 218, 491-499.

Biswas, A. K., Nozaki,J., Kurata,M., Takii,K., Kumai, H. & Seoka, M. 2006. Effect of *Artemia* enrichment on the growth and survival of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temminck & Schlegel) larvae. *Aquaculture Research* 37(16), 1662–1670.

Brusca, R.C. & Brusca, G. J. 1990. *Invertebrates.* 1st ed. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Calado, R., Lin, J., Rhyne, A.L., Araujo, R. & Narciso, L.2003a. Marine ornamental decapods-popular pricey, and poorly studied. Journal of crustacean biology, 23(4), 963-973.

Calado, R.; Narciso, L.; Morais, S.; Rhyne, A.L. & Lin, J. 2003b. A rearing system for the culture of ornamental decapod crustacean larvae. *Aquaculture*, 218, 329-339.

Calado, R.; Figueiredoa, J.; Rosab, R.; Nunesb, M.L. & Narcisoa, L. 2005a, Effects of temperature, density, and diet on development, survival, settlement synchronism, and fatty acid profile of the ornamental shrimp *Lysmata seticaudata. Aquaculture* 245, 221- 237.

Calado, R.; Rosa, R.; Nunes, M. L & Narciso, L. 2005b. Amino and fatty acid dynamics of *Lysmata seticaudata* (Decapoda: Hippolytidae) embryos during early and late reproductive season. *Marine Biology* 147: 341–351.

Calado, R. 2008. *Marine Ornamental Shrimp*., Biology, Aquaculture and Conservation. Wiley-Blackwell, West Sussex, UK. pp. 263.

Calado, R., Vitorino, A., Reis, A., LopesdaSilva, T. & Dinis, M.T. 2008. Effect of different diets on larval production, quality and fatty acid profile of the marine ornamental shrimp *Lysmata amboinensis* (de Mann, 1888) using wild larvae as a standard. *Aquaculture Nutrition* 15, 484-491.

Calado, R., Vitorino, A., Reis, A., Silva, T.L.& Dinis, M.T. 2009 .Effect of different diets on larval production, quality and fatty acid profile of the marine ornamental shrimp *Lysmata amboinensis* (de Man, 1888), using wild larvae as a standard. *Aquaculture Nutrition* 15(5), 484–491.

Cavalli, R.O., Tamtin, M., Lavens, P. & Sorgeloss, P. 2001. Variation in lipid classes and fatty acid content in tissues of wild *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) females during maturation. *Aquaculture* 193, 63-86.

Chakraborty, K., Chakraborty, R. D. & Radhakrishnan, E.V. 2010. Fatty acid profiles of spiny lobster (*Panulirus homarus*) phyllosoma fed enriched *Artemia. Aquaculture Research* 41,e 393-e403.

Christie, W. W. 1993. Preparation of derivatives of fatty acids for chromatographic analysis. In: Christie, W.W. (ed.). *Advances in Lipid Methodology-Two.* The Oily Press, Dundee, UK. pp. 69-111.

Codabaccus,B. M., Carter, C.G., Bridle, A. R. & Nichols, P.D. 2012.The "n-3 LC-PUFA sparing effect" of modified dietary n-3 LC-PUFA content and DHA to EPA ratio in Atlantic salmon smolt. *Aquaculture.* 356-357,p.135-140.

D,Abramo, L. R. & Sheen,S.-S. 1993. Polyunsaturated fatty acid nutrition in juvenile freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii. Aquaculture* 115, 63-86.

Delaunay, F., Marty, Y., Moal, J. & Samain, J.F. 1993. The effect of monospecific algal diets on growth and fatty acid composition of *Pecten maximus* (L). larvae. *J.Exp.Mar. Biol. Ecol.* 173, 163-179.

D'Souza, F.M.L. & Loneragan, N.R. 1999. Effects of monospecific and mixed-algae diets on survival, development and fatty acid composition of penaeid prawn (*Penaeus* spp.) larvae. *Marine Biology* 133, 621-633.

Deering, M.J., Fielder, D. R. & Hewitt, D.R. 1997. Growth and fatty acid composition of juvenile leader prawns, *Penaeus monodon*, fed different lipids. *Aquaculture* 151, 131-141.

Faleiro, F. & Narciso, L. 2010. Lipid dynamics during early development of *Hippocampus guttulatus* seahorses: Searching for clues on fatty acid requirements. *Aquaculture* 307 (1-2) 56-64.

Faleiro, F. & Narciso, L. 2011. Prey–predator dynamics in seahorses (*Hippocampus guttulatus*): deciphering fatty acid clues. *Aquaculture Research*, 1-16.

Fernandez-Reiriz, M.J., Perez-Camacho, A., Peteiro, L.G. & Labarta, U. 2011. Growth and kinetics of lipids and fatty acids of the clam *Venerupis pullastra* during larval development and postlarvae. *Aquaculture and Nutrition* 17, 13-23.

Fiedler, G. C. (1994) The larval stages of the Harlequin shrimp, Hymenocera picta (Dana). Master thesis of the University of Hawaii. 101 pp.

Fiedler, G. C. 2000. Sex determination and reproductive biology of two caridean shrimp genera: Hymenocera and Lysmata. *A PhD thesis*. University of Hawaii, USA, 220 pp.

Fiedler, G.C. 2002. The Influence of Social Environment on Sex Determination in Harlequin Shrimp (Hymenocera picta: Decapoda, Gnathophyllidae).*Journal of Crustacean Biology* 22 (4), 750-761.

Folch, J., Lees, M., & Sloane-Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509.

Furuita, H., Hori, K., Suzuki, N., Sugita, T. & Yamamoto, T. 2007. Effects of n-3 and n-6 fatty acids in broodstock diet on reproduction and fatty acid composition of broodstock and eggs in the Japanese Eel *Anguilla japonica*. *Aquaculture* 267, 55-61.

Gimenez, G., Estevez, A., Henderson, R.J. & Bell, J.G. 2008. Changes in lipid content, fatty acid composition and lipid class composition of eggs and developing larvae (0–40 days old) of cultured common dentex *(Dentex dentex Linnaeus 1758)*. *Aquaculture Nutrition*. 14 (4) 300–308.

Hamasaki, K., Suprayudi, M.A. & Takeuchi, T. 2002. Effect of dietary n-3 HUFA on larval orphogenesis and metamorphosis to megalops in the seed production of mud crab, *Scylla serrata* (brachyuran: Portunidae). *Suisan Zoshoku* 50, 333-340.

Hamre, K., Srivastava, A., Ronnestad, I., Mangor-Jensen, A. & Stoss, J. 2008. Several micronutrients in the rotifer *Brachionus* sp. may not fullfil the nutritional requirements of marine fish larvae. *Aquaculture Nutrition* 14, 51-60.

Hamasaki, K., Suprayudi, M.A. & Takeuchi, T. 2002. Effect of dietary n-3 HUFA on larval morphogenesis and metamorphosis to megalops in the seed production of mud crab, *Scylla serrata* (brachyuran: Portunidae). *Suisan Zoshoku* 50, 333-340.

Harlioglu, M.M., Koprucu, K., Harlioglu,A.G., Yilmaz, O., Aydin,S., Yonar, S. M., Duran, T.C. & Ozcan, S. 2012. The effects of dietary n-3 series fatty acid on the fatty acid composition, cholesterol and fat-soluble vitamins of pleopodal eggs and stage 1 juveniles in a freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz). *Aquaculture* 356-357 p.310-316.

Harrison, K.E. 1990. The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapods crustaceans: a review. *Journal of Shellfish Research* 9, 1-28.

Henderson, R. J. 1996. Fatty acid metabolism in freshwater fish with particular reference to polyunsaturated fatty acids. *Archives of Animal Nutrition* 49, 5-22.

Holman, R.T. 1986. Nutritional and biochemical evidence of acyl interaction with respect to essential polyunsaturated fatty acids. *Prog. Lipid. Res.*, 25: 29-39.

Holthuis, L. B. 1955. The recent genera of the Caridean and Stenopodidean shrimps (Class Crustacean: Order Decapoda: Supersection Natantia) with keys for their determination. *Zoologische Verhandelingen Uitgegeven door het Rilkmuseum van Natuurlijke Historie te Leiden,* 26:1-156.

Henderson, R. J. & Tocher, D. R. 1987. Lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Progressive Lipid Research* 26, 281-347.

Izquierdo, M.S., Tandler, A., Salhi, M. & Kolkovski, S. 2001. Influence of dietary polar lipids quantity and quality on ingestion and assimilation of labeled fatty acids by larval gilthead seabrea. *Aquaculture Nutrition* 7, 153-160.

Jeffs, A.G., Nichols, P.D., Bruce, M.P. 2001. Lipid reserves used by pueruli of the spiny lobster *Jasus edwardsii* in crossing the continental shelf of New Zealand. *Comp. Biochem. Physiol. 129A*, 305-311.

Kanasawa, A., Teshima. S.I. & Ono, K.1979. relationship between EFA requirement of aquatic animals and capacity for bioconversation of linolenic acid to highly unsaturated fatty acids. *Comp. Biochem. Physiol.* 63b; 295-298.

Kittaka, J. 1994. Culture of Phyllosomas of spiny lobster and its application to studies of larval recruitment and aquaculture. *Crustaceana* 66, 258-270.

Knolton,R.E. 1974. Larval developmental processes and controlling factord in decapod Crustacea, with emphasis on the Caridea. *Thalassia jugoslavica.* 10, 138-158.

Lauritzen, L., Hanzen, H.S., Jorgensen, M.H. & Michaelsen, K.F. 2001. The essentiality of long chain *n*-3 fatty acids in relation to development and function of the brain and retina. *Prog. Lipid. Res.* 40, 1-94.

Leger, C. 1985. Digestion, absorption and transport of lipids. In: Cowey, C. B., Mackie, A. M. and Bell, J. G. (eds). *Nutrition and Feeding in Fish.* Academic Press Inc., London, UK. pp. 299-332.

Leonardos, N.,& Lucas, I.A.N. 2000. The use of larval fatty acid as an index of growth in *Mytilus edulis* L. larvae. *Aquaculture* 184, 155-166.

Lin, J., Zhang, D., Creswell, R., 2001. Aquaculture of marine ornamental shrimps: an overview. Aquaculture 2001 Book of Abstracts. *World Aquaculture Society*, Orlando, FL, USA, p. 378.

Lin, J. & Shi, P. 2002. Effect of broodstock diet on reproductive performance of the golden banded shrimp Stenopus scutellatus. Journal of the World Aquaculture Society, 33, 383–386.

Martin, J. W. & David, G.E. 2001. An updated classification of the recent Crustacea. *Science Series Natural History Museum of Los Angeles County*, 39, 1-124.

Merican, Z. O.& Shim, K.F. 1996. Qualitative requirements of essential fatty acids for juvenile *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 147, 275-291.

Morais, S., Narciso, L., Calado, R., Nunes, M.L., Rosa, R. 2002. Lipid dynamics during the embryonic development of *Plesionika martia* (Decapoda; Pandalidae), *Palaemon serratus* and *P. elegans* (Decapoda; Palaemonidae): relation to metabolic consumption. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 242, 195-204.

Mourente, G., Medina, A., González, S. & Rodríguez, A. 1995. Variation in lipid content and nutritional status during larval development of the marine shrimp *Penaeus kerathurus. Aquaculture* 130, 187-199.

Mustafa, T. & Srivastava, K.C. 1989. Prostaglandins (eicosanoids) and their role in ectothermic organisms. *Advances in Comparative Physiology and Biochemistry* 5, 157-207.

Naessens, E., Lavens, P., Gomez, L., Browdy, C.L., McGovern-Hopkins, K., Spencer, A.W., Kawahigashi, D. & Sorgeloos, P. (1997) Maturation performance of Penaeus vannamei co-fed Artemia biomass preparations. Aquaculture, 155, 87-101.

Narciso, L. & Morais, S. 2001. Fatty acid profile of *Palaemon serratus* (Palaemonidae) eggs and larvae during embryonic and larval development using different live diets. *Journal of Crustacean Biology* 21, 566-574.

Navarro, J.C., Villanueva, R. 2000. Lipid and fatty acid composition of early stages of cephalopods: an approach to their lipid requirements. *Aquaculture*. 183, 161-177.

Olsen Y. 1998. Lipids and essential fatty acids in aquatic food web: what can freshwater ecologists learn from mariculture? In: *Lipids in Freshwater Ecosystems* (ed. by M.T. Arts & B. C. Wainman), pp. 161-202. Springer, New York.

Ouellet, P., Taggart, C.T., and Frank, K.T. 1992. Lipid condition and survival in shrimp (*Pandalus borealis*) larvae. *Can.J. Fish. Aquat. Sci.*49, 368-378.

Palmtag, M.R., 7 Holt, G.J. 2007. Experimental studies to evaluate larval survival of the fire shrimp, *Lysmata debelius*, to the juvenile stage. *Journal of the World Aquaculture Society* 38, 102-113.

Pavlov, D., Kjorsvik. E., Refsti, T. & Anderson, O. 2004. Broodstock and egg production. In: *Culture of Cold Water marine Fish* (eds. by E. Moksness, E. Kjorsvik & Y. Olsen), Blackwell Publishing, Oxford, UK, 544pp.

Raabe, C. & Raabe, L., 2007. The Care and Breeding of the Harlequin Shrimp. Retrieved on the 20th January 2012. From WWW.home2.pacific.net.ph/~sweetyummy42/ harlequinshrimp.html.

Radhakrishnan, E. V. & Vijayakumaran, M. 1993. Early larval development of the spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus, 1785) reared in the laboratory. *Crustaceana* 68, 151-159.

Rhyne, A. L., 2002. Improvements in marine ornamental shrimp culture. M.Sc. thesis, Florida Institute of Technology, Melbourne, Florida, USA.

Ritar, A.J., Dunstan, G.A., Crear, B. J. & Brawn, M.R. 2003. Biochemical composition during growth and starvation of early larval stages of cultured spiny lobster (*Jasus edwardsii*) phyllosoma. *Comparative Biochemical & Physsiology A* 136, 353-370.

Rønnestad , I. Finn ,R.N., Lein, I. & Lie, Q. 1995. Compartmental changes in the contents of total lipid, lipid classes and their associated fatty acids in developing yolk-sac larvae of Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.) *Aquaculture Nutrition* 1(2), 119–130.

Roustaian, P., Kamarudin, M.S., Omar, H., Saad, C.R. & Ahmad, M.H. 1999. Changes in fatty acid profile during larval development of freshwater prawn *Macrobachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture Research* 30, 815-824.

Rosa, R., Morais, S., Calado, R.Narciso, L. & Nunes, M.L. 2003. Biochemical changes during the embryonic development of Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (Crustacea: Decapoda). *Aquaculture* 221, 507-522.

Rosa, R., Calado, R., Narciso, L. & Nunes, M. L. 2007. Embryogenesis of decapods crustaceans with different life history traits, feeding ecology and habitats: a fatty acid approach. *Marine Biology* 151, 935-947.

Rosa, R., Calado, R., Andradea, A.M., Narciso, L. & Nunes, M. L. 2005. Changes in amino acids and lipids during embryogenesis of European lobster, *Homarus gammarus* (Crustacea:Decapoda). *Comp. Biochem. Physiol.B* 140, 241-249.

Roustaian, P., Kamarudin, M.S., Omar, H., Saad, C.R. & Ahmad, M.H. 1999. Changes in fatty acid profile during larval development of freshwater prawn *Macrobachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture Research* 30, 815-824.

Rowley, A.F., Knight, J., Lloyd-Evans, P., Holland, J.W. & Vickers, P.J. 1995. Eicosanoids and their role in immune modulation in fish-a brief overview. *Fish Shellfish Immunol.* 5, 549-567.

Rueda, F.M. & Martınez, F.J. (2001) A review on the biology and potential aquaculture of Dentex dentex. Rev. Fish Biol. Fish., 11, 57-70.

Sargent, J. R., Henderson, R. J., & Tocher, D. R. 1989. The lipids. In: Halver, J. E. (ed). *Fish Nutrition* 2nd editions. Academic Press, San Diego, USA. pp. 154-219.

Sargent, J.R., 1995. Origin and functions of egg lipids: nutritional implications. In: Bromage, N. R., Roberts, R.J.(Eds.), *broodstock Management and Egg and Larval Quality.* Blachwell Science, London, pp. 353-372.

Sargent, J, Bell, G., McEvoy, L., Tocher, D. & Estevez, A. 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture* 177, 191-1999.

Sargent, J.R., Tocher, D.R., & Bell, J.G. 2002. The lipids, In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (eds.), Fish Nutrition , third edition. Academic Press, San Diego, CA, USA, pp. 181-257.

Sean, M. M. 2010. Culturing the harlequin shrimp *Hymenocera picta. Center for tropical and subtropical aquaculture*. December. vol. 2(12), Retrieved on the 20th January 2012. From http://www.ctsa.org.

Sewell, A., 2007. Ornamental crustaceans. Reef keeping online magazine. Retrieved on the 20th January 2012. From http://www.reefkeeping.com/issues/2007-05/as/index.php

Smith, G. G., Thompson, P. A., Ritar, A. J. and Dunstan, G. A. 2003. Effects of starvation and feeding on the fatty acid profiles of Stage I phyllosoma of the spiny lobster, *Jasus edwardsii. Aquaculture Research* 34, 416-426.

Smith, G., Ritar, A.J., Johnston, D. & Dunstan, G. A. 2004. Influence of diet on broodstock lipid and fatty acid composition and larval competency in the spiny lobster, *Jasus edwardsii Aquaculture* 233, 451-475.

Smith, G. G., Thompson, P. A., Ritar, A. J. and Dunstan, G. A. 2003. Effects of starvation and feeding on the fatty acid profiles of Stage I phyllosoma of the spiny lobster, *Jasus edwardsii*. *Aquaculture Research* 34, 416-426.

Stubhuang, I., Lie, O. & Torstensen, B.E. 2007. Fatty acid productive value and ß-oxidation capacity in Atlantic salmon tissues (*Salmo salar* L.) fed on different lipid sources along the whole growth period. *Aquaculture Nutrition* 13, 145-155.

Sui, L.X., Mattieu, W., Cheng, Y.X., Sorgeloose, P. 2007. The effect of dietary n-3 HUFA levels and DHA/EPA ratios on growth, survival and osmotic stress tolerance of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* larvae. *Aquaculture* 273, 139-150.

Suprayudi, M.A., Takeuchi,T. & Hamasaki, K.2004. Essential fatty acids for larval mud crab *Scylla serrata*: implications of lack of the ability to bioconvert C18 unsaturated fatty acids to highly unsaturated fatty acids. *Aquaculture*, 231(1-4), 403-416.

Suprayudi, M.A., Takeuchi, T., Hamasaki, K. & Hirokawa, J. 2002a. The effect of n-3 HUFA content in rotifers on the development and survival of mud crab, *Scylla serrata*, larvae. *Suisan Zoshoku* 50; 205-212.

Suprayudi, M.A., Takeuchi, T., Hamasaki, K. & Hirokawa, J. 2002b. Effect of Artemia feeding schedule and density on the survival and development of larval mud crab, *Scylla serrata*. *Fish. Sci.* 68, 1295-1303.

Takeuchi, T. 1997. Essential fatty acid requirements of aquatic animal with emphasis on fish larvae and fingerlings. *Reviews in Fisheries Science* 5, 1-25.

Takeuchi, T., Toyota, M. Satoh,S. & Watanabe, T. 1990. Requirement of juvenile red sea bream *Pargus major* for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. *Nippon Suisan Gaikkashi*, 56, 1263-1269.

Takeuchi, T., Arakawa, T., Satoh, S. & Watanabe, T. 1992.Supplemental effect of phospholipid and requirement of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids of juvenile striped jack. *Nippon Suisan Gaikkashi*, 58, 707-713.

Takeuchi, T., Satoh, N., Sekiya, S., Shimizu, T. & Watanabe, T. 1999. The effect of dietary EPA and DHA on molting rate of larval swimming crab *Portunus trituberculatus*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 65, 988-1004.

Tocher, D.R., Fraser, A.J., Sargent, J.R. & Gamble, J.C. 1985. Fatty acid composition of phospholipids and neutral lipids during embryonic and early larval development in Atlantic herring (*Clupea harengus* L.). *Lipids* 20, 69-74.

Tocher, D. R. 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science* 11 (2), 107-184.

Tocher, D.R. 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Research* 41, 717-732.

Torstensen, B. E., Froyland L., Ornsrud, R., & Lie, O. 2004. Tailoring of a cardioprotective fillet fatty acid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed vegetable oils. *Food Chemistry*, 87, 567-580.

Turnichi, G.M., Francis, D.S. 2009. Fatty acid metabolism (desaturation, elongation and ß-oxidation) in rainbow trout fed fish oil or linseed oil-based diets. *British Journal of Nutrition* 102, 69-81.

Tveiten,H., Jobling, M. & Andreassen, I. 2004. Influence of egg lipids and fatty acids on egg viability, and their utilization during embryonic development of spotted wolf-fish, *Anarhichas minor* Olafsen. *Aquaculture Research* 35, (2), 152–161.

Tziouveli, V. & Smith. G.G. 2012. A comparison of the fatty acid profiles of adult tissues, and newly hatched, fed and starved *Lysmata amboinensis* larvae. *Aquaculture Research* 43, (4) p. 577–587.

Vahappiily, R. & Chen, E. 1998. Heterotrophic production potential of omega-3 polyunsaturated fatty acids by microalgae and algae-like microorganisms. *Botanica Marina* 41, 553-558.

Wabnitz, C., Taylor, M., Green, C. and Razak, T. 2003. From Ocean to Aquarium. UNEP-WCMC. Cambridge.

Watanabe, T., Arakawa, T., Takeuchi, T. & Satoh, S. 1989. Comparison between eicosapentanoic and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficiency in juvenile striped jack *Pseudocaranx dentex*. *Nippon Suisan Gaikkashi*, 55, 1989-1995

Watanabe, T. 1993. Inportance of docosahexaenoic acid in marine larval fish. *Journal of the World Aquaculture Society* 24, 152-161.

Wehrtmann, I.S. & Graeve, M. 1998. Lipid composition and utilization in developing eggs of two tropical marine caridean shrimps (Decapoda: Caridea:Alpheidae, Palaemonidae). *Comp. Biochem. Physiol.B* 121, 457-463.

Wickens, J.F., beard, T.W. & Child, A. R. 1995. Maximizing lobster, *Homarus gammarus* (L.), egg and larval viability. *Aquaculture Research* 26, 379-392.

Woods, C.M.C. 2003. Effects of varying *Artemia* enrichment on growth and survival of juvenile seahorses, *Hippocampus abdominalis*. *Aquaculture* 220, 537-548.

Wouters, R., Gomez, L., Lavens, P. & Calderon, J. 1999. Feeding enriched Artemia biomass to Penaeus vannamei broodstock: its effect on reproductive performance and larval quality. Journal of Shellfish Research 18, 651–656.

Wu, X.G., Cheng, Y.X., Sui, L.Y., Zeng, C.S., Southgate, P.C., Yang, X. Z., 2007. Effect of dietary supplement of phospholipid and highly unsaturated fatty acids on reproductive performance and offspring quality of the Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* (H. Milne Edwards), female broodstock. *Aquaculture* 273, 602-613.

Xu, X.L., Ji, W. J., Castell, J.D. & O'dor, R.K. 1994a. Essential fatty acid requirement of the Chinese prawn, *Penaeus chinensis*. *Aquaculture*.127, 29-40.

Xu X. L., Ji W. J., Castell J. D. & O'Dor R. K. 1994. Influence of dietary lipid sources on fecundity, egg hatchability and fatty acid composition of Chinese prawn (*Penaeus chinensis*) broodstock. *Aquaculture* 119, 359-370.

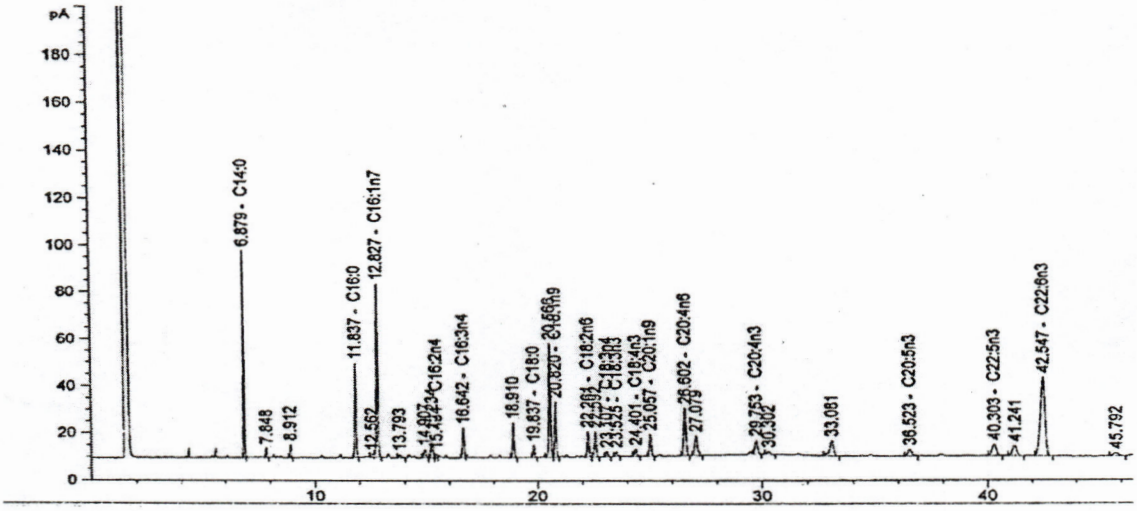
Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis.* 4th editions. Prentice-Hall, New Jersey, USA. 123 pp.

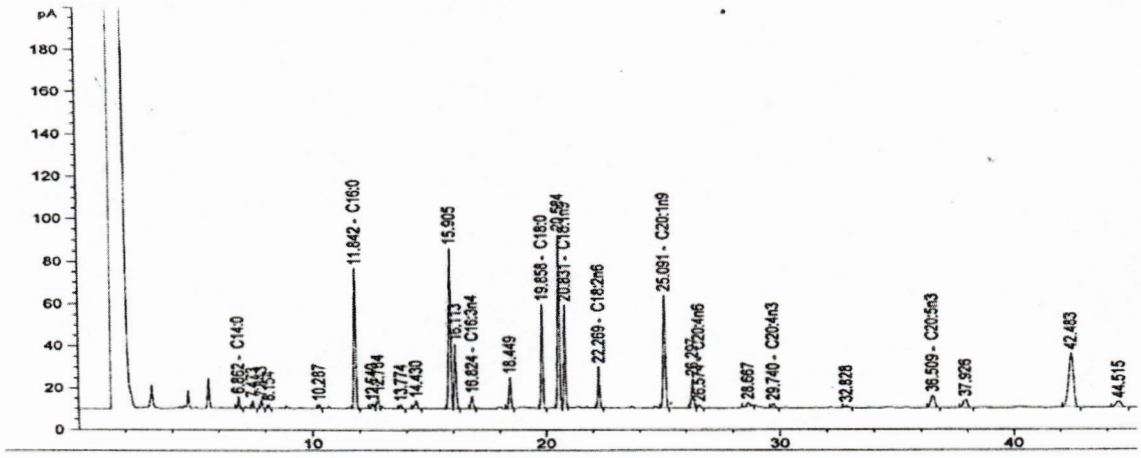
Zhang, D., Lin, J. and Creswell, R., 1997. Larviculture and effect of food on larval survival and development in golden coral shrimp *Stenopus spimosus*. *Journal of Shellfish Research* 16(2), 367-369.

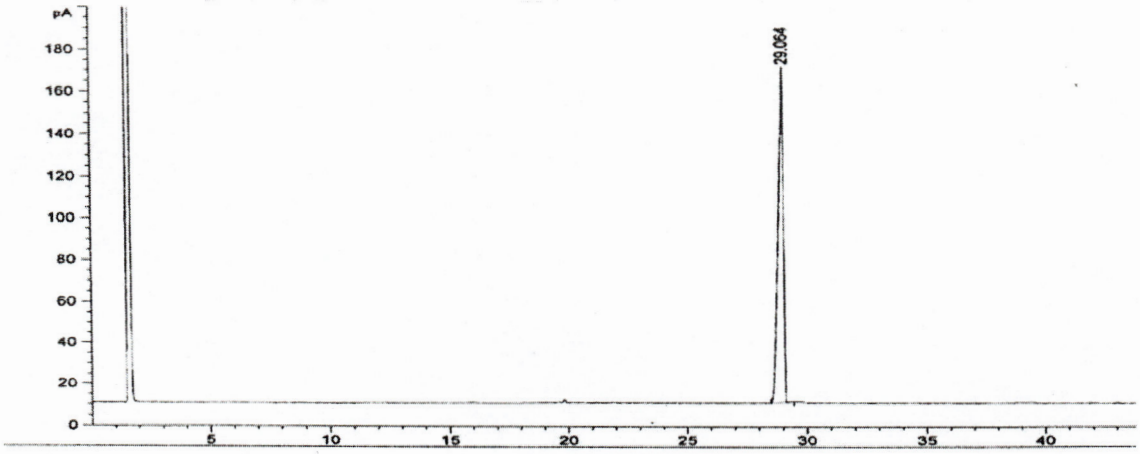
Zhang, D., Lin, J., Creswell, R., 1998. Effects of food and temperature on survival and development in the peppermint shrimp *Lysmata wurdemanni*. *Journal of the World Aquaculture Society* 29 (4), 471-476.

ภาคผนวก ก

(ตารางวิเคราะห์ผลทางสถิติ)







ภาพภาคผนวกที่ 1 ตัวอย่างโครมาโตแกรมของสารมาตรฐาน PUFA (1) ลูกกุ้งการ์ตูน (2) และ สารมาตรฐานกรดไขมันชนิดเดี่ยว)

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไขมันในกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงที่ระดับนัยสำคัญ 95%

ANOVA

Lipid

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	198.760	14	14.197	16.155	.000
Within Groups	26.364	30	.879		
Total	225.124	44			

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไขมันในกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) อ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงที่ระดับนัยสำคัญ 95%

ANOVA

Asine transformation

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	122.058	8	15.257	28.686	.000
Within Groups	8.510	16	.532		
Total	130.568	24			

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกรดไขมันอิ่มตัวในกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและในลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงที่ระดับนัยสำคัญ 95%

ANOVA

		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
c14:0	Between Groups	247.279	14	17.663	48.465	.000
	Within Groups	10.933	30	.364		
	Total	258.212	44			
c16:0	Between Groups	202.978	14	14.498	12.082	.000
	Within Groups	36.000	30	1.200		
	Total	238.978	44			
c18:0	Between Groups	16.816	14	1.201	.934	.536
	Within Groups	38.580	30	1.286		
	Total	55.396	44			
c20:0	Between Groups	256.572	14	18.327	3.029	.005
	Within Groups	181.500	30	6.050		
	Total	438.072	44			
c22:0	Between Groups	261.871	14	18.705	4.131	.001
	Within Groups	135.853	30	4.528		
	Total	397.724	44			
SFA	Between Groups	367.575	14	26.255	10.788	.000
	Within Groups	73.013	30	2.434		
	Total	440.588	44			

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงที่ระดับนัยสำคัญ 95%

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
c16:1	Between Groups	242.163	14	17.297	22.126	.000
	Within Groups	23.453	30	.782		
	Total	265.616	44			
c18:1	Between Groups	100.252	14	7.161	4.576	.000
	Within Groups	46.947	30	1.565		
	Total	147.199	44			
c20:1	Between Groups	2682.179	14	191.584	30.502	.000
	Within Groups	188.433	30	6.281		
	Total	2870.612	44			
MUFA	Between Groups	780.956	14	55.783	52.285	.000
	Within Groups	32.007	30	1.067		
	Total	812.963	44			

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมกา 6 ในกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงที่ระดับนัยสำคัญ 95%

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
c18:2n6	Between Groups	431.366	14	30.812	11.899	.000
	Within Groups	77.687	30	2.590		
	Total	509.052	44			
c20:4n6	Between Groups	176.256	14	12.590	15.100	.000
	Within Groups	25.013	30	.834		
	Total	201.270	44			
n-6PUFA	Between Groups	486.228	14	34.731	13.259	.000
	Within Groups	78.580	30	2.619		
	Total	564.808	44			

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมกา 3 ในกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงที่ระดับนัยสำคัญ 95%

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
c18:3n3	Between Groups	110.590	14	7.899	7.582	.000
	Within Groups	31.253	30	1.042		
	Total	141.843	44			
c18:4n3	Between Groups	155.210	14	11.086	1.939	.063
	Within Groups	171.493	30	5.716		
	Total	326.703	44			
c20:3n3	Between Groups	387.051	14	27.647	5.892	.000
	Within Groups	140.767	30	4.692		
	Total	527.818	44			
c20:4n3	Between Groups	177.292	14	12.664	1.954	.061
	Within Groups	194.400	30	6.480		
	Total	371.692	44			
c20:5n3	Between Groups	770.105	14	55.008	60.125	.000
	Within Groups	27.447	30	.915		
	Total	797.552	44			
c22:6n3	Between Groups	732.441	14	52.317	38.519	.000
	Within Groups	40.747	30	1.358		
	Total	773.188	44			
n-3PUFA	Between Groups	587.018	14	41.930	20.416	.000
	Within Groups	61.613	30	2.054		
	Total	648.631	44			

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน อัตราส่วนของกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3/ 6 และอัตราส่วนของกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3)/ อีพีเอ (C20:5n-3) ในกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงที่ระดับนัยสำคัญ 95%

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PUFA	Between Groups	648.803	14	46.343	19.639	.000
	Within Groups	70.793	30	2.360		
	Total	719.596	44			
HUFA	Between Groups	652.612	14	46.615	27.317	.000
	Within Groups	51.193	30	1.706		
	Total	703.806	44			
n3n6	Between Groups	3608.044	14	257.717	56.467	.000
	Within Groups	136.920	30	4.564		
	Total	3744.964	44			
DHAEPA	Between Groups	455.846	14	32.560	42.594	.000
	Within Groups	22.933	30	.764		
	Total	478.779	44			

ตารางภาคผนวกที่ 8 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของไขมันในกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

Lipid

Student-Newman-Keuls[a]

Samplename	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Juveniles	3	6.4200	
zoeal8	3	7.4300	
Settle	3	7.6833	
zoeal12	3	7.7100	
zoeal9	3	7.7333	
zoeal11	3	8.0133	
zoeal10	3	8.5800	
zoeal6	3		10.3300
zoeal7	3		10.5167
zoeal4	3		10.9067
zoeal5	3		11.3067
Eggs	3		11.5800
zoeal1	3		12.6133
zoeal2	3		12.6200
zoeal3	3		12.6533
Sig.		.104	.081

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 9 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของไขมันในกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) อ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

Asine transformation

Student-Newman-Keuls[a,,b]

Weak-zoeal	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
zoeal 9	3	5.608298		
zoeal 4	3	6.023509		
zoeal 12	3	6.272626		
zoeal 7	2	6.838953		
zoeal 11	3		8.410649	
zoeal 3	3			9.942675
zoeal 10	2			10.202562
zoeal 8	3			10.907253
zoeal 5	3			11.603733
Sig.		.243	1.000	.075

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.700.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

ตารางภาคผนวกที่ 10 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันอิ่มตัวชนิด C14:0 ในกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จาก ธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง ด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

Student-Newman-Keuls[a]

zoeal	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
zoeal10	3	5.567				
zoeal11	3	5.833				
zoeal12	3	5.833				
zoeal9	3	6.133				
zoeal8	3	6.733	6.733			
zoeal6	3	6.900	6.900			
zoeal7	3	6.900	6.900			
Settle	3	7.067	7.067			
zoeal5	3	7.200	7.200			
zoeal4	3	7.233	7.233			
zoeal3	3		7.867			
zoeal2	3			9.267		
juveniles	3			9.900		
zoeal1	3				11.067	
Eggs	3					14.567
Sig.		.054	.277	.209	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a.Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 11 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันอิ่มตัวชนิด C16:0 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

Student-Newman-Keuls[a]

zoeal	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
zoeal10	3	20.667				
zoeal11	3	21.000	21.000			
zoeal9	3	21.333	21.333			
zoeal12	3	21.333	21.333			
juveniles	3	21.667	21.667			
zoeal8	3	22.667	22.667			
zoeal7	3	23.333	23.333	23.333		
settle	3	23.333	23.333	23.333		
zoeal3	3	23.667	23.667	23.667		
zoeal4	3	23.667	23.667	23.667		
zoeal6	3	23.667	23.667	23.667		
zoeal5	3		24.000	24.000		
zoeal2	3			25.667	25.667	
zoeal1	3				27.333	27.333
eggs	3					28.000
Sig.		.066	.066	.159	.072	.462

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 12 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันอิ่มตัวชนิด C18:0 ในกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จาก ธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง ด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c18:0

	Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Student-Newman-Keuls[a]	zoeal3	3	17.333
	zoeal8	3	17.367
	zoeal7	3	17.533
	zoeal10	3	17.600
	zoeal9	3	17.733
	zoeal2	3	17.800
	Eggs	3	17.867
	zoeal11	3	18.000
	zoeal4	3	18.033
	zoeal6	3	18.200
	zoeal5	3	18.300
	zoeal12	3	18.400
	Settle	3	18.867
	Juveniles	3	19.233
	zoeal1	3	19.367
	Sig.		.665

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 13 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันอิ่มตัวชนิด C20:0 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง ด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c20:0

			Subset for alpha = 0.05	
	Zoeal	N	1	2
Student-Newman-Keuls[a]	zoeal2	3	.000	
	zoeal4	3	.000	
	zoeal6	3	.000	
	zoeal7	3	.000	
	zoeal8	3	1.167	
	zoeal3	3	1.233	
	zoeal5	3	1.400	
	zoeal1	3	1.500	
	zoeal9	3	2.933	2.933
	zoeal10	3	3.100	3.100
	zoeal11	3	3.900	3.900
	Settle	3	4.133	4.133
	zoeal12	3	4.233	4.233
	Juveniles	3	5.900	5.900
	Eggs	3		8.433
	Sig.		.217	.123

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 14 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันอิ่มตัวชนิด C22:0 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c22:0

	Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Student-Newman-Keuls[a]	zoeal2	3	.000		
	zoeal4	3	1.767	1.767	
	zoeal1	3	3.367	3.367	3.367
	eggs	3	3.667	3.667	3.667
	zoeal10	3	3.900	3.900	3.900
	zoeal8	3	4.133	4.133	4.133
	zoeal5	3	4.400	4.400	4.400
	zoeal3	3	5.633	5.633	5.633
	zoeal7	3		6.367	6.367
	zoeal9	3		6.467	6.467
	zoeal6	3		6.733	6.733
	zoeal11	3		7.033	7.033
	zoeal12	3		7.100	7.100
	settle	3			8.133
	juveniles	3			9.467
	Sig.		.051	.138	.060

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 15 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (saturated fatty acid) ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง ด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

SFA

	Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Student-Newman-Keuls[a]	zoeal10	3	29.800		
	zoeal11	3	30.700	30.700	
	zoeal8	3	30.933	30.933	
	zoeal9	3	31.033	31.033	
	zoeal12	3	31.133	31.133	
	zoeal7	3	31.933	31.933	
	zoeal3	3	32.033	32.033	
	zoeal4	3	32.133	32.133	
	zoeal6	3	32.833	32.833	
	zoeal5	3	33.033	33.033	
	zoeal2	3	34.000	34.000	
	settle	3	34.167	34.167	
	juveniles	3		34.800	
	zoeal1	3			38.533
	eggs	3			40.533
	Sig.		.064	.101	.127

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 16 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวชนิด C16:1 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c16:1

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
Settle	3	7.133				
zoeal12	3	8.400	8.400			
zoeal4	3	8.533	8.533			
zoeal11	3	8.600	8.600			
zoeal5	3	9.033	9.033			
zoeal7	3	9.267	9.267	9.267		
zoeal6	3	9.367	9.367	9.367		
zoeal10	3	9.433	9.433	9.433		
zoeal9	3		10.000	10.000		
Juveniles	3		10.033	10.033		
zoeal8	3		10.267	10.267		
zoeal2	3		10.567	10.567		
zoeal3	3			11.467		
zoeal1	3				13.333	
Eggs	3					17.100
Sig.		.058	.140	.079	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 17 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวชนิด C18:1 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c18:1

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Settle	3	25.867		
zoeal4	3		28.667	
zoeal2	3		29.100	29.100
zoeal5	3		29.600	29.600
zoeal11	3		29.667	29.667
Juveniles	3		29.733	29.733
Eggs	3		29.967	29.967
zoeal12	3		30.233	30.233
zoeal1	3		30.433	30.433
zoeal6	3		30.667	30.667
zoeal7	3		31.033	31.033
zoeal8	3		31.067	31.067
zoeal9	3		31.267	31.267
zoeal10	3		31.567	31.567
zoeal3	3			32.567
Sig.		1.000	.236	.078

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 18 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวชนิด C20:1 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง ด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c20:1

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
Eggs	3	3.633				
Juveniles	3	7.567	7.567			
zoeal1	3		9.667			
Settle	3			22.367		
zoeal9	3			22.700		
zoeal12	3			22.800		
zoeal11	3			23.100	23.100	
zoeal6	3			23.200	23.200	
zoeal5	3			23.333	23.333	
zoeal10	3			25.100	25.100	25.100
zoeal7	3			25.567	25.567	25.567
zoeal3	3			25.667	25.667	25.667
zoeal8	3			25.733	25.733	25.733
zoeal4	3				29.700	29.700
zoeal2	3					31.300
Sig.		.064	.313	.816	.053	.051

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 19 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวทั้งหมด (monounsaturated fatty acid) ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง ด้วยวิธี Student-Newman- Keuls

MUFA

Student-Newman-Keuls[a]

zoeal	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
juveniles	3	32.800					
zoeal1	3		35.633				
eggs	3		35.667				
settle	3		36.333				
zoeal11	3			40.467			
zoeal12	3			40.733			
zoeal5	3			40.800			
zoeal6	3			41.633			
zoeal9	3			42.067	42.067		
zoeal7	3				43.833	43.833	
zoeal10	3				43.967	43.967	
zoeal8	3					44.367	
zoeal4	3					44.967	
zoeal3	3					46.033	46.033
zoeal2	3						47.567
Sig.		1.000	.688	.341	.079	.094	.079

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 20 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 6 ชนิด C18:2n-6 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง ด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c18:2n6

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Eggs	3	3.000		
Juveniles	3	4.467	4.467	
zoeal1	3	5.533	5.533	
zoeal2	3		6.700	
Settle	3			10.500
zoeal4	3			10.833
zoeal3	3			11.200
zoeal5	3			11.433
zoeal6	3			11.533
zoeal11	3			11.533
zoeal12	3			11.733
zoeal7	3			12.133
zoeal10	3			12.300
zoeal9	3			12.367
zoeal8	3			12.467
Sig.		.148	.222	.910

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 21 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 6 ชนิด C20:4n6 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง ด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c2046

Student-Newman-Keuls[a]

zoeal	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
zoeal1	3	.000			
zoeal2	3	.000			
zoeal4	3	.000			
zoeal5	3	.000			
zoeal6	3	.000			
zoeal7	3	.000			
settle	3	.000			
eggs	3	.000			
juveniles	3	.000			
zoeal8	3	1.467	1.467		
zoeal9	3		2.733	2.733	
zoeal12	3			3.600	
zoeal11	3			3.867	
zoeal10	3			4.367	4.367
zoeal3	3				5.833
Sig.		.626	.100	.149	.058

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 22 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 6 ทั้งหมด (n-6 PUFA) ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

n6-PUFA

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Eggs	3	3.000		
Juveniles	3	4.467	4.467	
zoeal1	3	5.533	5.533	
zoeal2	3		6.700	
Settle	3			10.500
zoeal4	3			10.833
zoeal5	3			11.433
zoeal6	3			11.533
zoeal7	3			12.133
zoeal11	3			12.200
zoeal12	3			12.300
zoeal3	3			12.667
zoeal8	3			12.733
zoeal9	3			12.800
zoeal10	3			13.067
Sig.		.151	.225	.687

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 23 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 ชนิด C18:3n-3 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c18:3n3

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
zoeal2	3	.000	
zoeal3	3	.000	
zoeal4	3	.000	
zoeal5	3	.000	
zoeal6	3	.000	
zoeal7	3	.000	
zoeal8	3	.000	
zoeal11	3	.000	
zoeal12	3	.000	
Settle	3	.000	
zoeal10	3	.933	
zoeal9	3	1.367	
zoeal1	3	1.533	
Juveniles	3		4.533
Eggs	3		4.767
Sig.		.815	.781

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 24 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 ชนิด C18:4n-3 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c18:4n3

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05
		1
zoeal1	3	.000
zoeal2	3	.000
zoeal3	3	.000
zoeal4	3	.000
zoeal5	3	.000
zoeal6	3	.000
zoeal7	3	.000
zoeal11	3	.000
zoeal12	3	.000
zoeal8	3	1.133
zoeal10	3	1.133
zoeal9	3	2.500
Juveniles	3	3.567
Settle	3	4.367
Eggs	3	5.833
Sig.		.215

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 25 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 ชนิด C20:3n-3 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง ด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c2033

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
zoeal1	3	.000			
zoeal2	3	.000			
zoeal5	3	.000			
Eggs	3	.000			
Juveniles	3	.000			
zoeal3	3	1.133	1.133		
zoeal4	3	1.900	1.900	1.900	
zoeal7	3	1.933	1.933	1.933	
Settle	3	3.933	3.933	3.933	3.933
zoeal6	3	4.300	4.300	4.300	4.300
zoeal8	3	4.667	4.667	4.667	4.667
zoeal9	3		6.767	6.767	6.767
zoeal11	3		6.767	6.767	6.767
zoeal12	3			7.400	7.400
zoeal10	3				8.033
Sig.		.274	.058	.069	.269

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 26 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 ชนิด C20:4n-3 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยง ด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c2043

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05
		1
zoeal2	3	.000
zoeal5	3	.000
zoeal6	3	.000
zoeal7	3	.000
Settle	3	.000
zoeal3	3	1.367
zoeal8	3	1.600
zoeal1	3	1.733
zoeal9	3	3.100
Juveniles	3	4.033
zoeal11	3	4.333
Eggs	3	4.400
zoeal12	3	4.500
zoeal4	3	4.733
zoeal10	3	5.133
Sig.		.488

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 27 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 ชนิด C20:5n-3 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c2053

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
zoeal10	3	8.233				
Eggs	3	9.267	9.267			
zoeal12	3	9.333	9.333			
zoeal11	3	9.500	9.500			
zoeal9	3	9.633	9.633			
zoeal8	3	9.833	9.833			
zoeal6	3	10.433	10.433			
zoeal7	3		10.867			
Settle	3		11.133			
zoeal5	3		11.300			
zoeal4	3		11.733			
zoeal3	3			13.467		
zoeal2	3			14.167		
zoeal1	3				16.367	
Juveniles	3					25.433
Sig.		.105	.088	.377	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 28 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 ชนิด C22:6n-3 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

c2263

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
Eggs	3	6.333				
zoeal2	3		13.833			
zoeal1	3		14.000			
Juveniles	3		14.367			
zoeal3	3		14.800			
zoeal4	3			17.100		
zoeal10	3			17.933	17.933	
zoeal5	3			17.967	17.967	
zoeal9	3			18.000	18.000	
zoeal8	3			18.100	18.100	
zoeal6	3			18.733	18.733	
zoeal7	3			18.933	18.933	
zoeal12	3				20.900	
zoeal11	3				21.000	
Settle	3					24.600
Sig.		1.000	.742	.479	.054	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 29 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมกา 3 ทั้งหมด (n-3PUFA) ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

n3PUFA

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Eggs	3	14.433			
zoeal2	3		20.033		
zoeal3	3		20.567		
zoeal5	3		21.467	21.467	
zoeal8	3		21.867	21.867	
zoeal6	3		22.300	22.300	
zoeal7	3		22.333	22.333	
zoeal1	3		22.367	22.367	
zoeal10	3		22.433	22.433	
zoeal4	3		22.833	22.833	
zoeal9	3		22.833	22.833	
zoeal11	3			24.767	
zoeal12	3			24.867	
Settle	3				28.967
Juveniles	3				30.767
Sig.		1.000	.365	.148	.134

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 30 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนทั้งหมด (กลุ่มโอเมกา 3 และ 6) ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

PUFA

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
Eggs	3	14.733				
zoeal2	3		21.733			
zoeal1	3		23.133	23.133		
zoeal3	3		24.433	24.433	24.433	
zoeal5	3		24.600	24.600	24.600	
zoeal6	3		25.433	25.433	25.433	
zoeal4	3		25.567	25.567	25.567	
zoeal8	3		25.667	25.667	25.667	
zoeal7	3		25.767	25.767	25.767	
zoeal10	3			26.300	26.300	
zoeal9	3			26.600	26.600	
zoeal11	3				28.000	28.000
zoeal12	3				28.133	28.133
Settle	3					31.133
Juveniles	3					31.133
Sig.		1.000	.055	.169	.136	.081

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 31 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันไม่อิ่มตัวโซ่ยาวเชิงซ้อนทั้งหมดกลุ่มโอเมกา 3 และ 6 (Highly unsaturated fatty acid) ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

HUFA

Student-Newman-Keuls[a]

Zoeal	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
Eggs	3	12.133				
zoeal2	3		20.033			
zoeal3	3		21.433	21.433		
zoeal5	3		21.467	21.467		
zoeal1	3		22.200	22.200		
zoeal6	3		22.300	22.300		
zoeal7	3		22.333	22.333		
zoeal9	3		22.567	22.567		
zoeal10	3		22.700	22.700		
zoeal4	3		22.833	22.833		
zoeal8	3			24.400		
zoeal12	3			25.133		
zoeal11	3			25.133		
Settle	3				27.833	
Juveniles	3					30.067
Sig.		1.000	.218	.051	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 32 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของอัตรส่วนกรดไขมันกลุ่มโอเมกา 3/โอเมกา 6 ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

n3n6

Student-Newman-Keuls[a]

zoeal	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
zoeal2	3	7.800				
zoeal3	3	9.233				
zoeal8	3	9.733	9.733			
zoeal10	3	9.733	9.733			
zoeal9	3	10.133	10.133			
zoeal7	3	10.467	10.467			
zoeal5	3	10.600	10.600			
zoeal6	3	11.033	11.033			
zoeal12	3	11.367	11.367			
zoeal11	3	11.433	11.433			
zoeal4	3	11.900	11.900			
settle	3		15.500			
zoeal1	3			23.200		
eggs	3				28.733	
juveniles	3					41.300
Sig.		.428	.063	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 33 เปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนกรดไขมันดีเอชเอ (C22:6n-3) /อีพีเอ (C20:5n-3) ของกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) จากธรรมชาติและลูกกุ้งการ์ตูนจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี Student-Newman-Keuls

DHA/EPA

Student-Newman-Keuls[a]

zoeal	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
juveniles	3	3.333						
eggs	3	3.900	3.900					
zoeal1	3	4.967	4.967	4.967				
zoeal2	3		5.600	5.600				
zoeal3	3			6.367				
zoeal4	3				8.400			
zoeal5	3				9.067	9.067		
zoeal7	3				9.900	9.900		
zoeal6	3				10.233	10.233		
zoeal8	3				10.467	10.467	10.467	
zoeal9	3					10.667	10.667	
zoeal10	3						12.533	12.533
zoeal11	3						12.533	12.533
settle	3						12.533	12.533
zoeal12	3							12.767
Sig.		.073	.060	.139	.051	.193	.051	.988

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 3 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Asine transformation	Equal variances assumed	.684	.455	3.284	4	.030	2.7124331	.8259440	.4192450	5.0056213
	Equal variances not assumed			3.284	3.517	.037	2.7124331	.8259440	.2896267	5.1352396

ตารางภาคผนวกที่ 35 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 4 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Asine transformation	Equal variances assumed	9.491	.037	7.286	4	.002	4.8817805	.6700663	3.0213781	6.7421829
	Equal variances not assumed			7.286	2.178	.014	4.8817805	.6700663	2.2135760	7.5499851

ตารางภาคผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 5 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยง ด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Asine transformation	Equal variances assumed	.399	.562	-.313	4	.770	-.2971723	.9499869	-2.9347587	2.3404141
	Equal variances not assumed			-.313	3.836	.771	-.2971723	.9499869	-2.9798517	2.3855070

ตารางภาคผนวกที่ 37 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 7 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Asine transformation	Equal variances assumed	2.305	.226	3.427	3	.042	3.6788719	1.0734347	.2627237	7.0950201
	Equal variances not assumed			3.991	2.961	.029	3.6788719	.9216964	.7236794	6.6340644

ตารางภาคผนวกที่ 38 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 8 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Asine transformation	Equal variances assumed	1.773	.254	-5.242	4	.006	-3.4792587	.6637472	-5.3221164	-1.6364010
	Equal variances not assumed			-5.242	2.701	.017	-3.4792587	.6637472	-5.7300419	-1.2284756

ตารางภาคผนวกที่ 39 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 9 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Asine transformation	Equal variances assumed	.306	.610	2.421	4	.073	2.1238018	.8773293	-.3120549	4.5596585
	Equal variances not assumed			2.421	3.736	.077	2.1238018	.8773293	-.3814320	4.6290356

ตารางภาคผนวกที่ 40 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 10 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Asine transformation	Equal variances assumed	.805	.436	-4.263	3	.024	-1.6226713	.3806817	-2.8341705	-.4111721
	Equal variances not assumed			-4.578	2.792	.023	-1.6226713	.3544623	-2.7997385	-.4456041

ตารางภาคผนวกที่ 41 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 11 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Asine transformation	Equal variances assumed	1.819	.249	-.507	4	.639	-.3971202	.7836102	-2.5727710	1.7785306
	Equal variances not assumed			-.507	2.397	.655	-.3971202	.7836102	-3.2862646	2.4920241

ตารางภาคผนวกที่ 42 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 12 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Asine transformation	Equal variances assumed	.046	.840	1.787	4	.148	1.4348095	.8028354	-.7942190	3.6638379
	Equal variances not assumed			1.787	4.000	.148	1.4348095	.8028354	-.7942198	3.6638387

ตารางภาคผนวกที่ 43 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะลงเกาะที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Asine transformation	Equal variances assumed	.879	.402	3.570	4	.023	1.8373899	.5146719	.4084317	3.2663482
	Equal variances not assumed			3.570	3.606	.028	1.8373899	.5146719	.3447067	3.3300732

ตารางภาคผนวกที่ 44 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ1 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
c14	Equal variances assumed	2.049	.226	2.071	4	.107	2.20000	1.06249	-.74995	5.14995
	Equal variances not assumed			2.071	2.589	.144	2.20000	1.06249	-1.50612	5.90612

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
c16	Equal variances assumed	2.834	.168	1.890	4	.132	2.73333	1.44607	-1.28159	6.74826
	Equal variances not assumed			1.890	3.004	.155	2.73333	1.44607	-1.86562	7.33229
c18	Equal variances assumed	.606	.480	.648	4	.552	1.40000	2.16076	-4.59923	7.39923
	Equal variances not assumed			.648	3.623	.556	1.40000	2.16076	-4.85384	7.65384
c20	Equal variances assumed	.048	.838	-.781	4	.478	-1.83333	2.34687	-8.34928	4.68261
	Equal variances not assumed			-.781	3.870	.480	-1.83333	2.34687	-8.43622	4.76955
c22	Equal variances assumed	.190	.686	.541	4	.618	1.40000	2.59015	-5.79142	8.59142
	Equal variances not assumed			.541	3.908	.618	1.40000	2.59015	-5.85832	8.65832
TSFA	Equal variances assumed	.046	.840	1.477	4	.214	2.56667	1.73750	-2.25739	7.39073
	Equal variances not assumed			1.477	3.962	.214	2.56667	1.73750	-2.27582	7.40915

ตารางภาคผนวกที่ 44 (ต่อ)

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
C161	Equal variances assumed	4.831	.093	1.682	4	.168	1.90000	1.12940	-1.23573	5.03573
	Equal variances not assumed			1.682	2.003	.234	1.90000	1.12940	-2.95134	6.75134
C181	Equal variances assumed	.434	.546	-1.414	4	.230	-.53333	.37712	-1.58040	.51373
	Equal variances not assumed			-1.414	3.396	.242	-.53333	.37712	-1.65815	.59148
C201	Equal variances assumed	5.435	.080	-1.821	4	.143	-8.36667	4.59444	-21.12288	4.38955
	Equal variances not assumed			-1.821	2.438	.187	-8.36667	4.59444	-25.09128	8.35795
TMUFA	Equal variances assumed	7.023	.057	-2.047	4	.110	-4.16667	2.03579	-9.81893	1.48559
	Equal variances not assumed			-2.047	2.100	.171	-4.16667	2.03579	-12.53828	4.20494
C182n6	Equal variances assumed	14.706	.019	-.380	4	.723	-1.30000	3.41988	-10.79510	8.19510
	Equal variances not assumed			-.380	2.007	.740	-1.30000	3.41988	-15.96384	13.36384
C204n6	Equal variances assumed	16.000	.016	-1.000	4	.374	-2.66667	2.66667	-10.07052	4.73719
	Equal variances not assumed			-1.000	2.000	.423	-2.66667	2.66667	-14.14041	8.80707
Tn6PUFA	Equal variances assumed	10.925	.030	-.563	4	.603	-2.23333	3.96344	-13.23762	8.77095
	Equal variances not assumed			-.563	2.005	.630	-2.23333	3.96344	-19.24287	14.77620
SUMn4	Equal variances assumed	12.124	.025	.924	4	.408	3.50000	3.78799	-7.01715	14.01715
	Equal variances not assumed			.924	2.002	.453	3.50000	3.78799	-12.78151	19.78151

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
C183n3	Equal variances assumed	1.170	.340	.270	4	.800	.50000	1.84902	-4.63371	5.63371
	Equal variances not assumed			.270	3.506	.802	.50000	1.84902	-4.93196	5.93196
C184n3	Equal variances assumed	16.000	.016	-1.000	4	.374	-.76667	.76667	-2.89527	1.36194
	Equal variances not assumed			-1.000	2.000	.423	-.76667	.76667	-4.06537	2.53203
C203n3	Equal variances assumed	16.000	.016	-1.000	4	.374	-1.86667	1.86667	-7.04936	3.31603
	Equal variances not assumed			-1.000	2.000	.423	-1.86667	1.86667	-9.89829	6.16495
C204n3	Equal variances assumed	.081	.790	.071	4	.947	.16667	2.33643	-6.32029	6.65363
	Equal variances not assumed			.071	3.960	.947	.16667	2.33643	-6.34635	6.67968
C205n3	Equal variances assumed	4.355	.105	-.157	4	.883	-.60000	3.81037	-11.17927	9.97927
	Equal variances not assumed			-.157	2.661	.886	-.60000	3.81037	-13.64747	12.44747
C226n3	Equal variances assumed	1.225	.330	-.849	4	.444	-1.73333	2.04233	-7.40375	3.93708
	Equal variances not assumed			-.849	3.467	.451	-1.73333	2.04233	-7.76471	4.29804

ตารางภาคผนวกที่ 44 (ต่อ)

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Tn3PUFA	Equal variances assumed	.637	.469	-.947	4	.397	-2.06667	2.18149	-8.12345	3.99011
	Equal variances not assumed			-.947	3.699	.401	-2.06667	2.18149	-8.32261	4.18927
TPUFA	Equal variances assumed	.272	.629	-2.165	4	.096	-3.40000	1.57021	-7.75960	.95960
	Equal variances not assumed			-2.165	3.622	.103	-3.40000	1.57021	-7.94511	1.14511
THUFA	Equal variances assumed	.054	.827	-1.201	4	.296	-2.63333	2.19266	-8.72115	3.45448
	Equal variances not assumed			-1.201	3.946	.297	-2.63333	2.19266	-8.75399	3.48732
n3n6	Equal variances assumed	.865	.421	6.822	3	.006	12.00000	1.75910	6.40175	17.59825
	Equal variances not assumed			7.353	2.815	.006	12.00000	1.63197	6.60734	17.39266
DHAEPA	Equal variances assumed	2.734	.174	-.637	4	.559	-.93333	1.46553	-5.00230	3.13563
	Equal variances not assumed			-.637	3.001	.569	-.93333	1.46553	-5.59610	3.72943

ตารางภาคผนวกที่ 45 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 2 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
c14	Equal variances assumed	9.715	.036	1.225	4	.288	3.56667	2.91166	-4.51740	11.65074
	Equal variances not assumed			1.225	2.055	.342	3.56667	2.91166	-8.64682	15.78016
c16	Equal variances assumed	3.169	.150	-.615	4	.572	-.73333	1.19210	-4.04314	2.57648
	Equal variances not assumed			-.615	2.366	.592	-.73333	1.19210	-5.17271	3.70604
c18	Equal variances assumed	9.197	.039	-6.300	4	.003	-2.36667	.37565	-3.40963	-1.32370
	Equal variances not assumed			-6.300	2.097	.022	-2.36667	.37565	-3.91356	-.81977
c22	Equal variances assumed	16.000	.016	-1.000	4	.374	-2.63333	2.63333	-9.94464	4.67797
	Equal variances not assumed			-1.000	2.000	.423	-2.63333	2.63333	-13.96365	8.69699
TSFA	Equal variances assumed	6.880	.059	-1.611	4	.183	-1.96667	1.22111	-5.35701	1.42368
	Equal variances not assumed			-1.611	2.379	.229	-1.96667	1.22111	-6.49533	2.56200

ตารางภาคผนวกที่ 45 (ต่อ)

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
C161	Equal variances assumed	6.283	.066	1.640	4	.176	4.90000	2.98701	-3.39327	13.19327
	Equal variances not assumed			1.640	2.412	.221	4.90000	2.98701	-6.06190	15.86190
C181	Equal variances assumed	4.902	.091	-.601	4	.580	-1.00000	1.66333	-5.61814	3.61814
	Equal variances not assumed			-.601	2.186	.604	-1.00000	1.66333	-7.60313	5.60313
C201	Equal variances assumed	4.310	.106	2.240	4	.089	7.20000	3.21455	-1.72502	16.12502
	Equal variances not assumed			2.240	2.146	.146	7.20000	3.21455	-5.76960	20.16960
TMUFA	Equal variances assumed	.092	.777	4.806	4	.009	6.43333	1.33874	2.71640	10.15027
	Equal variances not assumed			4.806	3.807	.010	6.43333	1.33874	2.64097	10.22570
C182n6	Equal variances assumed	10.936	.030	-1.175	4	.305	-4.00000	3.40490	-13.45351	5.45351
	Equal variances not assumed			-1.175	2.024	.360	-4.00000	3.40490	-18.48287	10.48287
Tn6PUFA	Equal variances assumed	10.936	.030	-1.175	4	.305	-4.00000	3.40490	-13.45351	5.45351
	Equal variances not assumed			-1.175	2.024	.360	-4.00000	3.40490	-18.48287	10.48287
SUMn4	Equal variances assumed	1.985	.232	-.352	4	.742	-1.50000	4.25898	-13.32482	10.32482
	Equal variances not assumed			-.352	3.245	.746	-1.50000	4.25898	-14.49322	11.49322

ตารางภาคผนวกที่ 45 (ต่อ)

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
C205n3	Equal variances assumed	.165	.705	-2.679	4	.055	-1.30000	.48534	-2.64752	.04752
	Equal variances not assumed			-2.679	3.921	.056	-1.30000	.48534	-2.65823	.05823
C226n3	Equal variances assumed	2.684	.177	-7.136	4	.002	-4.96667	.69602	-6.89913	-3.03420
	Equal variances not assumed			-7.136	3.010	.006	-4.96667	.69602	-7.17744	-2.75589

ตารางภาคผนวกที่ 45 (ต่อ)

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Tn3PUFA	Equal variances assumed	.757	.433	-6.654	4	.003	-4.70000	.70632	-6.66106	-2.73894
	Equal variances not assumed			-6.654	3.430	.004	-4.70000	.70632	-6.79646	-2.60354
TPUFA	Equal variances assumed	3.453	.137	-3.519	4	.024	-5.50000	1.56276	-9.83892	-1.16108
	Equal variances not assumed			-3.519	2.446	.053	-5.50000	1.56276	-11.17563	.17563
THUFA	Equal variances assumed	.757	.433	-6.654	4	.003	-4.70000	.70632	-6.66106	-2.73894
	Equal variances not assumed			-6.654	3.430	.004	-4.70000	.70632	-6.79646	-2.60354
n3n6	Equal variances assumed	76.409	.003	-1.735	3	.181	-1.33333	.76860	-3.77935	1.11268
	Equal variances not assumed			-1.319	1.042	.406	-1.33333	1.01050	-13.00135	10.33469
DHAEPA	Equal variances assumed	.082	.789	-4.703	4	.009	-1.36667	.29059	-2.17348	-.55985
	Equal variances not assumed			-4.703	3.741	.011	-1.36667	.29059	-2.19600	-.53733

ตารางภาคผนวกที่ 46 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 3 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
c14	Equal variances assumed	6.676	.061	1.055	4	.351	.53333	.50553	-.87023	1.93690
	Equal variances not assumed			1.055	2.239	.392	.53333	.50553	-1.43391	2.50057
c16	Equal variances assumed	9.338	.038	-.413	4	.701	-.86667	2.09709	-6.68912	4.95578
	Equal variances not assumed			-.413	2.185	.716	-.86667	2.09709	-9.19689	7.46356
c18	Equal variances assumed	.375	.573	-2.220	4	.091	-3.60000	1.62138	-8.10169	.90169
	Equal variances not assumed			-2.220	3.298	.105	-3.60000	1.62138	-8.50630	1.30630
c20	Equal variances assumed	.049	.836	-.055	4	.959	-.10000	1.81628	-5.14281	4.94281
	Equal variances not assumed			-.055	3.976	.959	-.10000	1.81628	-5.15488	4.95488
c22	Equal variances assumed	8.116	.046	-2.806	4	.049	-2.80000	.99778	-5.57027	-.02973
	Equal variances not assumed			-2.806	2.201	.096	-2.80000	.99778	-6.73823	1.13823
TSFA	Equal variances assumed	7.672	.050	-1.365	4	.244	-4.83333	3.53962	-14.66089	4.99422
	Equal variances not assumed			-1.365	2.241	.293	-4.83333	3.53962	-18.59634	8.92967
C161	Equal variances assumed	5.382	.081	1.902	4	.130	5.76667	3.03168	-2.65064	14.18397
	Equal variances not assumed			1.902	2.464	.173	5.76667	3.03168	-5.18366	16.71700
C181	Equal variances assumed	12.667	.024	1.302	4	.263	12.90000	9.90533	-14.60160	40.40160
	Equal variances not assumed			1.302	2.023	.321	12.90000	9.90533	-29.25267	55.05267
C201	Equal variances assumed	8.623	.043	2.125	4	.101	13.40000	6.30599	-4.10825	30.90825
	Equal variances not assumed			2.125	2.110	.161	13.40000	6.30599	-12.41794	39.21794
TMUFA	Equal variances assumed	.356	.583	18.459	4	.000	8.76667	.47493	7.44806	10.08528
	Equal variances not assumed			18.459	3.813	.000	8.76667	.47493	7.42211	10.11123
C182n6	Equal variances assumed	7.921	.048	1.427	4	.227	.56667	.39721	-.53617	1.66951
	Equal variances not assumed			1.427	2.086	.285	.56667	.39721	-1.07642	2.20975
C204n6	Equal variances assumed	8.793	.041	3.183	4	.033	4.46667	1.40317	.57084	8.36249
	Equal variances not assumed			3.183	2.216	.075	4.46667	1.40317	-1.04058	9.97391
Tn6PUFA	Equal variances assumed	6.145	.068	2.770	4	.050	1.80000	.64979	-.00410	3.60410
	Equal variances not assumed			2.770	2.353	.091	1.80000	.64979	-.63033	4.23033
SUMn4	Equal variances assumed	5.703	.075	-1.348	4	.249	-.83333	.61824	-2.54985	.88318
	Equal variances not assumed			-1.348	2.475	.288	-.83333	.61824	-3.05927	1.39260
C203n3	Equal variances assumed	1.778	.253	-1.267	4	.274	-3.20000	2.52631	-10.21415	3.81415
	Equal variances not assumed			-1.267	2.948	.296	-3.20000	2.52631	-11.32116	4.92116
C204n3	Equal variances assumed	.134	.733	.092	4	.931	.16667	1.81873	-4.88294	5.21627
	Equal variances not assumed			.092	3.934	.931	.16667	1.81873	-4.91642	5.24975
C205n3	Equal variances assumed	.193	.683	-.359	4	.738	-.43333	1.20600	-3.78174	2.91507
	Equal variances not assumed			-.359	3.865	.738	-.43333	1.20600	-3.82851	2.96184
C226n3	Equal variances assumed	4.483	.102	-.641	4	.557	-1.16667	1.82148	-6.22390	3.89056
	Equal variances not assumed			-.641	2.603	.574	-1.16667	1.82148	-7.49780	5.16447
Tn3PUFA	Equal variances assumed	13.912	.020	-.718	4	.513	-1.66667	2.32283	-8.11589	4.78255
	Equal variances not assumed			-.718	2.016	.547	-1.66667	2.32283	-11.58673	8.25340
TPUFA	Equal variances assumed	12.580	.024	-.257	4	.810	-.60000	2.33143	-7.07308	5.87308
	Equal variances not assumed			-.257	2.035	.821	-.60000	2.33143	-10.46566	9.26566
THUFA	Equal variances assumed	7.136	.056	-.645	4	.554	-1.96667	3.05141	-10.43874	6.50541
	Equal variances not assumed			-.645	2.021	.585	-1.96667	3.05141	-14.96821	11.03487
n3n6	Equal variances assumed	4.908	.091	-2.253	4	.087	-2.30000	1.02089	-5.13445	.53445
	Equal variances not assumed			-2.253	2.030	.151	-2.30000	1.02089	-6.63078	2.03078
DHAEPA	Equal variances assumed	3.168	.150	-.225	4	.833	-.16667	.74087	-2.22365	1.89032
	Equal variances not assumed			-.225	2.859	.837	-.16667	.74087	-2.59141	2.25807

ตารางภาคผนวกที่ 47 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 4 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
c14	Equal variances assumed	8.477	.044	3.054	4	.038	1.31000	.42894	.11907	2.50093
	Equal variances not assumed			3.054	2.218	.081	1.31000	.42894	-.37207	2.99207
c16	Equal variances assumed	4.164	.111	3.776	4	.019	3.50333	.92773	.92755	6.07912
	Equal variances not assumed			3.776	2.181	.055	3.50333	.92773	-.18704	7.19370
c18	Equal variances assumed	2.866	.166	2.061	4	.108	1.38667	.67295	-.48173	3.25506
	Equal variances not assumed			2.061	2.106	.169	1.38667	.67295	-1.37302	4.14635
c20	Equal variances assumed	16.000	.016	-10.277	4	.001	-4.07667	.39667	-5.17799	-2.97534
	Equal variances not assumed			-10.277	2.000	.009	-4.07667	.39667	-5.78339	-2.36995
c22	Equal variances assumed	12.686	.024	-2.572	4	.062	-4.57000	1.77661	-9.50267	.36267
	Equal variances not assumed			-2.572	2.045	.121	-4.57000	1.77661	-12.05464	2.91464
TSFA	Equal variances assumed	3.831	.122	2.663	4	.056	3.03000	1.13787	-.12924	6.18924
	Equal variances not assumed			2.663	2.064	.113	3.03000	1.13787	-1.72380	7.78380
C161	Equal variances assumed	5.685	.076	-1.561	4	.194	-1.46000	.93523	-4.05662	1.13662
	Equal variances not assumed			-1.561	2.364	.240	-1.46000	.93523	-4.94466	2.02466
C181	Equal variances assumed	3.830	.122	-2.007	4	.115	-1.80333	.89845	-4.29783	.69116
	Equal variances not assumed			-2.007	2.205	.171	-1.80333	.89845	-5.34440	1.73773
C201	Equal variances assumed	2.213	.211	2.271	4	.086	4.68333	2.06191	-1.04145	10.40812
	Equal variances not assumed			2.271	2.939	.110	4.68333	2.06191	-1.95690	11.32357
TMUFA	Equal variances assumed	.403	.560	2.022	4	.113	1.89333	.93649	-.70679	4.49346
	Equal variances not assumed			2.022	3.626	.120	1.89333	.93649	-.81590	4.60256
C182n6	Equal variances assumed	1.710	.261	-1.193	4	.299	-.90333	.75727	-3.00585	1.19918
	Equal variances not assumed			-1.193	2.398	.338	-.90333	.75727	-3.69469	1.88802
C204n6	Equal variances assumed	15.992	.016	-7.250	4	.002	-5.60667	.77335	-7.75384	-3.45949
	Equal variances not assumed			-7.250	2.000	.018	-5.60667	.77335	-8.93414	-2.27919
Tn6PUFA	Equal variances assumed	.090	.779	-2.499	4	.067	-2.24333	.89769	-4.73573	.24907
	Equal variances not assumed			-2.499	3.683	.072	-2.24333	.89769	-4.82262	.33595
SUMn4	Equal variances assumed	8.212	.046	-1.422	4	.228	-4.25333	2.99068	-12.55680	4.05013
	Equal variances not assumed			-1.422	2.149	.283	-4.25333	2.99068	-16.30478	7.79811
C183n3	Equal variances assumed	16.000	.016	-1.000	4	.374	-.96667	.96667	-3.65056	1.71723
	Equal variances not assumed			-1.000	2.000	.423	-.96667	.96667	-5.12590	3.19256
C184n3	Equal variances assumed	15.380	.017	-4.368	4	.012	-5.10000	1.16760	-8.34179	-1.85821
	Equal variances not assumed			-4.368	2.000	.049	-5.10000	1.16760	-10.12380	-.07620
C203n3	Equal variances assumed	7.810	.049	-1.837	4	.140	-3.62000	1.97010	-9.08988	1.84988
	Equal variances not assumed			-1.837	2.299	.191	-3.62000	1.97010	-11.12331	3.88331
C204n3	Equal variances assumed	15.032	.018	.099	4	.926	.46667	4.73565	-12.68161	13.61494
	Equal variances not assumed			.099	2.004	.930	.46667	4.73565	-19.87107	20.80440
C205n3	Equal variances assumed	7.570	.051	-1.838	4	.140	-1.49667	.81423	-3.75734	.76401
	Equal variances not assumed			-1.838	2.314	.190	-1.49667	.81423	-4.58169	1.58836
C226n3	Equal variances assumed	.422	.551	-.475	4	.660	-.38333	.80739	-2.62501	1.85834
	Equal variances not assumed			-.475	3.551	.663	-.38333	.80739	-2.74142	1.97475
Tn3PUFA	Equal variances assumed	2.803	.169	-.698	4	.524	-1.36667	1.95875	-6.80504	4.07170
	Equal variances not assumed			-.698	3.025	.535	-1.36667	1.95875	-7.57174	4.83841
TPUFA	Equal variances assumed	7.038	.057	-1.218	4	.290	-2.37667	1.95068	-7.79262	3.03929
	Equal variances not assumed			-1.218	2.349	.331	-2.37667	1.95068	-9.68151	4.92818
THUFA	Equal variances assumed	9.280	.038	-2.897	4	.044	-5.13667	1.77322	-10.05992	-.21342
	Equal variances not assumed			-2.897	2.181	.092	-5.13667	1.77322	-12.18990	1.91656
n3n6	Equal variances assumed	2.423	.195	1.467	4	.216	1.39333	.94957	-1.24309	4.02975
	Equal variances not assumed			1.467	3.112	.235	1.39333	.94957	-1.56804	4.35470
DHAEPA	Equal variances assumed	8.062	.047	1.115	4	.327	.86333	.77426	-1.28636	3.01302
	Equal variances not assumed			1.115	2.206	.371	.86333	.77426	-2.18662	3.91329

ตารางภาคผนวกที่ 48 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 5 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
c14	Equal variances assumed	7.891	.048	1.158	4	.311	2.70000	2.33095	-3.77176	9.17176
	Equal variances not assumed			1.158	2.285	.353	2.70000	2.33095	-6.22035	11.62035
c16	Equal variances assumed	4.193	.110	.297	4	.781	.33333	1.12200	-2.78184	3.44851
	Equal variances not assumed			.297	2.680	.788	.33333	1.12200	-3.49081	4.15748
c18	Equal variances assumed	5.063	.088	-.350	4	.744	-.30000	.85829	-2.68300	2.08300
	Equal variances not assumed			-.350	2.568	.753	-.30000	.85829	-3.31047	2.71047
c20	Equal variances assumed	16.000	.016	1.000	4	.374	1.40000	1.40000	-2.48702	5.28702
	Equal variances not assumed			1.000	2.000	.423	1.40000	1.40000	-4.62371	7.42371
c22	Equal variances assumed	.002	.969	-.021	4	.984	-.06667	3.13971	-8.78390	8.65057
	Equal variances not assumed			-.021	3.999	.984	-.06667	3.13971	-8.78439	8.65106
TSFA	Equal variances assumed	4.114	.112	.531	4	.624	.96667	1.82178	-4.09141	6.02474
	Equal variances not assumed			.531	2.173	.645	.96667	1.82178	-6.30338	8.23672
C161	Equal variances assumed	.452	.538	.977	4	.384	.76667	.78457	-1.41166	2.94499
	Equal variances not assumed			.977	3.785	.387	.76667	.78457	-1.46131	2.99464
C181	Equal variances assumed	9.393	.037	-2.339	4	.079	-1.83333	.78387	-4.00969	.34302
	Equal variances not assumed			-2.339	2.158	.135	-1.83333	.78387	-4.98055	1.31388
C201	Equal variances assumed	4.610	.098	-1.754	4	.154	-1.76667	1.00720	-4.56309	1.02976
	Equal variances not assumed			-1.754	2.576	.193	-1.76667	1.00720	-5.29264	1.75931
TMUFA	Equal variances assumed	.032	.866	-2.537	4	.064	-2.63333	1.03816	-5.51573	.24906
	Equal variances not assumed			-2.537	3.923	.065	-2.63333	1.03816	-5.53821	.27155
C182n6	Equal variances assumed	.040	.851	-2.390	4	.075	-.66667	.27889	-1.44098	.10765
	Equal variances not assumed			-2.390	3.948	.076	-.66667	.27889	-1.44499	.11165
Tn6PUFA	Equal variances assumed	.040	.851	-2.390	4	.075	-.66667	.27889	-1.44098	.10765
	Equal variances not assumed			-2.390	3.948	.076	-.66667	.27889	-1.44499	.11165
SUMn4	Equal variances assumed	.002	.963	-1.083	4	.340	-1.13333	1.04616	-4.03793	1.77126
	Equal variances not assumed			-1.083	3.991	.340	-1.13333	1.04616	-4.04054	1.77387
C203n3	Equal variances assumed	15.976	.016	-2.000	4	.116	-4.43333	2.21685	-10.58831	1.72164
	Equal variances not assumed			-2.000	2.000	.184	-4.43333	2.21685	-13.97169	5.10502
C205n3	Equal variances assumed	4.810	.093	-.933	4	.404	-.66667	.71492	-2.65160	1.31827
	Equal variances not assumed			-.933	2.460	.433	-.66667	.71492	-3.25241	1.91907
C226n3	Equal variances assumed	12.668	.024	-3.298	4	.030	-2.10000	.63683	-3.86813	-.33187
	Equal variances not assumed			-3.298	2.044	.079	-2.10000	.63683	-4.78393	.58393
Tn3PUFA	Equal variances assumed	.508	.515	-4.216	4	.014	-2.86667	.67987	-4.75429	-.97905
	Equal variances not assumed			-4.216	3.540	.017	-2.86667	.67987	-4.85513	-.87820
TPUFA	Equal variances assumed	.006	.944	-4.881	4	.008	-2.93333	.60093	-4.60177	-1.26490
	Equal variances not assumed			-4.881	3.994	.008	-2.93333	.60093	-4.60282	-1.26384
THUFA	Equal variances assumed	.508	.515	-4.216	4	.014	-2.86667	.67987	-4.75429	-.97905
	Equal variances not assumed			-4.216	3.540	.017	-2.86667	.67987	-4.85513	-.87820
n3n6	Equal variances assumed	5.184	.085	-1.584	4	.188	-.73333	.46308	-2.01905	.55239
	Equal variances not assumed			-1.584	2.481	.230	-.73333	.46308	-2.39770	.93103
DHAEPA	Equal variances assumed	.065	.811	-.688	4	.530	-.50000	.72725	-2.51916	1.51916
	Equal variances not assumed			-.688	3.969	.530	-.50000	.72725	-2.52538	1.52538

ตารางภาคผนวกที่ 49 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 7 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
c14	Equal variances assumed	.182	.692	2.000	4	.116	.53333	.26667	-.20705	1.27372
	Equal variances not assumed			2.000	3.817	.119	.53333	.26667	-.22124	1.28790
c16	Equal variances assumed	3.184	.149	1.583	4	.189	1.00000	.63158	-.75354	2.75354
	Equal variances not assumed			1.583	2.872	.215	1.00000	.63158	-1.06164	3.06164
c18	Equal variances assumed	7.550	.051	-1.378	4	.240	-2.20000	1.59652	-6.63266	2.23266
	Equal variances not assumed			-1.378	2.055	.299	-2.20000	1.59652	-8.89673	4.49673
c20	Equal variances assumed	15.747	.017	-1.998	4	.116	-2.73333	1.36789	-6.53119	1.06453
	Equal variances not assumed			-1.998	2.000	.184	-2.73333	1.36789	-8.61887	3.15220
c22	Equal variances assumed	1.910	.239	-1.833	4	.141	-.56667	.30912	-1.42492	.29159
	Equal variances not assumed			-1.833	3.050	.163	-.56667	.30912	-1.54138	.40805
TSFA	Equal variances assumed	4.914	.091	-.603	4	.579	-1.06667	1.76949	-5.97957	3.84624
	Equal variances not assumed			-.603	2.226	.602	-1.06667	1.76949	-7.98603	5.85269
C161	Equal variances assumed	.848	.409	1.782	4	.149	1.30000	.72954	-.72552	3.32552
	Equal variances not assumed			1.782	3.117	.169	1.30000	.72954	-.97329	3.57329
C181	Equal variances assumed	.695	.451	2.481	4	.068	2.83333	1.14212	-.33771	6.00437
	Equal variances not assumed			2.481	3.690	.073	2.83333	1.14212	-.44540	6.11207
C201	Equal variances assumed	.064	.812	1.847	4	.139	4.30000	2.32857	-2.16514	10.76514
	Equal variances not assumed			1.847	3.964	.139	4.30000	2.32857	-2.18805	10.78805
TMUFA	Equal variances assumed	.004	.953	8.790	4	.001	6.03333	.68638	4.12765	7.93902
	Equal variances not assumed			8.790	3.916	.001	6.03333	.68638	4.11147	7.95519
C182n6	Equal variances assumed	3.803	.123	1.337	4	.252	.63333	.47376	-.68202	1.94869
	Equal variances not assumed			1.337	2.458	.292	.63333	.47376	-1.08110	2.34777
C204n6	Equal variances assumed	16.000	.016	-1.000	4	.374	-1.20000	1.20000	-4.53173	2.13173
	Equal variances not assumed			-1.000	2.000	.423	-1.20000	1.20000	-6.36318	3.96318
Tn6PUFA	Equal variances assumed	2.306	.204	.876	4	.430	.43333	.49441	-.93938	1.80604
	Equal variances not assumed			.876	2.824	.449	.43333	.49441	-1.19719	2.06386
SUMn4	Equal variances assumed	1.103	.353	-.067	4	.950	-.03333	.49777	-1.41537	1.34871
	Equal variances not assumed			-.067	2.629	.951	-.03333	.49777	-1.75158	1.68491
C183n3	Equal variances assumed	16.000	.016	-1.000	4	.374	-1.23333	1.23333	-4.65762	2.19095
	Equal variances not assumed			-1.000	2.000	.423	-1.23333	1.23333	-6.53994	4.07327
C184n3	Equal variances assumed	16.000	.016	-1.000	4	.374	-1.06667	1.06667	-4.02821	1.89487
	Equal variances not assumed			-1.000	2.000	.423	-1.06667	1.06667	-5.65616	3.52283
C203n3	Equal variances assumed	.021	.892	-.648	4	.552	-1.73333	2.67436	-9.15856	5.69189
	Equal variances not assumed			-.648	3.992	.552	-1.73333	2.67436	-9.16455	5.69788
C204n3	Equal variances assumed	16.000	.016	-1.000	4	.374	-1.26667	1.26667	-4.78350	2.25016
	Equal variances not assumed			-1.000	2.000	.423	-1.26667	1.26667	-6.71669	4.18336
C205n3	Equal variances assumed	8.475	.044	-1.471	4	.215	-.83333	.56667	-2.40665	.73999
	Equal variances not assumed			-1.471	2.234	.267	-.83333	.56667	-3.04271	1.37604
C226n3	Equal variances assumed	3.920	.119	-1.118	4	.326	-.83333	.74536	-2.90277	1.23611
	Equal variances not assumed			-1.118	2.373	.364	-.83333	.74536	-3.60251	1.93584
Tn3PUFA	Equal variances assumed	8.281	.045	-2.019	4	.114	-1.70000	.84196	-4.03764	.63764
	Equal variances not assumed			-2.019	2.123	.174	-1.70000	.84196	-5.12924	1.72924
TPUFA	Equal variances assumed	4.569	.099	-1.765	4	.152	-1.30000	.73636	-3.34446	.74446
	Equal variances not assumed			-1.765	2.270	.204	-1.30000	.73636	-4.13311	1.53311
THUFA	Equal variances assumed	9.128	.039	-1.703	4	.164	-1.60000	.93927	-4.20782	1.00782
	Equal variances not assumed			-1.703	2.098	.225	-1.60000	.93927	-5.46571	2.26571
n3n6	Equal variances assumed	.143	.725	-1.700	4	.164	-1.13333	.66667	-2.98430	.71763
	Equal variances not assumed			-1.700	3.923	.166	-1.13333	.66667	-2.99869	.73203
DHAEPA	Equal variances assumed	.604	.481	1.050	4	.353	.26667	.25386	-.43816	.97149
	Equal variances not assumed			1.050	3.575	.359	.26667	.25386	-.47247	1.00581

ตารางภาคผนวกที่ 50 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 8 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
c14	Equal variances assumed	5.487	.079	1.605	4	.184	3.10000	1.93103	-2.26141	8.46141
	Equal variances not assumed			1.605	2.424	.228	3.10000	1.93103	-3.96005	10.16005
c16	Equal variances assumed	.125	.742	-.085	4	.936	-.16667	1.95505	-5.59476	5.26142
	Equal variances not assumed			-.085	3.721	.936	-.16667	1.95505	-5.75911	5.42578
c18	Equal variances assumed	2.647	.179	-1.287	4	.267	-2.33333	1.81230	-7.36509	2.69843
	Equal variances not assumed			-1.287	2.101	.321	-2.33333	1.81230	-9.78192	5.11525
c20	Equal variances assumed	16.000	.016	1.000	4	.374	1.16667	1.16667	-2.07252	4.40585
	Equal variances not assumed			1.000	2.000	.423	1.16667	1.16667	-3.85309	6.18643
c22	Equal variances assumed	.167	.703	.207	4	.846	.56667	2.73415	-7.02454	8.15787
	Equal variances not assumed			.207	3.919	.846	.56667	2.73415	-7.08666	8.21999
TSFA	Equal variances assumed	3.802	.123	-.475	4	.660	-1.03333	2.17537	-7.07312	5.00645
	Equal variances not assumed			-.475	2.672	.671	-1.03333	2.17537	-8.46332	6.39666
C161	Equal variances assumed	12.998	.023	.809	4	.464	2.96667	3.66758	-7.21616	13.14949
	Equal variances not assumed			.809	2.032	.502	2.96667	3.66758	-12.57567	18.50900
C181	Equal variances assumed	.365	.578	1.314	4	.259	1.00000	.76085	-1.11245	3.11245
	Equal variances not assumed			1.314	3.769	.263	1.00000	.76085	-1.16452	3.16452
C201	Equal variances assumed	3.027	.157	-.168	4	.875	-.40000	2.38024	-7.00861	6.20861
	Equal variances not assumed			-.168	2.897	.878	-.40000	2.38024	-8.13023	7.33023
TMUFA	Equal variances assumed	.543	.502	.478	4	.658	1.13333	2.37253	-5.45386	7.72053
	Equal variances not assumed			.478	3.492	.661	1.13333	2.37253	-5.84945	8.11612
C182n6	Equal variances assumed	.114	.752	2.460	4	.070	.73333	.29814	-.09444	1.56111
	Equal variances not assumed			2.460	3.978	.070	.73333	.29814	-.09628	1.56295
C204n6	Equal variances assumed	1.382	.305	-1.135	4	.320	-3.06667	2.70226	-10.56935	4.43602
	Equal variances not assumed			-1.135	3.422	.330	-3.06667	2.70226	-11.09615	4.96282
Tn6PUFA	Equal variances assumed	.910	.394	-.391	4	.716	-.26667	.68150	-2.15882	1.62549
	Equal variances not assumed			-.391	3.255	.720	-.26667	.68150	-2.34253	1.80920
SUMn4	Equal variances assumed	.019	.896	.500	4	.643	.80000	1.59965	-3.64135	5.24135
	Equal variances not assumed			.500	3.981	.643	.80000	1.59965	-3.64971	5.24971
C184n3	Equal variances assumed	16.000	.016	1.000	4	.374	1.13333	1.13333	-2.01330	4.27997
	Equal variances not assumed			1.000	2.000	.423	1.13333	1.13333	-3.74301	6.00967
C203n3	Equal variances assumed	1.485	.290	.651	4	.550	1.80000	2.76325	-5.87201	9.47201
	Equal variances not assumed			.651	3.332	.557	1.80000	2.76325	-6.51887	10.11887
C204n3	Equal variances assumed	.168	.703	-.552	4	.611	-1.16667	2.11529	-7.03965	4.70632
	Equal variances not assumed			-.552	3.918	.611	-1.16667	2.11529	-7.08818	4.75484
C205n3	Equal variances assumed	8.208	.046	.213	4	.842	.36667	1.72498	-4.42265	5.15598
	Equal variances not assumed			.213	2.047	.851	.36667	1.72498	-6.89492	7.62825
C226n3	Equal variances assumed	7.704	.050	-.045	4	.966	-.13333	2.93504	-8.28230	8.01564
	Equal variances not assumed			-.045	2.121	.968	-.13333	2.93504	-12.09548	11.82882
Tn3PUFA	Equal variances assumed	4.033	.115	.122	4	.909	.40000	3.28211	-8.71259	9.51259
	Equal variances not assumed			.122	2.472	.912	.40000	3.28211	-11.42864	12.22864
TPUFA	Equal variances assumed	2.090	.222	.024	4	.982	.06667	2.76365	-7.60646	7.73980
	Equal variances not assumed			.024	2.797	.982	.06667	2.76365	-9.10080	9.23413
THUFA	Equal variances assumed	3.806	.123	.725	4	.509	2.03333	2.80614	-5.75777	9.82444
	Equal variances not assumed			.725	2.401	.533	2.03333	2.80614	-8.30148	12.36815
n3n6	Equal variances assumed	10.796	.030	.131	4	.902	.23333	1.77514	-4.69524	5.16190
	Equal variances not assumed			.131	2.062	.907	.23333	1.77514	-7.18999	7.65666
DHAEPA	Equal variances assumed	.000	1.000	-1.254	4	.278	-.60000	.47842	-1.92832	.72832
	Equal variances not assumed			-1.254	3.986	.278	-.60000	.47842	-1.93010	.73010

ตารางภาคผนวกที่ 51 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 9 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
c14	Equal variances assumed	9.680	.036	.452	4	.675	.10000	.22111	-.51390	.71390
	Equal variances not assumed			.452	2.093	.694	.10000	.22111	-.81198	1.01198
c16	Equal variances assumed	.046	.841	.437	4	.685	.30000	.68718	-1.60793	2.20793
	Equal variances not assumed			.437	3.976	.685	.30000	.68718	-1.61247	2.21247
c18	Equal variances assumed	.643	.468	.490	4	.650	.16667	.33993	-.77714	1.11048
	Equal variances not assumed			.490	3.298	.655	.16667	.33993	-.86197	1.19531
c20	Equal variances assumed	7.323	.054	-.822	4	.457	-1.26667	1.54092	-5.54496	3.01162
	Equal variances not assumed			-.822	2.017	.497	-1.26667	1.54092	-7.84372	5.31038
c22	Equal variances assumed	4.000	.116	-7.015	4	.002	-1.53333	.21858	-2.14021	-.92645
	Equal variances not assumed			-7.015	2.749	.008	-1.53333	.21858	-2.26623	-.80044
TSFA	Equal variances assumed	1.709	.261	-.042	4	.969	-.03333	.79931	-2.25256	2.18589
	Equal variances not assumed			-.042	3.238	.969	-.03333	.79931	-2.47462	2.40795
C161	Equal variances assumed	4.324	.106	3.213	4	.033	1.56667	.48762	.21280	2.92053
	Equal variances not assumed			3.213	2.258	.072	1.56667	.48762	-.31788	3.45121
C181	Equal variances assumed	1.049	.364	2.548	4	.063	2.06667	.81104	-.18513	4.31846
	Equal variances not assumed			2.548	3.560	.071	2.06667	.81104	-.29911	4.43244
C201	Equal variances assumed	1.551	.281	1.535	4	.200	2.13333	1.38964	-1.72494	5.99160
	Equal variances not assumed			1.535	2.559	.237	2.13333	1.38964	-2.75279	7.01945
TMUFA	Equal variances assumed	1.131	.348	4.492	4	.011	3.80000	.84591	1.45139	6.14861
	Equal variances not assumed			4.492	2.688	.026	3.80000	.84591	.92204	6.67796
C182n6	Equal variances assumed	1.385	.305	2.261	4	.087	.50000	.22111	-.11390	1.11390
	Equal variances not assumed			2.261	2.731	.118	.50000	.22111	-.24462	1.24462
C204n6	Equal variances assumed	10.494	.032	-.672	4	.538	-.93333	1.38884	-4.78938	2.92272
	Equal variances not assumed			-.672	2.066	.569	-.93333	1.38884	-6.73093	4.86427
Tn6PUFA	Equal variances assumed	3.226	.147	1.000	4	.374	.33333	.33333	-.59215	1.25882
	Equal variances not assumed			1.000	2.735	.397	.33333	.33333	-.78801	1.45467
SUMn4	Equal variances assumed	2.154	.216	-6.616	4	.003	-2.03333	.30732	-2.88659	-1.18008
	Equal variances not assumed			-6.616	3.185	.006	-2.03333	.30732	-2.98000	-1.08666
C183n3	Equal variances assumed	16.000	.016	1.000	4	.374	1.36667	1.36667	-2.42781	5.16114
	Equal variances not assumed			1.000	2.000	.423	1.36667	1.36667	-4.51363	7.24696
C184n3	Equal variances assumed	2.996	.159	-.012	4	.991	-.03333	2.80793	-7.82938	7.76272
	Equal variances not assumed			-.012	2.979	.991	-.03333	2.80793	-9.00500	8.93833
C203n3	Equal variances assumed	.603	.481	.716	4	.514	.73333	1.02415	-2.11017	3.57684
	Equal variances not assumed			.716	3.722	.516	.73333	1.02415	-2.19593	3.66259
C204n3	Equal variances assumed	12.174	.025	-.533	4	.622	-.83333	1.56347	-5.17423	3.50756
	Equal variances not assumed			-.533	2.035	.647	-.83333	1.56347	-7.45122	5.78455
C205n3	Equal variances assumed	3.350	.141	-8.716	4	.001	-4.20000	.48189	-5.53795	-2.86205
	Equal variances not assumed			-8.716	2.264	.009	-4.20000	.48189	-6.05803	-2.34197
C226n3	Equal variances assumed	1.818	.249	-6.036	4	.004	-5.63333	.93333	-8.22468	-3.04198
	Equal variances not assumed			-6.036	3.200	.008	-5.63333	.93333	-8.50131	-2.76536
Tn3PUFA	Equal variances assumed	1.966	.234	-6.024	4	.004	-6.40000	1.06249	-9.34995	-3.45005
	Equal variances not assumed			-6.024	3.225	.007	-6.40000	1.06249	-9.65163	-3.14837
TPUFA	Equal variances assumed	.846	.410	-7.077	4	.002	-5.66667	.80069	-7.88975	-3.44358
	Equal variances not assumed			-7.077	3.627	.003	-5.66667	.80069	-7.98285	-3.35049
THUFA	Equal variances assumed	1.385	.304	-9.905	4	.001	-9.76667	.98601	-12.50428	-7.02905
	Equal variances not assumed			-9.905	2.782	.003	-9.76667	.98601	-13.04847	-6.48486
n3n6	Equal variances assumed	4.009	.116	-4.445	4	.011	-3.00000	.67495	-4.87396	-1.12604
	Equal variances not assumed			-4.445	2.753	.025	-3.00000	.67495	-5.26143	-.73857
DHAEPA	Equal variances assumed	9.565	.036	1.412	4	.231	1.03333	.73182	-.99852	3.06518
	Equal variances not assumed			1.412	2.111	.287	1.03333	.73182	-1.96223	4.02889

ตารางภาคผนวกที่ 52 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 10 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
c14	Equal variances assumed	11.957	.026	-.039	4	.970	-.11333	2.87345	-8.09131	7.86464
	Equal variances not assumed			-.039	2.014	.972	-.11333	2.87345	-12.39768	12.17101
c16	Equal variances assumed	7.634	.051	-4.841	4	.008	-5.32667	1.10040	-8.38186	-2.27147
	Equal variances not assumed			-4.841	2.294	.030	-5.32667	1.10040	-9.52479	-1.12855
c18	Equal variances assumed	8.899	.041	-4.328	4	.012	-4.90333	1.13298	-8.04899	-1.75768
	Equal variances not assumed			-4.328	2.096	.045	-4.90333	1.13298	-9.57099	-.23568
c20	Equal variances assumed	8.411	.044	1.907	4	.129	3.10000	1.62583	-1.41404	7.61404
	Equal variances not assumed			1.907	2.000	.197	3.10000	1.62583	-3.89540	10.09540
c22	Equal variances assumed	14.590	.019	1.989	4	.118	3.90000	1.96044	-1.54306	9.34306
	Equal variances not assumed			1.989	2.000	.185	3.90000	1.96044	-4.53510	12.33510
TSFA	Equal variances assumed	10.641	.031	-3.418	4	.027	-7.04667	2.06156	-12.77046	-1.32287
	Equal variances not assumed			-3.418	2.090	.071	-7.04667	2.06156	-15.56150	1.46817
C161	Equal variances assumed	11.622	.027	2.865	4	.046	7.01000	2.44683	.21650	13.80350
	Equal variances not assumed			2.865	2.078	.099	7.01000	2.44683	-3.14844	17.16844
C181	Equal variances assumed	.101	.766	.857	4	.440	.87000	1.01559	-1.94973	3.68973
	Equal variances not assumed			.857	3.932	.441	.87000	1.01559	-1.96913	3.70913
C201	Equal variances assumed	.263	.635	.628	4	.564	.79333	1.26241	-2.71168	4.29834
	Equal variances not assumed			.628	3.857	.565	.79333	1.26241	-2.76358	4.35024
TMUFA	Equal variances assumed	11.737	.027	2.437	4	.071	2.65667	1.09011	-.36997	5.68330
	Equal variances not assumed			2.437	2.072	.131	2.65667	1.09011	-1.88028	7.19362
C182n6	Equal variances assumed	.205	.674	2.729	4	.052	1.52333	.55810	-.02621	3.07287
	Equal variances not assumed			2.729	3.894	.054	1.52333	.55810	-.04304	3.08971
C204n6	Equal variances assumed	16.000	.016	131.000	4	.000	4.36667	.03333	4.27412	4.45921
	Equal variances not assumed			131.000	2.000	.000	4.36667	.03333	4.22324	4.51009
Tn6PUFA	Equal variances assumed	.466	.532	4.258	4	.013	2.29000	.53782	.79676	3.78324
	Equal variances not assumed			4.258	3.756	.015	2.29000	.53782	.75774	3.82226
SUMn4	Equal variances assumed	13.568	.021	1.258	4	.277	3.89667	3.09844	-4.70599	12.49932
	Equal variances not assumed			1.258	2.013	.335	3.89667	3.09844	-9.35266	17.14599
C183n3	Equal variances assumed	16.000	.016	1.000	4	.374	.93333	.93333	-1.65802	3.52468
	Equal variances not assumed			1.000	2.000	.423	.93333	.93333	-3.08248	4.94914
C184n3	Equal variances assumed	16.000	.016	1.000	4	.374	1.13333	1.13333	-2.01330	4.27997
	Equal variances not assumed			1.000	2.000	.423	1.13333	1.13333	-3.74301	6.00967
C203n3	Equal variances assumed	6.563	.063	34.429	4	.000	8.03333	.23333	7.38550	8.68117
	Equal variances not assumed			34.429	2.000	.001	8.03333	.23333	7.02938	9.03729
C204n3	Equal variances assumed	16.000	.016	77.000	4	.000	5.13333	.06667	4.94824	5.31843
	Equal variances not assumed			77.000	2.000	.000	5.13333	.06667	4.84649	5.42018
C205n3	Equal variances assumed	1.683	.264	-1.946	4	.124	-1.10667	.56869	-2.68561	.47228
	Equal variances not assumed			-1.946	3.308	.138	-1.10667	.56869	-2.82468	.61134
C226n3	Equal variances assumed	2.802	.169	.173	4	.871	.33333	1.93071	-5.02718	5.69385
	Equal variances not assumed			.173	2.251	.877	.33333	1.93071	-7.14575	7.81241
Tn3PUFA	Equal variances assumed	3.708	.126	1.252	4	.279	2.33667	1.86700	-2.84696	7.52029
	Equal variances not assumed			1.252	2.009	.337	2.33667	1.86700	-5.66221	10.33554
TPUFA	Equal variances assumed	3.484	.135	1.725	4	.160	3.25333	1.88624	-1.98372	8.49038
	Equal variances not assumed			1.725	2.061	.223	3.25333	1.88624	-4.63711	11.14378
THUFA	Equal variances assumed	3.369	.140	1.390	4	.237	2.60333	1.87294	-2.59679	7.80345
	Equal variances not assumed			1.390	2.035	.297	2.60333	1.87294	-5.32573	10.53240
n3n6	Equal variances assumed	4.108	.113	-1.281	4	.270	-.81000	.63255	-2.56625	.94625
	Equal variances not assumed			-1.281	2.533	.305	-.81000	.63255	-3.05046	1.43046
DHAEPA	Equal variances assumed	.040	.851	1.702	4	.164	1.83667	1.07885	-1.15871	4.83204
	Equal variances not			1.702	3.991	.164	1.83667	1.07885	-1.16135	4.83468

ตารางภาคผนวกที่ 53 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 11 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
c14	Equal variances assumed	4.680	.097	-1.836	4	.140	-.73333	.39949	-1.84248	.37582
	Equal variances not assumed			-1.836	2.394	.187	-.73333	.39949	-2.20755	.74088
c16	Equal variances assumed	11.477	.028	-1.958	4	.122	-1.58667	.81019	-3.83612	.66279
	Equal variances not assumed			-1.958	2.083	.184	-1.58667	.81019	-4.94301	1.76967
c18	Equal variances assumed	14.541	.019	-1.074	4	.343	-1.28667	1.19828	-4.61363	2.04030
	Equal variances not assumed			-1.074	2.009	.395	-1.28667	1.19828	-6.41964	3.84630
c20	Equal variances assumed	13.707	.021	.520	4	.631	.80667	1.55136	-3.50059	5.11393
	Equal variances not assumed			.520	2.022	.654	.80667	1.55136	-5.79830	7.41163
c22	Equal variances assumed	7.555	.051	-3.902	4	.018	-.57333	.14693	-.98128	-.16539
	Equal variances not assumed			-3.902	2.216	.051	-.57333	.14693	-1.14991	.00324
TSFA	Equal variances assumed	12.501	.024	-1.477	4	.214	-2.40333	1.62733	-6.92153	2.11487
	Equal variances not assumed			-1.477	2.020	.277	-2.40333	1.62733	-9.33838	4.53172
C161	Equal variances assumed	2.932	.162	.784	4	.477	.36333	.46369	-.92408	1.65075
	Equal variances not assumed			.784	2.949	.491	.36333	.46369	-1.12684	1.85350
C181	Equal variances assumed	1.980	.232	.677	4	.535	.60333	.89074	-1.86976	3.07643
	Equal variances not assumed			.677	2.572	.554	.60333	.89074	-2.51789	3.72456
C201	Equal variances assumed	8.727	.042	1.351	4	.248	3.04333	2.25327	-3.21276	9.29943
	Equal variances not assumed			1.351	2.105	.304	3.04333	2.25327	-6.20258	12.28925
TMUFA	Equal variances assumed	8.522	.043	1.163	4	.310	2.65000	2.27954	-3.67903	8.97903
	Equal variances not assumed			1.163	2.027	.364	2.65000	2.27954	-7.03534	12.33534
C182n6	Equal variances assumed	5.459	.080	.749	4	.496	.43333	.57880	-1.17368	2.04034
	Equal variances not assumed			.749	2.268	.524	.43333	.57880	-1.79541	2.66207
C204n6	Equal variances assumed	14.193	.020	1.558	4	.194	2.35667	1.51257	-1.84291	6.55624
	Equal variances not assumed			1.558	2.014	.259	2.35667	1.51257	-4.10933	8.82267
Tn6PUFA	Equal variances assumed	7.201	.055	1.114	4	.328	.80333	.72123	-1.19913	2.80580
	Equal variances not assumed			1.114	2.187	.373	.80333	.72123	-2.05849	3.66516
SUMn4	Equal variances assumed	6.993	.057	.023	4	.983	.01333	.58116	-1.60022	1.62689
	Equal variances not assumed			.023	2.013	.984	.01333	.58116	-2.47154	2.49820
C203n3	Equal variances assumed	6.502	.063	.101	4	.924	.08000	.78832	-2.10874	2.26874
	Equal variances not assumed			.101	2.007	.928	.08000	.78832	-3.30031	3.46031
C204n3	Equal variances assumed	15.334	.017	1.708	4	.163	2.73333	1.60035	-1.70994	7.17661
	Equal variances not assumed			1.708	2.002	.230	2.73333	1.60035	-4.14669	9.61335
C205n3	Equal variances assumed	.004	.950	-7.919	4	.001	-3.12000	.39400	-4.21391	-2.02609
	Equal variances not assumed			-7.919	3.962	.001	-3.12000	.39400	-4.21808	-2.02192
C226n3	Equal variances assumed	1.248	.326	-.014	4	.990	-.00667	.47963	-1.33833	1.32500
	Equal variances not assumed			-.014	3.400	.990	-.00667	.47963	-1.43630	1.42297
Tn3PUFA	Equal variances assumed	1.095	.354	-2.010	4	.115	-1.25333	.62349	-2.98443	.47776
	Equal variances not assumed			-2.010	3.502	.125	-1.25333	.62349	-3.08587	.57920
TPUFA	Equal variances assumed	4.150	.111	-.891	4	.423	-.77000	.86416	-3.16928	1.62928
	Equal variances not assumed			-.891	2.626	.447	-.77000	.86416	-3.75538	2.21538
THUFA	Equal variances assumed	1.664	.267	-1.494	4	.209	-1.03667	.69372	-2.96274	.88940
	Equal variances not assumed			-1.494	2.994	.232	-1.03667	.69372	-3.24704	1.17370
n3n6	Equal variances assumed	4.753	.095	-2.347	4	.079	-1.47000	.62625	-3.20875	.26875
	Equal variances not assumed			-2.347	2.462	.120	-1.47000	.62625	-3.73350	.79350
DHAEPA	Equal variances assumed	4.676	.097	6.880	4	.002	3.08333	.44816	1.83905	4.32762
	Equal variances not assumed			6.880	2.431	.012	3.08333	.44816	1.44818	4.71849

ตารางภาคผนวกที่ 54 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะซูเอี้ยะ 12 ที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
c14	Equal variances assumed	.335	.594	-2.055	4	.109	-.29000	.14115	-.68188	.10188
	Equal variances not assumed			-2.055	3.817	.112	-.29000	.14115	-.68942	.10942
c16	Equal variances assumed	.915	.393	-.162	4	.879	-.04333	.26710	-.78493	.69827
	Equal variances not assumed			-.162	3.133	.881	-.04333	.26710	-.87339	.78673
c18	Equal variances assumed	8.557	.043	.980	4	.383	.45333	.46276	-.83149	1.73815
	Equal variances not assumed			.980	2.212	.422	.45333	.46276	-1.36556	2.27222
c20	Equal variances assumed	.040	.852	-.391	4	.715	-.18000	.45977	-1.45653	1.09653
	Equal variances not assumed			-.391	3.973	.716	-.18000	.45977	-1.45999	1.09999
c22	Equal variances assumed	3.748	.125	-3.245	4	.032	-1.03000	.31744	-1.91135	-.14865
	Equal variances not assumed			-3.245	2.596	.058	-1.03000	.31744	-2.13523	.07523
TSFA	Equal variances assumed	8.384	.044	-.753	4	.493	-.38000	.50463	-1.78109	1.02109
	Equal variances not assumed			-.753	2.003	.530	-.38000	.50463	-2.54782	1.78782
C161	Equal variances assumed	.641	.468	-2.061	4	.108	-.60000	.29115	-1.40835	.20835
	Equal variances not assumed			-2.061	3.328	.122	-.60000	.29115	-1.47702	.27702
C181	Equal variances assumed	.594	.484	3.874	4	.018	1.07333	.27703	.30418	1.84249
	Equal variances not assumed			3.874	3.403	.024	1.07333	.27703	.24793	1.89874
C201	Equal variances assumed	10.251	.033	3.380	4	.028	3.09333	.91517	.55240	5.63427
	Equal variances not assumed			3.380	2.119	.071	3.09333	.91517	-.63990	6.82656
TMUFA	Equal variances assumed	1.331	.313	4.737	4	.009	2.93333	.61918	1.21423	4.65244
	Equal variances not assumed			4.737	2.927	.019	2.93333	.61918	.93459	4.93207
C182n6	Equal variances assumed	7.410	.053	-.951	4	.395	-.40333	.42394	-1.58037	.77370
	Equal variances not assumed			-.951	2.181	.435	-.40333	.42394	-2.09002	1.28335
C204n6	Equal variances assumed	13.072	.022	1.004	4	.372	1.20667	1.20222	-2.13124	4.54458
	Equal variances not assumed			1.004	2.028	.420	1.20667	1.20222	-3.89856	6.31190
Tn6PUFA	Equal variances assumed	2.516	.188	-.529	4	.625	-.20000	.37824	-1.25017	.85017
	Equal variances not assumed			-.529	2.407	.642	-.20000	.37824	-1.59029	1.19029
SUMn4	Equal variances assumed	.178	.695	-2.009	4	.115	-.41000	.20410	-.97666	.15666
	Equal variances not assumed			-2.009	3.657	.122	-.41000	.20410	-.99829	.17829
C184n3	Equal variances assumed	16.000	.016	-1.000	4	.374	-1.19667	1.19667	-4.51915	2.12581
	Equal variances not assumed			-1.000	2.000	.423	-1.19667	1.19667	-6.34551	3.95217
C203n3	Equal variances assumed	8.465	.044	4.388	4	.012	1.22667	.27954	.45053	2.00280
	Equal variances not assumed			4.388	2.178	.041	1.22667	.27954	.11329	2.34004
C204n3	Equal variances assumed	14.572	.019	1.437	4	.224	1.88333	1.31032	-1.75470	5.52137
	Equal variances not assumed			1.437	2.008	.287	1.88333	1.31032	-3.73364	7.50031
C205n3	Equal variances assumed	.341	.591	-5.923	4	.004	-3.31333	.55939	-4.86646	-1.76021
	Equal variances not assumed			-5.923	3.813	.005	-3.31333	.55939	-4.89697	-1.72970
C226n3	Equal variances assumed	.060	.819	-5.409	4	.006	-1.85333	.34265	-2.80469	-.90198
	Equal variances not assumed			-5.409	3.975	.006	-1.85333	.34265	-2.80703	-.89964
Tn3PUFA	Equal variances assumed	.947	.386	-11.619	4	.000	-2.66333	.22923	-3.29977	-2.02690
	Equal variances not assumed			-11.619	3.033	.001	-2.66333	.22923	-3.38842	-1.93825
TPUFA	Equal variances assumed	.154	.715	-11.572	4	.000	-2.55667	.22093	-3.17007	-1.94326
	Equal variances not assumed			-11.572	3.925	.000	-2.55667	.22093	-3.17472	-1.93861
THUFA	Equal variances assumed	.105	.762	-10.870	4	.000	-2.48333	.22845	-3.11761	-1.84906
	Equal variances not assumed			-10.870	3.857	.000	-2.48333	.22845	-3.12696	-1.83970
n3n6	Equal variances assumed	1.940	.236	-2.390	4	.075	-.98333	.41135	-2.12543	.15877
	Equal variances not assumed			-2.390	2.756	.104	-.98333	.41135	-2.36038	.39371
DHAEPA	Equal variances assumed	5.094	.087	3.813	4	.019	2.58000	.67663	.70139	4.45861
	Equal variances not assumed			3.813	2.519	.043	2.58000	.67663	.17421	4.98579

ตารางภาคผนวกที่ 55 การวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสิถิติ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระหว่างกุ้งการ์ตูน (*H. picta*) ระยะลงเกาะที่แข็งแรงและอ่อนแอจากการเพาะเลี้ยงด้วยวิธี T-test

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
c14	Equal variances assumed	1.923	.238	1.958	4	.122	.88667	.45274	-.37035	2.14369
	Equal variances not assumed			1.958	2.363	.169	.88667	.45274	-.80070	2.57403
c16	Equal variances assumed	5.104	.087	1.701	4	.164	1.75000	1.02896	-1.10686	4.60686
	Equal variances not assumed			1.701	2.059	.228	1.75000	1.02896	-2.55760	6.05760
c18	Equal variances assumed	7.491	.052	.680	4	.534	.40000	.58866	-1.23439	2.03439
	Equal variances not assumed			.680	2.271	.559	.40000	.58866	-1.86417	2.66417
c20	Equal variances assumed	6.377	.065	.314	4	.769	1.37000	4.35819	-10.73029	13.47029
	Equal variances not assumed			.314	2.442	.778	1.37000	4.35819	-14.47921	17.21921
c22	Equal variances assumed	1.074	.359	1.114	4	.328	.38333	.34396	-.57166	1.33833
	Equal variances not assumed			1.114	3.241	.341	.38333	.34396	-.66664	1.43331
TSFA	Equal variances assumed	3.078	.154	2.704	4	.054	2.64667	.97871	-.07067	5.36401
	Equal variances not assumed			2.704	2.190	.103	2.64667	.97871	-1.23362	6.52695
C161	Equal variances assumed	14.802	.018	-4.559	4	.010	-1.21667	.26685	-1.95757	-.47576
	Equal variances not assumed			-4.559	2.006	.045	-1.21667	.26685	-2.36177	-.07157
C181	Equal variances assumed	6.827	.059	-3.515	4	.025	-3.61333	1.02801	-6.46756	-.75911
	Equal variances not assumed			-3.515	2.365	.056	-3.61333	1.02801	-7.44276	.21609
C201	Equal variances assumed	2.563	.185	.679	4	.534	1.11333	1.63852	-3.43593	5.66260
	Equal variances not assumed			.679	2.366	.557	1.11333	1.63852	-4.98756	7.21422
TMUFA	Equal variances assumed	.022	.889	-3.042	4	.038	-2.59000	.85131	-4.95360	-.22640
	Equal variances not assumed			-3.042	3.996	.038	-2.59000	.85131	-4.95464	-.22536
C182n6	Equal variances assumed	8.236	.045	-2.566	4	.062	-.92667	.36112	-1.92931	.07598
	Equal variances not assumed			-2.566	2.229	.112	-.92667	.36112	-2.33719	.48385
C204n6	Equal variances assumed	14.558	.019	-1.989	4	.118	-2.69667	1.35573	-6.46078	1.06745
	Equal variances not assumed			-1.989	2.000	.185	-2.69667	1.35573	-8.52991	3.13658
Tn6PUFA	Equal variances assumed	1.018	.370	-3.296	4	.030	-1.40667	.42678	-2.59161	-.22172
	Equal variances not assumed			-3.296	3.554	.036	-1.40667	.42678	-2.65262	-.16072
SUMn4	Equal variances assumed	.153	.716	2.624	4	.059	.93667	.35701	-.05455	1.92788
	Equal variances not assumed			2.624	3.890	.060	.93667	.35701	-.06570	1.93904
C184n3	Equal variances assumed	5.679	.076	.596	4	.583	2.77000	4.64942	-10.13886	15.67886
	Equal variances not assumed			.596	2.525	.600	2.77000	4.64942	-13.73107	19.27107
C203n3	Equal variances assumed	.216	.667	-.240	4	.822	-.73667	3.06649	-9.25060	7.77727
	Equal variances not assumed			-.240	3.901	.822	-.73667	3.06649	-9.33686	7.86352
C204n3	Equal variances assumed	4.296	.107	-26.511	4	.000	-4.28667	.16169	-4.73560	-3.83774
	Equal variances not assumed			-26.511	2.000	.001	-4.28667	.16169	-4.98237	-3.59096
C205n3	Equal variances assumed	.445	.541	-.011	4	.992	-.01000	.90085	-2.51115	2.49115
	Equal variances not assumed			-.011	3.780	.992	-.01000	.90085	-2.56973	2.54973
C226n3	Equal variances assumed	.649	.465	3.657	4	.022	2.97333	.81311	.71578	5.23088
	Equal variances not assumed			3.657	3.583	.026	2.97333	.81311	.60832	5.33835
Tn3PUFA	Equal variances assumed	.795	.423	1.619	4	.181	3.05000	1.88437	-2.18185	8.28185
	Equal variances not assumed			1.619	3.373	.194	3.05000	1.88437	-2.58889	8.68889
TPUFA	Equal variances assumed	.998	.374	1.359	4	.246	2.21667	1.63065	-2.31075	6.74408
	Equal variances not assumed			1.359	3.206	.262	2.21667	1.63065	-2.78910	7.22243
THUFA	Equal variances assumed	.254	.641	1.730	4	.159	1.83333	1.05947	-1.10823	4.77490
	Equal variances not assumed			1.730	3.651	.165	1.83333	1.05947	-1.22243	4.88909
n3n6	Equal variances assumed	2.028	.228	2.165	4	.096	3.24667	1.49938	-.91628	7.40962
	Equal variances not assumed			2.165	2.999	.119	3.24667	1.49938	-1.52561	8.01895
DHAEPA	Equal variances assumed	1.430	.298	1.990	4	.117	1.46000	.73357	-.57671	3.49671
	Equal variances not assumed			1.990	3.324	.132	1.46000	.73357	-.75078	3.67078