



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรจารย์การประมง)  
ปริญญา

..... วิทยาศาสตร์การประมง ..... ชีววิทยาประมง .....

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของ *Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม  
(*Litopenaeus vannamei*, Boone)

Effects of *Schizochytrium* sp. on Growth and Survival of Pacific White Shrimp  
(*Litopenaeus vannamei*, Boone)

นามผู้วิจัย นางสาวปิยารมณี พวงช่อ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....  
( ..... รองศาสตราจารย์ชลอ ลีมสุวรรณ, Ph.D. .... )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....  
( ..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิติ ชุเชิด, Ph.D. .... )

หัวหน้าภาควิชา .....  
( ..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ วีระไวทยะ, M.Sc. .... )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....  
( ..... รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr. .... )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของ *Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโตและ  
การรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*, Boone)

Effects of *Schizochytrium* sp. on Growth and Survival of  
Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone)

โดย

นางสาวปิยารมณี พวงช่อ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง)

พ.ศ. 2552

ปิยามณ์ พวงช่อ 2552: ผลของ *Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*, Boone) ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์  
หลัก: รองศาสตราจารย์ชลอ ลิมสุวรรณ, Ph.D. 101 หน้า

การศึกษาผลของ *Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ในการทดลองที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของ *Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์ว่า 12 ที่เลี้ยงในน้ำความเค็ม 5 และ 25 ppt เป็นระยะเวลา 30 วัน โดยการผสม *Schizochytrium* sp. ในรูปของเหลวกับอาหารสำเร็จรูปในอัตราส่วน 0% (กลุ่มควบคุม), 2.0%, 5.0% และ 7.5% พบว่าที่ความเค็ม 5 ppt กุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 7.5% มีอัตราการรอดตาย  $84.0 \pm 2.0\%$  ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับกุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 5.0%, 2.0% และ 0% ในขณะที่น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 2.0% มีค่าสูงสุดเท่ากับ  $1.071 \pm 0.004$  กรัม และแตกต่างจากทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ส่วนที่ความเค็ม 25 ppt อัตราการรอดตายของกุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 7.5% มีค่าสูงสุดเท่ากับ  $98.0 \pm 2.0\%$  ซึ่งสูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 2.0% และ 7.5% มีค่าเท่ากับ  $0.705 \pm 0.005$  และ  $0.701 \pm 0.005$  กรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่สองกลุ่มนี้แตกต่างกับกุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 5.0% และ 0% ( $P < 0.05$ ) ในการทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหารที่มีปริมาณโปรตีนต่างกัน คืออาหารกุ้งที่มีโปรตีน 38%, 36%, 32% และอาหารกุ้งโปรตีน 32% ผสมกับ *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0% ต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาว โดยใช้กุ้งขาวน้ำหนักระหว่าง 3-4 กรัม เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 25 ppt ในถังทดลองขนาด 500 ลิตร ใส่กุ้งถึงละ 30 ตัว เลี้ยงเป็นเวลา 60 วัน พบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งโปรตีน 32% ผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0% มีอัตราการรอดตายสูงสุดเท่ากับ  $94.44 \pm 1.92\%$  สูงกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งโปรตีน 36% ( $87.78 \pm 1.92\%$ ), 32% ( $84.44 \pm 1.92\%$ ) และ 38% ( $81.11 \pm 1.92\%$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ในขณะที่น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งโปรตีน 38% มีค่าสูงสุดเท่ากับ  $16.95 \pm 0.36$  กรัม ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับอาหารกุ้งโปรตีน 36% ( $16.87 \pm 0.39$  กรัม) แต่สูงกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งโปรตีน 32% ผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0% ( $15.47 \pm 0.81$  กรัม) และอาหารกุ้งโปรตีน 32% ( $14.11 \pm 0.49$  กรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) การทดลองที่ 3 ทำการศึกษาในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยใช้บ่อดินขนาด 6 ไร่ จำนวน 6 บ่อ แบ่งเป็นบ่อควบคุม 3 บ่อ ให้อาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งขาวโปรตีน 36% และบ่อทดลอง 3 บ่อ ให้อาหารโปรตีน 36% ผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0% ปล่อยกุ้งอัตราความหนาแน่น 100,000 ตัวต่อไร่ (63 ตัวต่อตารางเมตร) หลังจากเลี้ยงกุ้งเป็นเวลา 130 วัน จึงจับกุ้งพบว่าบ่อที่ใช้อาหารผสม *Schizochytrium* sp. 2.0% กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย  $10.27 \pm 0.9$  กรัม น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับบ่อควบคุมซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ  $12.97 \pm 1.3$  กรัม ในขณะที่กุ้งในบ่อที่ใช้อาหารผสม *Schizochytrium* sp. มีอัตราการรอดตายและผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ  $72.0 \pm 3.6\%$  และ  $748.17 \pm 24.2$  กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับบ่อควบคุมซึ่งมีอัตราการรอดตายและผลผลิตเฉลี่ย  $40.0 \pm 9.0\%$  และ  $529.22 \pm 94.7$  กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตและผลตอบแทน พบว่าบ่อที่ใช้ *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0% มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 68,260.50 บาทต่อไร่ และได้กำไรสุทธิเฉลี่ย 11,515.10 บาทต่อไร่ ในขณะที่บ่อควบคุมมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 59,760.50 บาทต่อไร่ และได้กำไรสุทธิเฉลี่ย 7,382.00 บาทต่อไร่ การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0% ผสมอาหารเลี้ยงกุ้งสามารถเพิ่มผลผลิตและให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าการเลี้ยงกุ้งโดยใช้อาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว

Piyarom Pongchor 2009: Effects of *Schizochytrium* sp. on Growth and Survival of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone). Master of Science (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Associate Professor Chalor Limsuwan, Ph.D. 101 pages.

The effects of *Schizochytrium* sp. on growth and survival of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) were studied. In the first experiment, *L. vannamei* postlarvae (PL) 12 were fed with pelleted feed supplement with *Schizochytrium* sp. at 0% (control), 2.0%, 5.0% and 7.5% feed and reared in water salinity of 5 and 25 parts per thousand (ppt) for 30 days. Results showed that at salinity of 5 ppt the survival rate was  $84.00 \pm 2.0\%$  in the 7.5% *Schizochytrium* sp. group which was significantly higher ( $P < 0.05$ ) than that of 5.0%, 2.0% and 0% groups. PL fed with 2.0% *Schizochytrium* sp. had the highest average weight of  $1.071 \pm 0.004$  g which was significantly higher ( $P < 0.05$ ) than other experimental groups. At 25 ppt salinity, survival rate of PL fed with 7.5% *Schizochytrium* sp. was  $98.00 \pm 2.00\%$  which was significantly higher ( $P < 0.05$ ) than the control and other treatment groups. Average weight of PL from 2.0% and 7.5% *Schizochytrium* sp. groups were  $0.705 \pm 0.005$  g and  $0.701 \pm 0.005$  g, which were not significantly different ( $P > 0.05$ ). However, there were statistically difference ( $P < 0.05$ ) between these groups and the groups fed 5.0% and 0% *Schizochytrium* sp. In the second experiment, effects of various dietary protein levels of 38%, 36%, 32% and 32% supplemented with 2.0% *Schizochytrium* sp. on growth and survival of *L. vannamei* were studied under laboratory conditions. Shrimp (3-4 g) were reared in water salinity 25 ppt at the density of 30 shrimp per 500-liter tank for 60 days. The survival rate of shrimp fed with 32% protein supplement with 2.0% *Schizochytrium* sp. was  $94.44 \pm 1.92\%$  which was significantly higher ( $P < 0.05$ ) than that of 36%, 38% and 32% groups. Shrimp fed with 38% protein had the highest average weight of  $16.95 \pm 0.36$  g. There was no significant difference ( $P > 0.05$ ) between this group and the 36% protein group. However, there were significant differences ( $P < 0.05$ ) between these two groups and the 32% protein supplement with 2.0% *Schizochytrium* sp. and the 32% protein groups. In the third experiment, six earthen ponds with an area of 6 rais ( $9,600 \text{ m}^2$ ) were used with three control ponds, shrimp fed with pelleted feed (36% protein) and three treatment ponds, shrimp fed with pelleted feed (36% protein), supplement with 2.0% *Schizochytrium* sp. Shrimp were stocked at the density of 100,000 shrimp/rai ( $63 \text{ shrimp/m}^2$ ). At harvest (130 days), the average weight of shrimp from the experimental group was  $10.27 \pm 0.9$  g which was significantly lower ( $P < 0.05$ ) than the control group ( $12.97 \pm 1.3$  g). The survival rate and production of the treatment group was  $72.0 \pm 3.6\%$  and  $748.17 \pm 24.2$  kg/rai, which was significantly higher ( $P < 0.05$ ) than the  $40.0 \pm 9.0\%$  and  $529.22 \pm 94.7$  kg/rai of the control group. The average production cost of the treatment ponds was 68,260.50 baht/rai and net profit was 11,515.10 baht/rai compared with 59,760.50 baht/rai and 7,382.00 baht/rai in the control ponds. Results from this study indicated that supplement pelleted feed with *Schizochytrium* sp. at 2.0% could increase production and profit more than using only pelleted feed.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชลอ ลี้มสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์หลักที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนการวิจัยใน การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้ คำปรึกษาแนะนำและช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิตี ชูเชิด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ กังวาลย์ จันทร โษติ ประธานกรรมการสอบ ดร . อัจฉรี เรืองเดช ผู้ทรงคุณวุฒิ ภายนอก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปัทมา ระตะนะอาพร ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขทำให้ วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้นและสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ขอขอบพระคุณ ดร. วิเชียร ขงมานิตชัย ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และบริษัท เมฆา คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ *Schizochytrium* sp. ตลอดจนการศึกษา ขอขอบพระคุณบุษราฟาร์มและจूरีย์ฟาร์มที่เอื้อเฟื้อกุ้งขาว แวนนาไม และขอขอบพระคุณนครพงศ์ฟาร์ม จังหวัดราชบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่แจ๊ค ผู้จัดการนครพงศ์ฟาร์มที่ช่วยเหลือในการศึกษาและเก็บข้อมูลในฟาร์ม ขอขอบคุณพี่ๆปริญาเอกและเพื่อนๆปริญาโท ที่ช่วยเหลือ ในการเก็บข้อมูล และให้คำแนะนำ ต่างๆตลอดการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวทุกคน ที่ให้การสนับสนุนและเป็น กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ปิยารมณ พวงช่อ

มีนาคม 2552

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	27
ผลและวิจารณ์	36
สรุปและข้อเสนอแนะ	64
สรุป	64
ข้อเสนอแนะ	64
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	65
ภาคผนวก	78
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	101

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระดับโปรตีนในอาหารสำหรับกุ้งขนาดต่างๆ	8
2	ระดับของกรดอะมิโนในอาหารสัตว์น้ำ	8
3	กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดต่างๆ	10
4	ระดับของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นในอาหารของกุ้ง	12
5	ระดับของกรดไขมันในอาหารสำหรับกุ้งขนาดต่างๆ	13
6	องค์ประกอบทางเคมีของ <i>Schizochytrium</i> sp.	29
7	องค์ประกอบของกรดไขมันของ <i>Schizochytrium</i> sp.	30
8	อัตราการรอดตายและน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสม <i>Schizochytrium</i> sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกันและเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ 5 ppt เป็นระยะเวลา 30 วัน	37
9	อัตราการรอดตายเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสม <i>Schizochytrium</i> sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกันและเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ 25 ppt เป็นระยะเวลา 30 วัน	40
10	คุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ <i>Schizochytrium</i> sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกันที่ความเค็ม 5 ppt	46
11	คุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ <i>Schizochytrium</i> sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกันที่ความเค็ม 25 ppt	47
12	อัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันเปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนต่ำผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 60 วัน	49
13	น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันเปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนต่ำผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซนต์ เลี้ยงเป็นระยะเวลา 60 วัน	52

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	คุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณ โปรตีนแตกต่างกันและอาหาร โปรตีนต่ำผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์	56
15	น้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่ใช้ <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์	58
16	ผลผลิตของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่ใช้ <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์	59
17	ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเฉลี่ยในแต่ละบ่อ	60
18	คุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่ใช้ <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์	63
<b>ตารางผนวกที่</b>		
1	คุณสมบัติของน้ำในแต่ละถังทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ <i>Schizochytrium</i> sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกันที่ความเค็ม 5 ppt	82
2	คุณสมบัติของน้ำในแต่ละถังทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ <i>Schizochytrium</i> sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกันที่ความเค็ม 25 ppt	85
3	คุณสมบัติของน้ำในแต่ละถังทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณ โปรตีนแตกต่างกันและอาหาร โปรตีนต่ำผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์	88
4	คุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่ใช้ <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์	96

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างทางเคมีของ EPA และ DHA	11
2	แสดงลักษณะเซลล์ของ <i>Schizochytrium limacinum</i>	21
3	แสดงลักษณะของ zoospore	22
4	วงจรชีวิตของ <i>Schizochytrium</i> spp.	22
5	อัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ <i>Schizochytrium</i> sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกันที่ความเค็ม 5 ppt เป็นเวลา 30 วัน	37
6	น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ <i>Schizochytrium</i> sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกันที่ความเค็ม 5 ppt เป็นเวลา 30 วัน	38
7	กุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูป (A) และกุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ (B) ที่ความเค็ม 5 ppt	38
8	กุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์ (C) และกุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์ (D) ที่ความเค็ม 5 ppt	39
9	อัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ <i>Schizochytrium</i> sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกันที่ความเค็ม 25 ppt เป็นเวลา 30 วัน	40
10	น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ <i>Schizochytrium</i> sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกันที่ความเค็ม 25 ppt เป็นเวลา 30 วัน	41
11	กุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูป (A) และกุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ (B) ที่ความเค็ม 25 ppt	41
12	กุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์ (C) และกุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์ (D) ที่ความเค็ม 25 ppt	42
13	เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณ โปรตีนแตกต่างกันเปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนต่ำผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน	49

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันเปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนต่ำผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	50
15	น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันเปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนต่ำผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน	52
16	น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันเปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนต่ำผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน	53
17	กุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งกุลาดำ (A) และกุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งขาว (B)	53
18	กุ้งที่ได้รับอาหารสมทบ (C) และกุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ (D)	54
19	การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อควบคุมและบ่อที่ใช้ <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์	58
20	ขนาดของกุ้งขาวแวนนาไมจากบ่อควบคุม	61
21	ขนาดของกุ้งขาวแวนนาไมจากบ่อทดลองที่ใช้ <i>Schizochytrium</i> sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์	61
<b>ภาพผนวกที่</b>		
1	<i>Schizochytrium</i> sp. ที่ใช้ในการศึกษาซึ่งอยู่ในรูปของเหลวสีขาวขุ่น	79
2	การเตรียมอาหารทดลองโดยการสเปรย์ <i>Schizochytrium</i> sp. บนอาหาร	79
3	การเตรียมอาหารทดลองโดยการคลุกเคล้าอาหารกับ <i>Schizochytrium</i> sp. ที่สเปรย์	79
4	การทดลองในห้องปฏิบัติการ	80

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
5	การเตรียมอาหารทดลองที่ใช้ในฟาร์ม	80
6	บ่อควบคุม	80
7	บ่อทดลองที่ใช้ <i>Schizochytrium</i> sp.	81
8	การปล่อยลูกกุ้ง	81
9	การจับกุ้ง	81

ผลของ *Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของ  
กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*, Boone)

**Effects of *Schizochytrium* sp. on Growth and Survival of  
Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone)**

คำนำ

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งของประเทศไทยทำเงินรายได้เข้าประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท โดยเฉพาะกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ซึ่งมีกำลังผลิตภายในประเทศมากที่สุด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) กำลังประสบปัญหากุ้งโตช้า ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ประสบปัญหาขาดทุน ในขณะที่เดียวกันเกษตรกรบางส่วนได้ทดลองเลี้ยงกุ้งขาว ซึ่งส่วนใหญ่ให้ผลค่อนข้างดี เกษตรกรจึงเปลี่ยนมาเลี้ยงกุ้งขาวกันมากขึ้น (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) โดยเลี้ยงแบบพัฒนาซึ่งมีการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่นและใช้อาหารสำเร็จรูปตลอดระยะเวลาการเลี้ยง จึงทำให้แต่ละปีมีการใช้อาหารสำเร็จรูปเป็นจำนวนมาก

โดยทั่วไปแล้วสารอาหารสำคัญที่สัตว์น้ำต้องการ ได้แก่ โปรตีน (proteins) ไขมัน (lipids) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrates) วิตามิน (vitamins) และแร่ธาตุ (minerals) ปริมาณความต้องการสารอาหารของสัตว์น้ำขึ้นกับชนิด และขนาดหรืออายุของสัตว์น้ำ กุ้งต้องการสารอาหารพวกกรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid; EFA) และไขมันในรูปอื่นๆ เช่น ฟอสโฟไลปิด (PL) สเตอรอล และพวกคาร์โรทีนอยด์ (Kanawa *et al.*, 1979) โดยไขมันทำหน้าที่สำคัญเป็นตัวนำวิตามินที่ละลายในไขมันไปยังส่วนต่างๆของร่างกาย เป็นสารตั้งต้นของฮอร์โมนและเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกายของกุ้ง กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (polyunsaturated fatty acid; PUFA) ที่กุ้งต้องการ ได้แก่ กรดไลโนเลอิก (linoleic acid; 18: 2n6) หรือกลุ่มโอเมก้า 6 (n-6) กรดไลโนเลนิก (linolenic acid; 18: 3n3) หรือโอเมก้า 3 (n-3) eicosapentaenoic acid (EPA; 20: 5n3) และ docosahexaenoic acid (DHA; 22: 6n3) เนื่องจากกุ้งไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมัน EPA และ DHA ได้เอง จึงจำเป็นต้องได้รับสารอาหารเหล่านี้จากอาหารเท่านั้น โดยแหล่งที่มาหลักๆของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์ ได้แก่ น้ำมันปลาหรือน้ำมันจากสัตว์ทะเลอื่น แต่เนื่องจากน้ำมันจากปลามี DHA อยู่ค่อนข้างจำกัด คือประมาณ 7-14 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

(González-Félix *et al.*, 2002) รวมทั้งปริมาณกรดไขมันภายในตัวปลาก็มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงและถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายจึงทำให้กลิ่น รส และคุณภาพลดลง ทำให้การผลิตต้องใช้ปลาจำนวนมากประกอบกับปัญหาต้นทุนพลังงาน โดยเฉพาะราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีแนวโน้มสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าวัตถุดิบต่างๆ ที่นำมาใช้ในการผลิตอาหารมีต้นทุนเพิ่มขึ้น การลดต้นทุนการผลิตโดยหาแหล่งของกรดไขมันทดแทนกรดไขมันจากสัตว์ทะเลจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

จุลินทรีย์ทะเลในกลุ่ม *Schizochytrium* sp. ทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลายในระบบนิเวศน้ำพบได้ทั่วไปบริเวณป่าชายเลนในประเทศไทย มีคุณสมบัติในการผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมก้า 3 โดยเฉพาะ DHA สะสมในเซลล์สูง (Yongmanitchai *et al.*, 2007) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้เป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็นทดแทนกรดไขมันจากสัตว์ทะเล เนื่องจาก *Schizochytrium* sp. มีการเจริญเติบโตรวดเร็วสามารถนำมาเลี้ยงเพื่อขยายและคัดเลือกพันธุ์ในห้องปฏิบัติการได้ มยุรา (2549) ได้คัดแยก *Schizochytrium* sp. จากใบไม้ป่าชายเลนจังหวัดสมุทรปราการ แล้วนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อในห้องปฏิบัติการ พบว่า *Schizochytrium* sp. ที่แยกได้มีปริมาณของ DHA สูง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 15.41-180.74 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (8.79-48.60 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด) และมีกรดไขมัน EPA และ arachidonic acid (ArA) ในปริมาณต่ำคือ 0.25-7.42 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (0.15-6.17 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด) และ 0.16-3.85 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (0.09-3.94 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด) ตามลำดับ นอกจากนี้กรดไขมันที่ได้จาก *Schizochytrium* sp. ยังมีราคาถูก จึงเป็นการลดค่าใช้จ่ายในด้านวัตถุดิบอีกทั้งการผลิต DHA จากจุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถทำได้ตลอดปีไม่ขึ้นกับฤดูกาลและสภาพภูมิประเทศ ทำให้มีความเหมาะสมอย่างยิ่งในการพัฒนาเพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร สัตว์น้ำรวมทั้งอาหารกุ้ง (Lewis *et al.*, 2000) โดยที่ผ่านมามีการศึกษาการใช้ *Schizochytrium* sp. ผสมในอาหารสำหรับอนุบาลลูกกุ้งในโรงเพาะฟัก พบว่าลูกกุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายสูงกว่าลูกกุ้งที่ไม่ได้รับอาหารผสม *Schizochytrium* sp. (ทรงทรัพย์ และคณะ, 2551)

สำหรับการศึกษาคั้งนี้ใช้ *Schizochytrium* sp. ซึ่งคัดแยกได้จากป่าชายเลนของประเทศไทย ผสมเป็นอาหารเสริมแก่กุ้งขาวแวนนาไม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมของไทย ผลจากการวิจัยสามารถนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณานำเอา *Schizochytrium* sp. มาใช้เป็นแหล่งของกรดไขมันและโปรตีนทดแทนในอาหารกุ้งต่อไปในอนาคต

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของ *Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมตั้งแต่ระยะโพสลาร์วา 12 จนถึงระยะ juvenile
2. เพื่อศึกษาผลของอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันและอาหารโปรตีนต่ำผสม *Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม
3. เพื่อศึกษาผลของอาหารผสม *Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโต การรอดตาย ผลผลิต และผลตอบแทนของกุ้งขาวแวนนาไมในฟาร์มเลี้ยง

## การตรวจเอกสาร

### 1. กุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแวนนาไม หรือกุ้งขาวแปซิฟิก (Pacific white shrimp) ถูกค้นพบโดย Boone ในปี ค.ศ.1931 มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litopenaeus vannamei* ชื่อสามัญที่ FAO รับรองและใช้เรียกกันทั่วโลกคือ whiteleg shrimp เป็นกุ้งที่มีแหล่งกำเนิดมาจากทวีปอเมริกา อเมริกากลาง และอเมริกาใต้ โดยมีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในทวีปอเมริกาใต้ ได้แก่ เอกวาดอร์ เม็กซิโก บราซิล ส่วนในทวีปเอเชียมีการเลี้ยงกุ้งชนิดนี้ในหลายประเทศ ได้แก่ ไต้หวัน จีน อินโดนีเซีย และประเทศไทย (ชลอ และคณะ, 2548) สำหรับประเทศไทยเกษตรกรเริ่มนำกุ้งขาวเข้ามาเลี้ยงในปี พ.ศ. 2540 โดยลักลอบนำเข้าจากประเทศไต้หวัน แต่ไม่ประสบความสำเร็จในการเลี้ยงมากนัก จนกระทั่งปี พ.ศ. 2545 กรมประมงอนุญาตให้นำพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวที่ปลอดเชื้อ (specific pathogen free, SPF) จากต่างประเทศเข้ามาทดลองเลี้ยง โดยอนุญาตให้นำพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวจากแหล่งที่กรมประมงรับรองแล้วเท่านั้น (มาลินี และ สมยศ, 2548) ซึ่งในขณะนั้นการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในประเทศไทยกำลังประสบปัญหากุ้งโตช้า ไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการ เกษตรกรที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำส่วนใหญ่ประสบปัญหาขาดทุน ในขณะเดียวกันมีเกษตรกรบางส่วนทดลองเลี้ยงกุ้งขาวได้ผลค่อนข้างดีทำให้เกษตรกรจำนวนมากหันมาเลี้ยงกุ้งขาวกันมากขึ้น

กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งขนาดกลาง มีลำตัวสีขาวใส บางครั้งอาจเป็นสีฟ้าขึ้นอยู่กับรงควัตถุสีฟ้าที่อยู่บริเวณหางและยูโรพอด (Eldred and Hutton, 1960) มีผิวเรียบและเกลี้ยงเป็นมัน ขาวว่ายน้ำมีสีขาวใส หางมีสีแดง ลักษณะเฉพาะของกุ้งขาวแวนนาไมที่สามารถสังเกตเห็นเด่นชัดคือ บริเวณพินกรี (หนาม) ด้านบนจะหยักและถี่ ปลายกริตรง โดยมีพินกรีด้านล่าง 2 อันและด้านบน 8 อัน กริจะมีความยาวมากกว่าลูกตาไม่มากนัก และที่สังเกตเห็นชัดคือ จะเห็นลำไส้ชัดเจนกว่ากุ้งขาวชนิดอื่นๆ ขณะที่ตัวเต็มวัยสมบูรณ์เต็มตัวของกุ้งชนิดนี้จะมีความยาวทั้งหมด (total length) 230 มิลลิเมตร หรือ 9 นิ้ว (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) กุ้งขาวแวนนาไมมีนิสัยก้าวร้าวและทำร้ายกุ้งตัวอื่น ตื่นตกใจง่าย มีการเจริญเติบโตดี สามารถกินอาหารได้หลายชนิดที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น แพลงก์ตอน สัตว์ขนาดเล็ก สาหร่าย และจะกินซากเน่าเปื่อยเมื่ออาหารไม่พอ โดยจะสังเกตจากลำไส้พบว่า มีอาหารอยู่เต็มตลอดเวลาแม้ว่าจะให้อาหารมานานหลายชั่วโมง (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ส่วนใหญ่กุ้งขาวจะกินอาหารบริเวณกลางน้ำ อาหารที่ตกลงไปอยู่บริเวณพื้นบ่อแล้ว กุ้งจะโฉบลงไปกินขึ้นมาตะกอนในกรณีที่มีอาหารยังไม่แตกตัว กรณีที่อาหารแตกตัวแล้วกุ้งจะลงโฉบหรือคลาน

ตามพื้นที่บ่อ ลักษณะที่พิเศษของกุ้งสายพันธุ์นี้ คือ สามารถปรับตัวเข้าให้เข้ากับสภาวะแวดล้อม ภายใต้ระบบการเพาะเลี้ยงได้ดี โดยทำการเพาะเลี้ยงได้ในน้ำที่มีระดับความเค็มในช่วงกว้าง คือ 0-35 ส่วนในพันส่วน (ppt) แต่ระดับความเค็มที่กุ้งขาวแวนนาไม่สามารเจริญเติบโตได้ดี คือ 10-22 ppt อุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมคือ 26-29 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจทำการเพาะเลี้ยงได้ทั้งในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งหรือบริเวณพื้นที่ในแผ่นดินที่เป็นเขตพื้นที่ความเค็มต่ำ (ปิยะบุตร, 2545)

## 2. ระบบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม่ในประเทศไทย

ประเทศไทยมีรูปแบบการเลี้ยงกุ้งขาวแบ่งตามความเค็มของน้ำได้เป็น 2 แบบ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) คือ

1. การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ เป็นการเลี้ยงในเขตพื้นที่น้ำจืด เช่น พื้นที่ทางภาคกลาง ใช้น้ำที่มีความเค็มต่ำมาก โดยจะใช้น้ำความเค็มสูงจากนาเกลือที่มีความเค็ม 100-200 ppt มาเติมในน้ำจืดเพื่อให้ได้ระดับความเค็มประมาณ 3-4 ppt ทำการเลี้ยงกุ้งขาวในระบบปิด มีการถ่ายน้ำน้อย ส่วนใหญ่จะมีการกั้นคอกก่อนแล้วเติมน้ำจากนาเกลือเข้าไปในคอกจนได้ความเค็มประมาณ 8-10 ppt

2. การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ เป็นการเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มของน้ำตั้งแต่ 10 ppt ขึ้นไปจนถึงน้ำทะเลปกติในพื้นที่ริมชายฝั่งทะเล ทั้งทางภาคตะวันออกและภาคใต้ มีการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่นมากกว่าการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ ทำให้การเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติได้ผลดีกว่าการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่สามารถเปลี่ยนถ่ายน้ำได้ในปริมาณที่มากในช่วงท้ายๆ ของการเลี้ยง

## 3. อาหารกุ้ง

อาหารสัตว์น้ำ ตามความหมายทางโภชนาการ (คณะแพทยศาสตร์, 2518; เวียง, 2542; Maynard and Loosli, 1969; Halver, 1972.) คือ สิ่งที่สัตว์น้ำกินแล้วเกิดประโยชน์ต่อร่างกายโดยช่วยสร้างและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ให้พลังงานและช่วยควบคุมให้การปฏิบัติงานของกระบวนการต่างๆ ในร่างกายดำเนินไปตามหน้าที่ แล้วส่งผลให้สัตว์น้ำสามารถดำรงชีวิต มีการเจริญเติบโต

และสืบพันธุ์ได้อย่างปกติ อาหารของสัตว์น้ำแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (เวียง, 2543) คือ อาหารธรรมชาติ (natural food) และอาหารที่จัดเตรียมขึ้น (prepared food)

1. อาหารธรรมชาติ หมายถึง อาหารที่มีอยู่แล้วและเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ
2. อาหารที่จัดเตรียมขึ้น หมายถึง อาหารที่ผู้เลี้ยงจัดทำหรือจัดหาให้สัตว์น้ำกิน โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อเพิ่มผลผลิตของสัตว์น้ำให้สูงขึ้นพร้อมด้วยระยะเวลาการเลี้ยงให้สั้นลง อาหารที่จัดเตรียมขึ้นยังแยกเป็นอาหารสมบูรณ์ (complete feed) และอาหารสมทบ (supplemental feed )

2.1 อาหารสมบูรณ์ คือ อาหารที่มีสารอาหารที่สัตว์น้ำต้องการครบถ้วนและเพียงพอกับระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่น การเลี้ยงในกระชังหรือในที่กักขังที่ไม่มีอาหารธรรมชาติหรือมีในปริมาณจำกัด

2.2 อาหารสมทบ คือ อาหารที่ให้สัตว์น้ำกินเพิ่มเติมจากอาหารธรรมชาติ จึงไม่ต้องมีสารอาหารครบถ้วนเหมือนอาหารสมบูรณ์

สำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในปัจจุบันเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนาโดยเลี้ยงระบบปิดหรือมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำน้อย มีเครื่องให้อากาศ และใช้อาหารสำเร็จรูปทั้งหมดโดยมีบริษัทเป็นผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูปจำหน่ายให้เกษตรกร วัตถุดิบหลักที่เป็นส่วนประกอบในอาหารกุ้ง ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง แป้งสาลี วิตามิน เกลือแร่ และสารถนอมคุณภาพอาหารสัตว์ อาหารกุ้งที่จำหน่ายตามท้องตลาดจะแบ่งตามเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนในอาหารซึ่งอาหารกุ้งกุลาดำจะมีเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนสูงกว่าอาหารกุ้งขาว ส่วนอาหารสมทบบมีเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนต่ำที่สุดและใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพต่ำเป็นแหล่งโปรตีน จึงทำให้อาหารกุ้งกุลาดำมีราคาสูงกว่าอาหารกุ้งขาวและอาหารสมทบ ซึ่งในการเลี้ยงกุ้งค่าอาหารเป็นต้นทุนหลักสูงถึง 40-50 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนรวมทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพของอาหารเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งหากสัตว์น้ำได้รับอาหารที่มีคุณภาพต่ำอาจก่อให้เกิดภาวะทุพโภชนาการ และเกิดโรคต่างๆ ขึ้นได้ง่าย

#### 4. ความต้องการสารอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม

สารอาหารสำคัญที่สัตว์น้ำต้องการ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุ ซึ่งสัตว์น้ำแต่ละชนิดมีความต้องการสารอาหารแต่ละชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน

#### 4.1 โปรตีน (Proteins)

โปรตีนเป็นส่วนประกอบในร่างกายของสัตว์ประมาณ 65-75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและปัจจัยหลายอย่าง เช่น ขนาดของสัตว์น้ำ อุณหภูมิ ปริมาณพลังงานที่ร่างกายได้รับจากอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต และไขมัน (เวียง, 2543) กุ้งต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ และให้พลังงาน (ชนิกา, 2546) กุ้งแต่ละช่วงอายุมีความต้องการโปรตีนในปริมาณที่แตกต่างกัน กุ้งวัยอ่อนและกุ้งขนาดเล็กมีความต้องการโปรตีนมากกว่ากุ้งวัยรุ่นและกุ้งโตเต็มวัย ซึ่งอาหารกุ้งสำเร็จรูปจะมีระดับโปรตีนในอาหารสัมพันธ์กับขนาดกุ้ง (ตารางที่ 1) อาหารสำหรับการเลี้ยงกุ้งควรมีโปรตีนอยู่ระหว่าง 35-50 เปอร์เซ็นต์ (Peter, 1999)

แหล่งโปรตีนที่ใช้ในอาหารกุ้งส่วนใหญ่ได้มาจากสัตว์ เช่น หมึก ปลา และเปลือกหรือหัวกุ้ง นอกจากนี้ยังมีแหล่งโปรตีนจากพืชจำพวก กากถั่วเหลือง ถั่วเหลืองไม่อัดน้ำมัน เป็นต้น (มะลิ, 2531) ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพสูงซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอาหารกุ้งเพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วนในระดับที่เหมาะสม โดยเฉพาะไลซีน (lysine) เมไทโอนีน (methionine) ทรีโอนีน (threonine) และทริปโตเฟน (tryptophan) (Davis, 2000; Flicker, 2002)

โปรตีนเป็นแหล่งของกรดอะมิโน (amino acid) ซึ่งกุ้งมีความต้องการกรดอะมิโนจำเป็นจากอาหารเพียง 10 ชนิดจากกรดอะมิโนมีทั้งหมด 20 ชนิด (ตารางที่ 2) เนื่องจากกรดอะมิโนที่เหลือกุ้งสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เองจากกรดอะมิโนจำเป็น ส่วนประกอบของกรดอะมิโนในอาหารกุ้งขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของกรดอะมิโนในกล้ามเนื้อของกุ้ง (Peter, 1999) ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในอาหารจะต้องมีมากพอ กุ้งจึงจะสามารถสังเคราะห์โปรตีนในร่างกายได้ตามต้องการและเจริญเติบโตเป็นปกติ (เวียง, 2543)

ตารางที่ 1 ระดับโปรตีนในอาหารสำหรับกึ่งขนาดต่างๆ

ขนาดกึ่ง (กรัม)	ระดับโปรตีนในอาหาร (เปอร์เซ็นต์)
0.002-0.25	50
0.25-1.0	45
1.0-3.0	40
>3.0	35

ที่มา: Peter (1999)

ตารางที่ 2 ระดับของกรดอะมิโนในอาหารสัตว์น้ำ

กรดอะมิโน	เปอร์เซ็นต์ในอาหาร			
	โปรตีน 36 เปอร์เซ็นต์	โปรตีน 38 เปอร์เซ็นต์	โปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์	โปรตีน 45 เปอร์เซ็นต์
Arginine	2.09	2.20	2.32	2.61
Histidine	0.76	0.80	0.84	0.95
Isoleucine	1.26	1.33	1.40	1.58
Luecine	1.94	2.05	2.16	2.43
Lycine	1.91	2.01	2.12	2.39
Methionine	0.86	0.91	0.96	1.08
Phenylalanine	1.44	1.52	1.60	1.80
Theronine	1.30	1.37	1.44	1.62
Tryptophan	0.29	0.30	0.32	0.36
Valine	1.44	1.52	1.60	1.80

ที่มา: Akiyama and Tan (1991)

## 4.2 ไขมัน (Lipids)

ไขมันเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยกรดไขมันอิสระ ฟอสโฟลิปิด ไตรกลีเซอไรด์ น้ำมัน แวกซ์ และ สเตอรอล ไขมันเป็นแหล่งที่ให้พลังงานสูงสุดต่อหน่วยน้ำหนัก เป็นตัวนำวิตามินที่ละลายในไขมันไปยังส่วนต่างๆของร่างกาย เป็นสารตั้งต้นของฮอร์โมน และเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัว

กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) เป็นกรดไขมันที่มีสายคาร์บอนยาว 18-22 อะตอม และมีพันธะคู่ตั้งแต่ 1-6 คู่ กรดไขมันกลุ่มนี้มีจุดหลอมเหลวต่ำ ซึ่งจุดหลอมเหลวของไขมันแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่ ตำแหน่งของพันธะคู่ และจำนวนของคาร์บอนอะตอม ไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอมจำนวนมากจะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอมจำนวนน้อย ไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว หรือมีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุลจะมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวหรือไม่ มีพันธะคู่และจุดหลอมเหลวจะยิ่งต่ำลงตามจำนวนพันธะคู่ที่เพิ่มขึ้น (เวียง, 2543) โดยทั่วไปกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องและบางชนิดเป็นของเหลวที่จุดเยือกแข็ง เช่น กรดไขมันไลโนเลนิก (18: 3n-3) มีจุดหลอมเหลวที่ -10 องศาเซลเซียส (แสดงในตารางที่ 3)

### 4.2.1 กรดไขมันไม่อิ่มตัวแบ่งตามจำนวนพันธะคู่มี 2 ชนิด คือ

1. Monounsaturated Fatty Acid คือกรดไขมันที่มีจำนวนพันธะคู่เพียงคู่เดียว เช่น palmitoleic acid (16: 1n-7) , oleic acid (18: 1n-9) เป็นต้น กรดไขมันเหล่านี้สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัว

2. Polyunsaturated Fatty Acid (PUFA) คือกรดไขมันที่มีจำนวนพันธะคู่ตั้งแต่ 2 คู่ขึ้นไป เช่น linoleic acid (18:2n-6),  $\gamma$ -linolenic acid (18:3n-6) และ eicosapentaenoic acid (20:5n-3) กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 20 อะตอมขึ้นไป และจำนวนพันธะคู่ตั้งแต่ 3 คู่ขึ้นไปจะเรียกว่า highly unsaturated fatty acid (HUFA) โดยทั่วไปจะใช้เรียกกรดไขมันในกลุ่ม โอเมก้า-3 ( $\omega$ 3 หรือ n-3) ซึ่งประกอบด้วย eicosapentaenoic acid (EPA ; 20:5n-3) และ docosahexaenoic acid (DHA ; 22:6n-3)

ตารางที่ 3 กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดต่างๆ

ชื่อ	สูตรโมเลกุล	สัญลักษณ์	จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)
กรดปามีโตเลอิก (palmitoleic)	C <sub>15</sub> H <sub>29</sub> COOH	16:1n-7	0.5
กรดโอเลอิก (oleic)	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH	18:1n-9	13.4
กรดไลโนเลอิก (linoleic)	C <sub>17</sub> H <sub>31</sub> COOH	18:2n-6	-5.0
กรดไลโนเลนิก (linolenic)	C <sub>17</sub> H <sub>29</sub> COOH	18:3n-3	-11.0
กรดอะราชีดิก (arachidonic; ArA)	C <sub>20</sub> H <sub>31</sub> COOH	20:4n-6	-49.5
กรดไอโคซะเพนตะอีโนอิก (ecosapentaenoic; EPA)	C <sub>19</sub> H <sub>31</sub> COOH	20:5n-3	-54.0
กรดโดโคซะเฮกซะอีโนอิก (docosahexaenoic; DHA)	C <sub>21</sub> H <sub>33</sub> COOH	22:6n-3	-44.0

ที่มา: อัครนิษฐ์ (2541)

4.2.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัวแบ่งตามตำแหน่งของพันธะคู่แรกในสายคาร์บอนมี 3 กลุ่มคือ

ก. กลุ่มโอเมก้า – 3 (Ω3; n-3) เป็นกรดไขมันในกลุ่ม linolenate (linolenate series) มีตำแหน่งของพันธะคู่แรกในสายคาร์บอนอยู่ที่คาร์บอนตัวที่ 3 ได้แก่ α-linolenic acid (18:3n-3) หรือ ALA, eicosatrienoic acid (20:3n-3), eicosatetraenoic acid (20:4n-3) หรือ ETA, eicosapentaenoic acid (20:5n-3) หรือ EPA, docosapentaenoic acid (22:5n-3) หรือ DPA และ docosahexaenoic acid (22:6n-3) หรือ DHA กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้พบมากในสาหร่าย น้ำมันที่ได้จากสัตว์ทะเล (บุญล้อม, 2542)

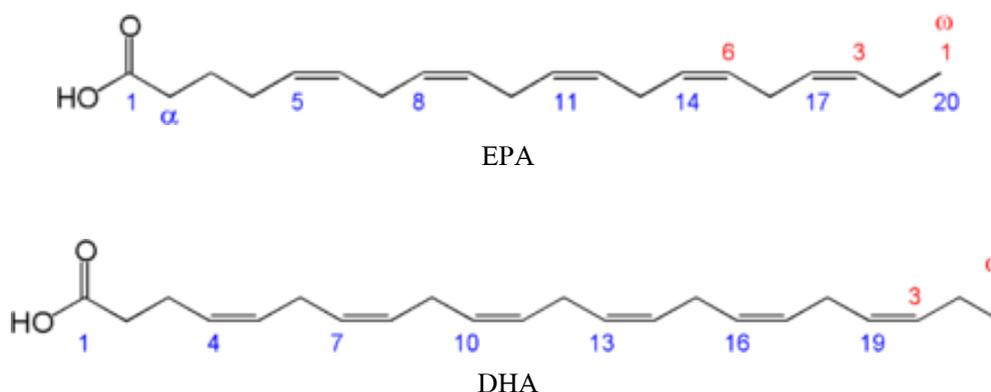
ข. กลุ่มโอเมก้า – 6 (Ω6; n-6) เป็นกรดไขมันในกลุ่ม linoleate (linoleate series) มีตำแหน่งของพันธะคู่แรกในสายคาร์บอนอยู่ที่คาร์บอนตัวที่ 6 ได้แก่ linoleic acid (18:2n-6) หรือ LA, γ-linolenic acid (18:3n-6) หรือ GLA, dihomo-γ-linolenic acid (20:3n-6) หรือ

DGLA, arachidonic acid (20:4n-6) หรือ ArA, adrenic acid (22:4n-6) และ docosapentaenoic acid (22:5n-6) กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้พบมากในน้ำมันพืช ปลาน้ำจืด และน้ำกร่อยบางชนิด

ค. กลุ่มโอเมก้า-9 ( $\omega$ 9; n-9) เป็นกรดไขมันในกลุ่ม oleate (oleate series) มีตำแหน่งของพันธะคู่แรกในสายคาร์บอนอยู่ที่คาร์บอนตัวที่ 9 ได้แก่ eicosatrienoic acid (20:3n-9) กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มนี้พบมากในสัตว์บก เช่น น้ำมันหมู น้ำมันวัว เป็นต้น

#### 4.2.3 กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (Highly Unsaturated Fatty Acid; HUFA)

กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (HUFA) เป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 20 อะตอมขึ้นไปมีจำนวนพันธะคู่ตั้งแต่ 3 คู่ขึ้นไป และเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมก้า-3 Nettleton (1985) รายงานว่าในน้ำมันปลา มีกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 ประมาณ 7 ชนิด แต่มีเพียง 2 ชนิดที่มีความสำคัญคือ eicosapentaenoic acid (20: 5n-3; EPA) และ docosahexaenoic acid (22: 6n-3; DHA) EPA เป็นกรดไขมันที่มีคาร์บอน 20 อะตอม และมีพันธะคู่ 5 พันธะที่ตำแหน่ง 5, 8, 11, 14 และ 17 เมื่อนับจากปลายด้านคาร์บอกซิล (carboxyl end) ส่วน DHA เป็นกรดไขมันที่มีคาร์บอน 22 อะตอม และมีพันธะคู่ 6 พันธะที่ตำแหน่ง 4, 7, 10, 13, 16 และ 19 เมื่อนับจากปลายด้านคาร์บอกซิล ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของ EPA และ DHA

ที่มา: [http://en.wikipedia.org/wiki/Docosahexaenoic\\_acid.htm](http://en.wikipedia.org/wiki/Docosahexaenoic_acid.htm) และ

[http://en.wikipedia.org/wiki/Eicosapentaenoic\\_acid.htm](http://en.wikipedia.org/wiki/Eicosapentaenoic_acid.htm), 19 มิถุนายน 2551.

กรดไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่ม HUFA มี 5 ชนิด ได้แก่

Eicosatrienoic acid (20:3n-3)

Eicosatetraenoic acid (20:4n-3)

Eicosapentaenoic acid (20:5n-3)

Docosapentaenoic acid (22:5n-3)

Docosahexaenoic acid (22:6n-3)

กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกายกึ่งมี 4 ชนิด ได้แก่ กรดไลโนเลอิก (linoleic acid; 18:2n6) กรดไลโนเลนิก (linolenic; 18:3n3) กรดไอโคซะเพนตะอีโนอิก (eicosapentaenoic acid; EPA; 20:5n-3) และกรดโดโคซะเฮกซะอีโนอิก (docosahexaenoic acid; DHA; 22:6n-3) (ตารางที่ 4) กึ่งต้องการกรดไขมันจำเป็นจากอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและการรอดตาย กึ่งที่ไม่ได้รับกรดไขมันจำเป็นหรือได้รับในปริมาณที่ไม่เพียงพอจะแสดงอาการขาดกรดไขมันจำเป็นและมีการเจริญเติบโตช้า (Cuzon *et al.*, 2004) เนื่องจากกึ่งไม่มีความสามารถในการเพิ่มจำนวนคาร์บอนอะตอมและจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันให้เป็น EPA และ DHA (Lim *et al.*, 1997) กึ่งจึงจำเป็นต้องได้รับกรดไขมันไม่อิ่มตัวจากอาหารเท่านั้น ซึ่งกึ่งมีความต้องการกรดไขมันในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดหรืออายุ (ตารางที่ 5) โดยแหล่งของกรดไขมันที่ใช้ในการผลิตอาหารกึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ น้ำมันปลาทะเลและน้ำมันจากสัตว์ทะเลอื่นๆ

**ตารางที่ 4** ระดับของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นในอาหารของกึ่ง

กรดไขมัน	เปอร์เซ็นต์ในอาหาร
Linoleic Acid (18:2n6)	0.4
Linolenic Acid (18:3n3)	0.3
Eicosapentaenoic Acid (20:5n3)	0.4
Docosahexaenoic Acid (22:6n3)	0.4

ที่มา: Peter (1999)

ตารางที่ 5 ระดับของกรดไขมันในอาหารสำหรับกุ้งขนาดต่างๆ

ขนาดกุ้ง (กรัม)	ระดับกรดไขมัน (เปอร์เซ็นต์)
0.002-0.25	15
0.25-1.0	9
1.0-3.0	7.5
>3.0	6.5

ที่มา: Peter (1999)

#### 4.2.4 แหล่งที่พบกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง $\omega$ -3HUFA (EPA, DHA)

แหล่งที่สำคัญของ EPA และ DHA คืออาหารทะเลและน้ำมันจากสัตว์ทะเล โดยเฉพาะปลาทะเล เนื่องจากปลา มีกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ในการสร้างและรักษา กรดไขมันเหล่านี้ไว้จึงทำให้ไขมันปลาแตกต่างจากสัตว์ชนิดอื่น คือ มีสภาพเป็นของเหลวที่ อุณหภูมิต่ำ ทำให้เยื่อหุ้มสมองของปลาคงสภาพเป็นของเหลวอยู่ได้ในน้ำแข็ง จากการศึกษาปริมาณ EPA และ DHA ในปลาชนิดต่างๆ พบว่ามีปริมาณ EPA และ DHA อยู่ระหว่าง 4-37 เปอร์เซ็นต์ของ ปริมาณกรดไขมันทั้งหมด (Kinesella, 1986) ปริมาณ EPA และ DHA จะแตกต่างกันตามชนิดของ ปลา แหล่งที่อยู่อาศัย ฤดูกาล ช่วงเวลาการวางไข่และปริมาณแอนไซม์ในการสร้าง EPA และ DHA จากกรดไขมันชนิดอื่น คือ desaturase และ elongase (Stansby *et al.*, 1990) นอกจากนี้ปริมาณกรด ไขมันภายในตัวปลาก็มีความแปรปรวนค่อนข้างสูงและถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายจึงทำให้กลิ่น รส และ คุณภาพของกรดไขมันลดลง

เนื่องจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวจากปลาทะเลมีคุณภาพแตกต่างกันดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้นักวิทยาศาสตร์หันมาสนใจแหล่งไขมันที่ได้จากสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำพวกแพลงก์ตอนและ สาหร่าย ศิริวรรณ (2541) ได้ศึกษาปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงในสาหร่ายเซลล์เดียวพบว่า *Chaetoceros sp.*, *Isochrysis sp.* และ *Tetraselmis sp.* มีปริมาณ EPA เท่ากับ  $8.43 \pm 0.29$ ,  $0.41 \pm 0.21$  และ  $3.34 \pm 0.04$  มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดย *Chaetoceros sp.* และ *Isochrysis sp.* มีปริมาณ DHA เท่ากับ  $0.70 \pm 0.03$  และ  $7.13 \pm 0.23$  มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ปริมาณ รวม EPA และ DHA พบสูงสุดใน *Chaetoceros sp.* เท่ากับ  $9.13 \pm 0.32$  มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

รองลงมาคือ *Isochrysis* sp. มีปริมาณ  $8.54 \pm 0.44$  มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ไดอะตอมบางชนิด เช่น *Phaeodactylum tricornutum* ที่เลี้ยงเป็นเวลา 7 วัน สามารถผลิต EPA ได้ 3 กรัม น้ำหนักแห้งต่อลิตร และไดโนแฟลกเจลเลตหลายชนิดสามารถผลิต EPA และ DHA ได้ ส่วนแบคทีเรีย *Shewanella putrefaciens* ที่แยกได้จากลำไส้ปลาทะเลสามารถผลิต EPA ได้ แต่ไม่พบ DHA (วรพจน์, 2541) ขณะที่ยีสต์หลายสกุลเช่น *Candida*, *Cryptococcus*, *Hansenula*, *Lipomyces* และ *Rhodotorula* เป็นแหล่งผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดไลโนเลอิกและกรดไลโนเลนิก (Bowles *et al.*, 1999) ต่อมาจุลินทรีย์ทะเลในกลุ่ม Thraustochytrids ได้รับความสนใจ เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 โดยเฉพาะ EPA และ DHA ในปริมาณสูง ซึ่งมีปริมาณ DHA สูงถึง 30-40 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด เช่น *Thraustochytrium aureum* สายพันธุ์ ATCC 34304 และ *T. aureum* สายพันธุ์ ATCC 28211 สามารถผลิต DHA สูงถึง 47.4 และ 52.3 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ (Bajpai *et al.*, 1991a, 1991b; Bowles *et al.*, 1999) และ *Schizochytrium mangrovei* สายพันธุ์ KF5 และ KF6 มีปริมาณ DHA เท่ากับ 41.1 และ 40.5 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ (Fan *et al.*, 2001) จะเห็นได้ว่า Thraustochytrids สามารถผลิต DHA ได้ในปริมาณสูง ไม่ก่อให้เกิดปัญหาเช่นเดียวกับน้ำมันปลาและราคาถูกกว่าน้ำมันปลา จึงเป็นทางเลือกใหม่ในการสกัดโอเมก้า-3 จากจุลินทรีย์ทะเลกลุ่ม Thraustochytrids

#### 4.3 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates)

สัตว์น้ำได้รับพลังงานจากโปรตีนและไขมันมากกว่าจากคาร์โบไฮเดรต แต่คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่มีราคาถูกที่สุด เป็นต้นกำเนิดของสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต เช่น กรดนิวคลีอิก และกรดอะมิโน รวมทั้งช่วยสำรองโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตและช่วยเพิ่มความต้านทานน้ำของอาหาร ด้วยเหตุนี้อาหารสัตว์น้ำจึงควรมีคาร์โบไฮเดรตที่มีประโยชน์อยู่ด้วย (เวียง, 2543) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหารนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ ปลากินพืชสามารถย่อยแป้งได้ดีกว่าปลากินสัตว์ และปลาที่กินทั้งพืชและสัตว์ กุ้งมีเอนไซม์อะไมเลส (amylases) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งได้ดี โดยเฉพาะแป้งจากข้าวสาลี (Counsin *et al.*, 1993) อย่างไรก็ตามความต้องการคาร์โบไฮเดรตในสัตว์น้ำยังขาดรายละเอียดที่ชัดเจนและยังไม่มีเกณฑ์ความต้องการคาร์โบไฮเดรตที่สมบูรณ์ในกุ้ง

#### 4.4 วิตามิน (Vitamins)

วิตามินเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่กึ่งต้องการในปริมาณน้อยที่สภาวะการเจริญเติบโตและการพัฒนาการปกติ วิตามินแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ วิตามินที่ละลายในน้ำและวิตามินที่ละลายในไขมัน วิตามิน B-Complex เป็นวิตามินที่ละลายในน้ำและต้องการในปริมาณที่น้อยซึ่งมีหน้าที่หลักคือ เป็นโคเอนไซม์ (coenzymes) ในกระบวนการเมแทบอลิซึมหลายกระบวนการ วิตามินที่ละลายในน้ำที่ความต้องการในปริมาณมากและมีหน้าที่มากกว่าเป็นโคเอนไซม์ (coenzymes) คือ วิตามินซี อินอซิทอล (inositol) และโคลีน (choline) ส่วนวิตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค ซึ่งในอาหารกึ่งจะทำเป็นวิตามินรวม ความต้องการวิตามินในกึ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาด อายุ อัตราการเจริญเติบโต และสิ่งแวดล้อม การขาดวิตามินจะแสดงออกมาในลักษณะของอาการต่างๆ เช่น ตาบอด วัยน้ำผิดปกติ เจริญเติบโตช้า กึ่งที่ขาดวิตามินซีจะก่อให้เกิดโรค black death ซึ่งกึ่งจะเป็นแผลสีดำบริเวณใต้เปลือกตามลำตัวและเหงือก (Mararelli *et al.*, 1979)

#### 4.5 แร่ธาตุ (Minerals)

แร่ธาตุเป็นสารอนินทรีย์ที่จำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมหลายกระบวนการ แร่ธาตุที่ความต้องการในปริมาณมากเรียกว่า major minerals ซึ่งประกอบด้วย แคลเซียม (calcium) ฟอสฟอรัส (phosphorus) แมกนีเซียม (magnesium) โซเดียม (sodium) โพแทสเซียม (potassium) คลอไรด์ (chloride) และซัลเฟอร์ (sulfur) แคลเซียมจำเป็นต่อการสร้างโครงสร้างภายนอกการหดตัวของกล้ามเนื้อและกระบวนการปรับสมดุลของน้ำในร่างกายกึ่งซึ่งกึ่งสามารถดูดซึมแคลเซียมได้โดยตรงจากน้ำ กึ่งที่เลี้ยงด้วยความเค็มปกติจึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มแคลเซียมลงในอาหาร แต่กึ่งที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำควรใส่แคลเซียม 2.5 เปอร์เซ็นต์ลงในอาหาร ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของฟอสโฟลิปิดในเซลล์สมองและประสาท เป็นส่วนประกอบของดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอในนิวเคลียสของเซลล์ ฟอสฟอรัสในน้ำในรูปที่สัตว์น้ำสามารถใช้ประโยชน์ได้มีปริมาณจำกัดโดยทั่วไปมีปริมาณต่ำกว่า 0.1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) สัตว์น้ำจึงต้องการฟอสฟอรัสจากอาหารเป็นหลัก (เวียง, 2543) แร่ธาตุบางชนิดที่จำเป็นแต่ต้องการในปริมาณน้อยเรียกว่า trace minerals ซึ่งประกอบด้วย เหล็ก (iron) ไอโอดีน (iodine) แมงกานีส (manganese) ทองแดง (copper) โคบอลต์ (cobalt) สังกะสี (zinc) ซีลีเนียม (selenium) โมลิบดีนัม (molybdenum) ฟลูออรีน (fluorine) อลูมิเนียม (aluminum) นิกเกิล (nickel) วานาเดียม (vanadium) ซิลิคอน (silicon) ดีบุก (tin) และ โครเมียม (chromium)

## 5. บทบาทของกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่อสัตว์น้ำ

สุพิศ และคณะ (2538) ศึกษาการอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำระยะนอเพลียส (nauplius) ถึงระยะไมซิส 3 (mysis) ด้วยอาหารเสริมน้ำมันตับปลา และเปรียบเทียบกับอาหารมีชีวิต พบว่าปริมาณกรดไขมัน n-3 HUFA ในอาหาร โดยการเสริมกรดไขมันในอาหารผงสำเร็จรูป สามารถเพิ่มความทนทานของลูกกุ้งต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป และพบกรดไขมันที่จำเป็นชนิด n-3 HUFA โดยเฉพาะกรดไขมัน eicosapentaenoic acid (EPA; 20: 5n-3) สูงกว่า docosahexaenoic acid (DHA; 22: 6n-3) ในอาร์ทีเมียวัยอ่อน

สุธีวัฒน์ และคณะ (2539) ศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสลา์รวา 1 ที่ได้รับอาหารเสริมกรดไขมันที่แตกต่างกันด้วยวิธี osmotic stress ที่ความเค็ม 3 ระดับ คือ 10 และ 25 ppt เปรียบเทียบกับความเค็มปกติ 30 ppt และทดสอบ chemical stress ด้วยฟอร์มาลิน 100 ppm โดยให้อาร์ทีเมียเสริมอาหารที่แตกต่างกัน 2 ชนิดคือ อาหารเหลวสำเร็จรูปที่ประกอบด้วยกรดไขมัน DHA และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (nutria-pack) และน้ำรำ เปรียบเทียบกับอาร์ทีเมียที่ไม่มีการเสริมอาหารเป็นชุดควบคุม จากการศึกษาพบว่าความยาวของลูกกุ้งชุดควบคุมมีค่าน้อยกว่า แต่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยมากกว่าลูกกุ้งที่กินอาร์ทีเมียเสริมอาหารทั้งสองชนิด ลูกกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม nutri-pack มีอัตราการรอดสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ลูกกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริมรำมีอัตราการรอด 93.54 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุมมีอัตราการรอด 88.46 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดสอบความแข็งแรง (stress test) ของลูกกุ้งด้วยฟอร์มาลิน 100 ppm และความเค็ม 2 ระดับ คือ 10 และ 25 ppt ในเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าลูกกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม nutri-pack มีจำนวนลูกกุ้งที่อ่อนเพลียและตายน้อยกว่าลูกกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริมรำและลูกกุ้งในชุดควบคุม จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า กรดไขมัน n-3 HUFA สามารถเพิ่มความต้านทานของลูกกุ้งต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้

ปกป้อง (2543) ศึกษาอัตราส่วนที่แตกต่างกันระหว่าง EPA และ DHA ต่อความเครียดและความต้านทานโรคของลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสลา์รวา 10 ถึงระยะโพสลา์รวา 15 โดยการให้ผ่านอาร์ทีเมียซึ่งมีอัตราส่วนของ EPA และ DHA ต่างกัน 3 ระดับ คือ 1:1 (กลุ่มที่ 1), 1:2 (กลุ่มที่ 2) และ 1:5 (กลุ่มที่ 3) เปรียบเทียบกับลูกกุ้งที่ไม่ได้รับ HUFA (กลุ่มควบคุม) จากนั้นนำลูกกุ้งทุกกลุ่มมาทดสอบความต้านทานต่อปัจจัยบางประการที่ทำให้เกิดความเครียด ผลการศึกษาพบว่าลูกกุ้งที่ได้รับ HUFA ที่มีอัตราส่วนของ EPA และ DHA ที่ระดับ 1:2 และ 1:5 มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้ดีที่สุดในเวลา 15 นาทีแรก เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเค็ม

จาก 30 ppt เป็น 0 ppt อย่างเฉียบพลันพบว่าลูกกุ้งระยะโพสลาาร์วา 15 ที่ได้รับ HUFA ที่มีอัตราส่วนของ EPA และ DHA ที่ระดับ 1:1 และ 1:2 มีอัตราการตายต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ในช่วงเวลา 40 นาทีแรก และการเปลี่ยนแปลงความเค็มจาก 30 ppt เป็น 5 ppt พบว่าลูกกุ้งระยะโพสลาาร์วา 15 ที่ได้รับ HUFA ที่มีอัตราส่วนของ EPA และ DHA ที่ระดับ 1:2 และ 1:5 มีอัตราการตายต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงเวลา ส่วนการทดสอบกับฟอร์มาลินความเข้มข้น 200 ppm และความต้านทานต่อเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ไม่พบความแตกต่างของอัตราการตายตลอดช่วงการทดลอง จากผลการศึกษาแสดงว่าการเสริม HUFA โดยการให้ผ่านอาร์ทีเมียมีผลทำให้ลูกกุ้งมีความทนทานต่อปัจจัยที่ทำให้เกิดความเครียดมากขึ้น แต่ไม่มีผลเมื่อทดสอบกับฟอร์มาลินความเข้มข้น 200 ppm และความต้านทานโรค ส่วนอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง EPA และ DHA ยังไม่สามารถสรุปได้จากการศึกษาครั้งนี้

ทาริกา (2543) ศึกษาผลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง  $\omega$ -3HUFA ต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งกุลาดำ โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปผสม HUFA ในอัตรา 5 และ 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เลี้ยงลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสลาาร์วา 15 เปรียบเทียบกับอาหารที่ไม่เสริม HUFA ในถังจุน้ำ 700 ลิตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของลูกกุ้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่มีแนวโน้มว่าอาหารเสริม HUFA 10 มิลลิลิตร ให้น้ำหนักและอัตราการรอดของกุ้งดีกว่าอาหารเสริม HUFA 5 มิลลิลิตร และอาหารที่ไม่เสริม HUFA ตามลำดับ เมื่อนำอาหารที่เสริม HUFA 10 มิลลิลิตรต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มาเลี้ยงกุ้งในบ่อดินเปรียบเทียบกับอาหารที่ไม่เสริม HUFA เป็นเวลา 120 วัน ปรากฏว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริม HUFA มีการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และให้ผลผลิตสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่เสริม HUFA แต่จากการศึกษาครั้งนี้ยังไม่สามารถสรุปปริมาณที่เหมาะสมของ HUFA ที่ใช้เสริมในอาหารได้

Lemm and Lemarie (1991) ศึกษาอัตราการรอดและการเจริญเติบโตของปลา striped bass วัยอ่อนที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริมกรดไขมัน EPA และ DHA พบว่าลูกปลาที่ได้รับอาร์ทีเมียเสริม HUFA ในระดับกลางคือ 11.34 เปอร์เซ็นต์ HUFA (8.24 เปอร์เซ็นต์ EPA และ 3.1 เปอร์เซ็นต์ DHA) และ HUFA ในระดับสูงคือ 21.8 เปอร์เซ็นต์ HUFA (12.48 เปอร์เซ็นต์ EPA และ 9.36 เปอร์เซ็นต์ DHA) มีอัตราการรอด 64 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลูกปลาที่ได้รับอาร์ทีเมียที่มีการเสริม HUFA ในระดับต่ำ 2.6 เปอร์เซ็นต์ HUFA (2.6 เปอร์เซ็นต์ EPA) และอาร์ทีเมียที่ไม่เสริม HUFA มีอัตราการรอด 23 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การเจริญเติบโตของลูกปลาที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม

กรดไขมันในระดับกลางและระดับสูงไม่แตกต่างกัน แต่มีการเติบโตดีกว่าลูกปลาที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริมกรดไขมันในระดับต่ำและไม่เสริมกรดไขมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการเพิ่มระดับของ HUFA ไม่มีผลช่วยให้อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปลาเพิ่มขึ้น ดังนั้น HUFA ในระดับกลางก็เพียงพอที่ช่วยให้อัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปลาเพิ่มขึ้น

Leger and Sorgeloose (1992) รายงานว่าอาหารที่ลูกกุ้งวัยอ่อนได้รับจากโรงเพาะฟักมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว n-3 HUFA น้อย ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัว n-3 HUFA เป็นกรดไขมันที่จำเป็นและมีความสำคัญต่อการสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) การรักษาสมดุลของน้ำและเกลือในร่างกาย (osmoregulation) การสังเคราะห์ prostaglandin ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวภาพ เช่น การหดและขยายตัวของกล้ามเนื้อเรียบ การขยายตัวของเส้นเลือด และการควบคุมการทำงานของระบบ osmoregulation นอกจากนี้ยังกระตุ้นให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้ดีขึ้น

Tuner and Harrell (1992) ทำการทดลองหาความต้องการกรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid; EFA) ของลูกปลา striped bass และปลา palmetto bass ที่เพิ่งฟัก โดยให้ลูกปลาทั้ง 2 ชนิด กินอาร์ทีเมียที่เสริมอาหารต่างกัน คือ อาร์ทีเมียชดเชยควบคุมเสริม HUFA ที่มีปริมาณต่ำ 0.2-3.5 เปอร์เซ็นต์ อาร์ทีเมียชุดที่ 2 ได้รับน้ำมันข้าวโพด ซึ่งมีกรดไขมันกลุ่ม โอเมก้า 6 (n-6) และ อาร์ทีเมียชุดที่ 3 ได้รับ EPA และ DHA จากผลการทดลองพบว่าลูกปลา palmetto bass มีขนาดไม่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง ส่วนลูกปลา striped bass ชุดที่กินอาร์ทีเมียเสริม EPA และ DHA มีขนาดของลำตัวใหญ่กว่าลูกปลาที่กินอาร์ทีเมียเสริม HUFA ต่ำ และน้ำมันข้าวโพด สำหรับการพัฒนารูปร่าง (metamorphosis) ของลูกปลาทั้ง 2 ชนิดจากระยะวัยอ่อนถึงระยะวัยรุ่น พบว่าลูกปลาชุดควบคุมและลูกปลาที่กินอาร์ทีเมียเสริมน้ำมันข้าวโพด แสดงอาการขาดกรดไขมันที่จำเป็น (EFA deficiency syndrome) และมีอัตราการตายสูงถึง 85-99 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ลูกปลาที่กินอาร์ทีเมียเสริม EPA และ DHA มีอัตราการรอดถึง 80 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง โดยเฉพาะกลุ่มของ 20: 5n-3 และ 22: 6n-3 มีความสำคัญอย่างมากต่ออัตราการรอด การเจริญเติบโต และการพัฒนาของตัวอ่อนของลูกปลา striped bass และลูกปลา palmetto bass

Rees *et al.* (1994) ศึกษาปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (highly unsaturated fatty acid ; HUFA) ที่จำเป็นสำหรับกุ้งกุลาดำ โดยการเสริม HUFA ให้อาร์ทีเมียในอัตรา 100, 200, 300 และ 400 ppm เป็นเวลา 12 ชั่วโมงก่อนนำไปอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสาร์วา 5 จนถึงระยะโพสาร์วา 15 ปรากฏว่าปริมาณ HUFA ในอาร์ทีเมียเพิ่มขึ้นจาก 2.65 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) เป็น 5.30,

12.55, 22.35 และ 31.20 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม HUFA 100 ppm มีการเจริญเติบโตดีไม่แตกต่างจากกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม HUFA 200 ppm แต่เจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มอื่น กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม HUFA 200 ppm มีอัตราการรอดสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม HUFA 100 ppm ส่วนกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม HUFA 300 ppm มีอัตราการรอดสูงแต่เจริญเติบโตช้า และกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม HUFA 400 ppm มีการเจริญเติบโตช้าและอัตราการรอดตายต่ำ จากผลการศึกษาดังกล่าว กุ้งเจริญเติบโตดีและมีอัตราการรอดสูงเมื่อเลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม HUFA 200 ppm ซึ่งมีปริมาณ HUFA 12.55 มิลลิกรัมต่อกรัม

Suwanich *et al.* (1996) ทำการศึกษาผลของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (HUFA) และอัตราส่วนระหว่าง eicosapentaenoic acid และ docosahexaenoic acid (EPA/DHA) ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งกุลาดำระยะโพสลาาร์ว่า 20 โดยใช้อาหารเสริมกรดไขมันที่มีปริมาณกรดไขมัน 2 ระดับ คือ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ละระดับมีอัตราส่วนของ EPA/DHA เท่ากับ 1:1, 1:2 และ 1:3 ส่วนอาหารกลุ่มควบคุมมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว 0.35 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนของ EPA/DHA เท่ากับ 1:3 ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวและอัตราส่วนของ EPA/DHA ไม่มีผลต่ออัตราการรอดแต่มีผลต่อการเจริญเติบโตและความทนทานต่อแรงดันออสโมติกอาหารที่ช่วยให้กุ้งเติบโตดีมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว 1 เปอร์เซ็นต์ และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราส่วนของ EPA/DHA เท่ากับ 1:1 และ 1:2 ส่วนอาหารที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว 1 เปอร์เซ็นต์ และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราส่วนของ EPA/DHA เท่ากับ 1:2 และ 1:3 ช่วยเพิ่มความทนทานต่อแรงดันออสโมติก ดังนั้นอาหารที่เหมาะสมต่อกุ้งระยะโพสลาาร์ว่า 20 ในด้านการเติบโตและเพิ่มความทนทานต่อแรงดันออสโมติกคืออาหารที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว 1 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราส่วนของ EPA/DHA เท่ากับ 1:2

González-Félix *et al.* (2002b) ศึกษาผลของกรดไขมันที่ระดับต่างกันต่อความต้องการกรดไขมันจำเป็นของกุ้งขาวแวนนาไมระยะ juvenile แบ่งการทดลองตามระดับของกรดไขมันที่ผสมในอาหาร 3 ระดับคือ 3, 6 และ 9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแต่ละชุดการทดลองมีระดับของ n-3 HUFA 3 ระดับ คือ 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด พบว่าปริมาณที่น้อยที่สุดของ n-3 HUFA ที่กุ้งขาวต้องการในอาหารเท่ากับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด และปริมาณของ n-3 HUFA 2.0 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมดในอาหารทำให้กุ้งขาวมีการเจริญเติบโตลดลง นอกจากนี้ระดับของกรดไขมันมีผลต่อการสะสมไขมันในร่างกายกุ้งซึ่งพบว่ากุ้งมีการสะสมไขมัน

ที่ตับและตับอ่อน (hepatopancreas) และกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น แต่การสะสมไขมันในร่างกายกึ่ง ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกึ่ง

Palacios *et al.* (2004) รายงานว่ากึ่งขาวแวนนาไม่ระยะโพสลาเร็วา 20 ที่ได้รับอาหารผสม HUFA มีการแตกสาขาและพื้นที่ผิวของเหงือกเพิ่มขึ้นมากกว่ากึ่งที่ไม่ได้รับ HUFA ซึ่งการมีพื้นที่ผิวของเหงือกมากขึ้นช่วยในการขนส่งอ็อกซิเจนและการทำงานของเอนไซม์  $\text{Na}^+/\text{K}^+ - \text{ATPase pump}$  ในการแลกเปลี่ยนอ็อกซิเจน รวมทั้งควบคุมการผ่านเข้าและออกนอกเซลล์ของน้ำหรือช่วยรักษาปริมาณน้ำในร่างกายให้อยู่ในสภาวะปกติ ทำให้กึ่งมีความต้านทานต่อความเครียด โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ดี

## 6. Schizochytrium

Honda (2001) ได้จัดลำดับทางอนุกรมวิธานของ Thraustochytrids ไว้ดังนี้

Superkingdom Eucaryota

Kingdom Stramenopila

Phylum Labyrinthulomycota

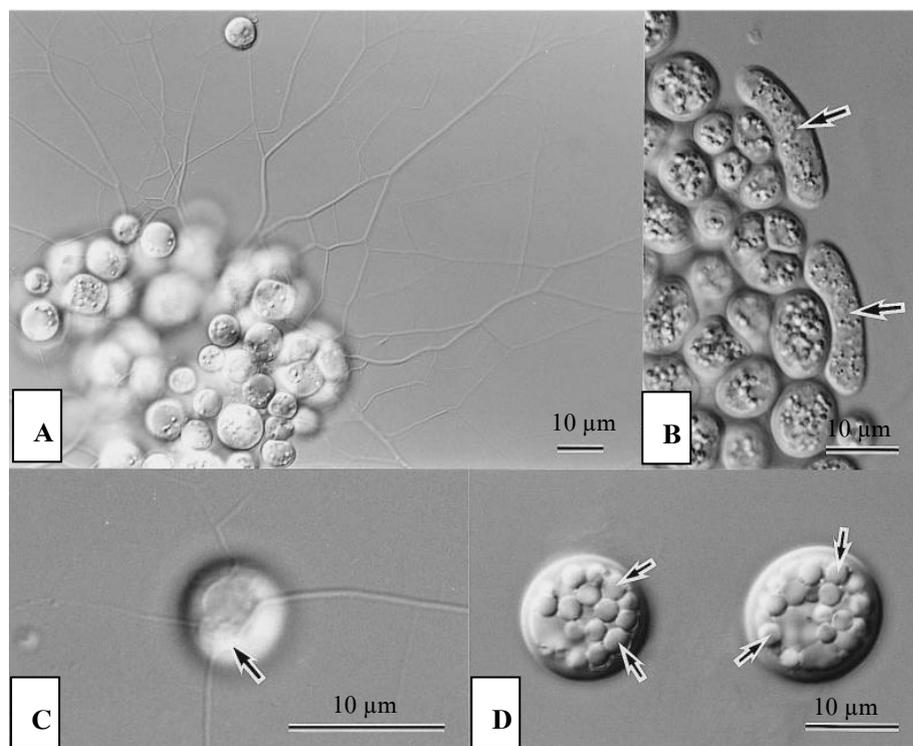
Order Labyrinthulida

Family Thraustochytriidae

สมาชิกในกลุ่ม Thraustochytrids แบ่งออกเป็น 8 สกุล คือ *Thraustochytrium*, *Japonochytrium*, *Schizochytrium*, *Althornia*, *Aplanochytrium*, *Labyrinthulids*, *Ulkenia* และ *Corollochytrium* ซึ่งในแต่ละสกุลสามารถแบ่งได้อีกหลายสปีชีส์ (Moss, 1986)

ลักษณะเซลล์ปกติของ *Schizochytrium* spp. มีรูปร่างกลมอาจอยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆหรือหลายเซลล์เกาะรวมกันเป็นกลุ่ม มีส่วนของเอกโตพลาสติกเนต (ectoplasmic net) ยึดเกาะกับซับสเตรท ทำหน้าที่ส่งเอนไซม์ไลติก (lytic) ไปยังซับสเตรทแล้วย่อยสลายดูดซึมสารอาหารเพื่อไปเลี้ยงส่วนต่างๆของทลัสส์ (thallus) (Bowles, 1997) ส่วนที่เป็นเอกโตพลาสติกเนตไม่มีผนังเซลล์ (cell wall) และออร์แกเนล (organel) ส่วนไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ของทลัสส์จะแยกจากรูเมน (rumen) ของเอกโตพลาสติกเนต โดยไปรวมกับซางิโนเจน (sagenogen) (Moss, 1986) (ภาพที่ 2)

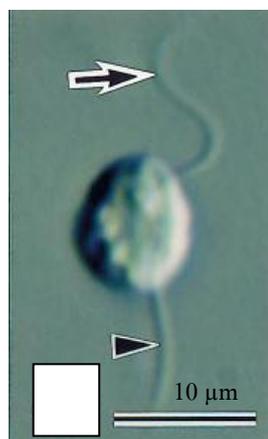
ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของ Thraustochytrids แม้ว่าจะยังไม่สามารถยืนยันหน้าที่ของซาจิโนเจนได้ชัดเจน แต่คาดว่าน่าจะเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยในระบบการทำงานของเอกโตพลาสมิคเนท และช่วยป้องกันไม่ให้อแกนแนลภายในทลัสส์ไหลไปยังเอกโตพลาสมิค (Bowles, 1997)



**ภาพที่ 2** แสดงลักษณะเซลล์ของ *Schizochytrium limacinum* โดย (A) ลักษณะของ vegetative cell ที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่มและมี ectoplasmic cell (B) ลักษณะของเซลล์ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (ลูกศร) (C) ลักษณะของ ectoplasmic cell (ลูกศร) และ (D) vegetative cell อายุ 2 สัปดาห์ ซึ่งมี vacuoles รูปร่างกลมอยู่ภายในเซลล์ (ลูกศร)  
ที่มา: Honda (1998)

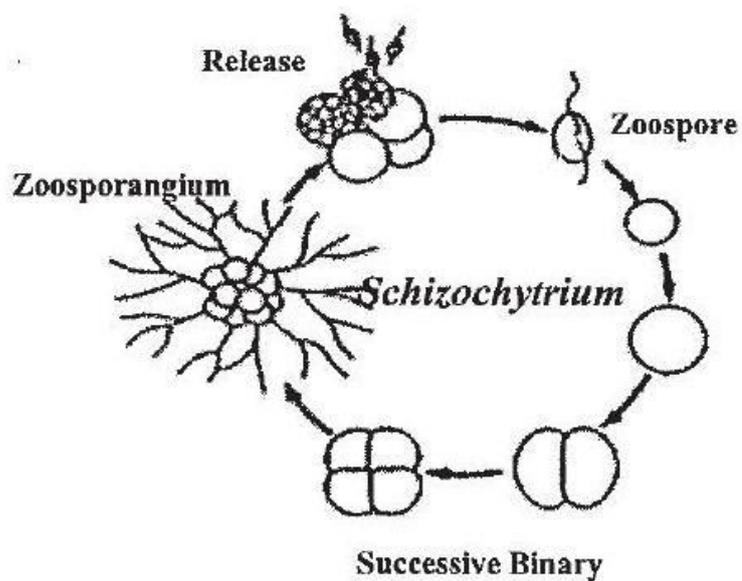
การสืบพันธุ์ของ *Schizochytrium* spp. เป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) โดยทลัสส์ (vegetative thallus) จะพัฒนาไปเป็นสปอร์เรจียม (sporangium) ซึ่งสปอร์เรจียมมีการแบ่งครึ่งเซลล์แบบทวิคูณ (successive binary division) จำนวน 4-5 ครั้ง แต่ละเซลล์จะผลิตซุโอสปอร์ (zoospore) (ภาพที่ 3) ในชนิด *S. limacinum* พบว่าบางเซลล์มีลักษณะแบบอะมิบอยด์เซลล์ (amoeboid cell) เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างยาวขึ้น (elongate) และหดตัวเป็นทรงกลมก่อนแบ่งตัวสร้างซุโอสปอร์ (Honda *et al.*, 1998) ซุโอสปอร์มีรูปร่างรีหรือเกือบกลมมี

แฟลกเจลลา (flagella) 2 เส้น ทางด้านข้าง (ภาพที่ 4) การปล่อยซุโอสปอร์เกิดจากส่วนปลายของ  
ซุโอสปอร์แรงเจียมมีกษาคออก (Alderman *et al.*, 1974; Honda, 1998)



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของ zoospore ซึ่งประกอบด้วย flagella 2 เส้น โดยเส้นด้านบนเป็น anterior  
flagellum (ลูกศร) และเส้นด้านล่างเป็น posterior flagellum (หัวลูกศร)

ที่มา: Honda (1998)



ภาพที่ 4 วงจรชีวิตของ *Schizochytrium* spp.

ที่มา: Honda (2001)

พบ *Schizochytrium* spp. แพร่กระจายทั่วไปในสภาพแวดล้อมทางทะเล เช่น ดินตะกอน บริเวณชายฝั่ง ปากแม่น้ำ และซากเน่าเปื่อยของใบไม้บริเวณป่าชายเลน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีสารอินทรีย์อุดมสมบูรณ์ (Nakahara *et al.*, 1996) *Schizochytrium* spp. มีบทบาทต่อระบบนิเวศน์ป่าชายเลน เนื่องจาก *Schizochytrium* spp จัดเป็นพวกเฮเทอโรโทรฟ (heterotroph) ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตเป็นแซโพรไฟต์ (saprophyte) โดยอาศัยซากพืช ซากสัตว์ และอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งอาหาร ทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์สาร ซึ่งเป็นการเพิ่มและหมุนเวียนแร่ธาตุต่างๆในระบบนิเวศน์ (Naganuma *et al.*, 1998) จุลินทรีย์กลุ่ม Thraustochytrids มีปริมาณ DHA สูงถึงร้อยละ 30-40 ของกรดไขมันทั้งหมด จึงทำให้มีความสำคัญในแง่ของแหล่งกรดไขมันในธรรมชาติ ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้สามารถถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหารทำให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ในระบบนิเวศน์

นอกจากนี้ *Schizochytrium* spp. ยังมีบทบาทต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 ซึ่งปัจจุบันในทางการค้านิยมใช้กรดไขมันจาก 3 แหล่งใหญ่ คือน้ำมันปลา สำหรับขนาดเด็ก และ Thraustochytrids ซึ่งพบว่า Thraustochytrids มีสัดส่วน DHA สูงกว่า EPA ขณะที่น้ำมันที่ได้จากปลานั้นมีสัดส่วน DHA ต่ำกว่า EPA โดยทั่วไปสัตว์น้ำมีความต้องการปริมาณ DHA สูง (เวียง, 2543) จึงได้มีการนำ Thraustochytrids มาใช้ในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับอาร์ทีเมียหรือโรติเฟอร์ เพื่อให้มีปริมาณ n-3 PUFAs สูง ก่อนที่จะนำไปใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน ดังนั้นการเสริมปริมาณ DHA ให้กับสัตว์น้ำถือเป็นการถ่ายทอด DHA ไปตามห่วงโซ่อาหารเพื่อเพิ่มหรือเสริมปริมาณ DHA ให้กับมนุษย์ทางอ้อม (Barclay and Zeller, 1996) โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยง *Schizochytrium* spp. เพื่อขยายและคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ปริมาณ DHA สูง รวมทั้งการนำ *Schizochytrium* spp. มาเสริมอาหารในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

Kendrick and Ratledge (1992) ศึกษาปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในจุลินทรีย์ทะเล *Thraustochytrium aureum* พบว่าผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมก้า 3 ซึ่งมีปริมาณของ DHA สูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันทั้งหมดในไตรเอซิลกรีเซอรอล และพบกรดไขมันชนิดอื่นๆ ได้แก่ C20:5 C22:5 C24:2 และ C26:2 แต่จากการศึกษาของ Singh and Ward (1996) พบว่า DHA ใน *Thraustochytrium* และ *Schizochytrium* มีค่าอยู่ในช่วง 1.5 – 35 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด

Kamlungdee (2003) ศึกษาการผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acids: PUFA) จากจุลินทรีย์น้ำเค็ม *Schizochytrium* sp. จำนวน 5 สายพันธุ์ (strains N-1, N-2, N-5, N-6 และ N-9) ที่แยกได้จากใบ *Kandelia candel* ในป่าชายเลนบริเวณเกาะฮ่องกง โดยนำมาเลี้ยงบนอาหารแข็งในห้องทดลองเป็นเวลา 52 ชั่วโมง พบว่าจุลินทรีย์น้ำเค็ม *Schizochytrium* sp. ทั้ง 5 สายพันธุ์สะสมกรดไขมัน EPA ในปริมาณต่ำกว่ากรดไขมัน DHA ในเซลล์ ปริมาณกรดไขมัน DHA ในเซลล์ทั้ง 5 สายพันธุ์ (strains N-1, N-2, N-5, N-6 และ N-9) มีค่าเป็น 174.9, 203.6, 186.1, 171.3 และ 157.9 มิลลิกรัมต่อกรัมเซลล์แห้ง ตามลำดับ สายพันธุ์ N-2 มีสัดส่วนของกรดไขมัน DHA สูงสุด

Jiang *et al.* (2004) ศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในสาหร่ายทะเลขนาดเล็ก *Schizochytrium mangrovei* ชนิดใหม่ 3 สายพันธุ์ ที่แยกจากซากเน่าเปื่อยของใบ *Kandelia candel* ในป่าชายเลนประเทศฮ่องกง พบว่ากรดไขมันที่พบใน *S. mangrovei* ทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ tetradecanoic acid (C14:0) hexadecanoic acid (C16:0) docosapentaenoic acid (C22:5n-6, DPA) และ docosahexaenoic acid (C22:6n-3, DHA) โดยพบ DHA สูงถึง 32.29 – 39.14 เปอร์เซ็นต์

ลลิตา (2548) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญและผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงชนิด DHA ของ *Schizochytrium* 3 สายพันธุ์ ที่แยกได้จากใบไม้ป่าชายเลนอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัด จันทบุรี ผลปรากฏว่า *S. limacinum* BUCACD 032 มีปริมาณกรดไขมัน DHA มากที่สุดเท่ากับ 145.50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ผลผลิต DHA 2,647.51 มิลลิกรัมต่อลิตร) รองลงมาคือ *S. limacinum* BUCARA 021 ปริมาณ DHA เท่ากับ 115.16 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ผลผลิต DHA 2,070.59 มิลลิกรัมต่อลิตร) และ *Schizochytrium* sp. 1 BUCAAA 093 มีปริมาณ DHA เท่ากับ 13.85 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ผลผลิต DHA 68.21 มิลลิกรัมต่อลิตร)

มยุรา (2549) ได้คัดแยก *Schizochytrium* sp. จากใบไม้ป่าชายเลนจังหวัดสมุทรปราการพบ Thraustochytrids 3 ชนิด คือ *S. mangrovei*, *S. limacinum* และ *Schizochytrium* sp. โดยพบ *S. mangrovei* สูงที่สุด และเมื่อนำมาเพาะเลี้ยงแล้ววิเคราะห์กรดไขมันพบว่าปริมาณของ DHA สูง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 15.41-180.74 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (8.79-48.60 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด) และมีกรดไขมัน EPA และ ARA ในปริมาณต่ำคือ 0.25-7.42 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง (0.15-6.17 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด) และ 0.16-3.85 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง (0.09-3.94 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด) ตามลำดับ

Barclay and Zeller (1996) ศึกษาการเสริม *Schizochytrium* sp. ซึ่งมี DHA สูงให้กับโรติเฟอร์และอาร์ทีเมีย พบว่าโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. เป็นเวลา 24 ชั่วโมงมี DHA สะสมจากที่ไม่สามารถวัดได้เพิ่มขึ้นถึง 0.8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง มี EPA จาก 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง มี DPA จากที่ไม่สามารถวัดได้เพิ่มขึ้นถึง 0.4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และมี ArA 0.3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งปกติโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียไม่มี ArA สะสมในเซลล์ จากการศึกษาสรุปได้ว่าโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียสามารถเปลี่ยน DHA (22:6n-3) เป็น EPA (20:5n-3) และเปลี่ยน DPA (22:5n-6) เป็น ArA (20:4n-6) ได้โดยกระบวนการเบต้าออกซิเดชัน (beta-oxidation)

Jaritkhuan (2001) พบว่าจุลินทรีย์ทะเลในกลุ่ม Thraustochytrids มีปริมาณ DHA สูงถึง 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด เมื่อนำจุลินทรีย์กลุ่มนี้ไปเป็นอาหารของอาร์ทีเมียพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณ DHA ในอาร์ทีเมียได้ และเมื่อนำอาร์ทีเมียที่อุดมไปด้วย DHA ไปเลี้ยงลูกกุ้งกุลาดำระยะ โปสตาว่า 4 ถึง โปสตาว่า 16 ทำให้ลูกกุ้งมีปริมาณ DHA สูงตามไปด้วยในลักษณะของการถ่ายทอดตามห่วงโซ่อาหารและสามารถนำไปผสมกับอาหารเม็ดในการเลี้ยงลูกกุ้งกุลาดำได้

Miller *et al.* (2007) ศึกษาการใช้กรดไขมันจาก *Schizochytrium* sp. ทดแทนน้ำมันปลาในอาหารอนุบาลลูกปลา Atlantic salmon (*Salmo salar*) โดยมี 4 ชุดการทดลองคือ อาหารผสมกรดไขมันจาก *Schizochytrium* sp. 100 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมน้ำมันปลาล์ม 100 เปอร์เซ็นต์ อาหารที่ผสมน้ำมันปลาล์มและกรดไขมันจาก *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 4:1 และ อาหารผสมน้ำมันปลา พบว่าการเจริญเติบโตและความสามารถในการย่อยไขมันของลูกปลาทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน แต่ลูกปลาที่ได้รับกรดไขมันจาก *Schizochytrium* sp. มีเปอร์เซ็นต์ของ DHA สะสมในกล้ามเนื้อสูงกว่าชุดการทดลองอื่น สรุปว่ากรดไขมันจาก *Schizochytrium* sp. สามารถใช้ทดแทนน้ำมันปลาในอาหารอนุบาลลูกปลา Atlantic salmon และสามารถเพิ่มปริมาณ DHA ในตัวปลาได้ ดังนั้น กรดไขมันจาก *Schizochytrium* sp. จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของแหล่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวจำเป็นโดยเฉพาะ DHA สำหรับอาหารสัตว์น้ำ

Yamasaki *et al.* (2007) รายงานว่าการเสริม *Schizochytrium* sp. ให้กับโรติเฟอร์และอาร์ทีเมียก่อนนำไปอนุบาลลูกปลาทะเลสามารถเพิ่มปริมาณ DHA ได้เพียงพอต่อความต้องการ DHA ของลูกปลาเพื่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตาย ซึ่งสามารถเพิ่มขนาดความยาวของลูกปลาได้อีกด้วย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Harel *et al.* (2002) ซึ่งพบว่าลูกปลา Atlantic halibut ที่ได้รับ

โรติเฟอร์และอาร์ทีเมียที่เสริม *Schizochytrium* sp. มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น รวมทั้งลูกปลาทะเลชนิดอื่น ได้แก่ sea bream, European sea bass และ striped bass นอกจากนี้การทดแทนน้ำมันปลา menhaden ด้วย *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 60 เปอร์เซ็นต์ของไขมันทั้งหมดในอาหารพ่อแม่พันธุ์ปลา striped bass สามารถเพิ่มอัตราการฟักไข่ได้

Ganuza *et al.* (2008) รายงานการใช้ *Schizochytrium* sp. ทดแทนน้ำมันปลาในอาหารอนุบาลลูกปลา gilthead seabream (*Sparus aurata*) พบว่าลูกปลาที่ได้รับอาหารผสม *Schizochytrium* sp. มีอัตราการรอดตาย การเจริญเติบโต ความต้านทานโรค และความทนทานต่อสภาพอากาศได้ดีไม่แตกต่างจากลูกปลาที่ได้รับอาหารผสมน้ำมันปลา แสดงว่า *Schizochytrium* sp. สามารถใช้ทดแทนน้ำมันปลาเพื่อแหล่งขสม DHA ในอาหารอนุบาลลูกปลา gilthead seabream ได้

ทรงทรัพย์ และคณะ (2551) ศึกษาการใช้ *Schizochytrium limacinum* ในการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม และผลที่มีต่อความทนทานต่อความเครียดและความต้านทานโรค โดยการทดแทนและเสริมคีโตเซอรอส (*Chaetoceros* sp.) ต่างกัน 3 ระดับ คืออัตราส่วนระหว่างคีโตเซอรอส และ *S. limacinum* เท่ากับ 50: 50 เปอร์เซ็นต์, 75: 25 เปอร์เซ็นต์ และคีโตเซอรอส 100 เปอร์เซ็นต์ เสริม *S. limacinum* 25 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ให้คีโตเซอรอส 100 เปอร์เซ็นต์ ในการอนุบาลลูกกุ้งตั้งแต่ระยะซุเอีย (zoaea) 1 ถึงระยะซุเอีย 3 และอนุบาลด้วยอาร์ทีเมียตั้งแต่ระยะไมซิส (mysis) 1 ถึงระยะโพสลาว่า 15 พบว่าลูกกุ้งระยะไมซิส 1 มีอัตราการรอดสูงสุดเท่ากับ  $89.81 \pm 0.69$  เปอร์เซ็นต์ เมื่ออนุบาลด้วยคีโตเซอรอส 100 เปอร์เซ็นต์ เสริม *S. limacinum* 25 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ลูกกุ้งระยะโพสลาว่า 1 มีอัตราการรอดสูงสุดเท่ากับ  $67.31 \pm 1.10$  เปอร์เซ็นต์ เมื่ออนุบาลด้วยคีโตเซอรอส 50 เปอร์เซ็นต์ และ *S. limacinum* 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเจริญเติบโตพบว่าไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติ ( $P > 0.05$ ) ระหว่างชุดทดลองและชุดควบคุมทั้งทางด้านความยาวและน้ำหนัก การทดสอบความทนทานต่อความเครียดโดยการแช่ฟอร์มาลินเข้มข้น 200 ppm นาน 24 ชั่วโมง พบว่าลูกกุ้งที่ได้รับคีโตเซอรอส 100 เปอร์เซ็นต์ เสริม *S. limacinum* 25 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการตายสะสมต่ำที่สุดคือ  $63.22 \pm 15.16$  เปอร์เซ็นต์ การลดความเค็มจาก 30 ppt เหลือ 5 ppt พบว่ากุ้งที่ได้รับคีโตเซอรอส 75 เปอร์เซ็นต์ และ *S. limacinum* 25 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการตายสะสมต่ำที่สุดคือ  $24.33 \pm 5.86$  เปอร์เซ็นต์ และไม่พบความแตกต่างของอัตราการตายสะสมตลอดช่วงการทดลอง ( $P > 0.05$ ) ของลูกกุ้งเมื่อทดสอบความต้านทานต่อเชื้อ *Vibrio harveyi*

## อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของ *Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมตั้งแต่ระยะโพสลาร์ว่า 12 จนถึงระยะ Juvenile ที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนต่างกัน 3 ระดับ

### 1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1.1.1 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ 5 ppt

1.1.2 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ 25 ppt

แต่ละกลุ่มการทดลองมี 4 ชุดการทดลอง (treatment) ในแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (replication)

ชุดการทดลองที่ 1 คือกลุ่มของอาหารควบคุม (control) เป็นอาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งขาวแวนนาไม

ชุดการทดลองที่ 2 คือกลุ่มของอาหารสำเร็จรูปผสมกับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 20 มิลลิลิตรต่ออาหารสำเร็จรูป 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 3 คือกลุ่มของอาหารสำเร็จรูปผสมกับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 50 มิลลิลิตรต่ออาหารสำเร็จรูป 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 4 คือกลุ่มของอาหารสำเร็จรูปผสมกับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 75 มิลลิลิตรต่ออาหารสำเร็จรูป 1 กิโลกรัม

### 1.2 การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์ว่า 9 จากโรงเพาะฟักเอกชนมารับสภาพในห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง ก่อนเริ่มการทดลองเป็นระยะเวลา 3 วัน โดยนำมาเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 500 ลิตรในน้ำความเค็ม 5 ppt และ 25 ppt ให้

อาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งขาวแวนนาไม 4 ครั้งต่อวัน ในเวลาประมาณ 07.00 น. 11.00 น. 15.00 น. และ 19.00 น. มีการติดตั้งเครื่องให้อากาศอย่างเพียงพอ ตลอดเวลา เมื่อครบ 3 วัน กุ้งได้ระยะ โปสลาว่า 12 คัดเลือกกุ้งที่มีขนาดความยาวใกล้เคียงกันนำมาเลี้ยงในถังทดลองขนาดความจุ 500 ลิตร ด้วยน้ำความเค็ม 5 ppt ปริมาตร 250 ลิตร จำนวน 12 ถัง และน้ำความเค็ม 25 ppt ปริมาตร 250 ลิตร จำนวน 12 ถัง ใส่กุ้งจำนวนถังละ 50 ตัว (100 ตัวต่อตารางเมตร)

### 1.3 การเตรียมและการให้อาหาร

ชุดการทดลองที่ 1 คือกลุ่มของอาหารควบคุม (control) เป็นอาหารสำเร็จรูปสำหรับ กุ้งขาวแวนนาไม

ชุดการทดลองที่ 2 คือกลุ่มของอาหารสำเร็จรูปผสมกับ *Schizochytrium* sp. ใน อัตราส่วน 20 มิลลิลิตรต่ออาหารสำเร็จรูป 1 กิโลกรัม ซึ่งเท่ากับ *Schizochytrium* sp.

#### 2.0 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 3 คือกลุ่มของอาหารสำเร็จรูปผสมกับ *Schizochytrium* sp. ใน อัตราส่วน 50 มิลลิลิตรต่ออาหารสำเร็จรูป 1 กิโลกรัม ซึ่งเท่ากับ *Schizochytrium* sp.

#### 5.0 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 4 คือกลุ่มของอาหารสำเร็จรูปผสมกับ *Schizochytrium* sp. ใน อัตราส่วน 75 มิลลิลิตรต่ออาหารสำเร็จรูป 1 กิโลกรัม ซึ่งเท่ากับ *Schizochytrium* sp.

#### 7.5 เปอร์เซ็นต์

*Schizochytrium* sp. ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เมฆาคอร์ ปอเรชั่น จำกัด รูปแบบของ *Schizochytrium* sp. เป็นเซลล์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์แล้วอยู่ใน ของเหลวซึ่งเป็นอาหารเลี้ยงเซลล์ที่ *Schizochytrium* sp. ใช้ในการเจริญเติบโตหมดในช่วงที่เก็บ เกี่ยว โดยเซลล์ของ *Schizochytrium* sp. จะตกตะกอนที่ก้นภาชนะ เมื่อเขย่ามีสีขาวขุ่น (ภาพผนวกที่ 1) และมีกลิ่นคาวคล้ายปลาป่นหรือน้ำมันปลา การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ *Schizochytrium* sp. ใช้วิธีของ AOAC. (2000). และการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันของ *Schizochytrium* sp. ใช้วิธีของ Bligh, and Dyer. (1959) และ Holub, and Skeaff. (1987) ซึ่ง องค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบของกรดไขมันของ *Schizochytrium* sp. ที่ใช้ในการศึกษา ครั้งนี้แสดงไว้ในตารางที่ 6 และ 7 สำหรับการเตรียมอาหารทดลองใช้วิธีการสเปรย์ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 2.0, 5.0 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์บนอาหารสำเร็จรูปในแต่ละชุดการทดลองให้ทั่วแล้ว

คลุกเคล้าให้เข้ากันและผึ่งลมให้แห้ง (ภาพผนวกที่ 2 และ 3) ซึ่งจะมีการเตรียมอาหารใหม่ทุกวัน ให้ อาหารวันละ 4 เวลาในเวลาประมาณ 07.00 น. 11.00 น. 15.00 น. และ 19.00 น. โดยปริมาณการให้อาหาร ใช้ตามวิธีของ ชลอ และ พรเลิศ (2547) ซึ่งมีการสังเกตและปรับเพิ่มลดปริมาณอาหารตาม ปริมาณการกินอาหารของกิ้งในแต่ละถึงทดลองตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง 30 วัน

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของ *Schizochytrium* sp.

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละของน้ำหนักแห้ง
ไขมัน	46.38±4.45
โปรตีน	26.68±2.40
คาร์โบไฮเดรต	21.14±0.38
เถ้า	4.94±0.17
ความชื้น	-

#### 1.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำในระหว่างการเลี้ยง

ในระหว่างทำการทดลอง เก็บตัวอย่างน้ำจากถังทดลองมา วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ทุก 10 วัน โดยค่าพารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ ดังนี้

- วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และ อุณหภูมิโดยใช้เครื่อง YSI DO 200-4M
- วัดพีเอชของน้ำโดยใช้ pH meter ORION Model Sa520
- วัดความเค็มโดย salinometer
- แอมโมเนียรวม (total ammonia nitrogen: TAN) ใช้วิธี phenol – hypochloride ตามวิธีของ APHA *et al.* (1995)
- ไนไตรท์ (nitrite - nitrogen) ใช้วิธี colorimetric method ตามวิธีของ APHA *et al.* (1995)
- ความกระด้างรวม (total hardness) ใช้วิธี titration method ตามวิธีของ APHA *et al.* (1995)
- ความเป็นด่างรวม (total alkalinity) ใช้วิธี titration method ตามวิธีของ APHA *et al.* (1995)

ตารางที่ 7 องค์ประกอบของกรดไขมันของ *Schizochytrium* sp.

ชนิดของกรดไขมัน	มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมัน
C14:0 Myristic acid	11.366±1.824	2.994±0.139
C16:0 Palmitic acid	203.155±29.940	53.971±0.664
C18:0 Stearic acid	4.515±0.717	1.198±0.030
C20:0 Arachidic acid	0.470±0.075	0.125±0.003
<b>SFA</b>	<b>219.506±32.456</b>	<b>58.287±0.706</b>
C14:1 Myristoleic acid	0.276±0.056	0.073±0.011
C16:1n7 Palmitoleic acid	2.551±0.412	0.677±0.016
C18:1n9 Oleic acid	-	-
C18:1n7 Octadecenoic acid	-	-
<b>MUFA</b>	<b>2.826±0.456</b>	<b>0.750±0.022</b>
C18:2n6 Linoleic acid	-	-
C18:3n3 Linolenic acid	0.271±0.038	0.072±0.002
C20:3n3 Eicosatrienoic acid	0.781±0.108	0.226±0.005
C20:4n6 Arachidonic acid, A rA	1.335±0.193	0.355±0.011
C20:5n3 Eicosapentaenoic acid, EPA	-	-
C22:6n3 Docosahexaenoic acid, DHA	113.088±14.805	30.273±0.614
<b>PUFA</b>	<b>118.301±15.463</b>	<b>30.926±0.618</b>
<b>Unidentify</b>	37.732±5.703	10.059±0.331
<b>Total fatty acids</b>	<b>337.807±47.691</b>	<b>100.000±0.081</b>

หมายเหตุ SFA คือกรดไขมันอิ่มตัว MUFA คือกรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งพันธะ PUFA คือกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ

#### 1.5 การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เมื่อครบ 30 วันนับจำนวนกุ้งที่เหลือและชั่งน้ำหนักกุ้งในถังทดลองโดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล เพื่อหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกุ้งต่อตัว นำข้อมูลมาคำนวณอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโต

วิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโต โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลอง โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

## 2. การศึกษาผลของอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน และอาหารโปรตีนต่ำผสม

*Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม

### 2.1 วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) โดยมี 4 ชุดการทดลอง (treatment) ในแต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (replication)

ชุดการทดลองที่ 1 คือกลุ่มของอาหารกุ้งกุลาดำ (โปรตีน 38 เปอร์เซ็นต์)

ชุดการทดลองที่ 2 คือกลุ่มของอาหารกุ้งขาวแวนนาไม (โปรตีน 36 เปอร์เซ็นต์)

ชุดการทดลองที่ 3 คือกลุ่มของอาหารสมทบ (โปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์)

ชุดการทดลองที่ 4 คือกลุ่มของอาหารสมทบ (โปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์) ผสมกับ

*Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากผลการทดลองที่ 1

### 2.2 การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำกุ้งขาวแวนนาไมน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 3-4 กรัม จากฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวเอกชนมาปรับสภาพในห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยธุรกิจเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง ก่อนเริ่มการทดลองเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยนำมาเลี้ยงในถังไฟเบอร์กลาสขนาดความจุ 3 ลูกบาศก์เมตร ในน้ำความเค็ม 25 ppt ให้อาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งขาว 4 ครั้งต่อวัน ในเวลาประมาณ 07.00 น. 11.00 น. 15.00 และ 19.00 น. มีการให้อากาศอย่างเพียงพอ เมื่อครบ 7 วัน นำกุ้งขาวแวนนาไมมาเลี้ยงในถังทดลองขนาดความจุ 500 ลิตร จำนวน 12 ถัง โดยใส่กุ้งจำนวนถังละ 30 ตัว (60 ตัวต่อตารางเมตร) ความเค็มของน้ำในถัง 25 ppt ควบคุมอุณหภูมิของน้ำให้อยู่ที่  $29 \pm 1$  องศาเซลเซียสโดยใช้ heater ใส่ในถังทดลอง เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำ 28-30 องศาเซลเซียส กุ้งจะกินอาหารและมีการเจริญเติบโตดีที่สุด (ชโล และ พรเลิศ, 2547)

### 2.3 การเตรียมและการให้อาหาร

ชุดการทดลองที่ 1 คือกลุ่มของอาหารกึ่งกุลาดำ (โปรตีน 38 เปอร์เซ็นต์)

ชุดการทดลองที่ 2 คือกลุ่มของอาหารกึ่งขาวแวนนาไม (โปรตีน 36 เปอร์เซ็นต์)

ชุดการทดลองที่ 3 คือกลุ่มของอาหาร สมทบ (โปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์)

ชุดการทดลองที่ 4 คือกลุ่มของอาหาร สมทบ (โปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์) ผสมกับ

*Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากผลการทดลองที่ 1

การเตรียมอาหารทดลองผสมกับ *Schizochytrium* sp. โดยใช้วิธีการสเปรย์

*Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากผลการทดลองที่ 1 ลงบนอาหาร สมทบในชุดการทดลองที่ 4 ให้ทั่วคลุกเคล้าให้เข้ากันและผึ่งลมให้แห้ง ซึ่งจะมีการเตรียมอาหาร ใหม่ทุกวัน ส่วนชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ไม่ผสม *Schizochytrium* sp. ให้อาหาร 4 เวลาในเวลา ประมาณ 07.00 น. 11.00 น. 15.00 น. และ 19.00 น. โดยปริมาณการให้อาหาร ใช้ตามวิธีของ ชลอ และ พรเลิศ (2547) ซึ่งมีการสังเกตและปรับเพิ่มลดปริมาณอาหารตามปริมาณการกินอาหารของกึ่ง ในแต่ละถังทดลองตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง 60 วัน

### 2.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำในระหว่างการเลี้ยง

ในระหว่างทำการทดลอง เก็บตัวอย่างน้ำจากถังทดลองมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ทุกสัปดาห์ โดยค่าพารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ เช่นเดียวกับในการทดลองที่ 1

### 2.5 การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นับจำนวนกึ่งที่เหลือและ สุ่มกึ่งในถังทดลองเพื่อหาน้ำหนักเฉลี่ยของกึ่งต่อตัวทุก 15 วัน จนครบ 60 วัน โดยใช้เครื่องชั่งดิจิทัล นำข้อมูลมาคำนวณอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโต เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโต โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลอง โดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

### 3. การศึกษาผลของอาหารผสม *Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโต การรอดตาย ผลผลิต และผลตอบแทนของกุ้งขาวแวนนาไมในฟาร์มเลี้ยง

#### 3.1 บ่อทดลอง

ทำการศึกษาในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของเอกชน ที่อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี ซึ่งเป็นฟาร์มเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำ โดยใช้ระบบปิดแบบน้ำหมุนเวียน ประกอบด้วยบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม จำนวน 15 บ่อ แต่ละบ่อมีพื้นที่ประมาณ 6.0 ไร่ มีความลึกประมาณ 1.6 เมตร บ่อที่ทำการทดลองทั้งหมดมีน้ำความเค็มระหว่าง 5-8 ppt แต่ละบ่อใช้เครื่องให้อากาศแบบมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 3 แรงม้า จำนวน 4 เครื่อง แต่ละเครื่องจะมีแวนตีน้ำ 1 แวน แต่ละแวนมีใบพัดตีน้ำจำนวน 12 วง และเครื่องให้อากาศแบบสไปรอลจำนวน 6 เครื่อง การศึกษาครั้งนี้ใช้บ่อทดลองทั้งหมด 6 บ่อ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มควบคุมประกอบด้วยบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม จำนวน 3 บ่อ คือ บ่อที่ 1-3 ให้อาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งขาวแวนนาไมตลอดระยะเวลาในการทดลอง (ภาพผนวกที่ 6)

กลุ่มทดลองประกอบด้วยบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม จำนวน 3 บ่อ คือ บ่อที่ 4-6 ให้อาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งขาวแวนนาไมผสม *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 20 มิลลิกรัมต่ออาหารสำเร็จรูป 1 กิโลกรัม ซึ่งเท่ากับ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ (ภาพผนวกที่ 7)

#### 3.2 การเตรียมบ่อและเตรียมน้ำ

หลังจากจับกุ้งจากการเลี้ยงในรอบที่ผ่านมาจะตากบ่อประมาณ 2 สัปดาห์ เมื่อพื้นบ่อแห้งจะนำดินเลนบริเวณกลาง บ่อออก สูบน้ำจากบ่อพักน้ำเข้ามายังบ่อเลี้ยงจนเกือบเต็ม โดยกรองน้ำผ่านผ้ากรองเพื่อป้องกันสัตว์น้ำชนิดต่างๆรวมทั้งกุ้งและปูที่อาจเป็น พาหะนำเชื้อไวรัส เตรียมอาหารธรรมชาติในบ่อก่อนปล่อย ลูกกุ้งประมาณ 1 สัปดาห์

### 3.3 การปล่อยลูกกุ้ง

นำลูกกุ้งระยะโพสลาัวร์ว่า 10 ปล่อยลงบ่อในอัตราความหนาแน่น 100,000 ตัวต่อไร่ (62.5 ตัวต่อตารางเมตร) ฝั่ง 6 บ่อ

### 3.4 การเลี้ยงและ การให้อาหาร

บ่อทดลองให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับกุ้งขาวแวนนาไม่ผสมกับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ (ภาพผนวกที่ 5) ส่วนบ่อควบคุมให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับกุ้งขาวแวนนาไม่ โดยให้อาหารวันละ 4 ครั้ง คือ 7.00, 11.00, 16.00 และ 22.00 น. โดยใช้เรือหว่านอาหารรอบบ่อ ปริมาณการให้อาหารและปรับอาหารโดยใช้ขอตามวิธีของ ชลอ และ พรเลิศ (2547) ในระหว่างการเลี้ยงมีการเติมและถ่ายน้ำเป็นระยะๆ โดยน้ำที่ระบายจากบ่อเลี้ยงจะสูบเข้าไปเก็บในบ่อพักน้ำและนำมาใช้ใหม่

### 3.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำในระหว่างการเลี้ยง

ในระหว่างทำการทดลองมีการวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ พีเอชและอุณหภูมิ ทุกวันในเวลาเช้าและบ่าย ส่วนการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ พารามิเตอร์อื่นๆ จะเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อทดลองและบ่อควบคุมมาวิเคราะห์ ทุก 14 วัน โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

### 3.6 การศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สุ่มกุ้งในบ่อทดลองและบ่อควบคุม โดยใช้แหตักเพื่อชั่งน้ำหนักครั้งแรกเมื่อกุ้งมีอายุประมาณ 35 วัน หลังจากนั้นสุ่มกุ้งทุก 14 วัน จนกระทั่งจับกุ้ง เพื่อชั่งน้ำหนักกุ้งเฉลี่ยเป็นกรัม โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล นำข้อมูลมาคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต ส่วนข้อมูลที่ได้หลังจากจับกุ้งนำไปคำนวณหาอัตราการรอดตาย อัตราแลกเนื้อ และผลผลิต การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย อัตราแลกเนื้อ และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไม่ โดยใช้วิธี t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

### 3.6.1 การคำนวณอัตราการเจริญเติบโตโดยใช้สูตร

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตแต่ละช่วงอายุ (กรัมต่อตัวต่อวัน)} = \frac{\text{น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยปัจจุบัน} - \text{น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยครั้งก่อน}}{\text{ระยะเวลาที่เพิ่มจากการชั่งครั้งก่อน}}$$

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตสะสม (กรัมต่อตัวต่อวัน)} = \frac{\text{น้ำหนักกุ้งเฉลี่ยปัจจุบัน} - \text{น้ำหนักกุ้งตอนปล่อย}}{\text{อายุการเลี้ยง}}$$

### 3.6.2 การคำนวณปริมาณผลผลิตโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักกุ้งที่จับได้ทั้งหมด}}{\text{พื้นที่บ่อ}}$$

### 3.6.3 การศึกษาอัตราการรอดตาย

$$\text{อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนกุ้งที่เหลือ}}{\text{จำนวนกุ้งที่ปล่อยทั้งหมด}} \times 100$$

## 3.7 การศึกษาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทน

เก็บข้อมูลทั้งหมดที่เป็นค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงกุ้งขาวเพื่อคิดต้นทุน ได้แก่ ลูกกุ้ง อาหาร ไฟฟ้า แรงงาน สารเคมี ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ต่างๆ ค่า *Schizochytrium* sp. และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ส่วนราคาขายกุ้งเป็นรายได้จะนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบแทนของบ่อที่ใช้ *Schizochytrium* sp. และบ่อควบคุม

## 4. ระยะเวลาทำการวิจัย

ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2551 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552

## ผลและวิจารณ์

1. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของ *Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมตั้งแต่ระยะโพสลาร์วา 12 จนถึงระยะ Juvenile ที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนต่างกัน 3 ระดับ

### 1.1 เลี้ยงที่ความเค็ม 5 ppt

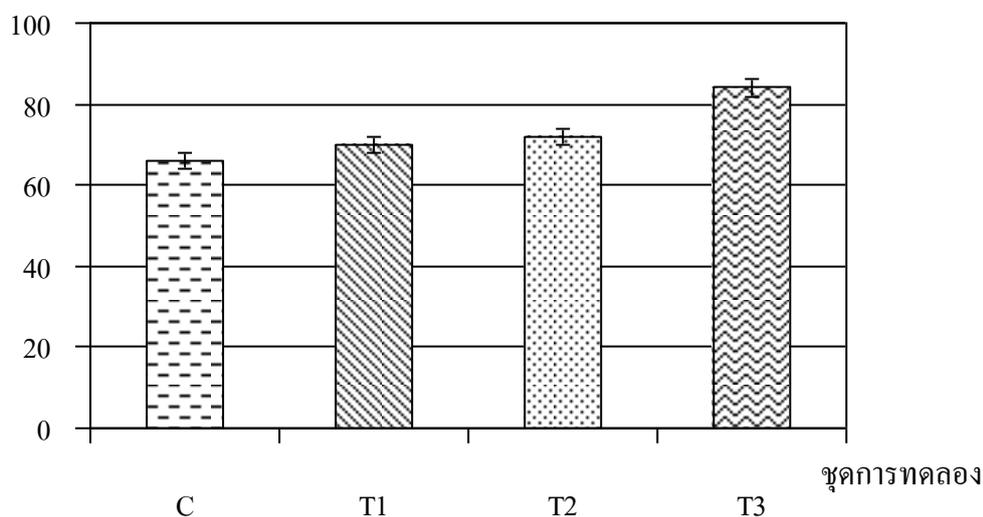
จากการศึกษาการใช้ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 2.0, 5.0, 7.5 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุม โดยการสเปิร์ม *Schizochytrium* sp. ซึ่งอยู่ในรูปของเหลวผสมกับอาหารสำเร็จรูป หลังจากให้อาหารผสม *Schizochytrium* sp. เป็นเวลา 30 วัน พบว่าอัตราการรอดตายของกุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 7.5 เปอร์เซ็นต์ อัตราการรอดตายสูงสุดเท่ากับ  $84.00 \pm 2.00$  เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) จากกลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 5.0, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุม โดยมีอัตราการรอดตายเท่ากับ  $72.00 \pm 2.00$ ,  $70.00 \pm 2.00$  และ  $66.00 \pm 2.00$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่กลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 5.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ส่วนการเจริญเติบโตของกุ้งพบว่ากุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ  $1.071 \pm 0.004$  กรัม ซึ่งทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 5.0, 7.5 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ  $0.972 \pm 0.002$ ,  $0.877 \pm 0.019$  และ  $0.800 \pm 0.002$  กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

**ตารางที่ 8** อัตราการรอดตายและน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหาร *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกันและเลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 5 ppt เป็นระยะเวลา 30 วัน

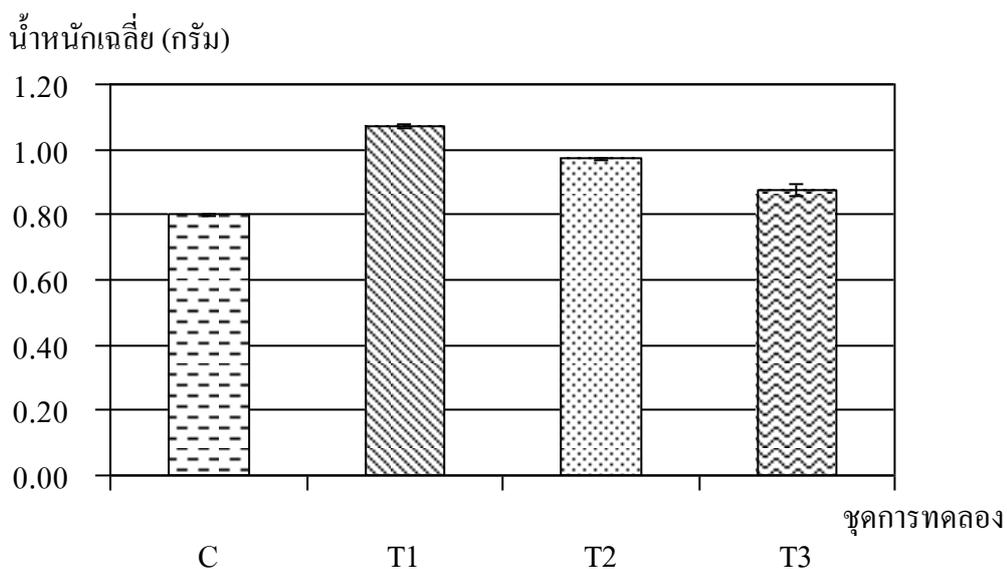
ชุดการทดลอง	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)
อาหารสำเร็จรูป	66.00 ± 2.00 <sup>c</sup>	0.800 ± 0.002 <sup>d</sup>
อาหารสำเร็จรูปผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์	70.00 ± 2.00 <sup>b</sup>	1.071 ± 0.004 <sup>a</sup>
อาหารสำเร็จรูปผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์	72.00 ± 2.00 <sup>b</sup>	0.972 ± 0.002 <sup>b</sup>
อาหารสำเร็จรูปผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์	84.00 ± 2.00 <sup>a</sup>	0.877 ± 0.019 <sup>c</sup>

**หมายเหตุ** ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

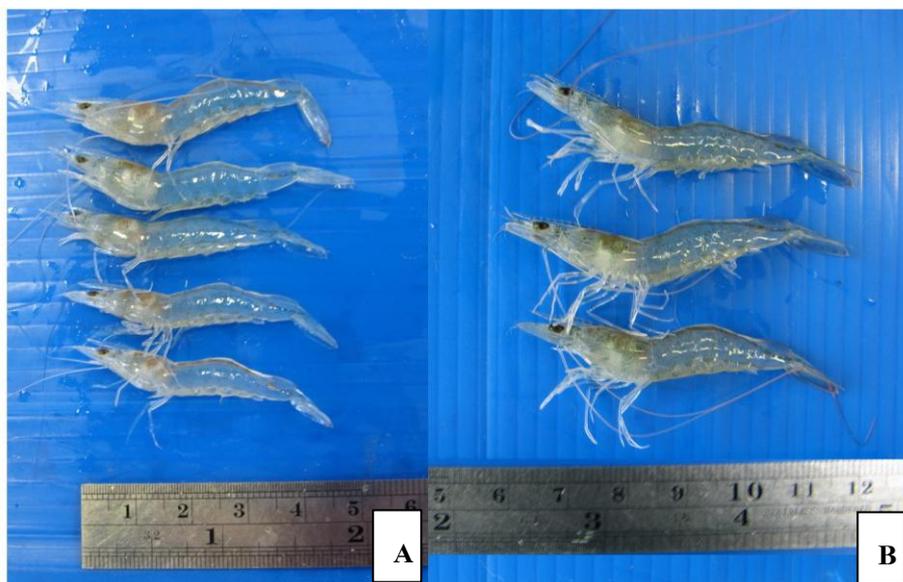
เปอร์เซ็นต์การรอดตาย



**ภาพที่ 5** อัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกัน ที่ความเค็ม 5 ppt เป็นเวลา 30 วัน โดย C คือ ชุดควบคุม T1 คือ กลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ T2 คือ กลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์ และ T3 คือ กลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 6 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกัน ที่ความเค็ม 5 ppt เป็นเวลา 30 วัน โดย C คือ ชุดควบคุม T1 คือ กลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ T2 คือ กลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์ และ T3 คือ กลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 7 กุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูป (A) และกุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสม *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ (B) ที่ความเค็ม 5 ppt



ภาพที่ 8 กุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสม *Schizochytrium* sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์ (C) และกุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสม *Schizochytrium* sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์ (D) ที่ความเค็ม 5 ppt

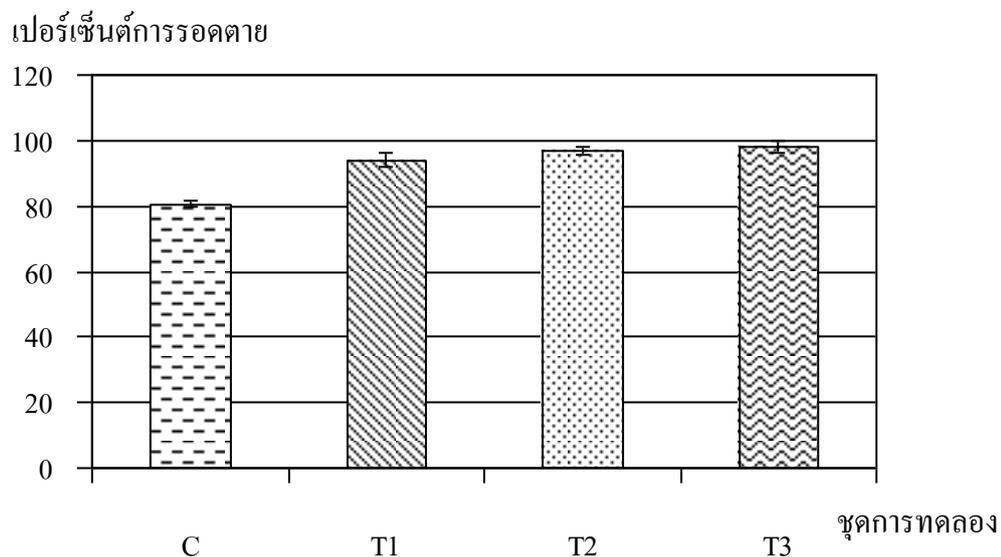
#### 1.2 เลี้ยงที่น้ำความเค็ม 25 ppt

กุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายสูงสุดเท่ากับ  $98.00 \pm 2.00$  เปอร์เซ็นต์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) จากกุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 5.0, 2.0 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุม ซึ่งมีอัตราการรอดตายเท่ากับ  $96.67 \pm 1.15$ ,  $94.00 \pm 2.00$  และ  $80.67 \pm 1.15$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 5.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) การเจริญเติบโตของกุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 2.0 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ  $0.705 \pm 0.005$  และ  $0.701 \pm 0.005$  กรัม ตามลำดับ แต่ทั้งสองกลุ่มแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) จากกลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 5.0 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุม ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ  $0.663 \pm 0.008$  และ  $0.627 \pm 0.006$  กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

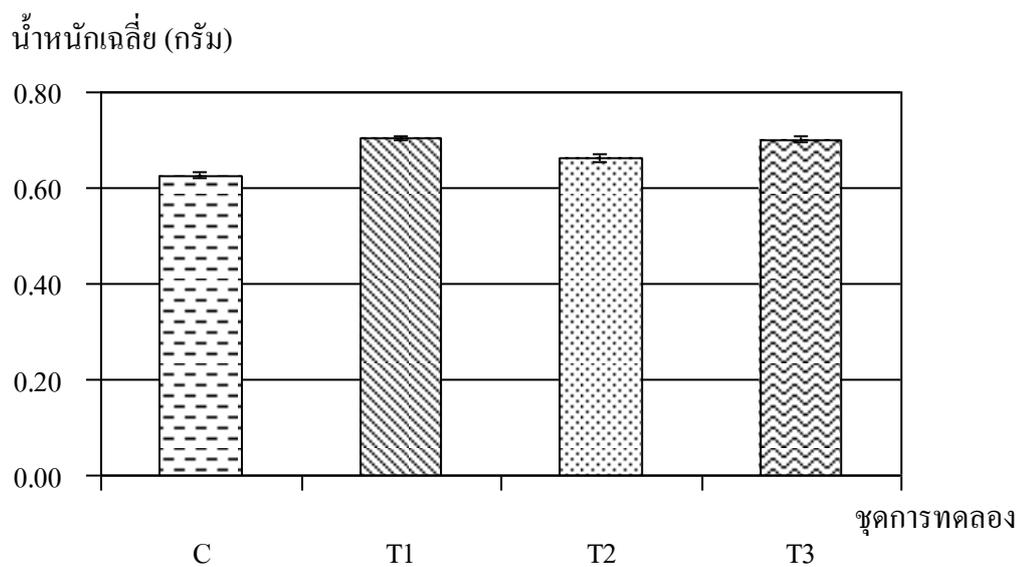
ตารางที่ ๗ อัตราการรอดตายเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับเชื้อรา *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกันและเลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม ๒๕ ppt เป็นระยะเวลา ๓๐ วัน

ชุดการทดลอง	อัตราการรอดตายเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)
อาหารสำเร็จรูป	80.67±1.15 <sup>c</sup>	0.627±0.006 <sup>c</sup>
อาหารสำเร็จรูปผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์	94.00±2.00 <sup>b</sup>	0.705±0.005 <sup>a</sup>
อาหารสำเร็จรูปผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์	96.67±1.15 <sup>b</sup>	0.663±0.008 <sup>b</sup>
อาหารสำเร็จรูปผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์	98.00±2.00 <sup>a</sup>	0.701±0.005 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ ๙ อัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกัน ที่ความเค็ม 25 ppt เป็นเวลา 30 วัน โดย C คือ ชุดควบคุม T1 คือ กลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ T2 คือ กลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์ และ T3 คือ กลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 10 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกัน ที่ความเค็ม 25 ppt เป็นเวลา 30 วัน โดย C คือ ชุดควบคุม T1 คือ กลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ T2 คือ กลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์ และ T3 คือ กลุ่มที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 11 กุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูป (A) และกุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสม *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ (B) ที่ความเค็ม 25 ppt



ภาพที่ 12 กุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสม *Schizochytrium* sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์ (C) และกุ้งที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปผสม *Schizochytrium* sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์ (D) ที่ความเค็ม 25 ppt

เนื่องจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (HUFA) ในกลุ่มโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 เป็นกรดไขมันจำเป็นที่กุ้งใช้เพื่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะกลุ่มโอเมก้า 3 มีผลต่อการรอดตายของกุ้งสูง (Guary *et al.*, 1976) มีความสำคัญต่อการสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ การรักษาสมดุลของน้ำและเกลือในร่างกาย การสังเคราะห์ prostaglandin ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวภาพ เช่น การหดและขยายตัวของกล้ามเนื้อเรียบ การขยายตัวของเส้นเลือด (Leger and Sorgeloose, 1992) แต่กุ้งไม่สามารถเปลี่ยนกรดไขมันให้อยู่ในรูปของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (HUFA) ได้ (Lim *et al.*, 1997) จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น ซึ่ง Boeing (2005a) พบว่าลูกกุ้งขาวแวนนาไม่ตั้งแต่ระยะชูเอี้ย 1 ถึงระยะโพสลาร์วา 1 ที่ได้รับอาหารมีชีวิตเสริม *Schizochytrium* sp. มีอัตราการรอดตายสูงกว่าลูกกุ้งที่ไม่ได้รับอาหารมีชีวิตเสริม *Schizochytrium* sp. เช่นเดียวกับการศึกษาของ ทรงทรัพย์ และคณะ (2551) ที่ศึกษาการใช้ *S. limacinum* ในการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม่โดยนำมาเสริมและทดแทนคีโตเซออส พบว่า *S. limacinum* สามารถช่วยเพิ่มอัตราการรอดตายของลูกกุ้งระยะชูเอี้ยและระยะไมซิสได้ นอกจากนี้ยังมีการนำ *Schizochytrium* sp. มาเสริมอาหารในการอนุบาลลูกหอยสองฝา *Tapes semidecussata* และ *Crassostrea gigas* พบว่าลูกหอยที่ได้รับอาหารเสริม *Schizochytrium* sp. มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าลูกหอยที่ไม่ได้รับอาหารเสริม *Schizochytrium* sp. (Boeing, 2005b)

ผลการศึกษาค้นนี้สอดคล้องกับ ทาริกา (2543) ศึกษาผลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (HUFA) ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ตั้งแต่ระยะ โพลลาร์วา 15 โดยการผสม HUFA ในอัตราส่วน 0, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน ( $p>0.05$ ) แต่กุ้งที่ได้รับผสม HUFA ในอัตราส่วน 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตาย 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ

Rees *et al.* (1994) ศึกษาปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (HUFA) โดยเสริมให้อาร์ทีเมียในอัตราส่วน 100, 200, 300 และ 400 ppm ก่อนนำไปอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำระยะโพลลาร์วา 5 ถึงระยะโพลลาร์วา 15 พบว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม HUFA 100 ppm มีการเจริญเติบโตสูงไม่แตกต่างจากกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม HUFA 200 ppm แต่กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม HUFA 200 ppm มีอัตราการรอดตายสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียเสริม HUFA 100 ppm

นอกจากนี้ Gonzalez-Felix *et al.* (2002b) รายงานว่าปริมาณที่น้อยที่สุดของ HUFA ในอาหารที่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมระยะ juvenile เท่ากับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด แต่ปริมาณของ HUFA 2.0 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมดทำให้การเจริญเติบโตของกุ้งลดลงในขณะที่อัตราการรอดตายปกติ

จากผลการศึกษาพบว่ากุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 7.5 เปอร์เซ็นต์ ทั้งที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 5 ppt และ 25 ppt มีอัตราการรอดตายสูงสุด ซึ่งน่าจะเหมาะสมที่จะนำไปเสริมอาหารในการเลี้ยงกุ้งขาว แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการใช้และต้นทุนที่เพิ่มขึ้นแล้วการใช้ *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 7.5 เปอร์เซ็นต์ หรือ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวจะต้องใช้ *Schizochytrium* sp. ในปริมาณมากทำให้ต้นทุนเพิ่มสูงกว่าการเลี้ยงปกติค่อนข้างมาก เกษตรกรส่วนใหญ่จะไม่ยอมรับต้นทุนที่เพิ่มขึ้น จึงเลือกใช้ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าชุดควบคุม ปริมาณการใช้และต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจะต่ำกว่าการใช้ *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 7.5 เปอร์เซ็นต์มาก ถึงแม้ว่าจะมีต้นทุนสูงกว่าการเลี้ยงปกติเพียงเล็กน้อยแต่ได้ผลผลิตและผลตอบแทนดีกว่า ซึ่งเกษตรกรสามารถยอมรับต้นทุนได้

ผลการศึกษาคณสมบัติของน้ำระหว่างการทดลองเป็นเวลา 30 วัน โดยพารามิเตอร์ที่วัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุก 10 วัน ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นด่างรวม ความกระด้าง ปริมาณแอมโมเนียรวมและปริมาณไนไตรท์ พบว่าทุกชุดการทดลองที่ความเค็ม 5 ppt อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 28.2-28.7 องศาเซลเซียส พีเอชของน้ำอยู่ในช่วง 8.4-8.8 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 7.46-8.14 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่างรวมมีค่าระหว่าง 87.0-95.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความกระด้างรวมมีค่าระหว่าง 1252-1492 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่า 0.200-0.442 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนไตรท์มีค่า 0.145-0.171 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 10 และตารางภาคผนวกที่ 1)

ส่วนที่ความเค็ม 25 ppt ทุกชุดการทดลองมีอุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 28.4-28.7 องศาเซลเซียส พีเอชของน้ำอยู่ในช่วง 8.3-8.6 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำอยู่ในช่วง 7.50-8.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นด่างรวมมีค่าระหว่าง 90-100 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความกระด้างรวมมีค่าระหว่าง 5124-5484 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่า 0.333-0.467 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนไตรท์มีค่า 0.141-0.159 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11 และตารางภาคผนวกที่ 2)

คุณสมบัติของน้ำทุกพารามิเตอร์ในทุกกลุ่มทดลองตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) และอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว คือ อุณหภูมิของน้ำควรอยู่ในช่วง 28-30 องศาเซลเซียส พีเอชควรอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 และความแตกต่างของพีเอชในรอบวันไม่ควรมากกว่า 0.5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำควรมากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) โดยตลอดเวลาที่ทดลองมีการให้อากาศอย่างเพียงพอทุกถังทดลอง ความเป็นด่างรวมควรอยู่ระหว่าง 80-150 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้างของน้ำไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ซึ่งความกระด้างจะเปลี่ยนแปลงตามระดับความเค็มของน้ำ ปกติในน้ำทะเลจะมีความกระด้างสูง (Boyd, 1990) แต่การเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำควรมีการตรวจวัดค่าความกระด้าง เพราะปริมาณแร่ธาตุที่ทำให้เกิดความกระด้าง ได้แก่ แคลเซียม ( $Ca^{2+}$ ) และแมกนีเซียม ( $Mg^{2+}$ ) มีผลต่อการลอกคราบของกุ้ง (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ปริมาณแอมโมเนียรวมควรน้อยกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Brock and Main, 1994) ซึ่งความเป็นพิษของแอมโมเนียจะเปลี่ยนแปลงตามพีเอชและอุณหภูมิของน้ำ โดยเฉพาะพีเอชของน้ำที่สูงขึ้นอัตราส่วนของแอมโมเนียที่เป็นพิษ ( $NH_3$ ) จะสูงขึ้น ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย ( $NH_3$ ) ที่ปลอดภัยต่อการเลี้ยงกุ้งควรน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) และปริมาณไนไตรท์ควรต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Brock and Main, 1994) ซึ่งความเป็นพิษของไนไตรท์จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่า

ออกซิเจนที่ละลายน้ำและค่าพีเอชน้ำลดลง (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) แต่หากมีการจัดการให้อาหารที่ดีและมีออกซิเจนในระดับที่เพียงพอพบว่าปริมาณไนโตรเจนสูงถึง 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ก็สามารถเลี้ยงกุ้งได้โดยไม่มีปัญหา (พุทธ, 2546) ซึ่งตลอดการทดลองนอกจากมีการให้อากาศอย่างเพียงพอแล้วระหว่างการทดลองยังมีการดูดตะกอนระบายของเสียและอาหารที่เหลือออกเป็นระยะๆ รวมทั้งมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ทำให้ปริมาณแอมโมเนียและไนโตรเจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ตารางที่ 10 คุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกัน ที่ความเค็ม 5 ppt

คุณสมบัติของน้ำ	อาหารสำเร็จรูป		<i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์		<i>Schizochytrium</i> sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์		<i>Schizochytrium</i> sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์	
	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ฟิโอส	8.4-8.8	8.6±0.1 <sup>a</sup>	8.5-8.7	8.6±0.1 <sup>a</sup>	8.5-8.7	8.6±0.1 <sup>a</sup>	8.6-8.8	8.7±0.1 <sup>a</sup>
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.3-28.6	28.5±0.1 <sup>a</sup>	28.2-28.6	28.4±0.1 <sup>a</sup>	28.2-28.7	28.4±0.2 <sup>a</sup>	28.2-28.6	28.4±0.1 <sup>a</sup>
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	7.48-8.13	7.73±0.22 <sup>a</sup>	7.46-8.08	7.70±0.22 <sup>a</sup>	7.51-8.12	7.73±0.23 <sup>a</sup>	7.47-8.14	7.74±0.25 <sup>a</sup>
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	89.0-95.6	91.7±2.5 <sup>a</sup>	89.4-92.4	91.1±1.2 <sup>a</sup>	87.0-94.0	91.3±2.0 <sup>a</sup>	88.6-95.6	91.8±2.6 <sup>a</sup>
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1,300.0-1,400.0	1,355.6±32.4 <sup>a</sup>	1,252.0-1,460.0	1,366.7±63.9 <sup>a</sup>	1,296.0-1,492.0	1,378.7±54.8 <sup>a</sup>	1,272.0-1,448.0	1,367.6±53.9 <sup>a</sup>
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.333-0.433	0.381±0.037 <sup>a</sup>	0.300-0.400	0.339±0.041 <sup>a</sup>	0.250-0.408	0.336±0.057 <sup>a</sup>	0.200-0.442	0.316±0.085 <sup>a</sup>
ไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.145-0.164	0.153±0.006 <sup>a</sup>	0.146-0.157	0.152±0.004 <sup>a</sup>	0.148-0.164	0.154±0.006 <sup>a</sup>	0.145-0.171	0.157±0.008 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน ในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 11 คุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกัน ที่ความเค็ม 25 ppt

คุณสมบัติของน้ำ	อาหารสำเร็จรูป		<i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์		<i>Schizochytrium</i> sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์		<i>Schizochytrium</i> sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์	
	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
พีเอช	8.3-8.5	8.4±0.1 <sup>a</sup>	8.4-8.6	8.5±0.1 <sup>a</sup>	8.4-8.6	8.5±0.1 <sup>a</sup>	8.4-8.6	8.5±0.1 <sup>a</sup>
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	28.4-28.6	28.5±0.1 <sup>a</sup>	28.4-28.7	28.6±0.1 <sup>a</sup>	28.4-28.6	28.5±0.1 <sup>a</sup>	28.4-28.7	28.6±0.1 <sup>a</sup>
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	7.54-8.11	7.74±0.20 <sup>a</sup>	7.50-8.12	7.74±0.24 <sup>a</sup>	7.53-8.15	7.75±0.23 <sup>a</sup>	7.54-8.12	7.77±0.23 <sup>a</sup>
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	90.0-98.0	92.9±2.8 <sup>a</sup>	90.0-96.0	93.3±2.0 <sup>a</sup>	90.0-98.0	94.2±3.3 <sup>a</sup>	90.0-100.0	95.6±3.8 <sup>a</sup>
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5,160.0-2,384.0	5,240.9±73.4 <sup>a</sup>	5,160.0-5,408.0	5,272.9±84.5 <sup>a</sup>	5,124.0-5,484.0	5,353.3±115.2 <sup>a</sup>	5,216.0-5,416.0	5,307.1±64.5 <sup>a</sup>
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.333-0.423	0.390±0.029 <sup>a</sup>	0.333-0.450	0.383±0.049 <sup>a</sup>	0.333-0.450	0.402±0.039 <sup>a</sup>	0.333-0.467	0.404±0.044 <sup>a</sup>
ไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.141-0.155	0.148±0.005 <sup>a</sup>	0.141-0.152	0.147±0.003 <sup>a</sup>	0.145-0.159	0.149±0.004 <sup>a</sup>	0.141-0.155	0.147±0.005 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน ในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

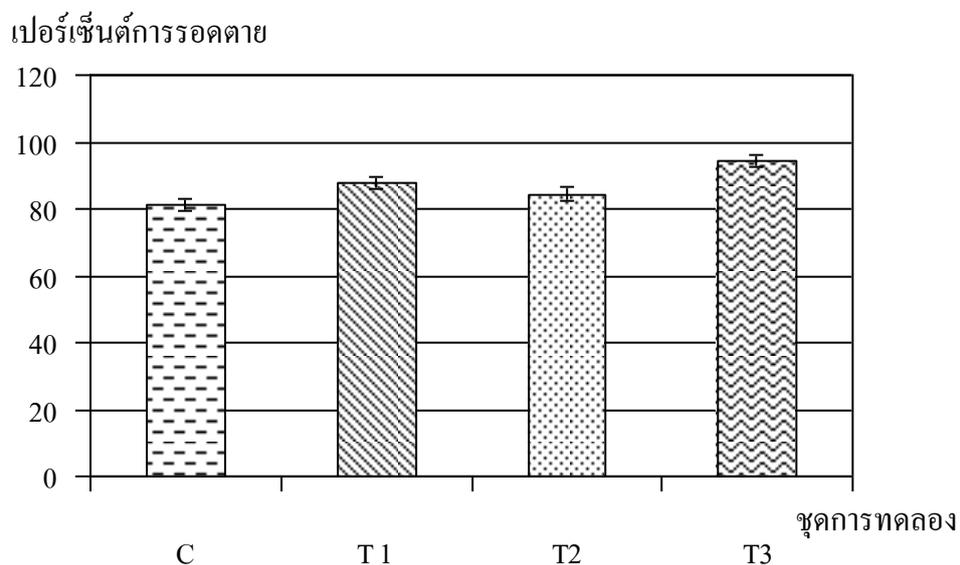
## 2. การศึกษาผลของอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับและอาหารโปรตีนต่ำผสม *Schizochytrium* sp. ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม

การศึกษาผลของอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ คืออาหารกุ้งกุลาดำ (โปรตีน 38 เปอร์เซ็นต์) อาหารกุ้งขาว (โปรตีน 36 เปอร์เซ็นต์) อาหารสมทบ (โปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์) และอาหารสมทบ (โปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์) ผสมกับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและความคุ้มทุนด้านอาหารของกุ้งขาวแวนนาไมจากผลการทดลองที่ 1 พบว่าหลังจากเลี้ยงกุ้ง 15 วัน อัตราการรอดตายของกุ้งที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงสุดเท่ากับ  $97.78 \pm 1.92$  เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) จากกุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งกุลาดำซึ่งมีค่าต่ำสุดเท่ากับ  $91.11 \pm 1.92$  เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กุ้งที่ได้รับอาหารสมทบและอาหารกุ้งขาวมีอัตราการรอดตายเท่ากับ  $94.44 \pm 1.92$  และ  $93.33 \pm 3.33$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) จากกุ้งที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ และอาหารกุ้งกุลาดำ หลังจากเลี้ยง 30 วัน กุ้งที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ อาหารกุ้งขาวและอาหารสมทบมีอัตราการรอดตายเท่ากับ  $96.67 \pm 3.33$ ,  $91.11 \pm 1.92$  และ  $91.11 \pm 3.85$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่กุ้งที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายแตกต่าง ( $P < 0.05$ ) จากกุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งกุลาดำซึ่งมีค่า  $86.67 \pm 3.33$  เปอร์เซ็นต์ หลังจากเลี้ยง 45 วัน กุ้งที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์มีอัตราการรอดตายสูงสุดเท่ากับ  $94.44 \pm 1.92$  เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) จากกุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งขาวและอาหารสมทบมีค่าเท่ากับ  $88.89 \pm 3.85$  เปอร์เซ็นต์ และ  $87.78 \pm 3.85$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) จากกุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งกุลาดำซึ่งมีค่าต่ำสุดเท่ากับ  $82.22 \pm 3.85$  เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเลี้ยงกุ้งครบ 60 วัน กุ้งที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายสูงสุดเท่ากับ  $94.44 \pm 1.92$  เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) จากกุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งขาว อาหารสมทบและอาหารกุ้งกุลาดำซึ่งมีค่า  $87.78 \pm 1.92$ ,  $84.44 \pm 1.92$  และ  $81.11 \pm 1.92$  เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

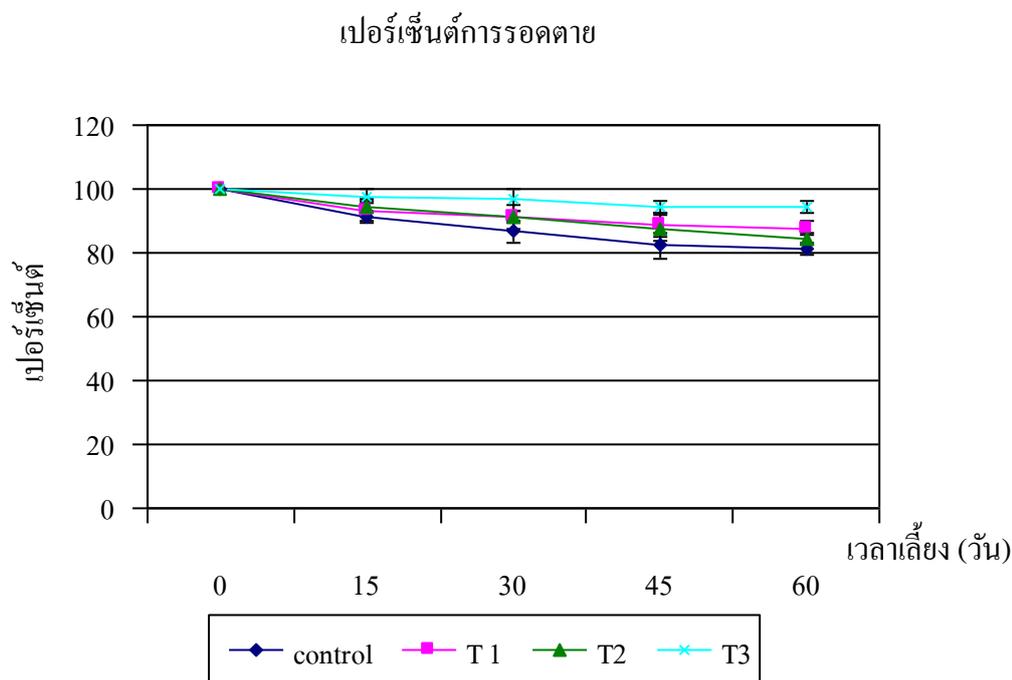
ตารางที่12 อัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน  
เปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนต่ำผสม*Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา60 วัน

ชุดการทดลอง	วันที่	อัตราการรอดตาย(เปอร์เซ็นต์)				
		0	15	30	45	60
อาหารกุ้งกุลาดำ		100±0.00 <sup>a</sup>	91.11±1.92 <sup>b</sup>	86.67±3.33 <sup>b</sup>	82.22±3.85 <sup>b</sup>	81.11±1.92 <sup>c</sup>
อาหารกุ้งขาว		100±0.00 <sup>a</sup>	93.33±3.33 <sup>ab</sup>	91.11±1.92 <sup>ab</sup>	88.89±3.85 <sup>ab</sup>	87.78±1.92 <sup>b</sup>
อาหารสมทบ		100±0.00 <sup>a</sup>	94.44±1.92 <sup>ab</sup>	91.11±3.85 <sup>ab</sup>	87.78±3.85 <sup>ab</sup>	84.44±1.92 <sup>bc</sup>
อาหารสมทบผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์		100±0.00 <sup>a</sup>	97.78±1.92 <sup>a</sup>	96.67±3.33 <sup>a</sup>	94.44±1.92 <sup>a</sup>	94.44±1.92 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความ  
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่13 เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกุ้งขาวที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันเปรียบเทียบกับ  
กับอาหารโปรตีนต่ำผสม*Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา60 วัน โดยC คือ กลุ่ม  
ที่ได้รับอาหารกุ้งกุลาดำT1 คือ กลุ่มที่ได้รับอาหารกุ้งขาวT2 คือ กลุ่มที่ได้รับอาหารสมทบ  
และ T3 คือ กลุ่มที่ได้รับอาหารสมทบผสม*Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 14 เปอร์เซ็นต์การรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณ โปรตีนแตกต่างกันเปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนต่ำผสม *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน โดย C คือ กลุ่มที่ได้รับอาหารกุ้งกุลาดำ T1 คือ กลุ่มที่ได้รับอาหารกุ้งขาว T2 คือ กลุ่มที่ได้รับอาหารสมทบ และ T3 คือ กลุ่มที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์

การเจริญเติบโตของกุ้งหลังจากเลี้ยง 15 และ 30 วัน พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยกุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งกุลาดำ อาหารกุ้งขาว อาหารสมทบ และอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 วัน มีน้ำหนักเฉลี่ย  $8.42 \pm 0.37$ ,  $8.36 \pm 0.84$ ,  $8.30 \pm 0.05$  และ  $8.36 \pm 0.38$  กรัมตามลำดับ และหลังจากเลี้ยง 30 วันกุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย  $11.38 \pm 1.16$ ,  $11.30 \pm 0.05$ ,  $10.93 \pm 0.81$  และ  $10.99 \pm 0.88$  กรัม ตามลำดับ หลังจากเลี้ยง 45 วัน กุ้งที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเฉลี่ย  $13.64 \pm 0.13$  กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) จากกุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งขาว อาหารกุ้งกุลาดำและอาหารสมทบ โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย  $14.77 \pm 0.75$ ,  $14.03 \pm 0.71$  และ  $13.22 \pm 0.69$  กรัมตามลำดับ แต่กุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งขาวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) จากกุ้งที่ได้รับอาหารสมทบ เมื่อเลี้ยงกุ้งครบ 60 วัน น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งกุลาดำและอาหารกุ้งขาวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) มีค่าเท่ากับ  $16.95 \pm 0.36$  และ  $16.87 \pm 0.39$  กรัม ตามลำดับ

แต่แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) จากกุ้งที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ และอาหารสมทบซึ่งมีค่าเท่ากับ  $15.47 \pm 0.81$  และ  $14.11 \pm 0.49$  กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 13) เนื่องจากโปรตีนเป็นส่วนประกอบหลักในร่างกายกุ้งซึ่งกุ้งต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต ดังนั้นกุ้งที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่ำจะทำให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยโปรตีนจากกล้ามเนื้อจะถูกใช้ไปในการดำรงชีวิตเพื่อการอยู่รอด (Peter, 1999) ตามปกติอาหารสมทบจะใช้ในการเลี้ยงกุ้งที่มีอัตราการเลี้ยงไม่หนาแน่นเพราะกุ้งจะได้รับอาหารเสริมจากธรรมชาติบางส่วน แต่การทดลองครั้งนี้เป็นการเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นสูงและไม่มีอาหารเสริมจากธรรมชาติ การเสริม *Schizochytrium* sp. กับอาหารสมทบเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารซึ่งนอกจากมีปริมาณ DHA สูงแล้ว *Schizochytrium* sp. ยังมีองค์ประกอบของโปรตีนสูง รวมทั้ง *Schizochytrium* sp. มีกลิ่นคล้ายกับปลาป่นจึงเป็นสารดึงดูด (attractants) ให้กุ้งเข้ากินอาหารส่งผลให้กุ้งที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการรอดตายสูง และน้ำหนักเฉลี่ยสูงใกล้เคียงกับกุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งกุลาดำและอาหารกุ้งขาว

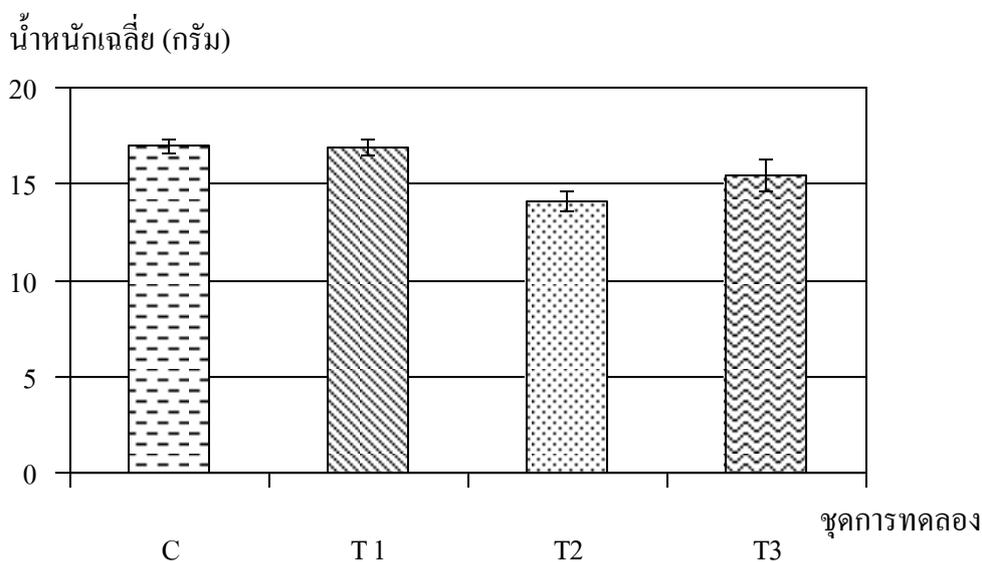
ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Lim *et al.* (1997) ศึกษาผลของอาหารที่ผสมกรดไขมันจากแหล่งต่างๆ ทั้งพืชและสัตว์รวม 7 ชนิดต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมระยะ juvenile พบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารผสม menhaden oil ซึ่งมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (HUFA) ชนิดโอเมก้า 3 ( $20:5n-3$  และ  $22:6n-3$ ) สูงที่สุดมีอัตราการรอดตายและน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงสุดเท่ากับ 81.7 เปอร์เซ็นต์ และ 4.00 กรัม ตามลำดับ

Patnaik *et al.* (2006) รายงานว่าการใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองและกรดไขมันไม่อิ่มตัวจาก *Schizochytrium* sp. ทดแทนโปรตีนและกรดไขมันจากปลาทะเลในอาหารกุ้งขาวแวนนาไมสามารถทำให้กุ้งมีน้ำหนักและอัตราการรอดตายสูงไม่แตกต่างกัน เนื่องจากน้ำมันปลาทะเลเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจำเป็น ได้แก่ EPA, DHA และ ArA แต่มีราคาสูงจึงทำให้อาหารกุ้งมีราคาสูงขึ้น โดยมีการศึกษาพบว่า *Schizochytrium* sp. มีปริมาณ DHA สะสมในเซลล์สูงถึง 30-50 เปอร์เซ็นต์ (Barclay and Zeller, 1996; Yongmanitchai *et al.*, 2007) ซึ่งสามารถนำ *Schizochytrium* sp. มาเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจำเป็นทดแทนน้ำมันปลาทะเลและใช้โปรตีนจากพืชที่มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นทดแทนปลาป่นในอาหารกุ้งได้ (Davis *et al.*, 2004)

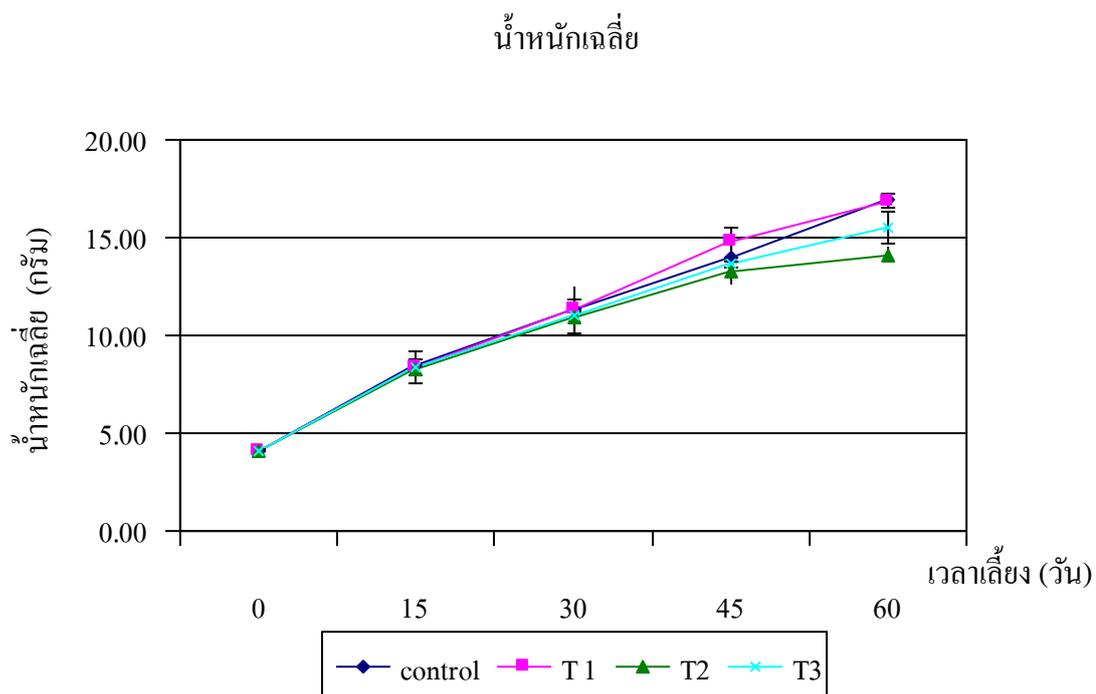
ตารางที่ 13 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันเปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนต่ำผสม *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน

ชุดการทดลอง	วันที่				
	น้ำหนักเฉลี่ย(กรัม)				
	0	15	30	45	60
อาหารกุ้งกุลาดำ	4.06±0.05 <sup>a</sup>	8.42±0.37 <sup>a</sup>	11.38±1.16 <sup>a</sup>	14.03±0.71 <sup>ab</sup>	16.95±0.36 <sup>a</sup>
อาหารกุ้งขาว	4.13±0.03 <sup>a</sup>	8.36±0.84 <sup>a</sup>	11.30±0.05 <sup>a</sup>	14.77±0.75 <sup>a</sup>	16.87±0.39 <sup>a</sup>
อาหารสมทบ	4.08±0.04 <sup>a</sup>	8.30±0.05 <sup>a</sup>	10.93±0.81 <sup>a</sup>	13.22±0.69 <sup>b</sup>	14.11±0.49 <sup>c</sup>
อาหารสมทบผสม <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์	4.11±0.05 <sup>a</sup>	8.36±0.38 <sup>a</sup>	10.99±0.88 <sup>a</sup>	13.64±0.13 <sup>ab</sup>	15.47±0.81 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )



ภาพที่ 15 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันเปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนต่ำผสม *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วัน โดย C คือกลุ่มที่ได้รับอาหารกุ้งกุลาดำ T1 คือกลุ่มที่ได้รับอาหารกุ้งขาว T2 คือกลุ่มที่ได้รับอาหารสมทบ และ T3 คือกลุ่มที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 16 น้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน เปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนต่ำผสม *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน โดย C คือกลุ่มที่ได้รับอาหารกุ้งกุลาดำ T1 คือกลุ่มที่ได้รับอาหารกุ้งขาว T2 คือกลุ่มที่ได้รับอาหารสมทบ และ T3 คือกลุ่มที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 17 กุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งกุลาดำ (A) และกุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งขาว (B)



ภาพที่ 18 กุ้งที่ได้รับอาหารสมทบ (C) และกุ้งที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ (D)

ผลการศึกษาคูสมบัติของน้ำระหว่างการทดลองเป็นเวลา 60 วัน โดยพารามิเตอร์ที่วัดและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุกสัปดาห์ ได้แก่ อุณหภูมิ พีเอช ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นค่ารวม ความกระด้าง ปริมาณแอมโมเนียรวมและปริมาณไนไตรท์ (แสดงไว้ในตารางที่ 14 และ ตารางภาคผนวกที่ 3) พบว่าทุกชุดการทดลองอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 28.30-32.20 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีการควบคุมอุณหภูมิด้วย heater เพื่อให้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 28-30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการกินอาหารและการเจริญเติบโตของกุ้งขาว (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) แต่ในตอนกลางวันบางช่วงเวลามีอากาศร้อนจึงทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงเกิน 30 องศาเซลเซียสบ้างเล็กน้อยความเค็มอยู่ในช่วง 24.2-24.9 ppt พีเอชมีค่า 7.80-8.60 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือมีค่าระหว่าง 7.5-8.5 และความแตกต่างของพีเอชในรอบวันไม่ควรมากกว่า 0.5 เนื่องจากพีเอชของน้ำมีผลต่อคุณสมบัติของน้ำตัวอื่นๆ เช่น ความเป็นพิษของแอมโมเนียและไนไตรท์ เป็นต้น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าระหว่าง 7.38-7.86 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เหมาะสมควรมากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากเป็นช่วงที่ทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตปกติและสารอินทรีย์สลายตัวได้ดี (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ความเป็นค่ารวมอยู่ในช่วง 116-133 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 80-150 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าหากความเป็นค่ามีค่าต่ำจะทำให้กุ้งลอกคราบไม่ออกและถ้าสูงกว่านี้จะทำให้กุ้งเป็นตะกอนตามเปลือกและเจริญเติบโตช้า (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ความกระด้างอยู่ในช่วง 5604-6164 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งความกระด้างของน้ำไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยความกระด้างจะเปลี่ยนแปลงตามระดับความเค็มของน้ำ การเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำปริมาณอออนที่สำคัญ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม

โพแทสเซียม คลอไรด์ ไบคาร์บอเนตและซัลเฟต มีปริมาณน้อย โดยเฉพาะไอออนที่มีประจุสองบวกที่ทำให้เกิดความกระด้าง ได้แก่ แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) และแมกนีเซียม ( $\text{Mg}^{2+}$ ) มีผลต่อการลอกคราบของกุ้ง แต่การเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มปกติประมาณ 10 ppt ขึ้นไปจะมีความกระด้างค่อนข้างสูงและมีปริมาณไอออนเพียงพอต่อการเติบโตของกุ้ง (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ปริมาณแอมโมเนียรวมมีค่า 0.333-1.083 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนไตรท์มีค่า 0.071-0.179 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียรวมที่เหมาะสมควรน้อยกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Brock and Main, 1994) ซึ่งความเป็นพิษของแอมโมเนียจะเปลี่ยนแปลงตามพีเอชและอุณหภูมิของน้ำ โดยเฉพาะพีเอชของน้ำที่สูงขึ้น อัตราส่วนของแอมโมเนียที่เป็นพิษ ( $\text{NH}_3$ ) จะสูงขึ้น ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ที่ปลอดภัยต่อการเลี้ยงกุ้งควรน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) และปริมาณไนไตรท์ที่เหมาะสมควรต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Brock and Main, 1994) ซึ่งความเป็นพิษของไนไตรท์จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำและค่าพีเอชน้ำลดลง (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ปริมาณของแอมโมเนียและไนไตรท์จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีการสะสมของของเสียจากการขับถ่ายของกุ้งและอาหารเหลือ แต่หากมีการจัดการให้อาหารที่ดีและมีออกซิเจนในระดับที่เพียงพอพบว่าปริมาณไนไตรท์สูงถึง 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ก็สามารถเลี้ยงกุ้งได้โดยไม่มีปัญหา (พุทธ, 2546) ซึ่งตลอดการทดลองนอกจากมีการให้อากาศอย่างเพียงพอแล้วระหว่างการทดลองยังมีการดูดตะกอนระบายของเสียและอาหารที่เหลือออก รวมทั้งมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำจึงทำให้แอมโมเนียและไนไตรท์อยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อกุ้ง

ตารางที่ 14 คุณสมบัติของน้ำตาลอครระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันและอาหารโปรตีนต่ำผสม  
*Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติของน้ำ	อาหารกุ้งกุลาดำ		อาหารกุ้งขาว		อาหารสมทบ		<i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์	
	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ความเค็ม(ppm)	24.3-24.8	24.5±0.2 <sup>a</sup>	24.3-24.9	24.5±0.2 <sup>a</sup>	24.3-24.8	24.5±0.2 <sup>a</sup>	24.2-24.9	24.5±0.2 <sup>a</sup>
พีเอช	7.80-8.50	8.28±0.18 <sup>a</sup>	7.90-8.60	8.29±0.20 <sup>a</sup>	7.80-8.60	8.32±0.21 <sup>a</sup>	7.80-8.60	8.34±0.23 <sup>a</sup>
อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)	28.3-32.0	30.2±1.5 <sup>a</sup>	28.4-32.0	30.3±1.5 <sup>a</sup>	28.4-32.2	30.4±1.5 <sup>a</sup>	28.4-31.9	30.3±1.5 <sup>a</sup>
ออกซิเจนละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	7.40-7.83	7.61±0.13 <sup>a</sup>	7.43-7.83	7.62±0.13 <sup>a</sup>	7.38-7.86	7.61±0.15 <sup>a</sup>	7.40-7.86	7.62±0.15 <sup>a</sup>
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	120.0-133.0	123.3±3.0 <sup>a</sup>	118.0-130.0	123.1±3.5 <sup>a</sup>	116.0-128.0	122.9±3.4 <sup>a</sup>	118.0-128.0	123.9±2.5 <sup>a</sup>
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5,620.0-6,164.0	5,835.0±134.9 <sup>a</sup>	5,608.0-6,136.0	5,825.5±142.8 <sup>a</sup>	5,604.0-6,024.0	5,868.8±111.0 <sup>a</sup>	5,628.0-6,000.0	5,844.7±99.0 <sup>a</sup>
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.367-1.083	0.797±0.187 <sup>a</sup>	0.333-0.983	0.712±0.163 <sup>a</sup>	0.333-1.083	0.791±0.187 <sup>a</sup>	0.333-0.933	0.642±0.138 <sup>a</sup>
ไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.075-0.179	0.116±0.030 <sup>a</sup>	0.075-0.168	0.113±0.026 <sup>a</sup>	0.071-0.171	0.116±0.028 <sup>a</sup>	0.071-0.179	0.113±0.028 <sup>a</sup>

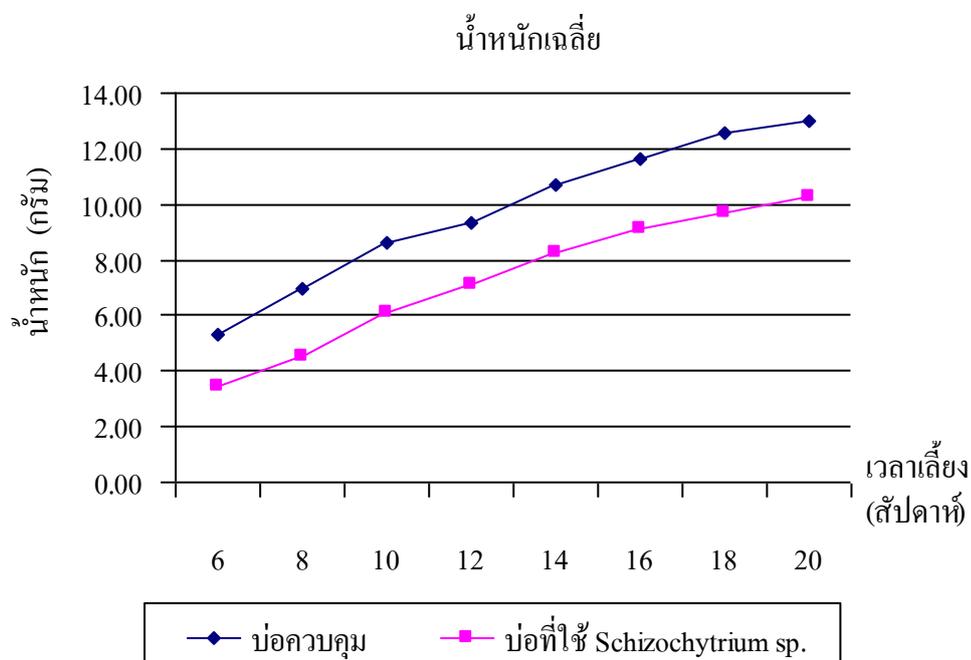
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

### 3. การศึกษาอัตราการรอดตาย การเจริญเติบโต ผลผลิตและผลตอบแทนของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปรอร์เซ็นต์ และบ่อควบคุม

ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งนาน 130 วัน ไม่พบกุ้งป่วยหรือแสดงอาการผิดปกติ น้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวในบ่อที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปรอร์เซ็นต์ และบ่อควบคุมแสดงไว้ในตารางที่ 15 และภาพที่ 19 ส่วนผลผลิตแสดงไว้ในตารางที่ 16 จากการศึกษาพบว่าบ่อที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปรอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตทั้งหมด  $4,489.0 \pm 145.0$  กิโลกรัม ผลผลิตเฉลี่ย  $748.17 \pm 24.2$  กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย  $10.27 \pm 0.9$  กรัม อัตราการรอดตาย  $72.0 \pm 3.6$  เปรอร์เซ็นต์ และอัตราแลกเนื้อ  $1.4 \pm 0.1$  ในขณะที่บ่อควบคุมให้ผลผลิตทั้งหมด  $3,175.3 \pm 567.9$  กิโลกรัม ผลผลิตเฉลี่ย  $529.22 \pm 94.7$  กิโลกรัมต่อไร่ กุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย  $12.97 \pm 1.3$  กรัม อัตราการรอดตาย  $40.0 \pm 9.0$  เปรอร์เซ็นต์ และอัตราแลกเนื้อ  $1.4 \pm 0.1$  เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่าผลผลิตทั้งหมด ผลผลิตต่อไร่ น้ำหนักเฉลี่ย และอัตราการรอดตายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่อัตราแลกเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) การศึกษาครั้งนี้พบว่าผลผลิตและน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งในบ่อที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปรอร์เซ็นต์ และบ่อควบคุมต่ำกว่าระดับมาตรฐานของการเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำโดยปล่อยกุ้งในอัตราความหนาแน่น 100,000 ตัวต่อไร่ ซึ่งควรจะมีผลผลิตประมาณ 1,000 กิโลกรัม หรือ 1 ตันต่อไร่ และกุ้งควรมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 18-20 กรัม (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เลี้ยงกุ้งในช่วงฤดูหนาวตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำต่ำกว่าระดับการเจริญเติบโตตามปกติของกุ้งที่ควรจะอยู่ในช่วง 28-30 องศาเซลเซียส กุ้งจะกินอาหารและมีการเจริญเติบโต (ชลอ, 2543) แต่ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาร่วมใหญ่ อุณหภูมิของน้ำช่วงเช้าและบ่ายต่ำกว่า 28 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะในช่วงสัปดาห์ที่ 18 อุณหภูมิของน้ำลดต่ำมากโดยในตอนเช้ามีอุณหภูมิต่ำเพียง 21.5 องศาเซลเซียส และตอนบ่าย 23.7 องศาเซลเซียสเท่านั้น ซึ่งอุณหภูมิของน้ำระดับนี้จะไม่มีการให้อาหารหรือให้อาหารเฉพาะตอนบ่ายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากกุ้งเป็นสัตว์เลือดเย็นอุณหภูมิของร่างกายจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของน้ำ เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 28 องศาเซลเซียส กุ้งจะกินอาหารลดลง ชลอ และคณะ (2552) แนะนำให้ลดอาหาร 40 เปรอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิต่ำลงเหลือ 26 องศาเซลเซียส และลดอาหาร 60 เปรอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิต่ำลงที่ 24 องศาเซลเซียส การลดอาหารตามอุณหภูมิของน้ำที่ลดลงจึงมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่ำมาก บ่อทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าบ่อควบคุมเล็กน้อย เนื่องจากบ่อทดลองมีอัตราการรอดตายสูงกว่ามากถึง 32 เปรอร์เซ็นต์ หรือมีจำนวนกุ้งเหลือรอดเกือบเท่าตัวจึงมีการเจริญเติบโตต่ำกว่าบ่อควบคุมที่มีจำนวนกุ้งเหลือรอดน้อยกว่า

ตารางที่ 15 น้ำหนักเฉลี่ยและอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	บ่อควบคุม		บ่อที่ใช้ <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์	
	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อตัวต่อวัน)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อตัวต่อวัน)
6	5.31	0.53	3.48	0.35
8	6.94	0.16	4.50	0.10
10	8.60	0.17	6.13	0.16
12	9.37	0.08	7.10	0.10
14	10.70	0.13	8.27	0.11
16	11.60	0.09	9.10	0.08
18	12.53	0.09	9.70	0.06
20	12.97	0.04	10.27	0.06



ภาพที่ 19 การเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อควบคุมและบ่อที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 16 ผลผลิตของบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์

บ่อ	ขนาด บ่อ (ไร่)	ผลผลิต ทั้งหมด (กก.)	ผลผลิต ต่อ ไร่ (กก.)	น้ำหนัก เฉลี่ย (กรัม)	อัตราการ รอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อัตรา แลกเนื้อ
บ่อควบคุม						
1	6	3,707	617.83	11.50	49.0	1.5
2	6	2,577	429.50	14.10	31.0	1.4
3	6	3,242	540.33	13.30	40.0	1.4
เฉลี่ย	6	3,175.3±567.9 <sup>b</sup>	529.22±94.7 <sup>b</sup>	12.97±1.3 <sup>a</sup>	40.0±9.0 <sup>b</sup>	1.4±0.1 <sup>a</sup>
บ่อที่ใช้ <i>Schizochytrium</i> sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์						
4	6	4,382	730.33	9.50	75.0	1.4
5	6	4,654	775.67	11.30	68.0	1.3
6	6	4,431	738.50	10.00	73.1	1.5
เฉลี่ย	6	4,489.0±145.0 <sup>a</sup>	748.17±24.2 <sup>a</sup>	10.27±0.9 <sup>b</sup>	72.0±3.6 <sup>a</sup>	1.4±0.1 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

จากการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนระหว่างบ่อที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ และบ่อควบคุม (ตารางที่ 17) พบว่าบ่อที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนการผลิต รายได้ และกำไรสุทธิเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 68,260.50, 79,775.60 และ 11,515.10 บาท ตามลำดับ ในขณะที่บ่อควบคุมมีต้นทุนการผลิต รายได้ และกำไรสุทธิเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 59,760.50, 67,142.50 และ 7,382.00 บาท ซึ่งบ่อที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนการผลิตต่ำและผลตอบแทนสูงกว่าบ่อควบคุม เนื่องจากบ่อที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ กุ้งมีอัตราการรอดตายสูงกว่ามากทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่า ต้นทุนการผลิตจึงต่ำ และได้ผลตอบแทนสูงกว่าบ่อควบคุม

ตารางที่ 17 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมเฉลี่ยในแต่ละบ่อ

	หน่วย : บาท	
	บ่อควบคุม	บ่อที่ใช้ <i>Schizochytrium</i> sp.
<b>ต้นทุน</b>		
1. ค่าลูกพันธุ์	55,200	55,200
2. ค่าอาหาร*	139,644	175,978
3. ค่าไฟฟ้า	62,370	62,370
4. ค่าน้ำมัน	3,507	3,507
5. ค่าแรงงาน	32,966	32,966
6. ค่าสารเคมีและปัจจัยการผลิต	48,267	48,267
7. ค่าซ่อมแซมและค่าใช้จ่ายอื่นๆ	16,609	16,609
8. ค่า <i>Schizochytrium</i> sp.	-	14,666
ต้นทุนรวมต่อบ่อ(บาท)	358,563	409,563
ต้นทุนรวมต่อไร่(บาท)	59,760.50	68,260.50
ต้นทุนรวมต่อ กก (บาท)	112.90	91.20
<b>ผลผลิต</b>		
ผลผลิตทั้งหมด(กก.)	3,175.30	4,489.00
ผลผลิตต่อไร่(กก.)	529.22	748.17
กุ้งขาวแวนนาไมขนาด70 ตัว/กก. ราคา 133 บาท**	342,237.00	-
กุ้งขาวแวนนาไมขนาด75 ตัว/กก. ราคา 127 บาท**	412,500.00	-
กุ้งขาวแวนนาไมขนาด87-88 ตัว/กก. ราคา 122 บาท**	453,828.00	567,788.00
กุ้งขาวแวนนาไมขนาด100 ตัว/กก. ราคา 100 บาท**	-	443,100.00
กุ้งขาวแวนนาไมขนาด105 ตัว/กก. ราคา 97 บาท**	-	425,073.00
รายได้	402,855.00	478,653.70
รายได้ทั้งหมด(บาท)	402,855.00	478,653.70
รายได้ต่อไร่(บาท)	67,142.50	79,775.60
รายได้ต่อ กก (บาท)	126.80	106.60
<b>ผลตอบแทน</b>		
กำไรทั้งหมด(บาท)	44,292.00	69,090.70
กำไรสุทธิต่อไร่(บาท)	7,382.00	11,515.10
กำไรสุทธิต่อ กก (บาท)	13.90	15.40

หมายเหตุ \* ค่าอาหารจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณการกินอาหารและอัตราการรอดตายของกุ้งในบ่อ

\*\* ราคากุ้งขาวแวนนาไม ณ วันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552



ภาพที่ 20 ขนาดของกุ้งขาวแวนนาไมจากบ่อควบคุม



ภาพที่ 21 ขนาดของกุ้งขาวแวนนาไมจากบ่อทดลองที่ใช้ *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติของน้ำที่ทำการศึกษาในบ่อที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ และบ่อควบคุมตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาว ได้แก่ ความโปร่งแสง ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อุณหภูมิ พีเอช ความเค็ม ความนำไฟฟ้า ความเป็นด่าง ความกระด้าง ปริมาณแอมโมเนียรวม และปริมาณไนไตรท์ เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่าคุณสมบัติของน้ำทุกพารามิเตอร์ในบ่อที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ และบ่อควบคุมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แสดงไว้ในตารางที่ 18 และตารางภาคผนวกที่ 4 โดยความโปร่งแสงอยู่ในช่วง 7.0-15.0 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากในบ่อมีปริมาณแพลงก์ตอนหนาแน่นมากจนน้ำมีสีเขียวเข้ม ปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อที่เหมาะสมสังเกตจากน้ำจะมีสีเขียวอมเหลืองหรือสีน้ำตาลอมเขียวขึ้นอยู่กับชนิดของแพลงก์ตอนและความโปร่งแสงควรอยู่ในช่วง 30-50 เซนติเมตร (ชลอ, 2534)

ออกซิเจนที่ละลายในน้ำช่วงเช้า 4.4-7.8 มิลลิกรัมต่อลิตร และช่วงบ่าย 8.5-13.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงเนื่องจากในบ่อมีปริมาณแพลงก์ตอนมากจึงทำให้ออกซิเจนที่ละลายน้ำในช่วงบ่ายมีค่าสูง อุณหภูมิของน้ำช่วงเช้าและบ่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 21.2-29.5 และ 23.4-31.7 องศาเซลเซียสตามลำดับ เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เลี้ยงกุ้งในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิของน้ำจึงต่ำกว่าปกติ พีเอชช่วงเช้ามีค่าระหว่าง 7.8-8.6 และช่วงบ่ายมีค่าระหว่าง 8.2-9.2 ความเค็มอยู่ในช่วง 4.2-7.7 ppt ความนำไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 6.06-13.44 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ความเป็นด่างมีค่าระหว่าง 106.7-352.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยหลังจากเลี้ยงกุ้งประมาณ 60 วัน ความเป็นด่างมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากการเติมวัสดุปูนเป็นระยะๆ ความกระด้างมีค่าระหว่าง 1313.3-2094.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียรวมอยู่ในช่วง 0.10-1.63 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณไนไตรท์อยู่ในช่วง 0.02-0.19 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 18 คุณสมบัติของน้ำในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่ใช้ *Schizochytrium* sp.  
2.0 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

คุณสมบัติของน้ำ	บ่อควบคุม		บ่อที่ใช้ <i>Schizochytrium</i> sp.		
	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	
ความโปร่งแสง (เซนติเมตร)	7.0-15.0	11.2±2.3 <sup>a</sup>	7.0-15.0	11.2±2.5 <sup>a</sup>	
ออกซิเจนที่ละลายน้ำ	-เช้า	4.8-7.6	6.1±0.9 <sup>a</sup>	4.5-7.9	6.2±1.1 <sup>a</sup>
(มิลลิกรัมต่อลิตร)	-บ่าย	9.3-13.2	10.9±1.4 <sup>a</sup>	9.6-13.2	11.0±1.3 <sup>a</sup>
อุณหภูมิ	-เช้า	21.5-29.4	25.5±2.5 <sup>a</sup>	21.8-29.4	25.6±2.5 <sup>a</sup>
(องศาเซลเซียส)	-บ่าย	23.7-31.6	27.5±2.4 <sup>a</sup>	24.0-31.6	27.5±0.3 <sup>a</sup>
พีเอช	-เช้า	7.9-8.3	8.1±0.1 <sup>a</sup>	8.0-8.4	8.2±0.1 <sup>a</sup>
	-บ่าย	8.3-8.6	8.5±0.1 <sup>a</sup>	8.4-8.7	8.5±0.1 <sup>a</sup>
ความเค็ม(ppt)		4.2-7.7	6.4±0.8 <sup>a</sup>	4.9-7.6	6.1±0.7 <sup>a</sup>
ความนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร)		8.69-13.16	8.82-13.44	11.25±1.28 <sup>a</sup>	8.69-13.16
ความเป็นด่างรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)		96.7-343.3	99.3-352.0	224.9±71.0 <sup>a</sup>	96.7-343.3
ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)		1,358.7-2,094.7	1,690.7±173.4 <sup>a</sup>	1,313.3-1,998.7	1,616.9±171.7 <sup>a</sup>
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)		0.22-1.52	0.66±0.30 <sup>a</sup>	0.10-1.63	0.77±0.44 <sup>a</sup>
ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)		0.03-0.18	0.08±0.04 <sup>a</sup>	0.02-0.19	0.09±0.05 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

1. การใช้ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ เสริมอาหารในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะโพสลาร์วา 12 เป็นเวลานาน 30 วัน มีผลทำให้อัตรการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งสูงขึ้นทั้งที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำและความเค็มปกติ
2. การเปรียบเทียบผลของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยอาหารต่างกันคือ อาหารกุ้งกุลาดำ (โปรตีน 38 เปอร์เซ็นต์) อาหารกุ้งขาว (โปรตีน 36 เปอร์เซ็นต์) อาหารสมทบ (โปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์) และอาหารสมทบ (โปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์) ผสมกับ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์ ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ในระยะเวลา 60 วันสรุปได้ว่า กุ้งที่ได้รับอาหารสมทบผสม *Schizochytrium* sp. มีอัตราการรอดตายสูงสุด แต่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่ากุ้งที่ได้รับอาหารกุ้งกุลาดำและ อาหารกุ้งขาว
3. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยอาหารสำเร็จรูปผสม *Schizochytrium* sp. อัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ ในฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ทำให้กุ้งมีอัตราการรอดตายสูงกว่าบ่อที่ให้อาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ผลผลิตและผลตอบแทนสูงกว่า

### ข้อเสนอแนะ

การเลี้ยงกุ้งขาวตั้งแต่ระยะโพสลาร์วาควรใช้ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วน 2.0 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสามารถเพิ่มอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งได้และมีความเหมาะสมกว่าอัตราส่วนอื่นๆ เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตและผลตอบแทน

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมประมง. 2546. ระเบียบและการปฏิบัติการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามตามมาตรฐาน จี เอ พี

พ.ศ. 2546. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2547. โครงการประเมินผลกระทบการนำกุ้งขาว (*Penaeus vannamei*) เข้าประเทศไทย.

หน่วยวิจัยเพื่อความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพกุ้ง, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

คณะแพทยศาสตร์. 2518. หลักสูตรศาสตร์. โรงพยาบาลรามาธิบดี, มหาวิทยาลัยมหิดล,

กรุงเทพฯ.

ชนิกา คงสวัสดิ์. 2546. ผลของการใช้ยีสต์สกัดทดแทนปลาป่นบางส่วนในอาหารต่อการเติบโตของ

กุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชลอ ลิมสุวรรณ. 2534. คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. สำนักพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2543. กุ้งไทย 2000 สู่วามยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. เจริญรัฐการพิมพ์,

กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิมสุวรรณ และ พรเลิศ จันทร์รัชชกุล. 2547. อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย.

สนับสนุนการจัดการพิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 5 ธันวาคม พ.ศ. 2547. บริษัท เมจิก พับบลิเคชัน จำกัด, กรุงเทพฯ.

ชลอ ลิมสุวรรณ, นิตี ชูชาติ, ทิมโมที วิลเลียม เฟลเกล, ภิญ โญ่ เกียรติภิญ โญ่ และบริษัท ซายาคควา

สยาม จำกัด. 2548. รายงานการวิจัยการศึกษาการขยายพันธุ์พ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมปลอดเชื้อ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ชลด ลิมสุวรรณ, นิตี ชูเชิด, สุธี วงศ์มณีประทีป, สาธิต ประเสริฐศรี, เกศินี หลายสุทธิสาร, ปัทมา วิริยะพัฒนทรัพย์, จริยาดี สุริยพันธุ์ และแก้วตา ลิมเฮง. 2552. ผลของอุณหภูมิต่อพฤติกรรมการกินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*, Boone), น. 337-345. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 (สาขาประมง). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทริกา ผาใต้. 2543. ผลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง  $\omega$ -3HUFA ต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทรงทรัพย์ อรุณกมล, นนทวิทย์ อารีชน, วิเชียร ขงมานิตย์ชัย, สาวิตรี ลิมทอง และเดือนรัตน์ ชลดอุดมกุล. 2551. การใช้สาหร่ายขาว *Schizochytrium limacinum* ในการอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*, Boone) และผลที่มีต่อความเครียดและความต้านทานโรค, น. 138-146. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 (สาขาประมง). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ และปรีชา สุวรรณพินิจ. 2542. จุลชีววิทยาทั่วไป. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปิยะบุตร วานิชพงศ์พันธ์. 2545. ศาสตร์ของกุ้งขาว ลิโทพีเนียส แวนนาไม (ตอนที่ 2), สัตว์น้ำ 14 (159): 113-116.

ปกป้อง อุ่มอยู่. 2543. ผลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (กลุ่มโอเมก้า 3) ที่มีอัตราส่วนของกรด Eicosapentaenoic (EPA) และกรด Docosahexaenoic (DHA) ต่างกัน ต่อความเครียดและความต้านทานโรคของลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) โดยการให้ผ่านอาร์ทีเมีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- พุทธ ส่องแสงจินดา. 2546. ออกซิเจนกับการจัดการเลี้ยงกุ้งและการพัฒนา. น. 224-229. ใน  
 สุรศักดิ์ ดิลกเกียรติ. กุ้งไทย ก้าวใหม่ สู่หนึ่งในผู้นำกุ้งโลกอย่างยั่งยืน. โรงพิมพ์ก.พล.  
 กรุงเทพฯ.
- ภิญโญ เกียรติภิญโญ. 2545. วิธีปฏิบัติสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาว แอล. แวนาไม (Practical  
**Technology for *Litopenaeus vannamei* Culture**). สำนักพิมพ์เมืองเกษตรแม่กาศิน,  
 สมุทรปราการ.
- มะลิ บุญยรัตผลิน. 2531. อาหารและการให้อาหารกุ้งกุลาดำ. น. 108-141. ใน การเพาะเลี้ยงกุ้ง  
 กุลาดำ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.  
 กรุงเทพฯ.
- มยุรา ประยูรพันธ์. 2549. กรดไขมันในทรอสโทลทริดส์ที่คัดแยกได้จากใบไม้ป่าชายเลน  
 อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- มาลินี วิชชาวุธ และ สมยศ สิทธิโชคพันธ์. 2548. การนำเข้าพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวตามระเบียบกรม  
 ประมง. วารสารการประมง 58 (2): 170-171.
- ลลิตา เชาวน์เรืองฤทธิ์. 2548. ผลของความเค็มและอุณหภูมิต่อการผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง  
 ชนิดดีเอชเอโดย *Schizochytrium* spp. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วรพจน์ สุนทรสุข. 2541. การผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดสายยาวจากจุลินทรีย์. วารสารจารย์พา  
 5 (44): 52-56.
- วิรัช จิวแหยม. 2544. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการ  
 ประมง. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วีรพงษ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2543. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2 ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริวรรณ เพชรสมบัติ. 2541. ปริมาณโปรตีน ไขมันชนิด EPA และ DHA ในสาหร่ายเซลล์เดียวบางชนิด. ปัญหาพิเศษภาควิชาวาริชศาสตร์, สาขาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุพิศ ทองรอด, อนันต์ ต้นสุตะพานิช, ธนัญษ์ สังกรชนกิจ และปราณี สระบัว. 2538. การศึกษาเบื้องต้นในการอนุบาลกุ้งกุลาดำวัยอ่อนระยะ Nauplius ถึง Mysis ด้วยอาหารเสริมน้ำมันตับปลาและเปรียบเทียบกับอาหารมีชีวิต. วารสารการประมง 48(3): 241-248.

สุธีวัฒน์ สมสืบ, พิศมัย สมสืบ, มะลิ บุญยรัตผลิน และอมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล. 2539. การทดสอบปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อกุ้งกุลาดำ, น. 354-366. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35 (สาขาประมง). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนันทา ภิญญาวัฒน์. 2538. ชีวเคมี 2. พิมพ์ครั้งที่ 5, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ.

สมถวิล จริตควร, รัตนาภรณ์ ศรีวิบูลย์ และ วิญญิต มั่นทะจิตร. 2545. จุลินทรีย์ทะเล: แหล่งทางเลือกใหม่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง. ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี.

อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. 2542. หลักการวางแผนการทดลอง. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อัคนิษฐ์ อธิอาภา. 2541. การหาปริมาณไขมันและเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่มโอเมก้า-3 ในปลาทะเลโดยเทคนิคแก๊สลิควิดโครมาโตกราฟี. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

- Akiyama, D.M., W.G. Dominy and A.L. Lawrence. 1991. Penaeid shrimp nutrition for the commercial feed industry: Revised. p. 80-90. *In* D.M. Akiyama and R.K.H. Tan, eds. **Proceedings of the Aquaculture and Feed Processing and Nutrition Workshop**. Singapore, Republic of Singapore.
- Alderman, D.J., J.L. Harrison, G.B. Bremer and E.B.G. Jones. 1974. Taxonomic revisions in the marine biflagellate fungi: The ultra structural evidence. **Mar. Biol.** 25: 345-357.
- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis**. 27<sup>th</sup> ed., The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.
- APHA, AWWA, and WEF. 1995. **Standard Method for the Examination of Water and Wastewater**. 20th edition. United Book Press, Maryland. 1,220 p.
- Bajpai, P., K. Bajpai and P.O. Ward. 1991a. Production of docosahexaenoic acid by *Thraustochytrium aureum*. **Appl. Microbiol. Biotechnol.** 35: 706-710.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1991b. Optimization of production of docosahexaenoic acid (DHA) by *Thraustochytrium aureum* ATCC 34304. **J. Am. Chem. Soc.** 68: 509-514.
- Barclay, W., and S. Zeller. 1996. Nutrition enhancement of n-3 and n-6 fatty acids in Rotifers and *Artemia* nauplii by feeding spray-dried *Schizochytrium* sp. **J. Word Aquac. Soc** 27 (3): 314-322.
- Bligh, E.G. and W.J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. Journal Biochemistry Physiology.** 37: 911-917.

- Boeing, P. 2005a. **Partial Replacement of Live Algae in the Larviculture of *Penaeus vannamei* with Microencapsulates and Spray-dried Algae *Schizochytrium* sp.** Bio-Marine, INC. Aquafauna. Available Source:  
<http://www.aquafauna.com/Partial%20Replacement%20of%20Live%20Algae.pdf>,  
March 6, 2009.
- \_\_\_\_\_. 2005b. **Use of Spray-dried *Schizochytrium* sp. as a Partial Algal Replacement for Juvenile Bivalves.** Bio-Marine, INC. Aquafauna. Available Source:  
<http://www.aquafauna.com/Use%20of%20Spraydried%20Schyz%20for%20Bivalves.pdf>  
, March 6, 2009.
- Bowles, R.D. 1997. **Production of n-3 Polyunsaturated Fatty Acid by Thraustochytrids.** Doctoral Dissertation, Physiology and optimization, University of Portsmouth. UK.
- Bowles, R.D., A.E. Hunt, G.B. Bremer, M.G. Duchars and R.A. Eaton. 1999. Longchain n-3 polyunsaturated fatty acid production by members of the marine protistan group the Thraustochytrid: screening of isolates and optimization of docosahexaenoic acid production. **J. Biol.** 70: 193-202.
- Boyd, C.E. 1987. **Evaluation of Water Quality and Water Quality Management Techniques for Brackishwater Aquaculture in Ponds in Thailand.** Report for the Asian Development Bank, Manila, Philippines.
- \_\_\_\_\_. 1990. **Water Quality in Ponds for Aquaculture of Fisheries.** Department of Fisheries and Allied Aquaculture Department, Auburn University, Auburn, Alabama. 482 p.
- Boyd, C.E. and C.S. Tucker. 1998. **Pond Aquaculture Water Quality Management.** Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.

Brock, J.A. and K. Main. 1994. **A Guide to the Common Problems and Diseases of Cultured *Penaeus vannamei***. Publication by the Oceanic Institute, Makapu point, Honolulu, HI, USA. 241 p.

Cousin, M., G. Cuzon., E. Blanchet. and F. Ruelle. 1993. Protein requirement following an optimum dietary energy to protein ration for *Penaeus vannamei* juvenile. **Fish Nutr. Feed.** 6: 599-606.

Cowey, C.B., J.M. Owen., J.W. Andron and C. Middleton. 1976. Studies on the nutrition of marine flatfish: The effect of different dietary fatty acids on growth and fatty acid composition of turbot (*Scphthalmus maximus*). **Br. J. Nutr.** 36: 479-486.

Cuzon , G., A. Lawrence., G. Gaxiola. , C. Rosas and J. Guillaume. 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. **Aquaculture.** 235: 513-551.

Davis, D.A. 1990. **Dietary Mineral Requirements of *Penaeus vannamei*: Evaluation of the Essentiality for Thirteen Minerals and the Requirements for Calcium, Phosphorus, Copper, Iron, Zinc and Selenium**. Ph.D. Dissertation, Texas A&M University, College Station, TX, USA.

\_\_\_\_\_. 2000. Replacement of fishmeal in practical diet for the Pacific white shrimp. **Int. Aqua Feed**, 3: 35-37.

\_\_\_\_\_, T.M. Samocha, R.A. Bullis, S. Patnaik, C. Browdy, A. Stokes and H. Atwood. 2004. Practical diets for *Litopenaeus vannamei* (Boone. 1931): working towards organic and/or all plant production diets. **In Avances en Nutricion Acuicola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutricion Acuicola**. Hermosillo, Sonora, Mexico.

Dore, I. and C. Frimodt. 1987. **An Illustrated Guide to Shrimp of the World**. Osprey Books, Huntington, New York.

- Eldred, B. and R.F. Hutton. 1960. On the grading and identification of domestic commercial shrimps (Family Penaeidae) with a tentative world list of commercial Penaeids. **Quart. J. Flor. Acad. Sci** 23(2): 89-118.
- Fan, K.W., F.J. Chen, E.B.G. Jones and L.P. Vrijmoed. 2001. Eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acids production by and okara-utilizing potential of thraustochytrids. **J. Ind. Biotechnol.** 27: 199-202.
- Flicker, J. 2002. Fish meal: High protein does not stand for high quality. **Feed Int.** 23: 13-16.
- Ganuza, E., T. Benítez-Santann, E. Atalah, O. Vega-Orellana, R. Ganga and M.S. Izquierdo. 2008. *Cryptocodinium cohnii* and *Schizochytrium* sp. As potential substitutes to fisheries-derived oils from seabream (*Sparus aurata*) microdiets. **Aquaculture.** 277: 109-116.
- González-Félix, M. L., A.L. Lawrence, D.M. Gatlin and M. Perez-Velazquez. 2002a. Growth survival and fatty acid composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* fed different oils in the present and absence of phospholipids. **Aquaculture.** 205: 325-343.
- González-Félix, M. L., D.M. Gatlin, A.L. Lawrence and M. Perez-Velazquez. 2002b. Effect of various dietary lipid levels on quantitative essential fatty acid requirement of juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **J. World. Aqua Soc** 33(3): 330-340.
- Guary, J.C., K. Kayama, Y. Murakami and H.J. Ceccaldi. 1976. The effect of a fat-free diet and compounded diets supplemented with various oils on molt, growth and fatty acid composition of prawn, *Penaeus japonicus*. **Aquaculture.** 7: 245-259.
- Halver, J.E. 1972. **Fish Nutrition.** Academic Press, New York.

- Harel, M., W. Koven, I. Lein, Y. Bar, P. Bahrens, J. Stubblefield, Y. Zohar and A.R. Place. 2002. Advanced DHA, EPA and ArA enrichment materials for marine aquaculture using single cell heterotrophs. **Aquaculture**. 213: 347-362.
- Holub, B.J. and C.M. Skeaff. 1987. Nutrition regulation of cellular phosphatidylinositol. **Method in Enzymology**. 141: 234-244.
- Honda, D., T. Yokochi, T. Nakahara, M. Erata and T. Higashihara. 1998. *Schizochytrium limacinum* sp. Nov., a new thraustochytrids from a mangrove area in the west pacific ocean, **Mycol. Res** 102 (4): 439-448.
- Honda, D. 2001. Phylogeny and taxonomy of labyrinthulids. **Aquabiology** 23 (1): 7-17.
- Jaritkhuan, S. 2001. **Thrauschytrids as a Food Source in Aquaculture**. Doctoral Dissertation, Biology Science, University of Portsmouth.
- Jiang, Y., K. W. Fan, R. T. Y. Wong and F. Chen. 2004. Fatty acid composition and squalene content of the marine microalgae *Schizochytrium mangrovei*. **J. Agric. Food Chem.** 52: 1196-1200.
- Kamlangdee, N. and K.W. Fan. 2003. Polyunsaturated fatty acids production by *Schizochytrium* sp. isolated from mangrove. **Songklanakarin J. Sci. Technol.**, 25(5): 643 – 650.
- Kanazawa, A., S. Teshima and K. Ono. 1979. Relationship between essential fatty acid requirement of aquatic animals and the capacity for bioconversion of linolenic acid to highly unsaturated fatty acids. **Comp. Biochem. Physiol.** 63: 295-298.
- Kendrick, A. and C. Ratledge. 1992. Lipids of selected molds grown for production of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acid. **Lipids**. 27: 15-20.

- Lawrence, A. L., J.P. McVey and J.V. Huner. 1980. Penaeid shrimp culture, pp. 127-157.  
*In* J.V. Huner and E.E. Brown, eds. **Crustacean and Mollusk Aquaculture in the United States**. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.
- Leger, P. and P. Sorgeloose. 1992. Optimized feeding regimes in shrimp hatcheries, pp. 225-244. *In* A.W. Fast and L.J. Lester (eds.). **Marine Shrimp Culture Principles and Practice**. Elsevier Science Publishers, New York.
- Lemm, C.A. and D.P. Lemarie. 1991. Survival and growth of larval striped bass (*Morone saxatilis*) fed *Artemia* enriched with highly unsaturated fatty acid (HUFA). **Aquaculture**. **99**: 117-126.
- Lewis, T., P., Nichola and T. Mcmeekin. 2000. Production of polyunsaturated fatty acid by Australian Thrauschytrids: aquaculture applications. pp. 43-49. *In* **Hatchery Feeds: Proceedings of Workshop Held in Cairns**. Australia.
- Lim, C., H. Ako, C. L. Brown and K. Hahn. 1997. Growth response and fatty acid composition of juvenile *Penaeus vannamei* fed different sources of dietary lipid. **Aquaculture**. **151**: 143-153.
- Lovell, T. 1989. **Nutrition and Feeding of Fish**. Van Nostrand Reingold, New York.
- Magarelli, P.C., B. Hunter, D.V. Lightner and L.B. Colvin. 1979. Black death: an ascorbic acid deficiency disease in penaeid shrimp. **Comp. Biochem. Physiol.** **63**: 103-108.
- Martinez-Cordova, L.R. 1995. Culture of white shrimp *Penaeus vannamei* in reduced water exchange ponds in Sonora, Mexico. **World Aquac.** **26**: 47-48.
- Maynard, L.A. and J.D. Loosli. 1969. **Animal Nutrition**. McGraw-Hill Book Company, New York.

- McGraw, W.J., D.A. Davis, D. Teichert-Coddington and D.B. Rouse. 2002. Acclimation of *Litopenaeus vannamei* postlarvae to low salinity: influence of age, salinity endpoint and rate of salinity reduction. **J. World Aquac. Soc.** 33: 78-84.
- Miller, M.R., P.D. Nichols and C.G. Carter. 2007. Replacement of fish oil with thraustochytrid *Schizochytrium* sp. L oil in Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L) diets. **Comp.Biochem. Physiol. A.** 148: 382-392.
- Moss, S.T. 1986. The biology of the Thraustochytriales and Labyrinthuloides. In S. T. moss (ed), **The Biology of Marine Fungi.** n.p.
- Naganuma, T., H. Takasugi and H. Kimura. 1998. Abundance of thraustochytrids in coastal plankton. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 162: 105-110.
- Nakahara, T., T. Yokochi, T. Higashihara, S.Tanaka, T. Yaguchi and D. Honda. 1996. Production of decosahezaenoic acid and decosapentaenoic acids by *Schizochytrium* sp. isolated from Yap Islands. **J. Am. Chem. Soc** 73(11): 1421-1426.
- Nettleton, J.A. 1985. **Seafood Nutrition: Fat Issues and Marketing of Nutrition in Fish and Shellfish.** Osprey Book, New York.
- Owen, J.M., J.W. Andron., C. Middleton and C.B. Cowey. 1975. Elongation and desaturation of dietary fatty acids in turbot *Scophthalmus maximus* L. and rainbow trout *Salmo gairdneri* **Rich. Lipids.** 10: 528-531.
- Palacios, E., A. Bonilla, A. Pérez, I.S. Racotta and R. Civera. 2004. Influence of highly unsaturated fatty acid on the responses of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) postlarvae to low salinity. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 299: 201-215.

- Patnaik, S., T.M., Samocha, D.A., Davis, R.A., Bullis and C.L., Browdy. 2006. The use of HUFA-rich algal meals in diets for *Litopenaeus vannamei*. **Aquac. Nutr.** 12: 395-401.
- Peter, V.W. 1999. Nutrition and feeding of *Litopenaeus vannamei* in intensive culture systems. pp. 125-139. *In Farming Marine Shrimp in Recirculation Freshwater Systems.* Florida Department of Agriculture and Consumer Service.
- Rees, J.F., K. Cure, S. Piyatirattivorakul, P. Sorgeloos and P. Menasveta. 1994. Highly unsaturated fatty acid requirements of *Penaeus monodon* postlarvae: an experimental approach based on *Artemia* enrichment. **Aquaculture.** 122: 193-207.
- Suwanich, R., S. Piyatirattivorakul, P. Kittakoop and P. Menasveta. 1996. Effects of highly unsaturated fatty acid and ratio of eicosapentaenoic to docosahexaenoic acids on growth and survival of black tiger prawn (*Penaeus monodon*) postlarvae. **Thai J. Aqua. Sci** 2(2): 81-95.
- Samocha, T.M., A.L. Lawrence and D. Poser. 1998. Salinity effect on growth and survival of juvenile *Penaeus vannamei* in a semi-closed recirculating system. **Isr. J. Aqua. Bam.** 50: 55-59.
- Singh, A and O.P. Ward. 1996. Production of high yields of docosahexaenoic acid by *Thraustochytrium roseum* ATCC 28210. **J. Ind. Microbiol.** 16: 370-373.
- Scott, M. L., M. C. Nesheim and R.J. Young. 1982. **Nutrition of the Chicken.** Scott et Associates Publishers, Ithaca, New York.
- Tuner, H and R.M. Harrell. 1992. Essential fatty acid nutrition of larval striped bass (*Morone saxatilis*) and Palmetto bass (*M. saxatilis* × *M. chrysops*). **Aquaculture.** 101: 105-121.

Wickins, J.F. and Daniel O'C. Lee. 2002. **Crustacean Farming Ranching and Culture.**

Blackwell Science Ltd, UK.

Yamasaki, T., T. Aki, Y. Mori, T. Yamamoto, M. Shinozaki, S. Kawamoto and K. Ono. 2007.

Nutritional of enrichment of larval fish feed with Thraustochytrid producing polyunsaturated fatty acid and xanthophylls. **J. Biosci. Bioeng** 104(3): 200-206.

Yongmanitchai, W., W. Chatdumrong, S. Limtong and W. Worawattanamatekul. 2007.

Optimization of docosahexaenoic acid (DHA) production and improvement of astaxanthin content in a mutant *Schizochytrium limacinum* isolated from mangrove in Thailand. **Kasetsart J.** 41: 324-334.

**ภาคผนวก**



ภาพผนวกที่ 1 *Schizochytrium* sp. ที่ใช้ในการศึกษาซึ่งอยู่ในรูปของเหลวสีขาวขุ่น



ภาพผนวกที่ 2 การเตรียมอาหารทดลองโดยสเปรย์ *Schizochytrium* sp. บนอาหาร



ภาพผนวกที่ 3 การเตรียมอาหารทดลองโดยการคลุกเคล้าอาหารกับ *Schizochytrium* sp. ที่สเปรย์



ภาพผนวกที่ 4 การทดลองในห้องปฏิบัติการ



ภาพผนวกที่ 5 การเตรียมอาหารทดลองที่ใช้ในฟาร์ม



ภาพผนวกที่ 6 บ่อควบคุม



ภาพผนวกที่ 7 บ่อทดลองที่ใช้ *Schizochytrium* sp.



ภาพผนวกที่ 8 การปล่อยลูกกุ้ง



ภาพผนวกที่ 9 การจับกุ้ง

**ตารางผนวกที่ 1** คุณสมบัติของน้ำในแต่ละถังทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ *Schizochytrium* sp. ในอัตราส่วนแตกต่างกัน ที่ความเค็ม 5 ppt

เวลาเลี้ยง (วันที่)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	pH	Tot.Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
10	C1	8.13	28.3	8.4	90.0	1356.0	0.367	0.150
	C2	7.95	28.4	8.4	89.0	1344.0	0.375	0.154
	C3	7.92	28.3	8.4	95.6	1300.0	0.392	0.164
	X1	7.91	28.4	8.5	90.0	1360.0	0.400	0.154
	X2	7.89	28.4	8.5	92.2	1340.0	0.367	0.146
	X3	8.08	28.2	8.6	89.4	1400.0	0.333	0.157
	Y1	7.86	28.2	8.5	90.6	1296.0	0.408	0.161
	Y2	8.12	28.3	8.6	92.4	1364.0	0.308	0.164
	Y3	8.09	28.3	8.6	91.2	1344.0	0.367	0.157
	Z1	8.06	28.2	8.6	90.6	1328.0	0.442	0.171
	Z2	8.14	28.4	8.6	89.6	1348.0	0.283	0.154
	Z3	7.95	28.3	8.8	95.0	1364.0	0.367	0.164

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (วันที่)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	pH	Tot.Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
20	C1	7.68	28.5	8.8	94.0	1324.0	0.400	0.152
	C2	7.73	28.4	8.7	89.2	1336.0	0.333	0.145
	C3	7.64	28.5	8.7	89.2	1376.0	0.433	0.152
	X1	7.59	28.4	8.7	90.0	1404.0	0.400	0.148
	X2	7.64	28.5	8.7	92.4	1460.0	0.333	0.154
	X3	7.69	28.4	8.7	90.8	1432.0	0.300	0.157
	Y1	7.67	28.6	8.7	94.0	1384.0	0.293	0.152
	Y2	7.58	28.5	8.7	92.8	1352.0	0.367	0.148
	Y3	7.62	28.5	8.7	90.2	1416.0	0.267	0.154
	Z1	7.55	28.5	8.7	92.2	1388.0	0.233	0.154
	Z2	7.61	28.6	8.7	93.4	1432.0	0.200	0.145
	Z3	7.68	28.4	8.7	88.6	1448.0	0.233	0.152

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (วันที่)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	pH	Tot.Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
30	C1	7.54	28.6	8.6	91.2	1384.0	0.333	0.146
	C2	7.48	28.5	8.6	94.2	1400.0	0.433	0.155
	C3	7.51	28.6	8.6	92.6	1380.0	0.367	0.159
	X1	7.53	28.5	8.6	92.4	1328.0	0.317	0.152
	X2	7.46	28.6	8.6	90.4	1252.0	0.300	0.155
	X3	7.49	28.6	8.6	92.4	1324.0	0.300	0.148
	Y1	7.55	28.5	8.6	92.8	1492.0	0.383	0.150
	Y2	7.61	28.4	8.6	91.0	1400.0	0.250	0.148
	Y3	7.51	28.7	8.6	87.0	1360.0	0.383	0.155
	Z1	7.60	28.6	8.6	88.6	1272.0	0.350	0.157
	Z2	7.58	28.5	8.7	92.8	1388.0	0.417	0.154
	Z3	7.47	28.5	8.6	95.6	1340.0	0.317	0.161

หมายเหตุ C คือ ชุดทดลองที่ให้อาหารสำเร็จรูป, X คือ ชุดทดลองที่ให้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์, Y คือ ชุดทดลองที่ให้ *Schizochytrium* sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์ Z คือ ชุดทดลองที่ให้ *Schizochytrium* sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 2 คุณสมบัติของน้ำในแต่ละถังทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับ *Schizochytrium* sp.  
ในอัตราส่วนแตกต่างกัน ที่ความเค็ม 25 ppt

เวลาเลี้ยง (วันที่)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	pH	Tot.Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
10	C1	8.11	28.4	8.4	90.0	5240.0	0.423	0.152
	C2	7.88	28.5	8.4	94.0	5188.0	0.383	0.155
	C3	7.96	28.4	8.4	98.0	5160.0	0.400	0.150
	X1	8.12	28.4	8.5	94.0	5200.0	0.333	0.148
	X2	7.97	28.5	8.4	92.0	5352.0	0.367	0.152
	X3	8.05	28.6	8.5	92.0	5256.0	0.383	0.148
	Y1	7.95	28.6	8.5	98.0	5248.0	0.450	0.159
	Y2	8.06	28.5	8.4	92.0	5432.0	0.433	0.146
	Y3	8.15	28.5	8.6	98.0	5484.0	0.433	0.152
	Z1	7.99	28.4	8.5	94.0	5392.0	0.467	0.155
	Z2	8.09	28.5	8.6	100.0	5304.0	0.417	0.150
	Z3	8.12	28.5	8.5	100.0	5416.0	0.367	0.152

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (วันที่)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	pH	Tot.Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
20	C1	7.67	28.6	8.4	90.2	5200.0	0.383	0.146
	C2	7.69	28.6	8.4	92.0	5256.0	0.333	0.143
	C3	7.61	28.5	8.5	94.0	5160.0	0.417	0.141
	X1	7.68	28.6	8.5	92.0	5160.0	0.450	0.141
	X2	7.58	28.5	8.5	96.0	5200.0	0.433	0.146
	X3	7.64	28.5	8.6	94.0	5224.0	0.367	0.145
	Y1	7.67	28.4	8.6	92.0	5404.0	0.417	0.148
	Y2	7.64	28.5	8.6	96.0	5124.0	0.383	0.150
	Y3	7.59	28.6	8.6	90.0	5412.0	0.400	0.145
	Z1	7.63	28.6	8.6	94.0	5300.0	0.450	0.146
	Z2	7.60	28.6	8.6	90.0	5324.0	0.433	0.148
	Z3	7.68	28.7	8.6	98.0	5244.0	0.417	0.143

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (วันที่)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	pH	Tot.Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
30	C1	7.59	28.5	8.3	92.0	5296.0	0.367	0.152
	C2	7.61	28.4	8.3	96.0	5384.0	0.417	0.145
	C3	7.54	28.5	8.4	90.0	5284.0	0.383	0.148
	X1	7.54	28.6	8.4	94.0	5408.0	0.333	0.150
	X2	7.50	28.7	8.4	90.0	5344.0	0.450	0.143
	X3	7.59	28.6	8.4	96.0	5312.0	0.333	0.148
	Y1	7.62	28.6	8.4	94.0	5432.0	0.417	0.146
	Y2	7.53	28.6	8.4	90.0	5272.0	0.350	0.148
	Y3	7.58	28.5	8.4	98.0	5372.0	0.333	0.150
	Z1	7.54	28.6	8.4	98.0	5300.0	0.333	0.141
	Z2	7.61	28.5	8.4	96.0	5216.0	0.383	0.148
	Z3	7.67	28.6	8.5	90.0	5268.0	0.367	0.143

หมายเหตุ C คือ ชุดทดลองที่ให้อาหารสำเร็จรูป, X คือ ชุดทดลองที่ให้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์, Y คือ ชุดทดลองที่ให้ *Schizochytrium* sp. 5.0 เปอร์เซ็นต์ Z คือ ชุดทดลองที่ให้ *Schizochytrium* sp. 7.5 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 3 คุณสมบัติของน้ำในแต่ละถังทดลองตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนต่างกันและอาหารโปรตีนต่ำผสม *Schizochytrium* sp. 2.0 เปอร์เซ็นต์

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	Salinity (ppt)	pH	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
1	C1	7.68	28.5	24.5	8.4	133.00	6096.0	0.367	0.089
	C2	7.73	29.0	24.6	8.4	123.00	6164.0	0.417	0.075
	C3	7.75	28.8	24.5	8.4	120.00	5892.0	0.383	0.082
	X1	7.80	29.1	24.4	8.5	121.00	6136.0	0.333	0.078
	X2	7.76	28.7	24.5	8.4	130.00	5848.0	0.450	0.089
	X3	7.82	29.3	24.5	8.5	129.00	6008.0	0.333	0.096
	Y1	7.74	28.6	24.5	8.5	123.20	5892.0	0.417	0.071
	Y2	7.80	28.9	24.3	8.4	120.80	6020.0	0.350	0.082
	Y3	7.79	29.0	24.5	8.6	120.00	5836.0	0.333	0.093
	Z1	7.82	28.8	24.5	8.5	124.00	5828.0	0.333	0.089
	Z2	7.78	28.6	24.6	8.6	125.60	6000.0	0.383	0.071
	Z3	7.75	28.9	24.4	8.5	123.40	5940.0	0.367	0.078

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	Salinity (ppt)	pH	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
2	C1	7.76	28.7	24.3	8.4	120.00	5840.0	0.583	0.100
	C2	7.80	28.5	24.4	8.4	124.00	5728.0	0.700	0.082
	C3	7.83	29.0	24.3	8.5	122.00	5892.0	0.850	0.075
	X1	7.71	28.4	24.3	8.5	120.00	6000.0	0.800	0.078
	X2	7.83	28.7	24.4	8.5	124.00	5824.0	0.717	0.089
	X3	7.78	28.8	24.4	8.6	122.60	5712.0	0.900	0.075
	Y1	7.83	28.9	24.5	8.6	124.00	5936.0	1.000	0.096
	Y2	7.86	29.2	24.4	8.6	126.00	6024.0	0.967	0.093
	Y3	7.76	28.8	24.4	8.6	118.00	5980.0	0.900	0.078
	Z1	7.79	28.4	24.3	8.6	126.00	5860.0	0.667	0.071
	Z2	7.84	28.7	24.4	8.6	124.20	6000.0	0.700	0.093
	Z3	7.70	28.8	24.6	8.6	123.20	5936.0	0.583	0.100

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	Salinity (ppt)	pH	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
3	C1	7.76	28.9	24.3	8.3	122.00	5804.0	0.767	0.100
	C2	7.59	28.6	24.4	8.3	124.00	5720.0	0.833	0.082
	C3	7.73	28.3	24.4	8.4	126.00	5944.0	0.783	0.096
	X1	7.52	28.8	24.4	8.4	126.00	6052.0	0.683	0.089
	X2	7.65	29.0	24.5	8.4	122.00	5904.0	0.767	0.100
	X3	7.74	28.4	24.4	8.4	120.00	5832.0	0.633	0.093
	Y1	7.58	28.7	24.4	8.4	126.00	5888.0	0.700	0.089
	Y2	7.69	29.4	24.3	8.4	122.00	5948.0	0.783	0.100
	Y3	7.72	29.0	24.3	8.4	122.00	6016.0	0.833	0.096
	Z1	7.64	29.5	24.4	8.4	126.20	5876.0	0.567	0.103
	Z2	7.79	28.7	24.3	8.4	124.00	5920.0	0.667	0.089
	Z3	7.86	28.5	24.2	8.5	124.20	5976.0	0.700	0.082

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	Salinity (ppt)	pH	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
4	C1	7.64	29.2	24.3	7.9	124.00	5624.0	0.800	0.111
	C2	7.53	28.6	24.4	8.0	120.00	5752.0	0.883	0.096
	C3	7.77	28.9	24.4	7.8	128.00	5940.0	0.833	0.103
	X1	7.78	29.5	24.5	7.9	124.00	5688.0	0.667	0.100
	X2	7.64	29.0	24.3	7.9	130.00	5872.0	0.633	0.107
	X3	7.72	28.5	24.4	8.0	120.00	5980.0	0.733	0.114
	Y1	7.69	28.4	24.4	8.0	120.00	5980.0	0.833	0.114
	Y2	7.78	28.7	24.3	7.8	122.00	5908.0	0.783	0.118
	Y3	7.56	29.0	24.3	7.9	128.00	5752.0	0.717	0.100
	Z1	7.51	29.5	24.5	7.8	125.40	5628.0	0.533	0.100
	Z2	7.68	28.6	24.3	7.9	124.60	5656.0	0.683	0.107
	Z3	7.76	28.4	24.3	7.9	123.60	5852.0	0.633	0.114

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	Salinity (ppt)	pH	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
5	C1	7.62	31.5	24.4	8.3	120.00	5760.0	0.800	0.114
	C2	7.48	31.8	24.3	8.3	124.60	5812.0	0.900	0.121
	C3	7.51	32.0	24.3	8.4	122.60	5632.0	0.867	0.111
	X1	7.58	32.0	24.4	8.4	120.00	5836.0	0.600	0.121
	X2	7.54	31.6	24.5	8.4	120.00	5664.0	0.733	0.107
	X3	7.49	31.8	24.5	8.4	126.00	5608.0	0.800	0.114
	Y1	7.49	32.1	24.5	8.4	122.00	5704.0	0.767	0.128
	Y2	7.65	31.7	24.4	8.4	120.00	5604.0	0.833	0.118
	Y3	7.51	31.9	24.4	8.4	128.00	5868.0	0.817	0.111
	Z1	7.53	31.6	24.4	8.4	128.00	5704.0	0.583	0.118
	Z2	7.62	31.7	24.5	8.4	123.00	5888.0	0.667	0.107
	Z3	7.47	31.9	24.5	8.5	126.00	5784.0	0.717	0.128

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	Salinity (ppt)	pH	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
6	C1	7.44	31.8	24.5	8.4	126.00	5808.0	0.917	0.136
	C2	7.57	31.6	24.4	8.3	122.00	5620.0	0.950	0.121
	C3	7.51	31.5	24.4	8.4	120.00	5936.0	0.800	0.146
	X1	7.53	32.0	24.3	8.1	126.00	5712.0	0.800	0.136
	X2	7.60	31.9	24.4	8.2	118.00	5804.0	0.700	0.128
	X3	7.49	31.7	24.4	8.4	122.00	5704.0	0.650	0.114
	Y1	7.43	31.7	24.4	8.3	116.00	5808.0	0.917	0.128
	Y2	7.61	31.9	24.6	8.2	122.00	5920.0	0.817	0.146
	Y3	7.53	32.2	24.5	8.4	128.00	5856.0	0.750	0.121
	Z1	7.50	31.6	24.6	8.2	124.80	5776.0	0.600	0.121
	Z2	7.61	31.8	24.5	8.4	126.00	5868.0	0.667	0.128
	Z3	7.47	31.9	24.6	8.5	118.00	5808.0	0.733	0.111

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	Salinity (ppt)	pH	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
7	C1	7.41	31.9	24.6	8.2	125.20	5740.0	1.000	0.136
	C2	7.52	31.8	24.7	8.3	122.00	5824.0	0.900	0.146
	C3	7.47	32.0	24.7	8.4	122.80	5936.0	0.850	0.150
	X1	7.52	31.6	24.8	8.2	124.00	5928.0	0.767	0.136
	X2	7.48	31.7	24.7	8.2	123.00	5668.0	0.833	0.150
	X3	7.44	31.9	24.7	8.1	120.00	5688.0	0.867	0.139
	Y1	7.42	31.8	24.6	8.3	120.00	5700.0	0.967	0.154
	Y2	7.50	31.8	24.8	8.2	126.00	5872.0	0.900	0.139
	Y3	7.39	31.9	24.7	8.2	120.00	5744.0	0.800	0.136
	Z1	7.51	31.8	24.6	8.3	122.00	5788.0	0.783	0.128
	Z2	7.40	31.7	24.7	8.3	120.00	5844.0	0.700	0.150
	Z3	7.47	31.9	24.7	8.2	123.20	5808.0	0.667	0.136

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	ถังทดลอง	DO (mg/l)	Temp. (°C)	Salinity (ppt)	pH	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
8	C1	7.40	31.5	24.8	8.1	122.60	5796.0	1.083	0.179
	C2	7.48	31.6	24.8	8.1	120.00	5844.0	0.883	0.150
	C3	7.54	31.5	24.7	8.2	124.20	5936.0	0.983	0.171
	X1	7.43	31.7	24.9	8.2	120.00	5748.0	0.900	0.150
	X2	7.56	31.8	24.8	8.2	122.20	5676.0	0.800	0.146
	X3	7.46	31.8	24.7	8.1	124.20	5920.0	0.983	0.168
	Y1	7.41	31.9	24.8	8.2	128.00	5772.0	1.083	0.161
	Y2	7.50	31.7	24.8	8.2	126.00	5888.0	0.833	0.171
	Y3	7.38	31.7	24.7	8.3	123.20	5936.0	0.883	0.150
	Z1	7.53	31.8	24.9	8.1	124.00	5776.0	0.933	0.146
	Z2	7.40	31.8	24.8	8.3	118.00	5948.0	0.717	0.157
	Z3	7.44	31.7	24.8	8.3	128.00	5808.0	0.833	0.179

หมายเหตุ C คือกลุ่มที่ให้อาหารกึ่งกุลาดำ X คือกลุ่มที่ให้อาหารกึ่งขาว Y คือกลุ่มที่ให้อาหารสมทบ และ Z คือกลุ่มที่ให้อาหารสมทบ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปรอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 4 คุณสมบัติของน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงในบ่อควบคุมและบ่อทดลองที่ใช้ *Schizochytrium* sp. 2.0 เปรอร์เซ็นต์

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	บ่อ	Trans. (cm)	D.O. (mg/l)		Temp. (°C)		pH		Salinity (ppt)	EC (mS/cm)	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
			เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย						
2	1	12	4.40	10.20	29.5	31.5	8.1	9.1	6.0	10.64	122.0	1382.7	0.39	0.12
	2	15	4.50	9.90	29.4	31.7	8.2	9.1	5.7	10.06	117.3	1424.0	0.36	0.13
	3	12	4.60	8.50	29.5	31.4	8.1	8.9	6.1	10.76	138.7	1486.7	0.27	0.14
	4	13	4.90	9.50	29.4	31.6	8.1	8.9	5.8	10.24	106.7	1358.7	0.23	0.13
	5	14	4.80	9.20	29.4	29.7	8.3	9.2	6.5	11.45	139.3	1642.7	0.54	0.12
	6	15	4.80	9.50	29.3	31.7	8.2	9.1	6.8	11.92	130.7	1536.0	0.29	0.07
4	1	14	4.70	9.30	29.0	29.8	8.0	8.6	6.4	11.31	170.0	1430.7	0.98	0.10
	2	13	4.80	10.50	29.5	30.7	8.6	8.9	6.0	10.65	170.7	1424.0	0.74	0.10
	3	15	4.80	9.70	29.4	30.9	8.2	8.7	6.4	11.28	144.0	1350.7	0.69	0.09
	4	13	4.90	10.70	29.4	30.9	8.5	9.0	5.9	10.54	145.3	1369.3	0.43	0.10
	5	12	4.60	9.40	29.3	30.8	8.3	8.5	6.9	12.03	166.0	1525.3	0.57	0.09
	6	14	4.90	10.20	29.5	31.0	8.4	8.6	6.3	11.11	174.7	1524.0	0.50	0.08

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	บ่อ	Trans. (cm)	D.O. (mg/l)		Temp. (°C)		pH		Salinity (ppt)	EC (mS/cm)	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
			เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย						
6	1	12	5.90	9.70	26.4	28.3	8.2	8.5	6.3	11.02	207.0	1624.0	0.22	0.04
	2	13	5.50	10.60	26.3	28.6	8.4	8.6	6.0	10.61	170.0	1532.0	0.10	0.04
	3	10	5.20	9.60	26.4	28.8	8.5	8.6	6.3	11.21	187.0	1532.0	0.23	0.05
	4	12	5.40	9.40	26.5	28.7	8.1	8.5	5.2	9.30	204.0	1478.0	0.22	0.05
	5	13	5.20	9.70	27.0	28.2	8.2	8.4	6.8	11.94	179.0	1794.0	0.28	0.05
	6	12	5.40	10.30	26.9	28.0	8.2	8.6	5.9	10.45	190.0	1574.0	0.37	0.06
8	1	12	6.40	10.00	25.8	27.4	8.3	8.5	6.6	11.48	234.0	1720.0	0.45	0.03
	2	10	6.50	9.80	25.2	27.4	8.4	8.7	6.3	11.07	199.3	1584.0	0.80	0.02
	3	10	6.00	9.40	25.9	26.7	8.2	8.6	6.9	12.13	224.7	1710.7	0.77	0.04
	4	10	6.30	10.40	25.4	26.8	8.4	8.8	6.5	11.42	199.3	1714.7	1.52	0.04
	5	12	6.50	10.20	25.5	27.0	8.2	8.5	7.2	12.67	215.3	1830.7	0.92	0.03
	6	10	6.40	9.90	25.6	27.2	8.4	8.7	6.9	11.96	234.0	1874.7	0.58	0.03

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	บ่อ	Trans. (cm)	D.O. (mg/l)		Temp. (°C)		pH		Salinity (ppt)	EC (mS/cm)	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
			เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย						
10	1	10	6.50	9.50	24.6	27.0	8.1	8.4	7.6	13.16	237.3	1765.3	1.33	0.04
	2	12	6.40	10.00	24.5	27.3	8.3	8.6	6.7	11.11	184.0	1589.3	1.63	0.03
	3	13	6.30	9.80	24.8	27.2	8.2	8.5	7.3	12.63	267.3	1681.3	1.28	0.04
	4	10	6.60	10.20	24.7	27.1	8.2	8.7	6.8	11.85	200.0	1605.3	0.62	0.06
	5	12	6.50	10.10	24.6	27.0	8.0	8.6	7.7	13.44	254.7	1761.3	1.08	0.04
	6	14	6.50	10.50	24.8	27.2	8.3	8.7	7.6	13.32	280.7	1737.3	1.35	0.04
12	1	10	6.80	11.30	24.2	26.7	8.0	8.4	7.2	12.50	254.7	1313.3	1.40	0.03
	2	10	6.70	11.40	24.3	26.6	8.2	8.5	6.8	11.91	184.7	1422.7	1.32	0.04
	3	12	6.80	11.40	24.0	26.6	8.1	8.5	7.0	12.20	239.3	1464.0	1.05	0.04
	4	10	6.50	11.90	24.4	26.5	8.0	8.6	6.7	11.14	207.3	1404.0	0.63	0.04
	5	12	6.60	12.00	24.5	26.6	8.1	8.4	7.3	12.72	260.7	1720.0	0.80	0.04
	6	10	6.80	12.00	24.6	26.5	8.2	8.5	7.1	12.38	299.3	1590.7	0.53	0.04

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	บ่อ	Trans. (cm)	D.O. (mg/l)		Temp. (°C)		pH		Salinity (ppt)	EC (mS/cm)	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
			เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย						
14	1	10	6.40	11.60	25.5	27.0	8.1	8.5	6.1	11.02	273.3	1552.0	1.42	0.06
	2	11	6.30	11.30	25.4	27.2	8.2	8.6	5.8	10.26	239.3	1766.7	0.58	0.07
	3	13	6.50	11.40	25.6	27.3	8.0	8.5	5.6	9.53	259.3	1714.7	0.45	0.07
	4	10	6.00	11.40	25.6	27.0	8.0	8.6	6.8	6.06	230.0	1652.0	0.42	0.05
	5	10	6.40	11.30	25.4	27.1	8.0	8.4	5.6	9.42	285.3	1626.7	0.77	0.06
	6	12	6.50	11.20	25.4	27.2	8.0	8.6	6.1	10.74	304.7	1764.0	0.33	0.06
16	1	12	7.00	12.00	22.6	24.9	8.0	8.4	4.9	8.69	309.3	1754.7	0.70	0.06
	2	10	7.30	12.20	22.8	25.0	8.1	8.6	4.9	8.80	260.7	1864.0	0.52	0.08
	3	10	7.10	12.10	22.9	25.0	8.0	8.4	5.0	7.85	276.7	1765.3	0.73	0.06
	4	10	7.00	12.20	22.5	24.7	8.0	8.4	4.2	7.70	276.7	1802.7	0.43	0.07
	5	10	7.20	12.40	22.9	24.6	8.1	8.5	5.2	9.26	298.0	1864.0	0.88	0.08
	6	10	7.00	12.20	22.8	24.8	8.0	8.4	5.6	9.76	331.3	1812.0	0.98	0.10

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

เวลาเลี้ยง (สัปดาห์)	บ่อ	Trans. (cm)	D.O. (mg/l)		Temp. (°C)		pH		Salinity (ppt)	EC (mS/cm)	Tot. Alk (mg/l)	Hardness (mg/l)	TAN (mg/l)	Nirtite (mg/l)
			เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย						
18	1	8	7.70	13.30	21.4	23.5	8.1	8.5	5.1	9.06	270.0	1872.0	1.43	0.13
	2	7	7.80	13.00	21.5	23.6	8.3	8.6	5.0	8.98	265.3	1768.0	0.42	0.14
	3	7	7.60	13.10	21.3	23.5	8.0	8.5	5.3	9.39	264.0	1657.3	1.42	0.09
	4	9	7.50	13.20	21.4	23.6	8.0	8.5	6.7	11.82	287.3	1756.0	0.70	0.08
	5	8	7.50	13.00	21.5	23.4	8.1	8.4	6.6	11.66	286.0	1776.0	0.83	0.11
	6	8	7.40	13.20	21.2	23.7	8.3	8.5	7.5	12.93	300.0	1818.7	0.60	0.10
20	1	8	6.30	12.10	25.5	28.1	7.9	8.4	6.4	11.19	343.3	1858.7	1.37	0.19
	2	8	6.50	12.00	25.6	28.0	8.1	8.4	6.1	10.83	278.0	1756.0	0.53	0.19
	3	7	6.50	12.00	25.7	28.0	8.0	8.3	5.8	10.51	308.0	1998.7	0.57	0.19
	4	7	5.90	12.10	25.9	27.7	7.9	8.3	4.9	8.82	199.3	1796.0	0.77	0.18
	5	7	6.30	11.90	25.8	27.7	7.8	8.4	6.0	10.66	323.3	2094.7	0.67	0.17
	6	8	6.00	11.80	25.8	27.6	7.9	8.2	6.7	11.95	352.0	2020.0	0.80	0.14

หมายเหตุ บ่อที่ 1-3 คือบ่อควบคุม และบ่อที่ 4-6 คือบ่อทดลองที่ใช้ *Schizochytrium* sp.

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล	นางสาวปิยารมณ พวงช่อ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 25 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดกระบี่
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัล	
ทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-