P-AN01

การใช้อาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดและชนิดแผ่นในการอนุบาลลูกกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) ระยะโพสต์ลาวา 1-15

Integration of Artemia Nauplii with Crumble and Flake Artificial Feeds for Nursing White Shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) at Post Larval Stage of 1-15

พิเชต พลายเพชร[1]

Pichet Plaipetch

บทคัดย่อ

อนุบาลลูกกุ้งขาวระยะโพสต์ลาวา 1 (PL1) ด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ด 3 ชนิด ที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ 50/10, 50/8, 45/8 % ตามลำดับ และอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ 52/12% ให้อาหารลูกกุ้งวันละ 5 ครั้ง โดยให้อาร์ทีเมียแรกฟักหรืออาหารสำเร็จรูปแต่ละชนิดอัตรา 3:2, 2:3 และ 1:4 ครั้งต่อวัน สำหรับการอนุบาลระยะ PL1-PL5, PL6-PL10 และ PL11-PL15 ตามลำดับ หลังเสร็จสิ้นการทดลอง ทดสอบคุณภาพลูกกุ้งด้วยวิธีวนัชสุนทร (อัตรารอดตายจากการแช่ฟอร์มาลิน 100 ppm 2 ชั่วโมง จำนวนกุ้งที่ว่ายทวนน้ำหรือลงเกาะพื้นเมื่อมีการวนน้ำจำนวนกุ้งที่หนวดชิดกัน จำนวนกุ้งที่แพนหางกางออกจำนวนกุ้งที่ไม่มีปรสิตเกาะตามตัวจำนวนกุ้งที่มีสัดส่วนของกล้ามเนื้อต่อลำไส้มากกว่า 4:1) และอัตรารอดตายจากการแช่ในน้ำจืด 30 นาที ผลการทดลองพบว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ 45/8 % มีน้ำหนักสุดท้าย ความยาวสุดท้ายและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักและความยาวไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยวิธีการต่างๆ มีอัตรารอดตายอยู่ในช่วง 83.13-85.20% และไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) คุณภาพลูกกุ้งจากการทดสอบด้วยแต่ละวิธีมีค่าอยู่ในช่วง 98.50-100.00% และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 99.61-99.93% ขณะที่คะแนนประเมินรวมของคุณภาพลูกกุ้งมีค่าอยู่ในช่วง 97.00-99.75 คะแนน โดยคุณภาพลูกกุ้งที่ทดสอบด้วยแต่ละวิธี ค่าเฉลี่ยและคะแนนประเมินรวมของคุณภาพลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยวิธีการต่างๆ ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) องค์ประกอบทางเคมีอย่างหยาบและกรดไขมันของลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยวิธีการต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นมีความเป็นไปได้ของการใช้อาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่ผลิตเองทดแทนการใช้อาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่จำหน่ายในท้องตลาดสำหรับการอนุบาลลูกกุ้งขาวร่วมกับการใช้อาร์ทีเมียแรกฟักและระดับโปรตีนและไขมันในอาหารควรมีค่าไม่เกิน 45/8 % ตามลำดับ

คำสำคัญ: การอนุบาล กุ้งขาว ระยะโพสต์ลาว่า อาร์ทีเมียแรกฟัก อาหารสำเร็จรูป

Abstract

Nursing PL1 white shrimp with Artemia nauplii integrated with each of three prepared crumble feeds containing protein and lipid of 50/10, 50/8 and 45/8 %, respectively, also integration with a commercial flake feed containing protein and lipid of 52/12 %, was conducted. Shrimp larva were fed 5 times a day assigned by giving Artemia nauplii or each artificial feed type with a ratio of 3:2, 2:3 and 1:4 times a day for larval stage of PL1-PL5, PL6-PL10 and PL11-PL15, respectively. At the end of experiment, qualities of shrimp larva were

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำชลบุรี กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ กรมประมง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20110

tested using Vanassoonthorn techniques (survival from exposing to 100 ppm formalin for 2hrs., swim against water current or adherence on bottom, non-separated antenna, separated tail fan, non-fouling organisms, muscle gut ratio > 4:1) and survival from exposing to freshwater for 30 minutes. The results showed that none significances of final mean weights and lengths, also specific growth rates on weight and length were observed between shrimp larva fed Artemianauplii integrated with the commercial flake feed and integrated with the prepared crumble feed containing dietary protein and lipid of 45/8 % ($p>0.05$). Survival rates of shrimp larva were in range of 83.13-85.20% and showed non-significant differences among treatments ($p>0.05$). Qualities of shrimp larva tested by each technique were in range of 98.50-100.00% and averages of all technique were in range of 99.61-99.93%. Meanwhile, total evaluated scores of quality were in range of 97.00-99.75. Non-significant differences of qualities of shrimp larva tested by each technique, averages of all technique and total evaluated scores of quality were observed among treatments ($p>0.05$). Meanwhile, similar proximate compositions and fatty acids of shrimp larva were observed among treatments. Therefore, there was feasibility of replacing commercial flake feed with the prepared crumble feed for nursing shrimp larva integrated with Artemia nauplii, also dietary protein and lipid should be not above 45/8 %, respectively.

Keywords: nursing, white shrimp, post larval stage, Artemia nauplii, artificial feed

คำนำ

หลังจากที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำเริ่มประสบปัญหากุ้งเจริญเติบโตช้าและให้ผลผลิตน้อยลง เกษตรกรไทยได้เริ่มเลี้ยงกุ้งขาวเชิงพาณิชย์มากขึ้นหลังจากที่กรมประมงได้อนุญาตให้ภาคเอกชนสามารถนำเข้าพ่อแม่พันธุ์ที่ปลอดโรคเพื่อผลิตลูกพันธุ์กุ้งในปี 2545 (หน่วยวิจัยเพื่อความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพกุ้ง, 2547; SEAFDEC, 2005) ปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทยเกือบทั้งหมดเลี้ยงกุ้งขาวและมีผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง โดยระหว่างปี 2549-2555 ประเทศไทยสามารถผลิตกุ้งขาวได้ไม่ต่ำกว่าปีละ 500,000 ตัน คิดเป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากประเทศจีนและสามารถส่งออกกุ้งทะเลได้เป็นอันดับ 1 ของโลกในรูปสินค้ากุ้งแช่แข็งและกุ้งปรุงแต่งและสร้างรายได้ได้ไม่ต่ำกว่าปีละ 100,000 ล้านบาท หรือคิดเป็น 1.6% ของรายได้จากการส่งออกรวม (สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย, 2556; สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์การค้าสินค้าเกษตร, 2555; สำนักยุทธศาสตร์การเจรจาการค้า, 2555) แม้ว่าปัจจุบันผลผลิตกุ้งขาวได้ลดลงเป็นอย่างมากหลังการระบาดของโรคตายด่วน (Early mortality syndrome, EMS) แต่การเพาะเลี้ยงกุ้งขาวยังคงเป็นกิจกรรมทางการเกษตรที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย อย่างไรก็ตามเนื่องจากกุ้งชนิดนี้มีราคาจำหน่ายไม่สูงเนื่องจากเป็นกุ้งที่ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดีทำให้สามารถเลี้ยงได้เกือบทั่วโลก อีกทั้งยังเจริญเติบโตเร็วทำให้ผลผลิตของกุ้งขาวในแต่ละปีออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก จากผลกระทบดังกล่าวทำให้เกษตรกรไทยปรับตัวเพื่อคุ้มค่ากับการลงทุน เช่น การเลี้ยงด้วยอัตราปล่อยที่มากขึ้น การลดระยะเวลาการเลี้ยงและการซื้อลูกกุ้งที่มีราคาถูกลง ด้วยเหตุนี้เกษตรกรผู้เพาะพันธุ์ลูกกุ้งขาวจึงจำเป็นต้องลดต้นทุนการผลิตด้วยเช่นกันเพื่อให้สามารถแข่งขันได้ ปัจจุบันเกษตรกรใช้ไรแดง ไรน้ำกร่อย ไข่ตุ่นและอาหารสำเร็จรูปทดแทนอาร์ทีเมียแรกฟักในการอนุบาลลูกกุ้งขาวมากขึ้นเพื่อลดต้นทุนค่าอาหาร แต่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้อาหารสำเร็จรูปเนื่องจากหาซื้อและเก็บรักษาได้ง่ายแม้ว่าอาหารสำเร็จรูปจะสามารถใช้ทดแทนอาร์ทีเมียแรกฟักได้ดี (Wouters, 2008) แต่หากใช้สินค้าที่มีราคาแพงอาจส่งผลให้ราคาจำหน่ายลูกพันธุ์กุ้งสูงตามไปด้วย ทั้งนี้การลดต้นทุนค่าอาหารโดยการผลิตอาหารสำเร็จรูปสำหรับใช้เองในฟาร์มโดยเฉพาะฟาร์มขนาดใหญ่นับเป็นวิธีที่น่าสนใจ ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้อาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่ผลิตเองเพื่อทดแทนอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่าย

ในท้องตลาดในการอนุบาลลูกกุ้งขาวร่วมกับการใช้อาร์ทีเมียแรกฟัก และเนื่องจากอาหารสำเร็จรูปที่จำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่มีระดับโปรตีนและไขมันที่สูงกว่าความต้องการของลูกกุ้งขาววัยอ่อนที่มีค่าประมาณ 40 และ 6% ตามลำดับ (Conklin, 2003; Smith, 2006) ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของการกำหนดระดับโปรตีนและไขมันในอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตเองที่น้อยกว่าอาหารสำเร็จรูปมีจำหน่ายในท้องตลาดเพื่อเป็นอีกแนวทางในการลดต้นทุนเนื่องจากโปรตีนและไขมันเป็นต้นทุนหลักของอาหาร

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวางแผนการทดลองและการดำเนินการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดมี 4 ชุดการทดลองๆ ละ 4 ซ้ำดังนี้ชุดการทดลองที่ 1 ใช้อาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีโปรตีนและไขมันเท่ากับ 50/10 % ชุดการทดลองที่ 2 ใช้อาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีโปรตีนและไขมันเท่ากับ 50/8 % ชุดการทดลองที่ 3 ใช้อาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีโปรตีนและไขมันเท่ากับ 45/8 % และชุดการทดลองที่ 4 ใช้อาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในตลาดที่มีโปรตีนและไขมันเท่ากับ 52/12 %

ผลิตอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดสูตรที่ 1-3 สูตรๆ ละ 10 กิโลกรัม โดยใช้วัตถุดิบที่แสดงใน Table 1 ทำการปรับระดับกรดอะมิโนจำเป็นให้มีค่าไม่น้อยกว่าความต้องการและปริมาณที่พบในตัวกุ้งขาว (Conklin, 2003; Forster *et al*., 2002; Fox *et al*., 2006; Xie*et al*., 2012; Zhou *et al*., 2012) เสริมฟอสโฟไลปิดโดยใช้เลซิติน 60% และเสริมคอเลสเตอรอลเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกกุ้ง (Smith, 2006) ผลิตอาหารด้วยขั้นตอน ดังนี้ ผสมวัตถุดิบแห้งเข้าด้วยกันเป็นเวลา 15 นาที เติมน้ำมันและผสมต่ออีก 5 นาที เติมน้ำอัตรา 30% จากนั้นผสมต่อเป็นเวลา 10 นาที ก่อนอัดเม็ดด้วยเครื่องบดเนื้อที่ใช้หน้าแว่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร อบที่ 60 °C นาน 36 ชั่วโมง ก่อนทำการบดอาหาร และร่อนเพื่อแยกขนาดเม็ดอาหารให้ได้ขนาดประมาณ 300 และ 600 ไมครอน โดยการคัดอาหารขนาดประมาณ 300 ไมครอน ใช้ตะแกรงขนาด 250 และ 355 ไมครอน (เบอร์ 60 และ 45 ตามลำดับ) โดยคัดเลือกเฉพาะอาหารที่ลอดผ่านตะแกรง 355 ไมครอน และติดบนตะแกรง 250 ไมครอน ส่วนการคัดแยกอาหารขนาด 600 ไมครอน ได้ใช้ตะแกรงขนาด 500 และ 850 ไมครอน (เบอร์ 35 และ 20 ตามลำดับ) โดยคัดเลือกเฉพาะอาหารที่ลอดผ่านตะแกรง 850 ไมครอน และติดบนตะแกรง 500 ไมครอน เช่นเดียวกับการคัดขนาดอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่น

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองและอาร์ทีเมียแรกฟัก ดังนี้ วิเคราะห์โปรตีนด้วยเครื่อง Truspec CN Carbon/Nitrogen Determination (LECO) วิเคราะห์ไขมันด้วยเครื่อง Fat Extractor TFE 2000 (LECO) วิเคราะห์ใยอาหาร เถ้าและการวิเคราะห์ความชื้น ตามวิธีของ AOAC (2005) วิเคราะห์พลังงานรวมด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter AC-350 (LECO) วิเคราะห์กรดไขมันด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) รุ่น 6890N, Algilent, USA โดยทุกค่าวิเคราะห์ที่สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่ง ยกเว้นกรดอะมิโนที่ส่งวิเคราะห์ที่บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) โดยใช้วิธี in house method, 994.12, 988.15 based on AOAC (2000) การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของลูกกุ้งก่อนและหลังทดลองนั้นวิเคราะห์เฉพาะองค์ประกอบทางเคมี พลังงานรวมและกรดไขมัน โดยองค์ประกอบทางเคมีและกรดอะมิโนจำเป็นของอาหารทดลองทั้ง 4 ชนิดและอาร์ทีเมียแรกฟัก แสดงใน Table 2 ส่วนองค์ประกอบกรดไขมันแสดงใน Table 3 นอกจากนี้ศึกษาความหนาแน่นของอาหารทดลองโดยการชั่งน้ำหนักอาหารที่บรรจุกระบอกตวงขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร และคำนวณความหนาแน่น (Bulk density) หน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

อนุบาลลูกกุ้งขาวระยะ PL1 จำนวน 100,000 ตัว ในบ่อคอนกรีตขนาด 1 x 2 เมตร ที่ระดับความลึก 0.65 เมตร (ปริมาตรน้ำ 1.3 ลูกบาศก์เมตร) หรือคิดเป็นอัตราปล่อย 77,000 ตัว/ลูกบาศก์เมตร จากนั้นให้อาหาร

ทดลองและอาร์ทีเมียแรกฟักแก่ลูกกุ้งทุกวันๆ ละ 5 ครั้ง ดังแสดงใน Table 4 โดยเวลาให้อาหารแต่ละครั้งห่างกัน 4 ชั่วโมง ทำความสะอาดบ่อลูกกุ้ง ดูดตะกอนและเปลี่ยนถ่ายน้ำวันละครั้งเวลา 9.00-10.00 น. โดยเปลี่ยนถ่ายน้ำอัตรา 30 และ 50% สำหรับลูกกุ้งระยะ PL1-PL5 และ PL6-PL15 ตามลำดับ โดยทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทุกๆ 3 วันก่อนการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ค่าที่ตรวจวัดได้แก่ อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดด่าง ความเป็นด่าง ออกซิเจนที่ละลายน้ำ แอมโมเนียรวมและไนไตรท์ ตามลำดับนอกจากนี้ คำนวณค่าอันอิออไนซ์แอมโมเนีย (NH_3) ตามวิธีของ Lawson (1995)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทดสอบคุณภาพของลูกกุ้งตามวิธีที่แสดงใน Table 5 โดย 6 วิธีการแรกเรียกว่าวิธีวนัชสุนทร (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เขต 6, 2556) ซึ่งเป็นการตรวจสอบลูกกุ้งที่มีลักษณะผิดปกติและวิธีที่ 7 คือการทดสอบความเครียดจากการแช่ในน้ำจืดนาน 30 นาที รวมทั้งตรวจสอบเชื้อไวรัสในตัวลูกกุ้งก่อนและหลังทดลองโดยส่งตรวจที่ ณ ห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจันทบุรีจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ตัวแคระแกรน (Infectious HepatopancraticHemopoietic Necrosis Virus, IHHNV) ตรวจสอบด้วยวิธี Polymerase Chain Reaction (PCR) ตัวแดงดวงขาว (White Spot Syndrome Virus, WSSV) ตรวจสอบด้วยวิธี nested PCR (nPCR) ท่อร่าซินโดรม (Taura Syndrome Virus, TSV) ตรวจสอบด้วยวิธี Real Time PCR (RT-PCR) และหัวเหลือง (Yellow Head Virus, YHV) ตรวจสอบด้วยวิธี Real Time nested PCR (RT-nPCR)

2. การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโตจากการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยใช้วิธีสุ่มลูกกุ้งจำนวน 200 ตัว (เนื่องจากมีลูกกุ้งจำนวนมากและเป็นจำนวนที่สอดคล้องกับการทดสอบคุณภาพ) ส่วนอัตรารอดตายคำนวณจากการนับจำนวนของลูกกุ้งน้ำหนัก 1 กรัมและคำนวณเทียบกับน้ำหนักกุ้งทั้งหมดในแต่ละบ่อ การคำนวณใช้สูตรต่างๆ ดังนี้

2.1 น้ำหนักเฉลี่ย = น้ำหนักรวมของลูกกุ้ง (มิลลิกรัม)/จำนวนกุ้ง

2.2 ความยาวเฉลี่ย = ความยาวรวมของลูกกุ้ง (มิลลิเมตร)/จำนวนกุ้ง

2.3 การเจริญเติบโตจำเพาะน้ำหนัก (%/วัน) = 100 x [(Ln(น้ำหนักสุดท้าย)– Ln(น้ำหนักเริ่มต้น)/วัน]

2.4 การเจริญเติบโตจำเพาะความยาว (%/วัน) = 100 x [(Ln(ความยาวสุดท้าย)– Ln(ความยาวเริ่มต้น)/วัน]

2.5 อัตราการรอดตาย (%)= 100 x (จำนวนกุ้งที่เหลือ/จำนวนกุ้งเริ่มต้น)

2.6 สัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation, %) = 100 x (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน/ค่าเฉลี่ยแต่ละซ้ำ)

2.7 คุณภาพของลูกกุ้งแต่ละวิธี (%) = 100 x (จำนวนของลูกกุ้งที่มีลักษณะปกติ/จำนวนลูกกุ้งทดสอบทั้งหมด)

2.8 ค่าเฉลี่ยคุณภาพของลูกกุ้ง= (ผลรวมของคุณภาพจากแต่ละวิธีทดสอบ)/7 วิธี

2.9 คะแนนประเมินคุณภาพของลูกกุ้งที่ทดสอบแต่ละวิธี และคะแนนประเมินรวม (คะแนนเต็ม 100 คะแนน)

2.10 องค์ประกอบทางเคมี พลังงานรวมและองค์ประกอบกรดไขมันในตัวลูกกุ้งก่อนและหลังการทดลอง

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ของค่าน้ำหนักเฉลี่ย ความยาวเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะทั้งด้านน้ำหนักและความยาว อัตรารอดตาย คุณภาพของลูกกุ้ง (%) และคะแนนคุณภาพของลูกกุ้งจากการประเมินด้วยวิธีวนัชสุนทร และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey HSD test ที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$ ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูปทำการแปลงค่าอัตรารอดตายและคุณภาพของลูกกุ้งจากการทดสอบด้วยวิธีการต่างๆ ด้วยวิธี arcsine transformation ก่อนวิเคราะห์ความแปรปรวน

4. สถานที่และระยะเวลาทดลอง

ทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอาหารสัตว์น้ำชลบุรี (สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำชายฝั่งเดิม) ช่วงเดือนพฤษภาคม 2556 ถึงเดือนมกราคม 2557

Table 1 Ingredient of experimental feeds (%).

	Crumble feed (%P/% L)			Commercial flake feed[1/]
	50/10	50/8	45/8	
Tuna fishmeal(60%P)	50.00	50.00	45.00	+[2/]
Squid liver meal	5.00	5.00	5.00	+
Poultry meal	7.00	7.00	5.00	-
Soybean meal	15.00	15.00	12.00	-
Wheat gluten	7.00	7.00	7.00	+
Wheat flour	5.02	7.02	16.46	+
Soybean oil	0.12	-	-	-
Fish oil	1.88	-	0.66	+
Vitamin premix[3/]	1.50	1.50	1.50	+
Mineral premix[4/]	1.50	1.50	1.50	+
CMC(binder)	1.00	1.00	1.00	+
Rice bran	2.50	2.50	2.40	-
Vitamin C35% (Stay C)	0.20	0.20	0.20	-
Vitamin E50%	0.06	0.06	0.06	-
BHT (antioxidant)	0.02	0.02	0.02	-
Synthetic astaxanthin10%	0.10	0.10	0.10	-
Choline chloride 50%	0.10	0.10	0.10	-
Soy lecithin60%	0.70	0.70	0.70	+
Cholesterol	0.10	0.10	0.10	-
Chitosan20%	1.00	1.00	1.00	-
Calcium propionate 80%	0.20	0.20	0.20	-
Total	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**-**

[1/] Other ingredients: Artemia shell free, yeast, shrimp head meal and food artificial color, [2/] (+) Contain in feed but unknown percentage, (-) not contain in feed, [3/] Vitamin (g/Kg) contain: vitamin B_1 45, B_2 40.32, B_3 73.4, B_5 48, B_6 80, B_{12} 0.01, Biotin 1, Inositol 196, Folic acid 3.36, A/D3 4.6 andK 26.56 (Conklin, 1997), [4/] Mineral (g/Kg)major minerals: KH_2PO_4 100, $CaHPO_4.2H_2O$ 100, $NaH_2PO_4.2H_2O$ 150 and KCl 50 (Davis and Lawrence, 1997) and minor minerals: $CoCl.6H_2O$ 0.04, $CuSO_4.5H_2O$ 2.5, $FeSO_4.7H_2O$ 40, $MgSO_4.7H_2O$ 283.98, $MnSO_4.H_2O$ 6.5, KI 0.67, Na_2SeO_3 0.1, $ZnSO_4.7H_2O$ 131.93 (Samocha *et al*., 2004)

Table 2 Proximate composition and essential amino acids of experimental feeds.

	Crumble feed (%P/%L)			Commercial	Artemia
	50/10	50/8	45/8	flake feed	nauplii
Proximate composition					
Moisture	7.33	7.41	7.76	6.03	87.41
Protein	50.60	51.44	45.58	52.17	7.03
Lipid	10.66	8.50	8.29	12.35	1.60
Ash	14.06	14.58	12.25	15.85	0.91
Fiber	3.03	2.78	2.55	0.73	0.00
NFE[1/]	14.32	15.29	23.57	12.87	3.05
GE(Kcal/100 g)	453.00	450.70	453.09	442.59	503.34
EAAs[2/]					
Arginine (Arg)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Histidine (His)	7.13	7.90	8.66	7.04	4.35
Isoleucine (Ile)	2.97	2.67	2.74	2.27	3.12
Leucine (Leu)	5.19	4.73	4.66	4.01	4.74
Lysine (Lys)	10.36	10.83	11.49	13.66	12.54
Methionine (Met)	0.92	0.80	0.85	1.04	0.85
Phenylalanine (Phe)	5.47	4.62	4.38	3.69	4.88
Threonine (Thr)	0.55	0.54	0.74	0.52	0.75
Tryptophan (Trp)	0.76	0.83	0.82	0.54	0.67
Valine (Val)	1.50	1.38	1.37	1.13	1.49
Bulk density (g/cm^3)					
300 microns feed	0.56	0.56	0.55	0.43	-
600 microns feed	0.58	0.58	0.57	0.35	-

[1/] Nitrogen free extract is calculated by 100 – (moisture + protein + lipid + ash + fiber), [2/] EAAs are analyzed byin house method, 994.12,988.15 (AOAC, 2000) and based on %DM

Table 3 Fatty acids of experimental feeds (% DM).

	Crumble feed (%P/%L)			Commercial	Artemia
	50/10	50/8	45/8	flake feed	nauplii
C 14:0[1/]	0.16	0.10	0.11	0.15	0.07
C 14:1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07
C 15:0	0.04	0.03	0.03	0.04	0.02
C 15:1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
C 16:0	1.25	1.06	1.02	0.89	0.84
C 16:1	0.24	0.17	0.17	0.21	0.34
C 17:0	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06
C 17:1	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
C 18:0	0.43	0.40	0.36	0.29	0.40
C 18:1n-9	1.18	1.08	0.98	0.63	1.60
C 18:2n-6 (LOA)	0.69	0.68	0.63	0.39	0.21
C 18:3n-6	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02
C 18:3n-3 (LNA)	0.09	0.09	0.09	0.07	0.51
C 20:0	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
C 20:1n-9	0.07	0.05	0.05	0.03	0.05
C 20:3n-6	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
C 20:4n-6 (ARA)	0.09	0.07	0.07	0.09	0.01
C 20:3n-3	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
C 22:0	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
C 20:5n-3 (EPA)	0.23	0.14	0.16	0.13	0.05
C 22:1n-9	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
C 24:0	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00
C 22:6n-3 (DHA)	0.76	0.54	0.59	0.51	0.00
Total FA	5.45	4.55	4.42	3.59	4.37
Total saturated FA	2.00	1.68	1.61	1.45	1.41
Total unsaturated FA	3.45	2.87	2.81	2.14	2.96
n-3 FA	1.09	0.77	0.84	0.72	0.57
n-3 HUFA	1.00	0.68	0.75	0.65	0.06
n-6 FA	0.80	0.75	0.72	0.50	0.24

[1/] C 20:2n-6 is used as an internal standard

Table 4 Type, quantityand feeding time for shrimp at post larval stage 1-stage 15 (PL1-PL15).

Stage	Feeding time				
	1 (06.00 AM)	2 (10.00 AM)	3 (14.00 PM)	4 (18.00 PM)	5 (22.00 PM)
PL1-PL5[1/]	15 g Artemia	5g test feed	15 g Artemia	5g test feed	15 g Artemia
PL6-PL10[2/]	15 g Artemia	5g test feed	5g test feed	5g test feed	15 g Artemia
PL11-PL15	5g test feed	5g test feed	5g test feed	5g test feed	15 g Artemia

[1/] PL1-PL5 and [2/] PL6-PL15 are fed 300 and600 microns feed, respectively, Artemia was fed as wet biomass, in which one can of artemia cyst (450 g) can produce 500 g wet biomass

Table 5 Six quality tests of Vanassoonthorn technique, stress test and criteria for evaluation.

Method	Test	No. shrimp	Score[1/]	Criterion
1	Death from exposing to 100 ppm formalin, 2 hrs.	150	40	Deduct 9 scores for each shrimp dead and give 0 score if >5 shrimps dead
2	Buoyancy without direction or not swim against water current	100	10	Deduct 4 scores for each shrimp found
3	Separated antenna[2/]	50	10	Deduct 1 score for each shrimp found
4	Non-separated tail fan[2/]	50	10	Deduct 1 score for each shrimp found
5	Fouling organisms[2/]	50	10	Deduct 4 scores for each shrimp found
6	Muscle gut ratio(MGR) <4:1[2/]	50	20	Deduct 2 scores for each shrimp found
7	Death from exposing to freshwater, 30 min[3/]	100		

[1/]Total > 80 scores show high quality, [2/]Tests are observed under microscope, [3/]Stress test

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลอง

ผลการเจริญเติบโตและอัตรารอดตายของลูกกุ้งขาวที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปเป็นระยะเวลา 15 วัน (PL1-PL15) แสดงใน Table 6 พบว่าลูกกุ้งระยะ PL15 ที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาด มีน้ำหนักสุดท้ายและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักมากกว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ 50/8 % ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากลูกกุ้งขาวที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ 50/10 และ 45/8 % ($p>0.05$) ลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของน้ำหนัก ($\%CV_W$) มากกว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ 50/8 และ 45/8% ($p<0.01$) แต่ไม่แตกต่างจากอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ 50/10% ($p>0.05$)

ลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีความยาวสุดท้ายมากกว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ50/8 % ($p<0.01$) แต่ไม่แตกต่างจากลูกกุ้งที่อนุบาลอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ 50/10 และ 45/8 % ($p>0.05$) ลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านความยาวมากกว่าลูกกุ้งที่อนุบาลอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ 50/10 และ 50/8 % ($p<0.01$) แต่ไม่แตกต่างจากลูกกุ้งที่อนุบาลอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ 45/8 % ($p>0.05$)

ลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ 50/8 % มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของความยาว ($\%CV_L$)มากกว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปอื่นๆ ($p<0.01$) และลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของความยาว ($\%CV_L$) น้อยกว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปอื่นๆ ($p<0.01$) ส่วนการศึกษาอัตรารอดตายของลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปทั้ง 4 ชนิด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 83.13-85.20% ซึ่งไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

คุณภาพของลูกกุ้งขาวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (PL15) แสดงใน Table 7 โดยลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปทั้ง 4 ชนิด มีอัตรารอดตายจากการแช่ฟอร์มาลินจำนวนกุ้งที่ไม่มีปรสิตเกาะตามตัวและอัตรารอดตายของลูกกุ้งจากการแช่น้ำจืดเท่ากับ 100% ส่วนจำนวนกุ้งที่ว่ายทวนน้ำหรือลงเกาะพื้นเมื่อมีการวนน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 99.75-100% จำนวนกุ้งที่หนวดคู่หน้าชิดกันและจำนวนกุ้งที่แพนหางกางออกมีค่าอยู่ในช่วง 99.50-100% จำนวนกุ้งที่มีสัดส่วนของกล้ามเนื้อต่อลำไส้มากกว่า 4:1 มีค่าอยู่ในช่วง 98.50-100.00% และค่าเฉลี่ยของทุกวิธีมีค่าอยู่ในช่วง 99.61-99.93% โดยแต่ละวิธีทดสอบและค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันระหว่างวิธีการทดลอง ($p>0.05$) ส่วนคะแนนคุณภาพของลูกกุ้งแสดงใน Table 8 โดยพบว่าอัตรารอดตายจากการแช่ฟอร์มาลินและจำนวนกุ้งที่ไม่มีปรสิตเกาะตามตัวได้รับคะแนนประเมินเต็ม คือ 40 และ 10 คะแนน ตามลำดับ จำนวนกุ้งที่ว่ายทวนน้ำหรือลงเกาะพื้นเมื่อมีการวนน้ำได้รับคะแนนมีค่าอยู่ในช่วง 9-10 จากคะแนนเต็ม 10 จำนวนกุ้งที่หนวดคู่หน้าชิดกันและจำนวนกุ้งที่แพนหางกางออกได้รับคะแนนมีค่าอยู่ในช่วง 9.75-10 จากคะแนนเต็ม 10 และจำนวนกุ้งที่มีสัดส่วนของกล้ามเนื้อต่อลำไส้มากกว่า 4:1 ได้รับคะแนนมีค่าอยู่ในช่วง 18.50-20 จากคะแนนเต็ม 20 ส่วนคะแนนประเมินรวมมีค่าอยู่ในช่วง 97.00-99.75 จากคะแนนเต็ม 100 โดยคะแนนประเมินของแต่ละวิธีและคะแนนรวมไม่แตกต่างกันระหว่างวิธีการทดลอง ($p>0.05$)

Table 6 Growth and survival of white shrimp larvae fed with Artemia nauplii integrated with experimental feeds for 15 days (PL1-PL15).

	Crumble feed (%P/%L)			Commercial
	50/10	50/8	45/8	flake feed
Initial weight (mg)	0.40±0.01	0.41±0.01	0.41±0.01	0.40±0.02
Final weight (mg)[1/]	5.40±0.46^{ab}	5.18±0.41^{b}	6.20±0.44^{ab}	6.39±0.62^{a}
SGR_W(%/day)[1/]	17.33±0.65^{ab}	16.94±0.63^{b}	18.17±0.42^{ab}	18.46±0.74^{a}
CV_W (%)[2/]	8.57±0.69^{ab}	7.88±0.61^{bc}	7.10±0.50^{c}	9.80±0.93^{a}
Initial length (mm)	4.15±0.06	4.08±0.10	4.05±0.06	4.08±0.10
Final length (mm)[2/]	9.65±0.25^{ab}	9.22±0.26^{b}	9.81±0.24^{a}	10.03±0.16^{a}
SGR_L(%/day)[2/]	5.62±0.16^{bc}	5.44±0.14^{c}	5.89±0.19^{ab}	6.00±0.16^{a}
CV_L (%)[2/]	2.55±0.07^{b}	2.78±0.08^{a}	2.43±0.06^{b}	1.59±0.03^{c}
Survival rate (%)	85.20±2.40	83.13±2.39	83.50±2.38	85.00±2.58

Different superscripts in row show significant difference by[1/] ($p<0.05$) and[2/] ($p<0.01$), CV = coefficient of variation

Table 7 Quality tested by Vanassoonthorn technique and stress test of PL15 white shrimp fed with Artemia nauplii integrated with experimental feeds (%).[1/]

		Crumble feed (%P/%L)			Commercial
		50/10	50/8	45/8	flake feed
1	Survival from exposing to 100 ppm formalin for 2 hrs.	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00
2	Swim against water current or adherence on bottom	99.75±0.50	99.75±0.50	100.00±0.00	100.00±0.00
3	Non-separated antenna	100.00±0.00	99.50±1.00	100.00±0.00	100.00±0.00
4	Separated tail fan	100.00±0.00	99.50±1.00	99.50±1.00	100.00±0.00
5	Non-fouling organisms	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00
6	Muscle gut ratio(MGR) >4:1	98.50±1.00	98.50±1.91	100.00±0.00	99.00±1.15
7	Survival from exposing to freshwater for 30 min	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00
8	Average (of all 7 tests)	99.75±0.18	99.61±0.39	99.93±0.14	99.86±0.16

All quality show non-significant differences among treatments ($p>0.05$), [1/]All are good quality criteria

Table 8 Quality score of PL15 white shrimp fed with Artemia nauplii integrated with experimental feeds evaluated by Vanassoonthorn technique.[1/]

	Score	Obtained score			
		Crumble feed (%P/%L)			Commercial
		50/10	50/8	45/8	flake feed
Survival from exposing to 100 ppm formalin for 2 hrs.	40	40.00±0.00	40.00±0.0	40.00±0.0	40.00±0.0
Swim against water current Or adherence on bottom	10	9.00±2.00	9.00±2.00	10.00±0.00	10.0±0.00
Non-separated antenna	10	10.00±0.00	9.75±0.50	10.00±0.00	10.00±0.00
Separated tail fan	10	10.00±0.00	9.75±0.50	9.75±0.50	10.00±0.00
Non-fouling organisms	10	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00	10.00±0.00
Muscle gut ratio(MGR) >4:1	20	18.50±1.00	18.50±1.91	20.00±0.00	19.00±1.15
Total score	100	97.50±2.52	97.00±2.00	99.75±0.50	99.00±1.15

All quality score show non-significant differences among treatments (p>0.05), [1/]All are good quality criteria

คุณภาพน้ำในบ่อลูกกุ้งขาวที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปทั้ง 4 ชนิด แสดงใน Table9 โดยระหว่างการทดลองน้ำในบ่ออนุบาลมีอุณหภูมิ ความเค็ม ออกซิเจนที่ละลายน้ำ ความเป็นกรดด่าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม อันอิออไนซ์แอมโมเนีย (NH_3) และไนไตรท์ อยู่ในช่วง 28.6-29.5 °C, 30-31 ppt, 5.00-5.88 ppm, 7.31-7.66, 117-133 ppm, 0.880-3.092 ppm, 0.020-0.071 ppm และ 0.005-0.294 ppm ตามลำดับ ส่วนผลการตรวจสอบเชื้อไวรัสในตัวลูกกุ้งขาวที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปทั้ง 4 ชนิด แสดงใน Table 10 โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่พบการติดเชื้อไวรัสสำคัญ ทั้ง 4 ชนิด ในลูกกุ้งก่อนและหลังทดลอง คือตัวแดงดวงขาว (WSSV) ตัวแคระแกรน (IHHNV) หัวเหลือง (YHV) และท่อร่าซินโดรม (TSV)

องค์ประกอบทางเคมีและกรดไขมันของลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปทั้ง 4 ชนิด แสดงใน Table11 และ 12 ตามลำดับ โดยพบว่าระดับโปรตีน ไขมัน เถ้า และผลรวมของใยอาหารและคาร์โบไฮเดรตในตัวลูกกุ้งมีค่าอยู่ในช่วง 63.71-64.81, 5.85-6.45, 20.61-21.60 และ 7.94-8.79% ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ และปริมาณกรดไขมันจำเป็น เช่นLOA (C18:2n-6), LNA (C18:3n-3), ARA (C20:4n-6), EPA (C20:5n-3), DHA (C22:6n-3) และ n-3 HUFA ค่าอยู่ในช่วง 0.143-0.221, 0.072-0.109, 0.097-0.107, 0.198-0.232, 0.250-0.314 และ 0.465-0.564% ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

Table 9 Water qualities in pod nursed white shrimp larvae with Artemia nauplii integrated with experimental feeds for 15 days (PL1-PL15).

	Crumble feed (%P/%L)			Commercial
	50/10	50/8	45/8	flake feed
Temperature (^{0}C)	28.7-29.5	28.6-29.5	28.6-29.4	28.7-29.5
Salinity(ppt)	30-31	30-31	30-31	30-31
Dissolved oxygen (ppm)	5.21-5.88	5.28-5.81	5.19-6.11	5.00-5.80
pH	7.40-7.61	7.31-7.56	7.51-7.63	7.53-7.66
Alkalinity (ppm)	117-122	119-122	121-133	119-130
Total ammonia nitrogen (ppm)	1.218-2.817	1.270-1.935	0.880-2.351	1.338-3.092
Unionized ammonia(NH_3, ppm)	0.028-0.065	0.029-0.044	0.020-0.054	0.030-0.071
Nitrite (ppm)	0.005-0.063	0.009-0.259	0.011-0.294	0.005-0.157

Table 10 Virus diagnosis of PL15 white shrimp fed with Artemia nauplii integrated with experimental feed.

	PL1	PL15			
		Crumble feed (%P/%L)			Commercial
		50/10	50/8	45/8	flake feed
WSSV[1/]	-	-	-	-	-
IHHNV[2/]	-	-	-	-	-
YHV[3/]	-	-	-	-	-
TSV[4/]	-	-	-	-	-

[1/]WSSV = White Spot Syndrome Virus determined by nPCR, [2/]IHHNV = Infectious HepatopancraticHemopoietic Necrosis Virus determined by PCR, [3/]YHV = Yellow Head Virus determined by RT-nPCR, [4/]TSV = Taura Syndrome Virus determined by RT-PCR, (+) = virus found and (-) = not found

Table 11 Proximate composition of PL15 white shrimp fed with Artemia nauplii integrated with experimental feeds(%DM).

	Crumble feed (%P/%L)			Commercial	Initial
	50/10	50/8	45/8	flake feed	shrimp (PL1)
Dry matter	13.32	13.81	12.69	14.45	14.04
Protein	63.99	64.81	63.71	64.31	62.79
Lipid	5.85	6.41	6.05	6.45	8.04
Ash	21.60	20.61	21.45	21.30	20.66
Fiber+ NFE[1/]	8.56	8.17	8.79	7.94	8.51
GE(Kcal/100 g)	410.64	418.53	411.96	410.02	427.65

[1/]Fiber + NFE (Nitrogen free extract) is calculated by 100 - (protein + lipid + ash)

Table12 Fatty acids of PL15 white shrimp fed with Artemianauplii integrated with experimental feed (%DM).

	Crumble feed (%P/%L)			Commercial	Initial
	50/10	50/8	45/8	flake feed	shrimp (PL1)
C 14:0[1/]	0.015	0.010	0.008	0.010	0.010
C 14:1	0.004	0.004	0.004	0.005	0.009
C 15:0	0.009	0.009	0.009	0.009	0.006
C 15:1	0.004	0.005	0.004	0.005	0.010
C 16:0	0.395	0.431	0.411	0.386	0.489
C 16:1	0.038	0.034	0.031	0.039	0.054
C 17:0	0.028	0.031	0.030	0.027	0.036
C 17:1	0.004	0.005	0.005	0.005	0.007
C 18:0	0.222	0.248	0.243	0.225	0.336
C 18:1n-9	0.316	0.375	0.348	0.290	0.610
C 18:2n-6 (LOA)	0.169	0.221	0.187	0.143	0.228
C 18:3n-6	0.001	0.037	0.000	0.001	0.007
C 18:3n-3 (LNA)	0.094	0.072	0.109	0.094	0.435
C 20:0	0.007	0.009	0.010	0.009	0.017
C 20:1n-9	0.028	0.031	0.030	0.030	0.030
C 20:3n-6	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004
C 20:4n-6 (ARA)	0.097	0.101	0.107	0.104	0.096
C 20:3n-3	0.016	0.017	0.018	0.016	0.053
C 22:0	0.007	0.009	0.010	0.009	0.011
C 20:5n-3 (EPA)	0.198	0.218	0.232	0.199	0.237
C 22:6n-3 (DHA)	0.250	0.266	0.314	0.252	0.138
Total FA	1.904	2.135	2.112	1.861	2.823
Total saturated FA	0.683	0.747	0.721	0.675	0.905
Total unsaturated FA	1.221	1.388	1.391	1.186	1.918
n-3 FA	0.558	0.573	0.673	0.561	0.863
n-3 HUFA	0.464	0.501	0.564	0.467	0.428
n-6 FA	0.269	0.361	0.296	0.251	0.335

[1/] C 20:2n-6 is used as an internal standard

วิจารณ์ผลทดลอง

ปัจจุบันเกษตรกรไทยนิยมใช้อาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปในการอนุบาลลูกกุ้งขาวมากขึ้นเพื่อลดต้นทุนการผลิต รวมทั้งเกษตรกรจีนก็นิยมใช้วิธีการนี้เช่นกัน (Huang *et al*., 2011) โดยในการทดลองนี้มีการใช้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียวอนุบาลลูกกุ้งขาวระยะ PL1-PL15 จำนวน 45 ครั้ง จากทั้งหมด 75 ครั้ง (15 วันๆ ละ 5 ครั้ง) ซึ่งทดแทนจำนวนครั้งของการใช้อาร์ทีเมียแรกฟักได้ 60% ซึ่งเป็นระดับที่มีการยืนยันว่าสามารถทดแทนอาร์ทีเมียแรกฟักในการอนุบาลลูกกุ้งขาวได้โดยไม่กระทบต่อความสำเร็จของการอนุบาลในภาพรวม (Wouters, 2008) ทั้งนี้การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตเองทดแทนอาหารสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดร่วมกับการใช้อาร์ทีเมียแรกฟัก และระดับโปรตีนและไขมันที่เหมาะสมของอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตเอง ซึ่งผลการทดลองพบว่าสามารถใช้อาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ 45/8 % ทดแทนอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่มีระดับโปรตีนและไขมันเท่ากับ 52/12 % ได้โดยไม่กระทบอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะด้านน้ำหนักและความยาว อัตรารอดตายและคุณภาพของลูกกุ้ง

อย่างไรก็ตามการใช้อาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดร่วมกับอาร์ทีเมียแรกฟักทำให้ลูกกุ้งมีสัมประสิทธิ์ความผันแปรของความยาวมากกว่าการใช้ร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดแสดงให้เห็นว่าลูกกุ้งมีขนาดแตกต่างกัน (แตกไซส์) มากกว่า ทั้งนี้น่าจะเกิดจากการให้อาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดในอัตราคงที่ทำให้อาหารที่ให้ในแต่ละครั้งมีปริมาณชิ้นอาหารน้อยกว่าอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นเพราะน้ำหนักต่อชิ้นมากกว่า นอกจากนี้อาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดมีความหนามากกว่าเมื่อเทียบกับอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นทำให้ลูกกุ้งจับอาหารได้ยากกว่าซึ่งอาจทำให้ลูกกุ้งได้รับอาหารไม่ทั่วถึงหรือไม่เพียงพอ และส่งผลให้เกิดความแตกต่างของขนาดลูกกุ้งอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับการใช้อาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นจากข้อจำกัดของอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตเองดังที่กล่าวมาข้างต้น การผลิตอาหารใช้เองในฟาร์มอาจจำเป็นต้องมีการคัดขนาดอาหารให้มีขนาดเล็กกว่าการทดลองนี้ เช่น ขนาด 100-200 และ 200-300 ไมครอน สำหรับการอนุบาลลูกกุ้งขาวระยะ PL1-PL5 และ PL6-PL15 ตามลำดับ รวมทั้งขนาด 50 และ100 ไมครอน สำหรับอนุบาลลูกกุ้งระยะ Zoea และ Mysis ร่วมกับแพลงก์ตอนพืชหรือใช้ทดแทนแพลงก์ตอนพืชในช่วงขาดแคลน นอกจากอิทธิพลของลักษณะอาหารแล้วปริมาณใยอาหารอาจมีผลให้ต่อการเจริญเติบโตด้วยเช่นกัน แม้ว่าอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดจะมีใยอาหารไม่เกิน 3% ซึ่งเป็นระดับที่กรมประมงกำหนดสำหรับการขอขึ้นทะเบียนอาหารลูกกุ้งทะเลวัยอ่อน แต่มีค่าสูงกว่าอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดประมาณ 4 เท่า ซึ่งน่ากระทบการย่อยอาหารและส่งผลให้ลูกกุ้งขาวที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดเจริญเติบโตช้ากว่าลูกกุ้งอนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ดังนั้นหากเกษตรกรต้องการผลิตอาหารสำเร็จรูปสำหรับใช้เองในฟาร์มอาจจำเป็นต้องลดปริมาณใยอาหารให้ลดต่ำกว่า 3% เช่น ไม่เกิน 1.5% ซึ่งเป็นระดับที่แนะนำสำหรับลูกกุ้งทะเลชนิดกินทั้งพืชและสัตว์ระยะโพสต์ลาวา (FAO, 1987) ส่วนคุณภาพน้ำในบ่ออนุบาลลูกกุ้งขาวระหว่างการทดลอง พบว่าคุณภาพน้ำทุกดัชนีมีค่าเหมาะสมสำหรับการอนุบาลลูกกุ้ง (สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล, 2551) แม้ว่าค่าแอมโมเนียรวมและอันอิออไนซ์แอมโมเนีย (NH_3) ในบ่อที่อนุบาลลูกกุ้งด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีค่าสูงกว่าน้ำในบ่อที่อนุบาลลูกกุ้งด้วยทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดก็ตาม ซึ่งน่าจะเกิดจากอาหารมีลักษณะนิ่มและบางทำให้ละลายน้ำได้ง่ายกว่าอาหารสำเร็จรูปแบบเกล็ดที่มีลักษณะเป็นก้อน อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกวันทำให้ลูกกุ้งไม่ได้รับผลกระทบจากคุณภาพน้ำ ดังเห็นได้จากลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นมีอัตรารอดตายไม่แตกต่างจากการใช้ร่วมกับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดและยังเจริญเติบโตดีกว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดบางสูตร

เมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการของลูกกุ้งขาวหลังการทดลองพบว่าลูกกุ้งที่อนุบาลด้วยอาร์ทีเมียแรกฟักร่วมกับอาหารสำเร็จรูปทั้ง 4 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกันกับปริมาณกรดไขมันจำเป็น ได้แก่ LOA, LNA,

ARA, EPA และ DHA และกรดไขมันชนิดอื่นๆและเมื่อพิจารณาจากคุณค่าทางโภชนาการของอาหารทดลองทั้ง 4 ชนิด พบว่ามีกรดอะมิจำเป็นและกรดไขมันจำเป็นใกล้เคียงกันเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าคุณภาพอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่ผลิตเองทั้ง 3ชนิดในภาพรวมมีความเหมาะสม และการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันน่าจะเกิดจากลักษณะทางกายภาพของอาหารและระดับใยอาหารที่ยังไม่เหมาะสมที่จำเป็นต้องปรับปรุงให้เหมาะสมต่อไป การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าอาหารสำเร็จรูปที่มีระดับโปรตีนและไขมัน 45/8 % มีความเหมาะสมในการทดแทนอาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่มีจำหน่ายในท้องตลาดสำหรับการอนุบาลลูกกุ้งขาวร่วมกับการใช้อาร์ทีเมียแรกฟัก และช่วยลดต้นทุนค่าอาหารได้หากเทียบกับการผลิตอาหารสำเร็จรูปให้มีโปรตีนและไขมันเท่ากับอาหารสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดคือ 52/12 % ตามลำดับ นอกจากนี้การอนุบาลลูกกุ้งขาวระยะ PL1-PL15 ด้วยอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดร่วมกับอาร์ทีเมียแรกฟักมีข้อดีคือทำให้ลูกกุ้งคุ้นเคยกับรูปแบบอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ด และสามารถยอมรับอาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดได้เป็นอย่างดีหลังการปล่อยเลี้ยงในบ่อดินและมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถลดระดับโปรตีนและไขมันให้เหลือเพียง 40 และ 6% ตามลำดับ ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอกับความต้องการของลูกกุ้งขาววัยอ่อน (Conklin, 2003; Smith, 2006) แต่ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบของการลดระดับโปรตีนและไขมันในอาหารไปต่อการเจริญเติบโต อัตรารอดตายและคุณภาพของลูกกุ้งควบคู่ไปด้วย

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้อาหารสำเร็จรูปชนิดเกล็ดที่ผลิตเองทดแทนการใช้อาหารสำเร็จรูปชนิดแผ่นที่จำหน่ายในท้องตลาดสำหรับการอนุบาลลูกกุ้งขาวร่วมกับการใช้อาร์ทีเมียแรกฟักและระดับโปรตีนและไขมันในอาหารควรมีค่าไม่เกิน 45/8 % ตามลำดับ แต่ต้องมีการคัดขนาดอาหารให้เหมาะสมกับระยะของลูกกุ้ง

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เขต 6. 2556. ถาม-ตอบศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เขต 6. แหล่งข้อมูล: http://www.nicaonline.com/kungthiapage 11.htm, เข้าถึงวันที่ 19 พฤษภาคม 2556.

สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล. 2551. การเพาะฟักกุ้งขาวแวนนาไมตามมาตรฐานจีเอพี. แหล่งข้อมูล: http://www.fisheries.go.th/train-gr/coastal/002/GuidelineHGAP.pdf, เข้าถึงเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน 2556.

สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย. 2556. สถานการณ์กุ้งไทยปี 2555 และแนวโน้มปี 2556. แหล่งข้อมูล:http://www.thaifrozen.or.th/thailand_seafood_02.php, เข้าถึงเมื่อวันที่ 8 มิถุนายน 2556.

สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์การค้าสินค้าเกษตร. 2555. โอกาสการส่งออกกุ้งของไทย. แหล่งข้อมูล: http://www.obe.moc.go.th/save_file.php?filename=./uploads/news.pdf, เข้าถึงเมื่อวันที่ 8 มิถุนายน 2556.

สำนักยุทธศาสตร์การเจรจาการค้า. 2555. สินค้ากุ้งสด แช่เย็น แช่แข็ง และกุ้งปรุงแต่ง. แหล่งข้อมูล: http://www.thaifta.com/ThaiFTA/Portals/0/shrimp_jul56.pdf, เข้าถึงเมื่อวันที่ 8 มิถุนายน 2556.

หน่วยวิจัยเพื่อความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพกุ้ง. 2547. โครงการประเมินผลกระทบการนำเข้ากุ้งขาว (*Penaeusvannamei*) เข้าประเทศไทย. รายงานสรุปผลการดำเนินการโครงการฉบับสมบูรณ์.คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล. 294 หน้า.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th edition.Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th edition.Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA.

Conklin, D.E. 1997. Vitamins, pp. 123-149. In D'Abramo,' L.R., D.E. Conklin and D.M. Akiyama, eds. Crustacean nutrition, Advances in World Aquaculture.

Conklin, D.E. 2003.Use of soybean meal in the diets of marine shrimp.แหล่งข้อมูล: https://www.soymeal.org/FactSheets/MarineShrimpTechReview.pdf, เข้าถึงเมื่อวันที่ 9 มิถุนายน 2556.

Davis, D.A. and Lawrence, A.L. 1997. Minerals, pp. 150-163. In D'Abramo,' L.R., D.E. Conklin and D.M. Akiyama, eds. Crustacean nutrition, Advances in World Aquaculture.

FAO. 1987. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp, a training manual. แหล่งข้อมูล: http://www.fao.org/docrep/field/003/ab470e/AB470E08.htm, เข้าถึงเมื่อวันที่ 9 มิถุนายน 2556.

Fox, J.M., Davis, D.A., Wilson, M. and Lawrence, A.L. 2006.Current status of amino acid requirement research with marine penaeid shrimp. InCruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M,T. Tapia-Salazar, M.G. Nieto-López, D.A. Villarrel-Cavazos, A.C. Puello-Cruz and A. García-Ortega, eds. Avances en NutricionAcuicola VIII. VIII SimposiumInternacional de NutriciónAcuícola.Universidad Autónoma de Nuevo Leon, Monterrey, Nuevo León, México.

Forster, I.P., Dominy, W. and Tacon, A.G.J. 2002. The use of concentrates and other soy products in shrimp feeds, pp. 528-540. In Cruz-Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M,T. Tapia-Salazar, M.G. Gaxiola-Cortes and N. Simoes, eds. Avances en NutricionAcuicola VI. Memorias del VI SimposiumInternacional de NutrcionAcuicola.Cancun, Quintana Roo, Mexico.

Huang, H.J., Yang, X. and Chen, D. 2011.Pacific white shrimp, *Litopenaeusvannamei*, hatchery industry in China. แหล่งข้อมูล:https://www.aquaculture.ugent.be/larvi/larvi09/PDF/Tuesday/WS_Evergreen.pdf, เข้าถึงเมื่อวันที่ 9 มิถุนายน 2556.

Lawson, T.B. 1995. Fundamentals of aquaculture engineering. Chapman & Hall, New York, USA. 355 p.

Samocha, T.M., Davis, D.A., Saoud, I.P. and Debault, K. 2004. Substitution of fish meal by co-extruded soybean and poultry by-product meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeusvannamei*. Aquaculture 231: 197-203.

SEAFDEC. 2005. The report of regional technical consultation on the aquaculture of *Penauesvannamei* and other exotic shrimps in Southeast Asia. SEAFDEC Aquaculture department, Tigbauan, Iloilo, Philippines. 99 p.

Smith, D.M. 2006.Nutritional requirements of aquaculture species-shrimp.In Aquaculture nutrition master class.Asian Institute of Technology, Pathumtani Thailand.

Wouters, R. 2008. Highly-digestible artificial feeds for shrimp larvae and postlarvae. Aqua Culture Asia Pacific Magazine Nov/Dec: 12-16.

Xie, F., Zeng, W., Zhou, Q., Wang, H., Wang, T., Zheng, C. and Wang, Y. 2012. Dietary lysine requirement of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 358: 116-121.

Zhou, Q., Zeng, W., Wang, H., Wang, T., Wang, Y. and Xie, F. 2012. Dietary arginine requirement of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 364-365: 252-258.