



## โภชนาการอาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมและกึ่งกุลาดำ Broodstock Nutrition of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus* *vannamei*) and Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*)

พิเชต พลายเพชร<sup>1</sup>

### บทคัดย่อ

พ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมและกึ่งกุลาดำต้องการอาหารที่มีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 45% ไขมัน 10% ฟอสโฟไลเปด 2% และกรดไขมันกลุ่ม highly unsaturated fatty acid (HUFA) เช่น arachidonic acid (ARA), eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) ประมาณ 2% สารอาหารรองลงมาคือ วิตามินอี วิตามินซีและสารสีโดยเฉพาะแอสต้าแซนทินที่ควรมีในอัตรา 300-400, 800 และ 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาหาร ตามลำดับ การเสริมอาหารด้วยกรดไขมันกลุ่ม HUFA ร่วมกับสารสีหรือวิตามินอีมีปฏิสัมพันธ์เชิงบวกต่อการสืบพันธุ์ อาหารสำเร็จรูปพ่อแม่พันธุ์กุ้งสามารถแทนที่อาหารสดได้เพียง 50% แม้ว่ามีรูปแบบสารอาหารที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเกิดจากอาหารสำเร็จรูปมีระดับโปรตีน ARA และ EPA ต่ำกว่าอาหารสดและไม่มีฮอโมน ทมิก เป็นอาหารสดที่มีประสิทธิภาพในส่งเสริมการสืบพันธุ์ที่สุดเนื่องจากมีโปรตีน ARA, EPA, DHA และ คอเลสเตอรอลสูง แต่การใช้ทมิกร่วมกับอาหารสดชนิดอื่น เช่น เพรียงทะเล ซึ่งเป็นแหล่งฮอโมนช่วยเร่งความสมบูรณ์พันธุ์ของพ่อแม่พันธุ์กุ้งได้ การลดต้นทุนค่าอาหารสดทำได้โดยเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งในช่วงแรกด้วยอาหารสำเร็จรูปและเสริมด้วยอาหารสดในช่วงสุดท้ายก่อนที่แม่กุ้งจะวางไข่ อีกวิธีการคือการแทนที่อาหารสดบางส่วนด้วยอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยซึ่งผ่านการเสริมสารอาหาร เช่น กรดไขมันจำเป็น สารสี แพลงก์ตอนพืชหรือสมุนไพร

<sup>1</sup>สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง อ.บางไทร จ.พระนครศรีอยุธยา

## ABSTRACT

Pacific white and black tiger shrimp broodstocks require at least dietary 45 % protein, 10% lipid, 2% phospholipid and approximately 2% of highly unsaturated fatty acid (HUFA) such as arachidonic acid (ARA), eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA). Other nutrients are vitamin E, vitamin C and pigment especially astaxanthin at ratios of 300-400, 800 and 250 mg/Kg feed, respectively. HUFA supplementation integrated with pigment or vitamin E shows positive interaction to reproduction. Artificial shrimp broodstock feed can replace fresh feed by only 50%, despite having similar nutrient patterns. Possibly, it contains less protein, ARA and EPA, also lacking hormone. Squid is most efficient fresh feed for enhancing reproduction because of containing high protein, ARA, EPA, DHA and cholesterol. However, integration of squid with various fresh feeds such as polychaete, a source of hormone benefits enhancing reproduction. Cost of fresh feed can be reduced by feeding broodstock with artificial feed at earlier culture period, then supplemented with fresh feed at the late period before spawning. Another method is partial replacing with *Artemia* biomass enriched with essential fatty acid, pigment, phytoplankton or herb.

**คำสำคัญ:** โภชนาการ กุ้งขาวแวนนาไม กุ้งกุลาดำ พ่อแม่พันธุ์

**Keywords:** Nutrition, Pacific white shrimp, Black tiger shrimp, Broodstock

## บทนำ

การจัดการโภชนาการอาหารสำหรับพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเล โดยเฉพาะ กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) และกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) นับเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับการผลิตลูกพันธุ์ให้มีคุณภาพและมีปริมาณเพียงพอกับความต้องการของเกษตรกร ซึ่งทั้งสองหัวข้อนี้เป็นเรื่องที่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในทวีปเอเชียให้ความสำคัญเป็นอันดับสามรองจากเรื่องโรคและการลดต้นทุนการผลิต (Valderrama and Anderson, 2011) อย่างไรก็ตามกลับมีการศึกษาเกี่ยวกับโภชนาการอาหารสำหรับพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลน้อยมากทั้งนี้อาจเนื่องจากค่าดำเนินการทดลองที่สูงเนื่องจากต้องใช้ระบบการทดลองที่ใหญ่ ใช้แรงงานจำนวนมากรวมทั้งระยะเวลา

ในการทดลองนานเพื่อให้ได้ผลที่เชื่อถือได้ทางสถิติ ซึ่งนับเป็นอุปสรรคสำคัญในการแสวงหาองค์ความรู้เกี่ยวกับเรื่องเหล่านี้ โดยงานวิจัยที่มีการศึกษาไว้แล้วได้เน้นเกี่ยวกับการศึกษาความต้องการสารอาหาร โดยเฉพาะไขมันและวิตามินและการพัฒนาอาหารสำเร็จรูปพ่อแม่พันธุ์เพื่อแทนที่อาหารสด (Wouters et al., 2001a) จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าการศึกษาด้านโภชนาการอาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้งยังคงมีความจำเป็นอย่างยิ่งยวดสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล โดยเฉพาะการค้นคว้าเพื่อสร้างอาหารสำเร็จรูปสำหรับพ่อแม่พันธุ์เนื่องจากการใช้อาหารสดเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์มีต้นทุนสูงถึง 30% ของต้นทุนรวม (Wouters and Fegan, 2004) อย่างไรก็ตามการที่จะทำการศึกษารื่องใด ๆ จำเป็นต้องมีการทบทวนวรรณกรรมว่ามีการ

ทำงานวิจัยอะไรบ้างและก้าวหน้าอย่างไรเพื่อที่จะได้ศึกษาเพิ่มเติมในส่วนที่ขาดและเป็นประโยชน์ ทั้งนี้จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยและบทความวิชาการพบว่าการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับอาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลที่ค่อนข้างสมบูรณ์ไปแล้ว 2 เรื่องคือ โภชนาการอาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้งสกุลพีเนียส (Wouters et al., 2001a) และอาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำ (Chimsung, 2014) รวมทั้งการทบทวนวรรณกรรมเฉพาะบางส่วนอีก 2 เรื่องคือ บทบาทไขมันและวิตามินในแม่กุ้งทะเลที่สมบูรณ์พันธุ์ (Wouters and Molina, 2001) และโภชนาการอาหารพ่อแม่กุ้งทะเล (Wouters and Flegan, 2004) อย่างไรก็ตามในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา ยังไม่มีการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับโภชนาการอาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมอย่างเป็นทางการ รวมทั้งงานทบทวนวรรณกรรมของ Chimsung (2014) เป็นการนำเสนอข้อมูลงานวิจัยของอาหารแต่ละชนิดทั้งอาหารสดและอาหารที่ผลิตขึ้นแต่แสดงข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการสารอาหารบางชนิดของพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำ ดังนั้นรายงานนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอเกี่ยวกับความต้องการสารอาหารของพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งกุลาดำโดยอ้างอิงผลที่มีต่อการสะสมสารอาหารและประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของกุ้งทั้งสองชนิดเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาวิจัยในหัวข้อที่ยังไม่ได้ศึกษาหรือยังมีผลการทดลองที่ไม่ชัดเจน รวมทั้งเพื่อเป็นประโยชน์เบื้องต้นสำหรับเกษตรกรในการนำผลวิจัยไปใช้เพื่อการจัดการพ่อแม่พันธุ์กุ้งทั้งสองชนิดนี้ต่อไป

### ผลผลิตการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกสัตว์น้ำรายสำคัญของโลกโดยเฉพาะกุ้งทะเล โดยเกษตรกรไทยและเกษตรกรประเทศอื่นๆ ในทวีปเอเชียนิยมเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งกุลาดำ ซึ่งกุ้งทะเลทั้งสองชนิดนี้ได้

กลายเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเนื่องจากผลผลิตส่วนใหญ่กลายเป็นสินค้าส่งออกที่สร้างรายได้เข้าประเทศ โดยนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 เป็นต้นมาผลผลิตของกุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยงของโลกได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงแรกผลผลิตส่วนใหญ่จะเป็นกุ้งกุลาดำแต่ปัจจุบันผลผลิตส่วนใหญ่ (65%) คือกุ้งขาวแวนนาไม (รูปที่ 1) และผลผลิตส่วนใหญ่มาจากทวีปเอเชีย (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า สืบค้น, 2555; Valderrama and Anderson, 2011) ทั้งนี้การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 โดยเฉพาะในประเทศจีนและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สำหรับในประเทศไทยปัจจุบันพบว่าเกษตรกรเกือบทั้งหมด (99%) เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (FAO, 2013) ทั้งนี้เพื่อทดแทนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ประสบปัญหาโรคระบาดและการเจริญเติบโตช้า โดยในช่วงปี พ.ศ. 2549-2555 ประเทศไทยมีผลิตกุ้งขาวแวนนาไมเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าปีละ 500,000 ตัน โดยคิดเป็นอันดับ 2 ของโลก รองจากประเทศจีน (รูปที่ 2) และสามารถส่งออกผลิตภัณฑ์กุ้งทะเลได้เป็นอันดับ 1 ของโลก ในรูปสินค้ากุ้งแช่แข็งและกุ้งปรุงแต่งที่สร้างรายได้ไม่ต่ำกว่าปีละ 100,000 ล้านบาท หรือคิดเป็น 1.6% ของรายได้จากการส่งออกรวม (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า สืบค้น, 2555; สำนักยุทธศาสตร์การเจรจาการค้า, 2555; สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย, 2556; Valderrama and Anderson, 2011)

อย่างไรก็ตามผลผลิตกุ้งทะเลทั่วโลกในปี พ.ศ. 2556 ได้ลดลงเป็นอย่างมากเนื่องจากการลดลงของผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทย จีน เวียดนามและเม็กซิโก (Anderson and Tveteres, 2013) เนื่องจากการระบาดของโรคตายด่วน (early mortality syndrome, EMS) หรืออาจเรียกว่าโรคตับวายเฉียบพลัน (acute hepatopancreatic necrosis

syndrome, AHPNS) โดยเฉพาะผลผลิตของประเทศไทยที่ลดลงไม่ถึง 300,000 ตัน (ตารางที่ 1) และเป็นประเทศที่มีอัตราการลดลงของผลผลิตมากที่สุด โดยสาเหตุหนึ่งของโรคนี้อาจเกิดจากการติดเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ที่ทำให้อุณหภูมิตายเป็นจำนวนมากในช่วงเดือนแรกของการเลี้ยง โดยในประเทศไทยมีรายงานการพบโรคนี้อีกครั้งในช่วงปลายปี พ.ศ. 2554 บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยภาคตะวันออกและเริ่มระบาดมากขึ้นในปี พ.ศ. 2555 (FAO, 2013) ในทางตรงข้ามผลผลิตกุ้งทะเลของประเทศอินโดนีเซีย อินเดีย เอกวาดอร์และบราซิลได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (รูปที่ 2) โดยเฉพาะประเทศอินโดนีเซียที่ได้กลายเป็นผู้ผลิตกุ้งทะเลอันดับ 2 ของโลกแทนประเทศไทย (Anderson and Tveteres, 2013) อย่างไรก็ตามผลผลิตที่เพิ่มขึ้นก็ยังไม่สามารถชดเชยผลผลิตของประเทศไทย จีนและเวียดนามที่ลดลงได้ และข้อมูลผลผลิตกุ้งทะเลในประเทศไทยใน 6 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2557 พบว่ายังคงลดลงอย่างต่อเนื่องและน้อยกว่าผลผลิตในปี พ.ศ. 2556 ประมาณ 39% (ณาคยา, 2557)

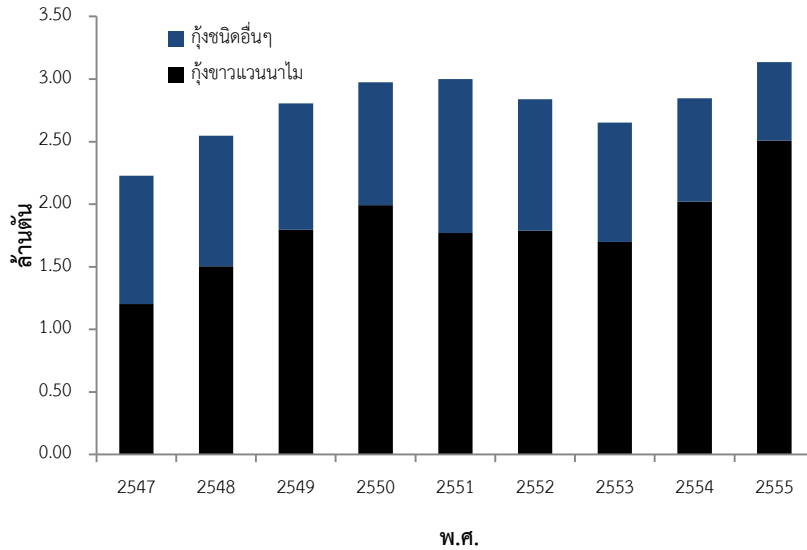
### ความต้องการโปรตีนและไขมัน

ในช่วงฤดูสืบพันธุ์พ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งกุลาดำมีความต้องการโปรตีนและกรดอะมิโนเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้องใช้สารอาหารเหล่านี้ในการสร้างไข่สเปิร์มและฮอร์โมน จากการศึกษาของ Millamena et al. (1986) พบว่าพ่อแม่พันธุ์กุลาดำมีความต้องการโปรตีนอยู่ในช่วง 50-55% ขณะที่ Chimsung (2014) แนะนำว่าอาหารพ่อแม่พันธุ์กุลาดำควรมีโปรตีนไม่ต่ำกว่า 45% แม้ไม่มีรายงานความต้องการโปรตีนของพ่อแม่พันธุ์ขาวแวนนาไมที่แน่ชัดแต่ความต้องการน่าจะใกล้เคียงกับกุลาดำ ขณะที่อาหารสำเร็จรูปพ่อแม่พันธุ์กุลาดำที่จำหน่ายโดยทั่วไปในท้องตลาดมีระดับโปรตีนประมาณ 40-54% (เฉลี่ย 50%) แต่ยังคงต่ำกว่า

ระดับโปรตีนในอาหารสดเมื่อคิดในรูปน้ำหนักแห้ง (Wouters and Fegan, 2004) ซึ่งระดับโปรตีนที่ต่ำกว่านี้อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พ่อแม่พันธุ์กุ้งทั้งสองชนิดนี้ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปมีประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ที่ต่ำกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารสด แนวคิดนี้มีความเป็นไปได้เนื่องจากการศึกษาพบว่าแม่กุ้งขาวแวนนาไมที่มีระดับโปรตีนในตับและรังไข่สูงจะมีอัตราการวางไข่ที่ดีกว่าแม่กุ้งที่มีโปรตีนในอวัยวะทั้งสองน้อยกว่า (Wouters and Fegan, 2004) ในทางตรงข้ามระดับไขมันในอาหารสำเร็จรูปมีค่าเฉลี่ยประมาณ 10% ซึ่งใกล้เคียงกับระดับไขมันในอาหารสด (Wouters and Fegan, 2004) ทั้งนี้การเพิ่มระดับไขมันในอาหารสำเร็จรูปให้สูงกว่าระดับไขมันในอาหารสำหรับการเลี้ยงกุ้งทั่วไปหรือการใช้อาหารสดเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งทั้งสองชนิดนี้นับว่าสอดคล้องกับการสะสมไขมันในอวัยวะสืบพันธุ์ของกุ้งขาวแวนนาไมระยะสืบพันธุ์ที่สูงกว่าระยะอื่น ๆ อย่างน้อย 2 เท่า (Wouters and Molina, 2001)

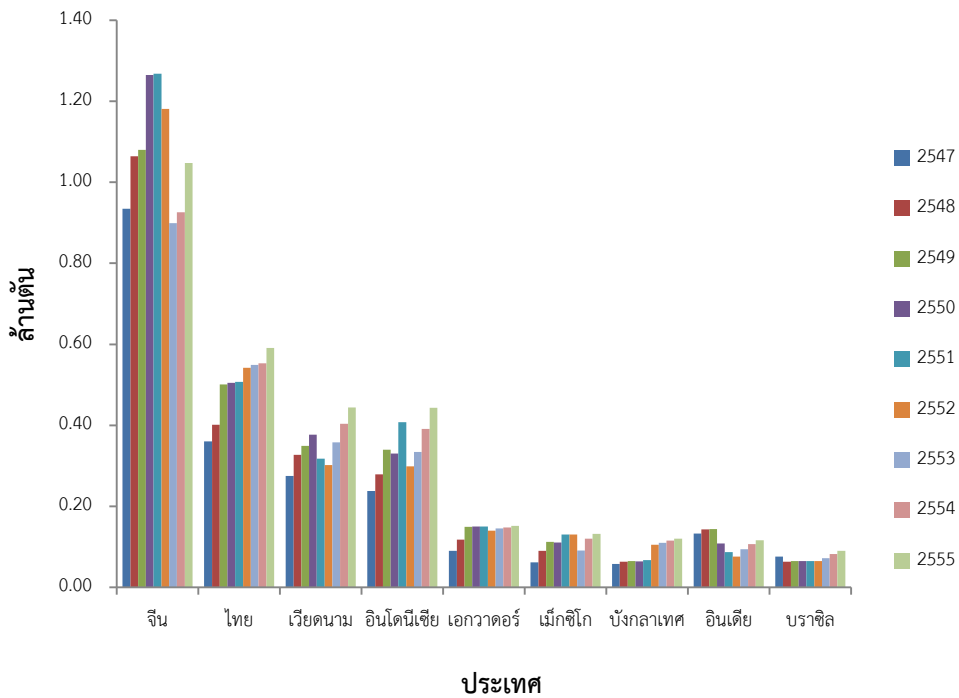
### ความต้องการกรดไขมันจำเป็น

นอกจากไขมันเป็นแหล่งพลังงานแล้วยังมีบทบาทในแง่เป็นแหล่งกรดไขมันกลุ่ม highly unsaturated fatty acids (HUFA) เช่น eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3) และ docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3) ซึ่งพบมากในรังไข่กุ้ง และการขาดแคลนกรดไขมันจำเป็นทั้งสองชนิดนี้ทำให้แม่กุ้งมีพัฒนาการของรังไข่ ความตกไข่และคุณภาพไข่ด้อยลง กรดไขมันจำเป็นอีกชนิดคือ arachidonic acid (ARA, 20:4n-6) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างฮอร์โมนพรอสตาแกลนดิน (prostaglandin) ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการสืบพันธุ์และการสร้างและสะสมโยลค์ (Wouters and Fegan, 2004)



รูปที่ 1 ผลผลิตกึ่งข้าวเหนียวของประเทศไทยผู้ผลิตรายสำคัญของโลกระหว่างปี พ.ศ. 2547-2555

(หมายเหตุ: ประเทศผู้ผลิตได้แก่ จีน ไทย เวียดนาม อินโดนีเซีย เอกวาดอร์ เม็กซิโก บังกลาเทศ อินเดียและบราซิล; ที่มา: สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า สันค้ำเกษตร, 2555; Valderrama and Anderson, 2011)



รูปที่ 2 ผลผลิตกึ่งทะเลจากการเลี้ยงของประเทศผู้ผลิตอันดับ 1-9 ของโลก ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2555

(ที่มา: สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า สันค้ำเกษตร, 2555)

ตารางที่ 1 ผลผลิตการเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2547-2556 (หน่วย: พันตัน)

พ.ศ.	กุ้งขาวแวนนาไม	กุ้งกุลาดำ	ผลผลิตรวม	สัดส่วน (%)	
				กุ้งขาวแวนนาไม	กุ้งกุลาดำ
2547	251.7	106.9	358.6	70.19	29.81
2548	374.5	26.0	400.5	93.51	6.49
2549	503.2	4.0	507.2	99.21	0.79
2550	441.4	3.3	444.7	99.26	0.74
2551	464.4	1.9	466.3	99.59	0.41
2552	565.1	1.1	566.2	99.81	0.19
2553	551.5	2.4	553.9	99.57	0.43
2554	500.7	1.4	502.1	99.72	0.28
2555	458.0	4.7	462.7	98.98	1.02
2556	246.0	10.7	256.7	95.83	4.17

(หมายเหตุ: ข้อมูลปี พ.ศ. 2547-2554 (ขนาดยา, 2556ก), พ.ศ. 2555-2556 (ขนาดยา, 2556ข))

จากการศึกษาการสะสมกรดไขมันจำเป็นในรังไข่ของกุ้งขาวแวนนาไมธรรมชาติและในลูกกุ้งระยะนอพลีสพบว่าการสะสมของ ARA, EPA และ DHA ในรังไข่ระยะ 0-4 มีรูปแบบที่แตกต่างกัน โดยรังไข่มีการสะสม ARA ลดลงตามระยะรังไข่ที่เพิ่มขึ้น ในทางตรงข้ามการสะสม DHA มีค่าสูงขึ้น ขณะที่การสะสม EPA ในรังไข่ค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้รังไข่มีปริมาณ EPA สูงสุด รองลงมาคือ DHA และ ARA ตามลำดับ แนวโน้มนี้ยังพบในนอพลีสอีกด้วย (Wouters et al., 2001b) ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า DHA มีบทบาทที่ชัดเจนต่อการสร้างไข่ ขณะที่ ARA และ EPA มีบทบาทต่อการพัฒนาของรังไข่ สอดคล้องกับการทดลองของ Huang et al. (2008) ที่พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณ ARA ในอาหารกับความดกไข่และจำนวนไข่ของแม่กุ้งกุลาดำ เช่นเดียวกับกับการทดลองของ Coman et al. (2009) ที่พบว่า การเสริม ARA ทำให้มีจำนวนแม่กุ้งกุลาดำที่วางไข่ จำนวนครั้ง การวางไข่และจำนวนไข่ต่อแม่มากกว่าการไม่เสริม

อย่างไรก็ตามระดับกรดไขมันกลุ่ม HUFA ในอาหารไม่ควรเกิน 2% เนื่องจากเป็นค่าที่มีผลให้แม่กุ้ง

ขาวแวนนาไมมีดัชนีอวัยวะสืบพันธุ์ (gonosomatic index, GSI) สูงสุด (Wouters et al., 2001c) และอัตราส่วนของกรดไขมันจำเป็นทั้ง 3 ชนิดนี้ ควรมีค่าใกล้เคียงกัน เหมือนกับที่พบในหมึกซึ่งเป็นอาหารสดที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดใน (Shailender et al., 2012) นอกจากนี้มีคำแนะนำว่าอาหารสำเร็จรูปพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลควรมีอัตราส่วนของกรดไขมันกลุ่ม n-3 และ n-6 เท่ากับ 3:1 เพื่อให้แน่ใจว่าพ่อแม่กุ้งจะได้รับกรดไขมันจำเป็นเพียงพอต่อการสืบพันธุ์ ขณะเดียวกันกับฟอสโฟไลปิดในอาหารควรมีค่าเท่ากับ 2% เพื่อให้เพียงพอต่อการสร้างไข่ (Wouters and Fegan, 2004) อย่างไรก็ตามอาหารสำเร็จรูปสำหรับพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลส่วนใหญ่มี ARA และ EPA ต่ำ (Wouters and Fegan, 2004) ซึ่งน่าจะเป็นอีกสาเหตุที่ทำให้พ่อแม่กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปมีประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ที่ไม่ดี ขณะที่อาหารสดมีกรดไขมันทั้ง 3 ชนิดนี้ในอัตราสูง เช่น เพรียงทรายมี ARA และ EPA สูง แต่มี DHA ต่ำ ขณะที่หมึกมี ARA, EPA และ DHA ในปริมาณสูง (Shailender et al., 2012) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอาหารมีชีวิตด้วยกันพบว่าหมึกมีประสิทธิภาพใน

ส่งเสริมการสืบพันธุ์ดีกว่าเพรียงทรายและหอยสองฝา เนื่องจากผลการทดลองพบว่า กุ้งแชบ๊วย (*Fenneropenaeus merguensis*) เพศผู้ที่เลี้ยงด้วยหมึกกล้วยมีอัตราการส่วนของเสปิร์มที่เคลื่อนไหวสูงกว่าเสปิร์มของกุ้งเพศผู้ที่เลี้ยงด้วยหอยแครงและเพรียงทราย (Memon et al., 2012) และผลยังสอดคล้องกับการศึกษาในกุ้งกุลาดำ (Shailender et al., 2012)

### ความต้องการวิตามิน

วิตามินเป็นสารอาหารอีกกลุ่มที่มีบทบาทสำคัญต่อการสืบพันธุ์พ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเล มีรายงานว่า การเสริมวิตามินอีในอาหารทำให้แม่กุ้งขาวแวนนาไมธรรมชาติวางไข่และประสิทธิภาพการฟักดีขึ้น (Wouters and Fegan, 2004) โดยพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวมีการสะสมวิตามินอีในอวัยวะสืบพันธุ์เพิ่มมากขึ้นตามระยะการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ ซึ่งระดับการสะสมมีค่าสูงถึง 300-350 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Wouters and Molina, 2001) ระดับการสะสมนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Du et al. (2006) ที่พบว่าระดับวิตามินอีประมาณ 350 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ทำให้พ่อแม่กุ้งขาวเจริญพันธุ์ได้ดีและไข่มีอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักดีกว่าอัตราการไข่ที่ต่ำกว่านี้ ขณะเดียวกันก็พบว่าระดับวิตามินอี 400 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร มีผลให้พ่อแม่กุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักของถุงน้ำเชื้ออัตราส่วนของเสปิร์มที่มีชีวิตดีกว่าอัตรา 200 และ 600 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร และอัตรา 400 และ 600 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร มีผลให้กุ้งมีปริมาณเสปิร์มสูงกว่าอัตรา 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร (สรวงสุดา, 2547) ในทางตรงข้ามการสะสมวิตามินซีในอวัยวะสืบพันธุ์ของกุ้งทั้งระยะก่อนสืบพันธุ์และระยะสืบพันธุ์ไม่แตกต่างกัน โดยมีการสะสมที่ระดับ 400-450 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าวิตามินซีไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ (Wouters and Fegan,

2004) แต่อาจมีผลต่อดัชนีอื่นๆ ดังที่พบในกุ้งแชบ๊วย (*F. indicus*) ที่การเสริมวิตามินซีช่วยเพิ่มอัตราการฟักของลูกกุ้ง

นอกจากนี้การทดลองของ Du et al. (2004) ยังพบอีกว่าการเสริมวิตามินซีอัตรา 800 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ทำให้แม่กุ้งขาวแวนนาไมมีอัตราการวางไข่ และลูกกุ้งมีอัตราการปฏิสนธิและอัตราการฟักดีกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารที่มีการเสริมวิตามินซีอัตรา 400 และ 1,200 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบระดับการใช้วิตามินซีและวิตามินอีในอาหารแล้วพบว่าอัตราการใช้วิตามินซีไม่สัมพันธ์กับระดับการสะสมของวิตามินซีในตับและรังไข่ของกุ้งเหมือนวิตามินอี ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากวิตามินซีเป็นวิตามินที่ละลายน้ำง่ายดังนั้นอาจสูญเสียระหว่างการผลิตและระหว่างที่อาหารอยู่ในน้ำก่อนถูกกิน รวมทั้งกุ้งสามารถถูกขับออกนอกร่างกายหากได้รับในปริมาณที่มากเกินไป ขณะที่วิตามินอีเป็นไขมันที่ละลายในไขมันทำให้ไม่ละลายน้ำและสามารถสะสมในร่างกายได้ดี นอกจากนี้วิตามินอีและวิตามินซีแล้ววิตามินเอเป็นสารอาหารอีกชนิดที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาของรังไข่แม่กุ้งทะเล โดยการเสริมที่ระดับ 20,000 หน่วยสากล/กิโลกรัมอาหาร ทำให้แม่กุ้งกุลาดำมีค่า GSI ต่ำกว่าการไม่เสริม (Pangantihon-Kühlmann et al., 1998) เช่นเดียวกันกับ Liñán-Cabello and Paniagua-Michel (2004) ที่พบว่าวิตามินเอทำให้รังไข่ของแม่กุ้งขาวแวนนาไมสมบูรณ์พันธุ์เร็วขึ้น ส่วนความต้องการวิตามินอื่นๆ แม้ว่าจะยังไม่มีการศึกษาที่แน่ชัดแต่อาจมีการใช้หรือเสริมวิตามินชนิดต่าง ๆ ในอาหารสำเร็จรูปหรืออาหารสดในระดับที่มีการระบุในงานวิจัยอาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเล ดังนี้ คือ B<sub>1</sub> (thiamine), B<sub>2</sub> (riboflavin), B<sub>3</sub> (niacin), B<sub>5</sub> (pantothenic acid), B<sub>6</sub> (pyridoxine), B<sub>7</sub> (biotin), B<sub>9</sub> (folic acid), B<sub>12</sub> (cobalamine), choline, inositol, วิตามิน D และ K

สำหรับพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไม ควรมีค่าเท่ากับ 10, 56, 225, 125, 9, 11.3, 9.7, 0.02, 843, 450, 0.11 และ 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ (Mendoza et al., 1997) และสำหรับพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำควรมีค่าเท่ากับ 63, 126, 623, 948, 190, 6.4, 13, 0.1, 9480, 6320, 19 และ 63 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ (Marsden et al., 1997)

### ความต้องการสารสี

สารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) มีบทบาทสำคัญสำหรับการสีบพันธุ์ของกุ้งทะเล เช่น แอสต้าแซนทิน (astaxanthin) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเสื่อมของเซลล์ไข่และสเปิร์ม และเบต้าแคโรทีน ( $\beta$ -carotene) ที่เป็นสารตั้งต้นในการสร้างวิตามินเอ ดังนั้นอาหารสำเร็จรูปพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งกุลาดำควรมีสารสีทั้งสองชนิดนี้ในระดับที่เหมาะสมเพื่อให้กุ้งมีประสิทธิภาพการสีบพันธุ์ที่ดี การศึกษาผลของแอสต้าแซนทินต่อการเจริญพันธุ์ของกุ้งขาวแวนนาไมเพศผู้พบว่าอัตราการไข้อย่างน้อย 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ทำให้กุ้งมีน้ำหนักของถุงน้ำเชื้อ ปริมาณสเปิร์มและอัตราส่วนของสเปิร์มที่มีชีวิตสูงกว่าอัตราการไขที่ต่ำกว่านี้ และยังพบว่าการใช้แอสต้าแซนทินในระดับที่สูงขึ้นช่วยลดความผิดปกติของสเปิร์มได้อย่างชัดเจน (สรวงสุตา, 2547) ขณะที่การใช้แอสต้าแซนทินอัตราอย่างน้อย 300 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ที่ระดับไขมันในอาหารเท่ากับ 12% ทำให้พ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำที่ได้จากการเลี้ยงมีประสิทธิภาพการสีบพันธุ์ที่ดี (Paibulkichakul et al., 2008) อย่างไรก็ตามแอสต้าแซนทินและเบต้าแคโรทีนสังเคราะห์มีราคาแพงและหาซื้อยาก ดังนั้นอาจใช้แหล่งสารสีธรรมชาติไม่แพง เช่น พริก มีรายงานว่าการผสมพริกป่น (paprika powder) อัตรา 2% กับอาหารสดเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้ง

ขาวแวนนาไมทำให้ลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะ protozoa 2 มีอัตราการตายที่ดีขึ้น (Wouters and Fegan, 2004) เช่นเดียวกันกับการเลี้ยงหอยแครงด้วยสาหร่ายสไปรูลีนาแบบผงก่อนนำหอยแครงไปเลี้ยงแม่กุ้งกุลาดำทำให้มีการสะสมแคโรทีนอยด์ในไข่สูงกว่าการไม่เสริม (Wiryapattanasub et al., 2011) ซึ่งสารสีในสไปรูลีนาจะช่วยให้ลูกกุ้งหลังฟักมีอัตราการรอดที่ดีเช่นกัน ส่วนระดับสารสีที่เหมาะสมสำหรับพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลนั้น Chimsung (2014) แนะนำว่าระดับสารสีโดยเฉพาะแอสต้าแซนทินที่เหมาะสมสำหรับอาหารพ่อแม่กุ้งทะเลควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร แต่หากเป็นการใช้สารสีธรรมชาติระดับการใช้ อาจจำเป็นต้องสูงกว่าระดับนี้

### การใช้สารอาหารร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสีบพันธุ์

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าการเสริมอาหารหรือผลิตอาหารสำเร็จรูปที่มีกรดไขมันกลุ่ม HUFA วิตามินอี วิตามินซีและสารสีที่เหมาะสมทำให้พ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งกุลาดำมีประสิทธิภาพการสีบพันธุ์ที่ดีขึ้น ทำให้เป็นที่สนใจของนักวิจัยว่าการใช้สารอาหารเหล่านี้ร่วมกันจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสีบพันธุ์ของกุ้งทะเลได้หรือไม่ อยากรู้ก็ตามการใช้สารอาหารร่วมกันอาจให้ผลเป็น 3 รูปแบบคือ ให้ผลเชิงบวก ให้ผลเชิงลบและไม่แสดงผล ทั้งนี้การให้ผลเชิงบวกเป็นสิ่งที่นักวิจัยคาดหวังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสีบพันธุ์ให้ดียิ่งขึ้นหรือช่วยลดระดับการใช้สารอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งได้ เช่น งานทดลองที่ให้ผลเชิงบวกคือ การเลี้ยงแม่กุ้งกุลาดำด้วยเนื้อหมึกที่เสริมด้วยกรดไขมัน HUFA 1% และแอสต้าแซนทิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร ทำให้มีจำนวนแม่กุ้งที่วางไข่ อัตราการวางไข่ ระยะการวางไข่ ความตกไข่และจำนวนไข่ต่อแม่ ดีกว่าการไม่เสริมหรือการเสริมด้วย



แอสต้าแซนทินเพียงอย่างเดียว (Huang et al., 2008) ทั้งนี้ผลเชิงบวกของการใช้สารอาหารทั้งสองน่าจะเกิดจากแอสต้าแซนทินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยป้องกันการเสื่อมของกรดไขมันกลุ่ม HUFA ทำให้กรดไขมันกลุ่ม HUFA ที่กึ่งได้รับจากอาหารทำหน้าที่ได้อย่างเต็มที่ ผลเชิงบวกต่อการพัฒนาของรังไข่และการวางไข่ของแมงกุงกุลด้ายยังพบได้จากการใช้แอสต้าแซนทินร่วมกับวิตามินเอ (Pangantihon-Kühlmann et al., 1998) ทั้งนี้อาจเกิดจากแอสต้าแซนทินซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระช่วยป้องกันการเสื่อมของวิตามินเอ ทั้งนี้วิตามินเอมีบทบาทต่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เช่นกัน

ขณะที่การศึกษาในกุงครูมา (*Marsupenaes japonicus*) พบว่าวิตามินอีและวิตามินซีมีผลต่ออัตราการฟัก การลอกคราบและคุณภาพของลูกกุงและวิตามินทั้งสองนี้มีอิทธิพลร่วมต่อดัชนีเหล่านี้ การทดลองนี้ยังพบอีกว่าระดับวิตามินอีที่สูงขึ้นช่วยลดระดับการใช้วิตามินซีได้ ขณะที่ระดับวิตามินซีที่สูงขึ้นทำให้วิตามินอีแสดงประสิทธิภาพได้ดียิ่งขึ้น (Nguyen et al., 2012) ทั้งนี้วิตามินอีซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอาจช่วยป้องกันการเสื่อมของวิตามินซีทำให้วิตามินทำหน้าที่ได้อย่างเต็มที่ซึ่งช่วยลดระดับการใช้วิตามินซีในอาหารได้ ขณะเดียวกันวิตามินซีก็มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้เช่นกัน ดังนั้นการเพิ่มระดับวิตามินซีในอาหารจึงทำให้สามารถลดระดับวิตามินอีในอาหารได้หรือทำให้วิตามินอีในอาหารระดับต่ำสามารถทำหน้าที่ได้ดี ขณะที่การร่วมกันของสารอาหารที่ไม่เกิดผล ได้แก่ การใช้แอสต้าแซนทินร่วมกับวิตามินอีที่พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อการเจริญพันธุ์ของกุงขาววนนาไมเพศผู้ (สรวงสุตา, 2547) ทั้งนี้เนื่องจากวิตามินอีและแอสต้าแซนทินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเหมือนกัน

## การใช้อาหารสดและความสำเร็จของการแทนที่อาหารสดด้วยอาหารสำเร็จรูป

แม้ว่าปัจจุบันมีการผลิตอาหารสำเร็จรูปออกมาจำหน่ายแต่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงกุงทะเลยังคงนิยมใช้อาหารสดเป็นอาหารหลักในการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ (Wouters et al., 2000) ทั้งนี้เกษตรกรให้ความสำคัญกับความสมบูรณ์พันธุ์ของพ่อแม่และสุขภาพของลูกกุง ซึ่งการใช้อาหารสดจะให้ผลที่ดี ขณะที่การใช้อาหารสำเร็จรูปยังไม่สามารถให้ผลตามที่เกษตรกรต้องการได้ แม้ว่าอาหารสำเร็จรูปมีความสะดวกในการเก็บรักษาสามารถเสริมอาหารต่างๆ ได้ง่ายและมีความปลอดภัยโรคมากกว่าอาหารสด (Wouters et al., 2002) ความนิยมในการใช้อาหารสดยังสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าสามารถแทนที่อาหารสดด้วยอาหารสำเร็จรูปได้เพียง 50% (Wouters et al., 2001a; Meunpol et al., 2005) นอกจากสาเหตุเรื่องระดับโปรตีนและกรดไขมันในอาหารสำเร็จรูปที่มักต่ำกว่าอาหารสดแล้วอาหารสำเร็จรูปยังไม่มีฮอร์โมนที่ช่วยส่งเสริมความสมบูรณ์ของพ่อแม่พันธุ์กุงทะเลได้เหมือนที่พบในอาหารสด เช่น เพรียงเลือด มีฮอร์โมนเมทิลฟาร์เน-โซเอต (methyl farnesoate) ที่ช่วยเพิ่มความตกไข่ของแมงกุงขาวนาไมและกุงกุลด้าย (Laufer et al., 1998; Hall et al., 1999) และเพรียงทรายยังมีฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์อีกหลายชนิด เช่น โปรเจสเตอโรน (progesterone) และ 17 แอลฟา ไฮดรอกซีโปรเจสเตอโรน (17  $\alpha$ -Hydroxy progesterone) ที่ช่วยเหนี่ยวนำการพัฒนาของเซลล์ไข่กุงกุลด้าย (Meupol et al., 2007) และพรอสตาแกลนดินชนิด PGE2 ที่เกี่ยวข้องกับการตกไข่ (Meupol et al., 2010) หมึกเป็นอาหารสดอีกชนิดหนึ่งที่เกษตรกรนิยมใช้ในการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุงทะเลเนื่องจากมีสารอาหารสำคัญสูง เช่น โปรตีน ARA, EPA DHA (Shailender et al., 2012) และมีคอเลสเตอรอลสูงใน

ปริมาณสูง (Akiyama, 1992) ซึ่งคอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นในการสร้างฮอร์โมน

อาหารสดอีกชนิดที่นิยมใช้เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลคือหอยสองฝาโดยเฉพาะหอยนางรม แม้ว่าหอยนางรมจะมีโปรตีนและกรดไขมันกลุ่ม HUFA ต่ำกว่าหมึกและเพรียงทะเลแต่หอยนางรมเป็นแหล่งของสารตั้งต้นการกินอาหารที่ดี (Hertrampf and Piedad-Pascual, 2000) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอาหารสดทั้ง 3 ชนิดนี้พบว่าหมึกมีศักยภาพในการส่งเสริมความสมบูรณ์พันธุ์ของกุ้งกุลาดำได้ดีที่สุด (Shailender et al., 2012) เช่นเดียวกันกับการทดลองในกุ้งแช่ขวย (Memon et al., 2012) ทั้งนี้น่าจะเกิดจากหมึกมีระดับโปรตีน และ DHA มากที่สุด รวมทั้งมี ARA และ EPA ในปริมาณสูง อย่างไรก็ตามเกษตรกรบางส่วนนิยมใช้อาหารทั้ง 3 ชนิดร่วมกันเนื่องจากได้ผลดีกว่าการใช้อาหารเพียงชนิดใดชนิดหนึ่ง ทั้งนี้งานวิจัยเรื่องหนึ่งพบว่าการใช้อาหารสดทั้ง 3 ชนิดนี้ ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน (หมึก:เพรียง:หอยนางรม เท่ากับ 35:30:35%) ทำให้แม่กุ้งกุลาดำมีความสมบูรณ์พันธุ์เร็วกว่าการใช้อัตราส่วนอื่น ๆ (Suminto and Rachmawati, 2014) แนวโน้มนี้ยังพบในการทดลองที่ใช้หอยสองฝา กุ้ง หมึกและเพรียงทะเลร่วมกันเลี้ยงพ่อแม่กุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งน้ำเงิน (*L. stylirostris*) (Chamberlain and Lawrence, 1981)

อย่างไรก็ตามสามารถลดต้นทุนค่าอาหารสดได้ด้วยการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ด้วยอาหารสำเร็จรูปในช่วงแรกก่อนเสริมด้วยอาหารสดในช่วงสุดท้ายก่อนที่แม่กุ้งจะวางไข่ ดังเช่นการทดลองของ Emerenciano et al. (2012) ที่พบว่า การแทนที่อาหารสำเร็จรูปด้วยอาหารสด (หอยแมลงภู่และหมึก) อัตรา 60% สำหรับเลี้ยงแม่กุ้งขาวแวนนาไมในช่วงระยะเวลา 20 วัน สุดท้ายจากระยะการทดลอง 40 วัน ทำให้มีจำนวนแม่กุ้งที่วางไข่ จำนวนไข่ต่อแม่ อัตราปฏิสนธิและอัตราการ

ฟักดีกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว การใช้อาร์ทีเมียตัวเต็มวัยนับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งทะเลเนื่องจากมีราคาถูกกว่าและมีความสะอาดมากกว่าอาหารสด อย่างไรก็ตามหากต้องการให้ได้ผลดีจำเป็นต้องเสริมสารอาหารให้แก่อาร์ทีเมียตัวเต็มวัยก่อนนำไปเลี้ยงพ่อแม่กุ้ง เช่น การเสริมด้วยสาหร่ายสไปรูไลนาสามารถใช้แทนที่อาหารสดที่ประกอบด้วยหมึก หอยนางรมและเพรียงทะเล ได้ 15% โดยไม่กระทบประสิทธิภาพการวางไข่ของแม่กุ้ง *L. setiferus* ขณะที่อาร์ทีเมียตัวเต็มวัยที่เลี้ยงด้วยยีสต์และคีโตเซอร์อสสามารถใช้แทนที่อาหารสดได้ 31% สำหรับแม่กุ้ง *L. schmitti* (Gelabert et al., 2003) การใช้สมุนไพรมังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของอาร์ทีเมีย โดย Babu et al. (2008) พบว่าการเสริมสารสกัดของรากโสมอินเดียและเมล็ดหมามูยให้แก่อาร์ทีเมียก่อนนำไปเลี้ยงแม่กุ้งกุลาดำทำให้แม่กุ้งมีค่า GSI และความตกไข่เพิ่มขึ้นระยะเวลาการวางไข่สั้นลง รวมทั้งทำให้ไข่มีขนาดใหญ่ มีอัตราปฏิสนธิและอัตราฟักดีกว่าการไม่เสริม

## บทสรุป

ในช่วงฤดูสืบพันธุ์พ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งกุลาดำต้องการสารอาหารในระดับสูงกว่ากุ้งระยะอื่น ๆ เนื่องจากต้องนำสารอาหารเหล่านี้ไปสร้างฮอร์โมนและเซลล์สืบพันธุ์ โดยสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการสืบพันธุ์ได้แก่ กรดไขมันกลุ่ม HUFA (ARA, EPA และ DHA) ฟอสโฟไลปิด วิตามินอี วิตามินซีและสารสารสีโดยเฉพาะแอสต้าแซนทิน การเสริมอาหารด้วยสารอาหารเหล่านี้บางชนิดร่วมกันทำให้เกิดประสิทธิภาพในเชิงบวกต่อการสืบพันธุ์ เช่น การใช้กรดไขมันกลุ่ม HUFA ร่วมกับสารสีหรือวิตามินอี แม้ว่าอาหารสำเร็จรูปเชิงพาณิชย์จะมีรูปแบบสารอาหารใกล้เคียงกับอาหารสดแต่สามารถใช้แทนที่อาหารสดได้

เพียง 50% เท่านั้น ทั้งนี้อาจเกิดจากอาหารสำเร็จรูปมีระดับโปรตีน ARA และ EPA ที่ต่ำกว่า รวมทั้งไม่มีสารบางชนิดที่ช่วยส่งเสริมการสืบพันธุ์ เช่น ฮอร์โมนและสารตั้งต้นการกินอาหาร หมึกเป็นอาหารสดที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการสืบพันธุ์ที่สุดเนื่องจากมีโปรตีน ARA EPA DHA และคอเลสเตอรอลในระดับสูง อย่างไรก็ตามการใช้หมึกร่วมกับอาหารสดชนิดอื่นช่วยเร่งความสมบูรณ์พันธุ์ของพ่อแม่กุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งกุลาดำได้ เช่น การใช้ร่วมกับเพรียงทะเลที่เป็นแหล่งฮอร์โมน และ/หรือการใช้ร่วมกับหอยสองฝาที่เป็นแหล่งสารตั้งต้นการกินอาหาร การลดต้นทุนค่าอาหารสดอาจทำได้โดยเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งในช่วงแรกด้วยอาหารสำเร็จรูปและเสริมด้วยอาหารสดในช่วงสุดท้ายก่อนที่แม่จะวางไข่ อีกวิธีการคือการแทนที่อาหารสดบางส่วนด้วยอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยซึ่งผ่านการเสริมสารอาหาร เช่น กรดไขมันจำเป็น สารสี แพลงก์ตอนพืชหรือสมุนไพร

## เอกสารอ้างอิง

- ผาดยา ศรีจันทิก. (2556ก). สถานการณ์สินค้ากุ้งทะเลและผลิตภัณฑ์ ในช่วง 6 เดือนแรก ปี 2556. ใน: จุลสารเศรษฐกิจการประมงประจำไตรมาสที่ 2 ปี 2556. ส่วนเศรษฐกิจการประมง, สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง, กรมประมง. 1-9.
- ผาดยา ศรีจันทิก. (2556ข). สถานการณ์สินค้ากุ้งทะเลและผลิตภัณฑ์ ปี 2556 และแนวโน้มปี 2557. ใน: จุลสารเศรษฐกิจการประมงประจำไตรมาสที่ 4 ปี 2556. ส่วนเศรษฐกิจการประมง, สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง, กรมประมง. 23-33.
- ผาดยา ศรีจันทิก. (2557). สถานการณ์สินค้ากุ้งทะเลและผลิตภัณฑ์ ในช่วง 6 เดือนแรก ปี 2557. ใน: จุลสารเศรษฐกิจการประมงประจำไตรมาสที่ 2 ปี 2557. ส่วนเศรษฐกิจการประมง, สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการประมง, กรมประมง. 1-11.
- สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย. (2556). สถานการณ์กุ้งไทยปี 2555 และแนวโน้มปี 2556. สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย, แหล่งข้อมูล: [http://www.thaifrozen.or.th/thailand\\_seafood\\_02 . php](http://www.thaifrozen.or.th/thailand_seafood_02.php). ค้นเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน 2557.
- สรวงสุดา สุภาสัย. (2547). ผลของการเสริมวิตามินอีและเอสทาแซนทินที่มีต่อการเจริญพันธุ์ของกุ้งขาว *Penaeus vannamei* เพศผู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ: 98 หน้า.
- สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์การค้าสินค้าเกษตร. (2555). โอกาสการส่งออกกุ้งของไทย. กระทรวงพาณิชย์, แหล่งข้อมูล: [http://www.obe.moc.go.th/save\\_file.php?filename=./uploads/news...pdf](http://www.obe.moc.go.th/save_file.php?filename=./uploads/news...pdf). ค้นเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน 2557.
- สำนักยุทธศาสตร์การเจรจาการค้า. (2555). สินค้ากุ้งสด แช่เย็น แช่แข็ง และกุ้งปรุงแต่ง. กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, แหล่งข้อมูล: [http://www.thaifita.com/ThaiFTA/Portals/0/s\\_hrimp\\_jul56.pdf](http://www.thaifita.com/ThaiFTA/Portals/0/s_hrimp_jul56.pdf). ค้นเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน 2557.
- Akiyama, D.M. (1992). Future considerations for shrimp nutrition and the aquaculture feed industry. In: Proceedings of the special session on shrimp farming. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, U.S.A. 198-205.
- Anderson, J.L. and Tveteres, R. (2013). Forecasting global supplies Atlantic salmon, shrimp, Pangasius, tilapia sea bass and sea bream. In: Global outlook for aquaculture leadership conference. Global Aquaculture Alliance, Paris, France. 1-42.
- Babu, M.M., Sivaram, V., Immanuel, G., Citarasu, T. and Punitha, S.M.J. (2008). Effects of herbal enriched Artemia supplementation over the reproductive performance and larval quality in spent spawners of the tiger shrimp (*Penaeus monodon*). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 8: 301-307.

- Chamberlain, G.W. and Lawrence, A.L. (1981). Maturation, reproduction and growth of *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris* fed natural diets. Journal of the World Aquaculture Society 12: 209-224.
- Chimsung, N. (2014). Maturation diets for black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) broodstock: a review. Songklanakarin Journal of Science and Technology 36(3): 265-273.
- Coman, G.J., Arnold, S.J., Barclay, M. and Smith, D.M. (2009). Effect of arachidonic acid supplementation on reproductive performance of tank-domesticated *Penaeus monodon*. Aquaculture Nutrition 17(2): 141-151.
- Du, S., Hu, C. and Chen, Q. (2004). Effect of dietary ascorbic acid levels on reproductive performance of shrimp, *Litopenaeus vannamei* (boone), broodstock. Journal of Shellfish Research 23(1): 251-255.
- Du, S., Hu, C., Cai, S., Shen, Q. and Zheng, S. (2006). Effect of different levels of dietary  $\alpha$ -tocopherol on ovarian maturation and reproductive performance of broodstock *Litopenaeus vannamei* (Boone). Journal of Shellfish Research 25(2): 589-593.
- Emerenciano, M., Cuzon, G., Arevalo, M., Miquelajauregui, M.M. and Gaxiola, G. (2012). Effect of short-term fresh food supplementation on reproductive performance, biochemical composition, and fatty acid profile of *Litopenaeus vannamei* (Boone) reared under biofloc conditions. Aquaculture International 21(5): 987-1007.
- FAO. (2013). Report of the FAO/MARD technical workshop on early mortality syndrome (EMS) or acute hepatopancreatic necrosis syndrome (AHPNS) of cultured shrimp. In: FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1053. Fisheries and Aquaculture Department, Rome, Italy. 25-32.
- Gelabert, R., Ramos, L., Oreyana, M., Mascaró, M., Sánchez, A., Soto, L.A., Re, C. and Rosas, C. (2003). The effect of including *Artemia franciscana* biomass in the diet of *Litopenaeus setiferus* and *Litopenaeus schmitti* broodstock. Revista de Investigaciones Marinas 24(1): 29-40.
- Hall, M.R., Mastro, R. and Prestwich, G. (1999). Hormonal modulation of spawner quality in *Penaeus monodon*. In: Book of abstracts of the annual conference and exposition of the World Aquaculture Society. World Aquaculture Society, Sydney, Australia. p. 308.
- Hertrampf, J.W. and Piedad-Pascual, F. (2000). Handbook on ingredients for aquaculture feeds. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. pp. 314-321.
- Huang, J.H., Jiang, S.G., Lin, H.Z., Zhou, F.L. and Ye, L. (2008). Effects of dietary highly unsaturated fatty acids and astaxanthin on the fecundity and lipid content of pond-reared *Penaeus monodon* (Fabricius) broodstock. Aquaculture Research 39(3): 240-251.
- Laufer, H., Paddon, J. and Paddon, M., (1997). A hormone enhancing larva production in the pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*. In: IV symposium on aquaculture in Central America: focusing on shrimp and tilapia. Asociación Nacional de Acuicultores de Honduras and the Latin American Chapter of the World Aquaculture Society, Tegucigalpa, Honduras. 161-162.

- Liñán-Cabello, M.A. and Paniagua-Michel, J. (2004). Induction factors derived from carotenoids and vitamin A during the ovarian maturation of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture International* 12(6): 583-592.
- Marsden, G.E., McGuren, J.J. and Hansford, S.W. (1997). A moist artificial diet for prawn broodstock: its effect on the variable reproductive performance of wild caught *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 149: 145-156.
- Memon, A.J., Ikhwanuddin, M., Talpur, A.D., Khan, M.I., Fariddudin, M.O., Safiah, J. and Abol-Munafi, A.B. (2012). To determine the efficiency of different fresh diets improving the spermatophore quality of banana shrimp *Penaeus merguensis* (de Man, 1888). *Journal of Animal and Veterinary Advances* 11(9): 1478-1485.
- Mendoza, R., Revol, A., Fauvel, C., Patrois, J. and Guillaume, J.C. (1997). Influence of squid extracts on the triggering of secondary vitellogenesis in *Penaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 3: 55-63.
- Meunpol, O., Meejing, P. and Piyatiratitivorakul, S. (2005). Maturation diet based on fatty acid content for male *Penaeus monodon* (Fabricius) broodstock. *Aquaculture Research* 36: 1216-1225.
- Meunpol, O., Iam-Pai, S., Suthikrai, W. and Piyatiratitivorakul, S. (2007). Identification of progesterone and 17  $\alpha$ -hydroxyprogesterone in polychaetes (*Perinereis* sp.) and the effects of hormone extracts on penaeid oocyte development in vitro. *Aquaculture* 270: 485-492.
- Meunpol, O., Dangjai, E., Yoonpum, R. and Piyatiratitivorakul, S. (2010). Detection of prostaglandin E2 in polychaete *Perinereis* sp. and its effect on *Penaeus monodon* oocyte development in vitro. *Fisheries Science* 76: 281-286.
- Millamena, O.M., Primavera, J.H., Pudadera, R.A. and Caballero, R.V. (1986). The effect of diet on the reproductive performance of pond-reared *Penaeus monodon* broodstock. In: *The first Asian fisheries forum*. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. 593-596.
- Nguyen, B.T., Koshio, S., Sakiyama, K., Harakawa, S., Gao, J., Mamauag, R.E., Ishikawa, M. and Yokoyama, S. (2012). Effects of dietary vitamins C and E and their interactions on reproductive performance, larval quality and tissue vitamin contents in kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus* Bate. *Aquaculture* 334-337: 73-81.
- Paibulkichakul, C., Piyatiratitivorakul, S., Sorgeloos, P. and Menasveta, P. (2008). Improved maturation of pond reared, black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) using fish oil and astaxanthin feed supplements. *Aquaculture* 282: 83-89.
- Pangantihon-Kühlmann, M.P., Millamena, O. and Chern, Y., (1998). Effect of dietary astaxanthin and vitamin A on the reproductive performance of *Penaeus monodon* broodstock. *Aquatic Living Resources* 11(06): 403-409.
- Shailender, M., Suresh-Babu, C. and Krishna, P.V. (2012). Determine the competence of different fresh diets to improve the spermatophore superiority of giant black tiger shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798). *International Journal of Bioassays* 1: 170-176.
- Suminto, S. and Rachmawati, D. (2014). The performance of the maturation, fecundity

- and hatching rate through the combination of live food organisms on the broodstock of tiger prawn (*Penaeus monodon* Fab.). *Journal of Aquaculture Management and Technology* 3(3): 1-7.
- Valderrama, D. and Anderson, J. L. (2011). Shrimp production review. In: Global outlook for aquaculture leadership conference. Global Aquaculture Alliance, Santiago, Chile.
- Wiriyapattanasub, P., Limsuwan, C., Kaewsuralikit, C., Chuchird, N. and Hongrat, P. (2011). Use of spirulina enriched blood clam (*Anadara granosa*) instead of sand worm as fresh-food maturation diet in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) broodstock. *Kasetsart University Fisheries Research Bulletin* 35: 14-23.
- Wouters, R., Nieto, J. and Sorgeloos, P. (2000). Artificial diets for penaeid shrimp. *Global Aquaculture Advocate* 3: 61-62.
- Wouters, R. and Molina, C. (2001). Role of lipids, vitamins in maturing shrimp. *The Advocate* (December): 24-27.
- Wouters, R., Lavens, P., Nieto, J. and Sorgeloos, P. (2001a) Penaeid shrimp broodstock nutrition: an updated review on research and development. *Aquaculture* 202: 1-21.
- Wouters, R., Molina, C., Lavens, P. and Calderón, J. (2001b). Lipid composition and vitamin content of wild female *Litopenaeus vannamei* in different stages of sexual maturation. *Aquaculture* 198: 307-323.
- Wouters, R., Piguave, X., Bastidas, L., Calderón, J. and Sorgeloos, P. (2001c). Ovarian maturation on haemolymphatic vitellogenin concentration of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed increasing level of total dietary lipids and HUFA. *Aquaculture Research* 32: 573-582.
- Wouters, R., Zambrano, B., Espin, Calderón, M.J., Lavens, P. and Sorgeloos, P. (2002). Experimental broodstock diets as partial fresh food substitutes in white shrimp *Litopenaeus vannamei* B. *Aquaculture Nutrition* 8: 249-256.
- Wouters, R. and Fegan, D.F. (2004). Shrimp broodstock nutrition – a review. *Global Aquaculture Advocate* (June): 36-38.

