ผลของการเสริมสาหร่ายสไปรูไลนาในอาหารต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ของกุ้งขาวแวนนาไม

Effects of *Spirulina platensis* Supplemented Diets on Growth Performance and Resistance against *Vibrio parahaemolyticus* in White Shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931)

ธีญาภรณ์ แก้วทวี[1*], อัจฉราภรณ์ สุขศรี[1] และ โนรอาเซียน เด่นปรัชญา[1]

Teeyaporn Keawtawee[1*], Atcharaporn Suksri[1] and Noarsean Denpratya[1]

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาผลของการใช้สาหร่ายสไปรูไลนาสดเสริมในอาหารสำเร็จรูป ต่อการเจริญเติบโตและความต้านทานต่อโรคตายด่วน (EMS) จากการติดเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio parahaemolyticus* ในกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) ผลของการเลี้ยงกุ้งที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 0.021 ± 0.01 กรัม ด้วยอาหารเสริมสาหร่ายสด ที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก เป็นเวลา 15 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตรารอดของกุ้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในทุกชุดการทดลอง เมื่อสุ่มกุ้งแต่ละตู้จำนวน 10 ตัว แช่ในเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* เป็นเวลา 7 วัน พบว่า อัตรารอดของลูกกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสไปรูลินาสด หลังจากแช่เชื้อ มีค่าสูงกว่าลูกกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่ผสมสไปรูลินาสดในทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเสริมสาหร่ายสไปรูลินาสดในอาหาร สามารถเพิ่มความต้านทานต่อโรค EMS จากการติดเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* ในลูกกุ้งขาวแวนนาไม

คำสำคัญ: สาหร่ายสไปรูไลนา, กุ้งขาวแวนนาไม, โรคตายด่วน, *Vibrio parahaemolyticus*

ABSTRACT: : The objective of this study was to evaluate the efficiency of diets containing different levels of fresh Spirulina platensis on the growth performance and resistance against the early mortality syndrome (EMS) disease caused by *Vibrio parahaemolyticus* in white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931). Spirulina supplemented feed were prepared by mixing with commercial feed at different concentration at 0, 5, 10, 15 and 20% wet weight. Feed were randomized fed to 0.021 ± 0.01 grams of shrimp in triplicate for duration of 15 days. After 15 days of culture period, there were no significant differences ($P>0.05$) in growth performance and survival rate among the treatments. Ten shrimp were sampled after 15 days post feeding to determine survival rate post *V. parahaemolyticus* immersion for 7 days. Result of survival rate of shrimp in all treatments which were fed by Spirulina supplemented diet were significantly ($P<0.05$) higher than in treatment without *Spirulina* supplementation. These results clearly indicated that supplementation of fresh *S. platensis* in shrimp diets was recommended to improve shrimp resistance on EMS disease caused by *V. parahaemolyticus*.

Keywords: *Spirulina platensis*, white shrimp, early mortality syndrome, *Vibrio parahaemolyticus*

[1] ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา 90110

Department of Aquatic Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110

[*] Corresponding author: teeyaporn.k@psu.ac.th

บทนำ

สถานการณ์การเลี้ยงกุ้งทะเล โดยเฉพาะกุ้งขาวแวนนาไม เริ่มมีการระบาดของโรคตับวายเฉียบพลัน หรือโรคตายด่วน (Early Motality Syndrome; EMS) จากการติดเชื้อแบคทีเรียชนิดวิบริโอพาราฮีโมไลติคัส (*Vibrio parahaemolyticus)* ส่งผลให้ผลผลิตกุ้งทะเลของไทยลดปริมาณลงมากจนกระทั่ง พ.ศ. 2556 ผลผลิตกุ้งทะเล
โดยภาพรวมของประเทศ ลดลงกว่า 50% เมื่อเทียบกับปริมาณการผลิตในปี พ.ศ. 2555 พบว่าสาเหตุหนึ่งมาจากการติดเชื้อวิบริโอพาราฮีโมไลติคัส ส่งผลให้มีการตายสะสมของกุ้ง (Lightner et al., 2012, FAO, 2013, Flegel and Lo, 2014) ทำให้เกษตรกรแก้ปัญหาด้วยการใช้ยาปฏิชีวนะกันอย่างแพร่หลาย เกิดสารตกค้าง ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม และมนุษย์ที่บริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อน (Rigos et al., 2004; Bansemir et al., 2006) และส่งผลกระทบต่อการส่งออกกุ้งของไทย แนวทางในการลดการใช้สารเคมีหรือยาปฏิชีวนะ เช่น การจัดการเตรียมบ่อ การตรวจสอบและจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง การเติมจุลินทรีย์ในบ่อ รวมทั้งการใช้สมุนไพรผสมอาหารเพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (กฤษดา และคณะ, 2557) สาหร่ายสไปรูไลนา ชนิด Spirulina platensis เป็นหนึ่งในสาหร่ายขนาดเล็กที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ และเพิ่มความต้านทานต่อการติดเชื้อวิบริโอให้กับกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินา (Tayag et al, 2010) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของการเสริมสาหร่ายสไปรูลินาสดที่ระดับต่างกัน ในอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงลูกกุ้งขาวแวนนาไมต่อการเจริญเติบโต และความสามารถในการต้านทานต่อการติดเชื้อ *V. parahaemolyticus* ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตแล้ว ยังเป็นการช่วยลดปัญหาการใช้ยาปฏิชีวนะ และลดต้นทุนจากการใช้สารเคมีในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม และทำให้ผู้บริโภคได้บริโภคกุ้งที่ปลอดภัยอีกด้วย

วิธีการศึกษา

1. เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา ด้วยอาหารสูตรพิเศษสำหรับเพาะเลี้ยงสไปรูลินาแบบมหมวลของกรมประมง จนได้ปริมาณเพียงพอ จากนั้นกรองเซลล์สาหร่ายด้วยถุงกรองขนาดตา 50 ไมครอน ล้างเซลล์ให้สะอาดด้วยน้ำประปา และใช้ผ้าขนหนูสะอาดซับน้ำให้เหลือน้อยที่สุด

2. เตรียมอาหารทดลอง โดยการผสมสาหร่ายสดในอาหารสำเร็จรูป เบอร์ 1 สำหรับเลี้ยงลูกกุ้งแวนนาไม ที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20% น้ำหนักเปียก ตามลำดับ

3. วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้าของสาหร่ายสไปรูลินาสด และอาหารทดลอง ด้วยวิธีการ
ของ AOAC (1990)

4. ทำการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD)

5. นำลูกกุ้งขาวแวนนาไม ขนาดเฉลี่ย 0.021 ± 0.01 กรัม ใส่ในตู้ทดลองที่มีน้ำทะเลฆ่าเชื้อความเค็ม 25 ส่วน
ในพัน ปริมาตร 50 ลิตร จำนวน 15 ตู้ ตู้ละ 30 ตัว

6. เลี้ยงลูกกุ้งด้วยอาหารแต่ละสูตรเป็นระยะเวลา 15 วัน โดยให้อาหารวันละ 5 ครั้ง เวลา 8.00, 12.00, 16.00, 20.00 และ 24.00 น. โดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

7. วิเคราะห์ปริมาณ อุณหภูมิ ความเค็ม และพีเอชทุกวัน ส่วนปริมาณ แอมโมเนีย และไนไตรท์ทุก 3 วัน

8. ชั่งน้ำหนักกุ้ง คำนวณอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกกุ้งแต่ละชุดทดลอง เมื่อเลี้ยงกุ้งครบ
15 วัน

9. ทำการสุ่มลูกกุ้งจำนวน 10 ตัวต่อตู้ เมื่อเลี้ยงกุ้งครบ 15 วันแล้วนำไปแช่ในเชื้อ *V. parahaemolyticus* ความเข้มข้น 2.67 × 107 CFU/mL เป็นเวลา 7 วัน

10. สังเกตการตายของลูกกุ้ง นำตับลูกกุ้งที่ตายไปเขี่ยเชื้อบนอาหาร TCBS ทันที เพื่อทดสอบสาเหตุการตายของลูกกุ้งว่าเกิดจากการติดเชื้อ *V.parahaemolyticus* หรือไม่

11. วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลในแต่ละชุดการทดลองด้วย Analysis of variance (ANOVA) (Duncan"s New Multiple Range Test)

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS/PC 16.0

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

1. คุณค่าทางโภชนาการ (Proximate analysis) ของสูตรอาหาร

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสูตรอาหารทดลอง (Table 1) พบว่าอาหารที่ผสมสาหร่ายสไปรูลนาสดที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20% น้ำหนักเปียก มีปริมาณโปรตีน เท่ากับ 36.29 ± 0.07, 37.13 ± 0.46, 38.36 ± 0.57, 39.35 ± 0.07, และ 40.04 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) แต่มีปริมาณต่ำกว่าสาหร่ายสไปรูไลนาสดทุกชุดการทดลอง ส่วนปริมาณไขมันในอาหารที่ผสมสาหร่ายสด 10, 15 และ 20% น้ำหนักเปียก มีค่าสูงกว่าอาหารที่ไม่ผสมสาหร่ายสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) มีค่าเท่ากับ 9.60 ± 0.28, 10.30 ± 0.14 และ 10.70% ตามลำดับ ส่วนอาหารที่ผสมสาหร่ายสด 5% มีปริมาณไขมันเท่ากับ 9.00 ± 1.13% ไม่มีความแตกต่างกับอาหารที่ผสมและไม่ผสมสาหร่ายสดอย่างมีนัยสำคัญทาง นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณเถ้า ในอาหารที่ไม่ผสมสาหร่ายสดมีค่าสูงกว่าอาหารที่ผสมสาหร่ายสดทุกชุดการทดลอง ส่วนความชื้น ของอาหารทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าอาหารที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีปริมาณโปรตีนและไขมันเหมาะสมสำหรับเลี้ยงกุ้งทะเล ซึ่งควรมีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 36 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ (Shiau and Chou, 1991, Amaya, et al., 2006).

Table 1 The percentage of ash, moisture, total lipid and protein contents of diets containing different levels of fresh *S. platensis*.

Diet	Ash (%)	Moisture (%)	Lipid (%)	Protein (%)
Control (0% *Spirulina*)	12.17 ± 0.21[a]	9.83 ± 0.12[a]	7.80 ± 0.85[b]	36.29 ± 0.07[a]
T1 (5% *Spirulina*)	11.07 ± 0.21[b]	10.50 ± 0.26[a]	9.00 ± 1.13[ab]	37.13 ± 0.46[a]
T2 (10% *Spirulina*)	11.00 ± 0.10[b]	10.73 ± 0.12[a]	9.60 ± 0.28[a]	38.36 ± 0.57[a]
T3 (15% *Spirulina*)	11.03 ± 0.06[b]	11.03 ± 0.06[a]	10.30 ± 0.14[a]	39.35 ± 0.07[a]
T4 (20% *Spirulina*)	10.87 ± 0.06[b]	10.70 ± 0.26[a]	10.70 ± 0.14[a]	40.04 ± 0.04[a]
Fresh *Spirulina*	10.55 ± 0.04	82.33 ± 1.10	3.57 ± 0.14	50.85 ± 0.11

[a,b] Means within the same column with different superscripts differ significantly ($P<0.05$)

2. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) อัตรารอด (Survival) และอัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อ (FCR)

ผลการทดลองเลี้ยงลูกกุ้งขาวแวนนาไมด้วยอาหารสำเร็จรูปผสมกับสาหร่ายสไปรูลินาสดในระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20% น้ำหนักเปียก พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) มีค่าเท่ากับ 14.72 ± 0.53, 14.44 ± 0.47, 15.49 ± 0.81, 15.29 ± 0.42 และ15.23 ± 0.20 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ อัตรารอดของลูกกุ้งที่ได้รับอาหารทุกสูตร มีค่าเท่ากับ 72.22 ± 5.09, 76.67 ± 11.55, 80.00 ± 11.55, 81.11 ± 6.94 และ 86.66 ± 5.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อของลูกกุ้ง (FCR) ที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสด 20% น้ำหนักเปียก มีค่าสูงที่สุด

โดยมีค่าเท่ากับ 1.05 ± 0.03 และค่า FCR ของลูกกุ้งที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสด 5% น้ำหนักเปียกมีค่าต่ำที่สุด (Table 2) โดยมีผลการทดลองที่สอดคล้องกับณรงค์ศักดิ์ (2553) และกฤษดาและคณะ (2557) พบว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่มีสไปรูลินา 10 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตจำเพาะดีที่สุด อัตรารอดของกุ้งขาวไวนาไมเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่เสริมสไปรูไลนาสด อยู่ในช่วง 76-86% มีค่าสูงกว่าอัตรารอดของลูกกุ้งที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมสาหร่ายสไปรูไลนาสด และมีค่าสูงกว่าการทดลองของกฤษดาและคณะ (2557) ที่เลี้ยงกุ้งด้วยสูตรอาหารที่เสริมสไปรูไลนา 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 66-67% นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพน้ำไม่ว่าจะเป็น อุณหภูมิ ความเค็ม ความเป็นกรดด่าง ปริมาณไนไตรท์และแอมโมเนีย ไม่มีผลต่อการเลี้ยงกุ้งและการติดเชื้อ *V. parahaemolyticus*

Table 2 The specific growth rate (SGR), survival rate (Survival) and feed conversion ratio (FCR) of shrimp which were fed by diets containing different levels of fresh *S. platensis*.

Diet	SGR (%/day)	Survival (%)	FCR
Control (0% *Spirulina*)	14.72 ± 0.53[a]	72.22 ± 5.09[a]	0.91 ± 0.67[b]
T1 (5% *Spirulina*)	14.44 ± 0.47[a]	76.67 ± 11.55[a]	0.74 ± 0.05[c]
T2 (10% *Spirulina*)	15.49 ± 0.81[a]	80.00 ± 11.55[a]	0.94 ± 0.11[bc]
T3 (15% *Spirulina*)	15.29 ± 0.42[a]	81.11 ± 6.94[a]	0.96 ± 0.06[bc]
T4 (20% *Spirulina*)	15.23 ± 0.20[a]	86.66 ± 5.77[a]	1.05 ± 0.03[a]

[a,b] Means within the same column with different superscripts differ significantly (P<0.05)

3. ความสามารถในการต้านทานต่อเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ของลูกกุ้งขาวแวนนาไม

ผลของการทดสอบความสามารถในการต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรียชนิด *V. parahaemolyticus* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคตับวายเฉียบพลันในกุ้งขาวแวนนาไม พบว่า ลูกกุ้งที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสมสาหร่ายสด มีอัตราการตายสูงที่สุด เท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแช่ในเชื้อแบคทีเรียเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยพบลูกกุ้งตายตั้งแต่วันที่ 3 ของการแช่เชื้อ ส่วนในชุดทดลองที่ลูกกุ้งได้รับอาหารผสมสไปรูไลนาสด 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปียก มีอัตราการตายต่ำกว่าลูกกุ้งที่ได้รับอาหารไม่เสริมสาหร่ายสดทุกชุดการทดลอง มีค่าเท่ากับ 20, 30, 20 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) เมื่อนำตับของลูกกุ้งที่ตายในชุดการทดลองที่แช่เชื้อแบคทีเรียไปเขี่ยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS พบว่า มีโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียเกิดขึ้นในทุกชุดการทดลอง ซึ่งแตกต่างจากตับของลูกกุ้งในชุดควบคุมที่ไม่ได้แช่เชื้อแบคทีเรีย คือไม่พบโคโลนีของเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ TCBS ซึ่งโคโลนีสีเขียวบนอาหาร TCBS นั้นเกิดขึ้นได้จากเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม Vibrio เท่านั้น แสดงให้เห็นว่า การตายของลูกกุ้งที่แช่ในเชื้อแบคทีเรียเกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* และจากการสังเกตลักษณะของการติดเชื้อแบคทีเรียของลูกกุ้งขาวแวนนาไมหลังจากแช่ในเชื้อ *V.parahaemolyticus* ลูกกุ้งมีอาการว่ายน้ำช้าลง เซื่องซึม ลำตัวมีสีคล้ำ ตับมีสีขาวซีดและเหนียว (ชัยวุฒิ, 2556) เซลล์ตับและตับอ่อนของกุ้งมีลักษณะการตายหรือถูกทำลายอย่างรุนแรง จนเป็นสาเหตุทำให้กุ้งตายในที่สุด

Table 3 Survival rate of shrimp post V. parahaemolyticus immersion for 7 days.

Trial	Survival rate of shrimp (%)						
	Day1	Day2	Day3	Day4	Day5	Day6	Day7
Control (no immersion)	100	100	100	100	90	80	80
Control (immersion)	100	100	80	60	60	50	40
T1 (5% *Spirulina*)	100	100	100	90	90	80	80
T2 (10% *Spirulina*)	100	100	100	90	80	70	70
T3 (15% *Spirulina*)	100	100	100	90	90	80	80
T4 (20% *Spirulina*)	100	100	100	90	90	90	90

สรุปผลการศึกษา

การเสริมสาหร่ายสไปรูไลนาสดในอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vannamei Boone, 1931) ที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตรารอดและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของลูกกุ้งแวนนาไม ทั้งนี้อาจเนื่องจากอาหารที่เสริมสาหร่ายสไปรูไลนาสดมีปริมาณโปรตีน และไขมันไม่แตกต่างกับอาหารที่ไม่เสริมสาหร่ายสด และยังพบว่าลูกกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูลินาสดมีความสามารถในการต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* แสดงให้เห็นว่า อาหารที่เสริมสไปรูลินาสดมีปริมาณโปรตีนและไขมันเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของลูกกุ้งขาวแวนนาไม โดยไม่ส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตรารอดของลูกกุ้งขาวแวนนาไม แต่ช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านทานต่อการติดเชื้อก่อโรคตับวายเฉียบพลัน จากการติดเชื้อแบคทีเรีย *V. parahaemolyticus* โดยลูกกุ้งที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูไลนาจะมีภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะสูงขึ้น ทำให้มีความต้านทานต่อการติดเชื้อแบคทีเรียวิบริโอได้ (Tayag et al.; 2010) ดังนั้นสาหร่ายสไปรูลินามีความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เพื่อเพิ่มผลผลิต ลดการใช้สารเคมีและยาปฏิชีวนะ อีกทั้งยังช่วยให้การเพาะเลี้ยงกุ้งมีความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

กฤษดา นูตา, ศิริลักษณ์ วงส์พิเชษฐ และ สุทธิชัย ฤทธิธรรม. 2557. ผลของการเสริมสมุนไพรในอาหารเลี้ยงกุ้งขาว แวนนาไม. การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ชัยวุฒิ สุดทองคง. 2556. การศึกษากลุ่มอาการตายด่วนหรือ EMS ในกุ้งทะเล. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร.

ณรงค์ศักดิ์ พ่วงลาภ. 2553. การใช้สาหร่ายสไปรูไลนา (*Spirulina* sp.) เป็นแหล่งของรงควัตถุคาโรทีนอยด์ สำหรับผสมอาหารเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (Penaeus monodon). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์กรมหาชน). 2556. กุ้ง (Shrimp). กรุงเทพมหานคร.

Amaya, E. A., D.A. Davis and D.B. Rouse. 2006. Replacement of fish meal in practical diets for the pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) reared under pond conditions. Aquaculture. 262-264:393-401.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis 15th Edition. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.

Bansemir, A., M. Blume, S. Schroder and U. Lindequist. 2006. Screening of cultivated seaweeds for antibacterial activity against fish pathogenic bacteria. Journal of Aquaculture Research. 52:79-84.

FAO. 2013. Report of the FAO/MARD Technical Workshop on Early Mortality Syndrome (EMS) or Acute Hepatopancreatic Necrosis Syndrome (AHPNS) of Cultured Shrimp (under TCP / VIE / 3304). Hanoi, Viet Nam, on 25 – 27 June 2013. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1053. Rome. 54 p.

Flegel, T.W. and C.F. Lo. 2014. Announcement regarding free release of primers for specific detection of bacterial isolates that cause acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND). 6 p.

Lawhavinit, O., N. Kongkathip and B. Kongkathip. 2010. Antimicrobial Activity of Curcuminoids from Curcuma longa L. on pathogenic bacteria of shrimp and chicken. Kasetsart Journal (Natural Science). 44:364–371.

Lightner, D.V., R.M. Redman, C.R. Pantoja, B.L. Noble and L. Tran. 2012. Early motality syndrome affect shrimp in Asia. Global Aquaculture Advocate. 15:40.

Rigos, G., I. Nengas, M. Alexis and G.M. Troisi. 2004. Potential drug (oxytetracycline and oxolinic acid) pollution from Mediterranean sparid fish farm. Aquatic Toxicology. 69:281–288.

Tayag, C.M., Y.C. Lin, C. Liou and J. Chen. 2010. Administration of the hot-water extract of Spirulina platensis enhanced the immune response of white shrimp Litopenaeus vannamei and its resistance against Vibrio alginolyticus. Fish & Shellfish Immunology. 28:764-773.