บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แหล่งที่มาของพ่อพันธุ์กุ้งกุลาดำ

พ่อพันธุ์กุ้งกุลาดำส่วนใหญ่จะมาจากทะเลลึก ปัจจุบันพบว่าพ่อพันธุ์กุ้งจากแหล่งธรรมชาติมีปริมาณที่ลดลงอย่างมาก ทำให้การรวบรวบพ่อแม่พันธุ์ทำได้ไม่แน่นอน แม่พันธุ์กุ้งมีปริมาณไข่แก่ลดลง และไม่เกิดการผสมของไข่กับสเปิร์ม เนื่องจากปริมาณน้ำเชื้อเพศผู้ไม่สมบูรณ์ทำให้ไม่สามารถฟักเป็นตัว วิธีการแก้ปัญหาการขาดแคลนพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำ ใช้พ่อแม่พันธุ์กุ้งที่มาจากการเลี้ยงในบ่อดินเพื่อทดแทนกุ้งธรรมชาติ Aquacop (1983) รายงานว่าการเลี้ยงกุ้งให้เป็นพ่อแม่พันธุ์ควรจัดการแบ่งการเลี้ยงเป็น 3 ระยะโดยในระยะ 4- 8 เดือน ควรปล่อยกุ้งให้มีความหนาแน่น 10 – 20 ตัวต่อตารางเมตร แต่เมื่อเข้าสู่ระยะ 9- 12 เดือน ควรที่จะปล่อยกุ้ง 1 – 2 ตัวต่อตารางเมตร และให้อาหารสำเร็จรูปสลับกับอาหารสดโดยการตัดตากุ้งจะเริ่มทำเมื่อกุ้งอายุได้ 5 - 15 เดือน (Primavera, 1978; Santiago, 1977) ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการของ เรณู ยาชิโร และ สมิง ทรงถาวรทวี (2539) ที่ทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำอายุ 4 เดือน ให้เป็นพ่อแม่พันธุ์กุ้งในระยะเวลาเลี้ยง 1 ปี โดยมีการเลี้ยงแบบย้ายบ่อและลดอัตราความหนาแน่นลงเมื่อกุ้งโตขึ้น คณิต ไชยาคำ และคณะ (2541) ได้ทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในบ่อดินที่จังหวัดสตูลพบว่าสามารถผสมพันธุ์และวางไข่ได้เป็นอย่างดี และสามารถผลิตลูกกุ้งกุลาดำขนาดโพสลาวา 20 ที่มีความแข็งแรงและทนทานได้เทียบเท่ากับลูกกุ้งที่เกิดจากพ่อแม่พันธุ์ที่ได้มาจากทะเล Withyachamnarnkul *et al.* (1998) ได้ทดลองนำกุ้งจากบ่อเลี้ยงของเกษตรที่โตเร็วและปลอดโรค WSSV (White Spot Syndome Virus) มาเลี้ยงในบ่อดินจนมีอายุ 1 ปีให้เป็นรุ่น F_0 เพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตลูกรุ่น F_1 หลังจากนั้นนำรุ่น F_1 มาคัดพันธุ์เพื่อให้ปลอดเชื้อ WSSV และนำมาเลี้ยงต่อจนมีอายุ 1 ปีเพื่อให้เป็นพ่อแม่พันธุ์อีกครั้งเพื่อให้ได้ลูกรุ่น F_2 และ F_3 ต่อไป ซึ่งจะทำให้ในรุ่นต่อๆ ไปปลอดเชื้ออย่างสมบูรณ์แบบ

ปัจจัยต่อการเจริญของระบบสืบพันธุ์กุ้ง

ปัจจัยที่สำคัญต่อความสมบูรณ์เพศของกุ้งตัวผู้ ได้แก่ ฮอร์โมน สิ่งแวดล้อม และโภชนาการ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ปัจจัยทางด้านฮอร์โมน

สัตว์น้ำกลุ่มครัสเตเชียนมีฮอร์โมนยับยั้งการเจริญของรังไข่ (gonad inhibiting hormone; GIH) อยู่บริเวณก้านตาใน Sinus gland complex ซึ่งการทำลายก้านตาจะเป็นยับยั้งการหลั่ง GIH ส่งผลให้กุ้งมีการเจริญของรังไข่ทำให้ไข่แก่ ในกุ้งเพศผู้พบว่า การตัดก้านตาจะทำให้เกิดพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ที่สมบูรณ์เต็มที่ได้เร็วขึ้น ทำให้สเปิร์มมีปริมาณเพิ่มขึ้น Gomes and Primavera (1993) พบว่าสามารถเร่งให้กุ้งเพศผู้สร้างสเปิร์มได้เร็วขึ้น เมื่อตัดก้านตากุ้งเพศผู้ 1 ข้าง จะทำให้เกิดความสมบูรณ์เพศของกุ้งกุลาดำเพศผู้ แต่การตัดก้านตากุ้ง ทำให้กุ้งเสี่ยงต่อการติดเชื้อตรงบริเวณบาดแผล ที่เกิดจากการตัดและอาจทำให้กุ้งอ่อนแอและตายได้ เมื่อทดลองตัดก้านตากุ้งทั้ง 2 ข้าง, 1 ข้าง และไม่ตัดก้านตาเลย พบว่ากุ้งมีอัตราการรอดที่ 0 เปอร์เซ็นต์, 38 เปอร์เซ็นต์ และ 49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังจากทดลองเลี้ยงต่อไปเป็นเวลา 169 วัน (Santiago, 1977) การตัดก้านตาหลังการลอกคราบ (Post molt) จะทำให้กุ้งตายมากกว่าการตัดตาช่วงระหว่างรอการลอกคราบ (Intermolt) แต่ถ้าตัดตาก่อนการลอกคราบ (Premolt) จะทำให้ระยะการเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ช้ากว่าเดิม 2 – 4 สัปดาห์ (Primvera *et al.*, 1979) Leung – Trugillo and Lawrence (1985) ศึกษาการตัดก้านตาทั้งในกุ้งเพศผู้และเพศเมีย พบว่าสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดความสมบูรณ์เพศได้ในกุ้ง *Penaeus monodon* และในกุ้ง *Penaeus merguiensis* ขนาดเล็กที่ยังไม่สมบูรณ์เพศ ภายใน 7-8 วันหลังจากตัดก้านตา ถุงสเปิร์มจะเป็นสีขาวขุ่น เห็นได้จากภายนอกอย่างชัดเจน Alfaro and Lozano (1993) รายงานว่าการตัดก้านตากุ้งทำให้ถุงสเปิร์มมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น สเปิร์มมีจำนวนเพิ่มขึ้น และมีจำนวนสเปิร์มที่มีความผิดปกติลดลง Chamberlian and Lawrence (1981) รายงานว่าการตัดก้านตาในกุ้ง *P. vannamei* สามารถทำให้ขนาดของอวัยวะสืบพันธุ์เพิ่มขึ้น และมีการจับคู่ผสมพันธุ์บ่อยขึ้น อย่างไรก็ตาม บุญรัตน์ ประทุมชาติ (2534) พบว่าการตัดก้านตาไม่ทำให้สเปิร์มมีปริมาณเพิ่มขึ้นในกุ้งบ่อเลี้ยงเมื่อเทียบกับกุ้งที่ไม่ได้ตัดก้านตา และในกุ้งจากบ่อเลี้ยงมีคุณภาพสเปิร์มไม่แตกต่างจากกุ้งที่มาจากธรรมชาติ

นอกจากฮอร์โมนภายในตัวกุ้งแล้ว ฮอร์โมนจากภายนอก ยังมีผลต่อคุณภาพของสเปิร์มเช่นกัน วิชัย วัฒนกุล (2534) ศึกษาผลของฮอร์โมน 17 แอลฟ่า-ไฮดรอกซี-โปรเจสเตอโรน ต่อคุณภาพสเปิร์มในกุ้งแชบ๊วยเพศผู้ (*Penaeus merguiensis*) (de Man) ขนาด 50-51 กรัม พบว่าคุณภาพของสเปิร์มเพิ่มขึ้นและสูงสุดที่ความเข้มข้นของฮอร์โมนเท่ากับ 50 นาโนกรัมต่อกรัม-น้ำหนักตัว โดยมีน้ำหนักของถุงสเปิร์ม จำนวนสเปิร์มสุทธิ จำนวนสเปิร์มที่มีชีวิตและเปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่ผิดปกติมีค่าเท่ากับ 179.67 มิลลิกรัม 57.01 ล้านเซลล์ 98.51 เปอร์เซ็นต์ และ 4.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

นวลจันทร์ จันทร์สว่าง (2437) ศึกษาผลของฮอร์โมน 17 แอลฟ่า-เมทธิลเทสโตสเตอโรน และเทสโตสเตอโรน- โปรพิโอเนต ต่อขบวนการสร้างสเปิร์มของกุ้งกุลาดำ พบว่า ที่ระยะเวลา 10, 20 และ 30 วัน ฮอร์โมน 17 แอลฟ่า-เมทธิลเทสโตสเตอโรน ที่ระดับ 1.0 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 100 กรัม มีประสิทธิภาพในการควบคุมการสร้างสเปิร์มของกุ้งกุลาดำได้ถึง 30 วัน ซึ่งยังคงมีจำนวนสเปิร์ม 59.60 ล้านเซลล์ ซึ่งสูงกว่าระดับอื่นและสูงกว่าฮอร์โมนเทสโตสเตอโรน-โปรพิโอเนตทุกระดับ

2. ปัจจัยแวดล้อม

ปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์เพศผู้ได้แก่ แสง ความเค็ม พื้นที่ลงเกาะในบ่อ และอุณหภูมิของน้ำ

แสง ในธรรมชาติพ่อพันธุ์กุ้งอาศัยอยู่ในทะเลลึกทำให้ความเข้มของแสงที่ส่องผ่านลงไปในน้ำต่ำ จึงได้รับแสงไม่มากนัก ซึ่งพบว่าระบบสืบพันธุ์ของกุ้งมีการพัฒนา ดังนั้นในการเลี้ยงกุ้งในบ่อทดลองจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมความเข้มแสงให้เหมาะสม Primavera (1988) รายงานว่ากุ้งที่ได้รับแสงจากธรรมชาติที่ส่องผ่านหลังคา หรือแสงจากหลอดไฟที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดความสมบูรณ์เพศของกุ้งในบ่อเลี้ยงได้ ระดับความเข้มของแสงควรอยู่ในระดับต่ำประมาณ 70 uW cm^{-2} ทำให้กุ้งกุลาดำเกิดความสมบูรณ์เพศและเกิดการวางไข่ได้ในกุ้งที่ตัดก้านตาและไม่ได้ตัดก้านตา (Emmerson, 1983: Hillier, 1984) การคลุมบ่อเลี้ยงให้มืดอาจช่วยลดความเข้มของแสงในบ่อเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ได้ประมาณ 200 ลักซ์ หรือน้อยกว่านี้ (Primavera, 1983)

ความเค็ม เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเค็ม สัตว์ในกลุ่มครัสเตเชียนที่อยู่ในน้ำเค็ม จะมีระดับความเข้มข้นของเกลือแร่ในร่างกายคงที่ได้ถึง 4 วัน ก่อนที่จะเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของเกลือแร่ในร่างกายไป (Read, 1984) สิทธิโชค จันทร์ย่อง (2545) ศึกษาผลของความเค็มต่างระดับและเกลือแร่บางชนิด ต่อการพัฒนารังไข่และการวางไข่ของแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำ พบว่า ในแม่กุ้งที่เลี้ยงในน้ำเค็ม 10 กับ 20 ส่วนในพันส่วน มีความเข้มข้นของเกลือแร่ในน้ำเลือด สูงกว่าในน้ำเลี้ยง ขณะที่แม่พันธุ์กุ้งที่เลี้ยงในน้ำเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน มีความเข้มข้นของเกลือแร่ในน้ำเลือดใกล้เคียงกับน้ำที่ใช้เลี้ยง ซึ่งพบว่าเป็นระดับที่มีการพัฒนารังไข่จนสามารถวางไข่และฟักออกเป็นตัวได้ ความเค็มที่มีเหมาะสมต่อการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำควรอยู่ในช่วง 28- 32 ส่วนในพันส่วน (สกนธ์ แสงประดับ, 2534)

อุณหภูมิของน้ำ Pascual *et al.* (1998) รายงานว่าที่อุณหภูมิระหว่าง 26 ถึง 27 องศาเซลเซียส ลดความผิดปกติของจำนวนสเปิร์มในระบบสืบพันธุ์ได้ในช่วงระยะเวลา 30 วัน และจำนวนสเปิร์มจะเริ่มผิดปกติมากขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิสูงขึ้น (30 องศาเซลเซียส) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Perez - Velazques (2001) ที่พบว่ากุ้ง *P. vannamei* ขนาด 48 กรัม เลี้ยงในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง เป็นระยะเวลา 42 วันพบความผิดปกติของสเปิร์มสูง โดยที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส มีสเปิร์มทั้งหมด 18.6 ล้านเซลล์ สเปิร์มมีความผิดปกติ 36.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส พบสเปิร์มมีความผิดปกติถึง 99.7 เปอร์เซ็นต์ และที่ 32 องศาเซลเซียส ไม่พบสเปิร์มที่มีลักษณะปกติอยู่เลย Bray *et al.* (1985) ศึกษาคุณภาพของสเปิร์มในที่กักขัง พบว่า ที่ระยะเวลา 30 วัน สเปิร์มที่นับได้นั้นต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญในชุดการทดลองที่เป็นอุณหภูมิและสารเคมี EDTA ในชุดการทดลองที่อุณหภูมิเย็นจัดและถูกบ่มเก็บ แสดงให้เห็นถึงเปอร์เซ็นต์ของสเปิร์มที่ผิดปกติ ที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

บ่อเลี้ยง ขนาด รูปร่าง ความเรียบและความลึกของบ่อ สิ่งเหล่านี้มีความสำคัญอย่างมากต่อการเลี้ยงกุ้งเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์เพศ พบว่าบ่อที่มีขนาดใหญ่จะดีกว่าบ่อขนาดเล็กแต่ถ้ามีขนาดใหญ่จนเกินไปจะยากต่อการจัดการภายในบ่อและคุณภาพน้ำ โดยปกติ บ่อพ่อแม่พันธุ์จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เมตร และลึก 1 เมตร บ่อเรียบไม่ขรุขระ และควรเป็นบ่อกลม เพื่อให้น้ำไหลเวียนสะดวก และง่ายต่อการเก็บตะกอนและเศษอาหาร (นิเวศน์ เรืองพานิช และคณะ, 2524)

3. ปัจจัยด้านโภชนาการ

อาหารเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการเจริญของระบบสืบพันธุ์ของพ่อพันธุ์กุ้งนอกเหนือจากระบบฮอร์โมนและสภาวะแวดล้อมอื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยส่งผลถึงการเจริญของระบบสืบพันธุ์ การผสมพันธุ์ คุณภาพของไข่ และลูกกุ้ง และมีความสำคัญต่อกุ้งเพศผู้ในวัยเจริญพันธุ์ ทำให้มีคุณภาพของน้ำเชื้อที่แน่นอน (Adiyodi, 1985; Harrison, 1990) ในธรรมชาติพบว่ากุ้งจะกินพวกครัสเตเชียนและหอยถึง 85 เปอร์เซ็นต์ อีก 15 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นพวกเศษซากพืช ซากสัตว์ สาหร่าย โพลีคีต เศษปลาและอินทรีย์วัตถุต่างๆ ซึ่งในการเลี้ยงพ่อแม่กุ้งโดยทั่วไปจะเลี้ยงด้วยเนื้อปู หมึก กุ้ง หอยชนิดต่างๆ และ เพรียง แต่ต้องไม่เก็บอาหารธรรมชาติเหล่านี้ นานจนเกินไปเนื่องจากอาหารสดจะเสื่อมคุณภาพลง (สมิง ทรงถาวรทวี และคณะ, 2526; คณิต ไชยาคำ และคณะ, 2541) บรรจง เทียมส่งรัศมี (2534) แนะนำให้อาหารสดที่มีโปรตีนสูงกับพ่อแม่พันธุ์กุ้ง เช่น กุ้งเคย หมึก หอยแครง หอยแมลงภู่ และหอยกระพง โดยส่งเสริมในเรื่องการพัฒนาระบบสืบพันธุ์ได้เป็นอย่างดี และพบว่าหอยกะพงเหมาะสมที่สุด เนื่องจากว่าหอยกะพงสามารถให้ได้ทั้งเปลือกและให้ได้ในสภาพเป็นๆ พ่อแม่พันธุ์กุ้งจะสามารถกัดแทะได้ตลอดเวลาตามต้องการ เปลือกในถัง

เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ยังช่วยรักษาและช่วยควบคุมสภาพความเป็นกลางของน้ำให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในระหว่าง 7 – 8 ส่วน หอยที่ยังไม่ถูกกินมีประโยชน์ในเรื่องของการกรองน้ำและขจัดแบคทีเรียและตะไคร่น้ำ ซึ่งจะทำให้คุณภาพน้ำดีอยู่เสมอ อาหารยังเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่สามารถเลี้ยงกุ้งเพศผู้ให้อยู่ภายใต้สภาวะที่ถูกกักขังได้ จากการศึกษาของ Samuel *et al.* (1999) ในกุ้งเพศผู้ *Macrobrachium malcolmsonii* พบว่าพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ สัณฐานวิทยาของถุงน้ำเชื้อ และสีของถุงน้ำเชื้อ มีคุณภาพ เมื่อให้อาหารประเภท หอยแครง หมึกกล้วย และอาหารเม็ดสำเร็จรูป นอกจากนี้แล้วยังแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของผลผลิตของสเปิร์มและคุณภาพของสเปิร์มในบ่อทดลองในกุ้ง *P. vannamai* โดยให้อาหารที่เป็นหมึกกล้วยแช่แข็ง และอาหารทดลองสำเร็จรูป (Alfaro and Lozano; 1993) เมื่อกุ้งรับอาหารที่มีคุณค่าครบถ้วนเข้าไปจะนำไปพัฒนาระบบสืบพันธุ์ให้สมบูรณ์และลดการเสื่อมถอยของคุณภาพของสเปิร์ม (Brown *et al.* 1979) แต่เนื่องจากอาหารธรรมชาติบางชนิด เช่น กุ้ง, ปู, หอย เป็นพาหะของเชื้อโรคต่างๆ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องหาอาหารชนิดอื่นที่มีคุณค่าใกล้เคียงกันมาทดแทนอาหารธรรมชาติ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดโรคและป้องกันความเสียหายของผลผลิตที่อาจเกิดขึ้นได้

ความต้องการทางโภชนาการของพ่อพันธุ์กุ้งกุลาดำ

ในการผลิตอาหารกุ้งกุลาดำพบว่า อาหารกุ้งกุลาดำต้องการโภชนาการในอาหารมากกว่าสัตว์น้ำชนิดอื่นเพราะกุ้งมีความสามารถเปลี่ยนโภชนาการอาหารที่ร่างกายต้องการได้ค่อนข้างต่ำกว่าสัตว์น้ำชนิดอื่น โภชนาการที่กุ้งต้องการคือโปรตีน กรดไขมันที่จำเป็น เลซิติน คลอเรสเตอรอล เกลือแร่ วิตามิน คาร์โบไฮเดรต และสารสี (เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2543)

ความต้องการทางโภชนาการของพ่อพันธุ์กุ้งนั้นพบว่า ยังไม่มีงานวิจัยใดได้ศึกษาวิธีการสร้างอาหารทดลองเพื่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำเพศผู้ให้มีความสมบูรณ์เพศได้เร็วขึ้น และมีคุณภาพของระบบสืบพันธุ์ที่ดี เหมือนกับการศึกษาในอาหารของกุ้งกุลาดำเพศเมียเพื่อเร่งให้ไข่แก่ สุกเร็ว และทำให้ปริมาณไข่มากยิ่งขึ้น ดังนั้นในอาหารกุ้งกุลาดำเพศผู้ ควรมีองค์ประกอบและมีคุณค่าทางโภชนาการของอาหารที่สำคัญคล้ายกับอาหารกุ้งกุลาดำเพศเมีย แต่ในอาหารกุ้งเพศผู้จะมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาระบบสืบพันธุ์ของกุ้งกุลาดำเพศผู้ที่ดีขึ้น โดยคุณค่าทางโภชนาการของอาหารกุ้งกุลาดำเพศผู้ที่ต้องมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย วิตามินและเกลือแร่

ไขมัน และ กรดไขมัน

ไขมัน เป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต การเติบโต การลอกคราบและการสืบพันธุ์ของกุ้งเพราะไขมันมีหน้าที่ เป็นแหล่งพลังงาน และเป็นตัวพาวิตามินที่ละลายในไขมันจากลำไส้ไปที่ตับและส่วนอื่นๆของร่ายกาย เป็นแหล่งของฟอสโฟลิปิด (Phospholipids) และ สเตอรอยด์ (Steroid) ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในกระบวนการเมตาบอลิซึมของกุ้ง ไขมัน เป็นส่วนประกอบต่างๆของผนังเซลล์ และผนังอวัยวะ สเตอรอยด์ เป็นส่วนที่ทำให้กุ้งสังเคราะห์ฮอร์โมน นอกจากนี้ไขมันที่เกาะกับคาร์โบไฮเดรต (glycolipid) และไขมันที่มีฟอสฟอรัสรวมอยู่ด้วยนั้น (phosphoglyceride, phospholipid) จะเป็นองค์ประกอบหลักของเยื่อหุ้มเซลล์ผิวหนังและเป็นส่วนประกอบของเซลล์ตับ หัวใจ สมอง และประสาท เป็นส่วนประกอบของยีนที่มีบทบาทในการถ่ายถอดลักษณะทางพันธุกรรม เป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนสเตอรอยด์ที่ทำหน้าที่เป็นฮอร์โมนเพศและควบคุมการลอกคราบในกุ้งและปู เป็นส่วนประกอบของโคเลสเตอรอลและน้ำดีที่ช่วยในการย่อยและการดูดซึมไขมันเป็นไปตามปกติ รวมทั้งเป็นส่วนประกอบของโพรสตาแกลนดิน (prostaglandin) ในสเปิร์ม (เวียง เชื้อโพธิ์หัก; 2543) นอกจากนั้นยังช่วยประหยัดโปรตีนในอาหารที่ถูกใช้ไปเป็นพลังงาน ถ้ามีปริมาณไขมันในอาหารต่ำ และปริมาณไขมันที่เหมาะสมในอาหารยังทำให้การอัดเม็ดดีขึ้นและมีฝุ่นน้อยลง แต่ถ้ามีไขมันมากไปจะทำให้อัดไม่แน่น

ไขมันในอาหารกุ้งมาจาก 3 แหล่งคือ 1) ไขมันที่มีอยู่ในอาหาร 2) ไขมันที่ได้มาจากส่วนเกินของโปรตีนและ 3) ไขมันที่ได้จากส่วนเกินของคาร์โบไฮเดรตในอาหาร อาหารกุ้งสำเร็จรูปสำหรับกุ้งที่เข้าระยะสืบพันธุ์จะต้องมีไขมันที่สูงกว่ากุ้งขนาดใหญ่ทั่วไปเพื่อนำไปใช้ในการเจริญพันธุ์ ซึ่งควรมีไขมันในปริมาณมากถึง 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหาร (อภิรักษ์ มาซา, 2540) ประจวบ หลำอุบล (2543) แนะนำว่าในอาหารกุ้งควรมีไขมันอยู่ระหว่าง 5- 10 เปอร์เซ็นต์ และในจำนวนดังกล่าวควรมีกรดไขมันโอเมก้า 3 HUFA 0.5-1.0 เปอร์เซ็นต์ ฟอสโฟลิปิด 1.2- 1.5 เปอร์เซ็นต์ หรือเลซิติน 2 เปอร์เซ็นต์ และคลอเรสเตอรอล 0.2-0.5 เปอร์เซ็นต์

กุ้งมีความสามารถในการย่อยและการนำกรดไขมันที่อิ่มตัวไปใช้ได้ต่ำ เนื่องจากเป็นสัตว์เลือดเย็น อุณหภูมิร่างกายเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิน้ำซึ่งค่อนข้างต่ำ และอาหารกุ้งส่วนธรรมชาติมักมีไขมันที่ไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบ ดังนั้น จึงควรจะใช้ไขมันที่ไม่อิ่มตัว เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปลาทะเล ในการทำอาหารกุ้ง D' Abramo (1997) กล่าวว่า อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความต้องการกรดไขมันจำเป็นในกลุ่มครัสเตเชียน การปรับตัวในสิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ เป็นการปรับตัวโดยการเพิ่มสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงในเนื้อเยื่อ และใน

กลุ่มครัสเตเชียนที่อยู่ในอุณหภูมิต่ำ อาจจะต้องการอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (HUFA) มากกว่ากลุ่มครัสเตเชียนที่อยู่ในอุณหภูมิสูง

กรดไขมันที่จำเป็นสำหรับพ่อพันธุ์กุ้ง

กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงที่พบในองค์ประกอบเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำมีอยู่ 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มกรดโอเลอิค (oleic acid) หรือกลุ่มโอเมก้า 9 (*n*-9 หรือ ω - 9) กรดไขมันกลุ่มนี้มีสารตั้งต้นเป็น 18 : 1*n*-9 ซึ่งนำมาสังเคราะห์กรดไขมันชนิดอื่นๆเช่น 18 : 2*n*-9, 20 : 1*n*-9, 20 : 2*n*-9 เป็นต้น กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มกรดไลโนเลอิก (linoleic acid) หรือกลุ่ม โอเมก้า 6 (*n*-6 หรือ ω-6) กรดไขมันกลุ่มนี้มีสารตั้งต้นเป็น 18: 2*n*-6 ซึ่งจะนำมาสังเคราะห์กรดไขมันชนิดอื่นๆ เช่น 18 : 3*n*-6, 20 : 3*n*-6, 20 : 4*n*-6 เป็นต้น และกรดไขมันอีกกลุ่มคือ กลุ่มกรดไลโนเลนิค (linolenic acid) หรือกลุ่มโอเมก้า 3 (*n*-3 หรือ ω-3) กรดไขมันกลุ่มนี้มีสารตั้งต้นเป็น 18 : 3*n*-3 ซึ่งนำมาสังเคราะห์กรดไขมันชนิดอื่นๆ เช่น 18: 4*n*-3, 20 : 3*n*-3, 20 : 4*n*-3, 20 : 5*n*-3 เป็นต้น

กรดไขมันที่มีพันธะคู่ตั้งแต่ 2 คู่ขึ้นไป เช่น 18 : 2*n*-6 , 18 : 3*n*-6 และ 20 : 5*n*-3 เป็นต้น จัดอยู่ในกลุ่ม Polyunsaturated fatty acid (PUFA) กรดไขมันกลุ่มนี้มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 18 คาร์บอน และจำนวนพันธะคู่ตั้งแต่ 3 คู่ขึ้นไป เรียกว่า Highly unsaturated fatty acid (HUFA) โดยทั่วไปจะใช้เรียกกรดไขมันกลุ่ม *n*-3 ดังนั้น *n*-3 HUFA จึงประกอบด้วย 20 : 3*n*-3, 20 : 4*n*-3, 20 : 5*n*-3 (Ecosapentaenoic acid ; EPA) และ 22 : 6*n*-3 (Docosahexaenoic acid ; DHA) (สุพิศ ทองรอด, 2536)

ในด้านอาหารสัตว์น้ำพบว่ามีกรดไขมันจำเป็น 2 ชนิดเท่านั้น ที่จำเป็นต่อสัตว์น้ำได้แก่ กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง (Polyunsaturated fatty acid; PUFA) 2 ชนิด คือ กรดไลโนลีอิค (linoleic acid; LOA; 18: *n*- 6) และกรดไลโนลีนิค (linoleic acid; LNA; 18: *n*-3) เนื่องจากสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมันทั้งสองชนิดนี้ ซึ่งจำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (Kanazawa, 1979) กรดไขมันทั้ง 2 ชนิดนี้มีความสำคัญต่อสัตว์น้ำ ในการเป็นองค์ประกอบของเซลล์ในร่างกาย สัตว์น้ำจะนำกรดไขมันชนิดที่จำเป็นจากอาหาร สำหรับสร้างฟอสโฟไลปิดในเยื่อหุ้มเซลล์ เพื่อทำหน้าที่ให้ความยืดหยุ่น และควบคุมการซึมผ่านของสารอาหารประเภทไขมัน (Sire *et al*, 1981 อ้างถึงใน เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2543) ฟอสโฟลิปิดจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง มีความยืดหยุ่นและควบคุมการซึมผ่านดีกว่าฟอสโฟลิปิดจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่ำ ยิ่งในกรณีสัตว์น้ำที่อยู่ในอุณหภูมิต่ำ กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมีความจำเป็นมากขึ้น (Watanabe, 1982)

นอกเหนือจากกรดไลโนลีอิค (LOA; 18:2*n*-6) และ กรดไลโนลีนิค (LNA; 18:3*n*-3) ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของกุ้งแล้ว กรดไขมันโอเมก้า 3 ที่มีความยาวมาก เช่น กรดไอโคซะเพนทาอิโนอิค (eicosapentaenoic acid; EPA; 20:5*n*-3) และ กรดโดโคซะเฮก-ซะอิโนอิค (docosahexaenoic; DHA; 22:6*n*-3) ก็เป็นกรดไขมันที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำจำพวกกุ้งด้วยเช่นกัน (Glencross and Smith, 2001) ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงที่มีความจำเป็น 4 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของกุ้งพีนีอิคอย่างมาก สาเหตุเนื่องมาจากกุ้งทะเลสกุลพีนีอิค ถูกจำกัดความสามารถในการสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงทั้ง 4 ชนิดนี้ จึงจำเป็นที่จะต้องได้รับกรดไขมันทั้ง 4 ชนิดนี้จากอาหาร (Kanazawa *et al.*,1979)

PUFA ในการสร้างสูตรอาหารพ่อแม่พันธุ์ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ *n*-6 และ *n*-3 อัตราส่วนของกรดไขมัน 2 กลุ่มนี้ในอาหาร มีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของฮอร์โมน โดยเฉพาะ eicosanoid hormones ซึ่งคาดว่า มีความสำคัญในระบบสืบพันธุ์ของกุ้ง (Lytle *et al.*, 1990) ถึงแม้ว่ากุ้งจะสามารถสังเคราะห์อนุพันธ์ของกรดไลโนลีนิค (18:3*n*-3) และจากกรดไลโนลีอิค (18:2*n*-6) เปลี่ยนเป็น EPA และ DHA ปริมาณของกรดไขมันจำเป็นที่สังเคราะห์ได้ ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องได้ PUFA ชนิดดังกล่าวจากอาหาร (Rees *et al.*, 1994)

กรดอะราคิโดนิค (arachidonic acid; AA; 20:4*n*-6) อาจเป็นปัจจัยสำคัญในอาหารกุ้ง เพราะเป็นกรดไขมันตัวหนึ่ง ที่ตรวจพบในอวัยวะสืบพันธุ์ และยังเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์สารโพรสตาแกลนดิน คาดว่าสารโพรสตาแกลนดินนี้ อาจมีบทบาทสำคัญในอวัยวะสืบพันธุ์ของกุ้ง โดยเฉพาะกระบวนการ เกี่ยวกับการสร้างสเปิร์ม (Lytle *et al.*, 1990) Glencross and Smith (2001) พบว่า การเพิ่ม AA ในอาหารให้กุ้งกุลาดำจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อกรดไขมันจำเป็นตัวอื่นๆ มีความเหมาะสมด้วย และพบว่า AA อย่างเดียวไม่ได้ช่วยในเรื่องการพัฒนาการเติบโต ซึ่งสาเหตุมาจากการไม่ได้ให้ความสำคัญต่อสมดุลของ *n*-3/*n*-6 ในอาหารของกุ้งกุลาดำ แต่จากการศึกษาของ D' Souza (1997) อ้างตาม Glencross and Smith (2001) ได้พิสูจน์ว่า AA เป็นกรดไขมันที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาการเติบโตในกุ้งพีนีอิควัยอ่อน Lytle *et al.* (1990) สรุปว่าไม่ใช่เพียงการมีอยู่ของกรดไขมันชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง แต่เกิดจากสมดุลของกรดไขมันชนิดต่างๆ ซึ่งในที่นี้หมายถึง *n*-3 / *n*-6

บทบาทของกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่อสัตว์น้ำ

รวีวรรณ สุวณิชย์ (2542) ศึกษาผลของปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (HUFA) และผลของอัตราส่วนกรด EPA/DHA ต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของกุ้งกุลาดำ การศึกษาครั้งนี้ใช้ลูกกุ้งในระยะโพสลาวา 20 พบว่าปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัว และอัตราส่วน EPA/DHA มีผลต่อการเติบโต และเพิ่มความคงทนต่อความดันออสโมติก สูตรอาหารที่ช่วยให้กุ้งเติบโตได้ดี มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอัตราส่วน EPA และ DHA ที่ 1:1 และ 1:2 ตามลำดับ สูตรอาหารที่ช่วยเพิ่มความทนทานต่อค่าแรงดันออสโมติก มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว1.0 เปอร์เซ็นต์ และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอัตราส่วน EPA และ DHA ที่ 1:1 และ 1:3 ตามลำดับ ปริมาณของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว และอัตราส่วนของ EPA และ DHA ไม่มีผลต่ออัตราการรอดของกุ้ง สูตรอาหารที่เหมาะสำหรับกุ้งในด้านการเติบโต และเพิ่มความทนทานต่อแรงดันออสโมติก คือสูตรอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยมีอัตราส่วน EPA/DHA เท่ากับ 1:2

วินัย คะห์ลัน และคณะ (2534) ได้ทดลองเลี้ยงลูกกุ้งกุลาดำวัยอ่อน ด้วยอาหารเสริมเลซิทินที่สกัดจากปลาป่นนอก และปลาป่นไทย ที่มีกรดไขมันโอเมก้า 3 ในปริมาณที่สูง และเลซิทินที่สกัดจากถั่วเหลือง ซึ่งมีกรดไขมันโอเมก้า 6 อยู่ในปริมาณสูง นำเลซิทินจากปลาป่นนอก ปลาป่นไทย และถั่วเหลือง มาผสมอาหารเพื่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำวัยอ่อน ให้มีปริมาณเลซิติน 1.5 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงกุ้งด้วยอาหาร 3 ชนิด เปรียบเทียบผลกับอาหารควบคุมที่ไม่เติมเลซิทิน ผลการวิจัยพบว่า ที่ความเค็ม 25 และ 30 ส่วนในพันส่วน กุ้งกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เติมเลซิทินจากถั่วเหลือง มีอัตราการเติบโตที่สูงกว่าทุกกลุ่ม ที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน กุ้งกลุ่มที่อาหารที่เติมเลซิทินจากปลาป่นไทย มีการเติบโตดีเช่นกัน อัตราการรอดของกุ้งกุลาดำวัยอ่อน และไม่พบความแตกต่างกันในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ แต่พบว่ากุ้งที่ได้รับเลซิทิน สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็ม ได้ดีกว่ากุ้งกลุ่มที่ไม่ได้รับเลซิทิน และการสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงในกลุ่มโอเมก้า 3 ไว้ในเนื้อเยื่อกุ้งได้มากที่สุด พบในกุ้งกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เติมเลซิทินจากปลาป่นไทย

Glencross and Smith (2001) ศึกษาค่าความเหมาะสมของกรดไขมัน EPA และ DHA ในอาหารกุ้งกุลาดำวัยรุ่น พบว่าอัตราการเติบโตที่ดีที่สุดจะมีองค์ประกอบของ EPA 4 เปอร์เซ็นต์ และ DHA 4 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร และเมื่อเพิ่มระดับของ HUFA ให้สูงขึ้นในอาหาร จะทำให้กุ้งมีการเติบโตเป็นไปในทางลบ และสรุปจากหลายๆรายงานพบว่า ความต้องการปริมาณกรดไขมันจำเป็น EPA และ DHA ในกุ้ง *P. japonicus* และกุ้ง *P. monodon* โดยที่ความต้องการ EPA จะอยู่ประมาณ 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร หรือ 12-15 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวม ในขณะที่

ความต้องการ DHA จะมีความต้องการประมาณ 10 กรัมต่อกิโลกรัมอาหารหรือ 12-16 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันรวม

Bell and Sargent (2003) พบว่า AA มีความสำคัญต่อระบบสืบพันธุ์ในพ่อแม่พันธุ์ปลากะพงขาว โดยในอาหารที่มีองค์ประกอบของ น้ำมันปลา northern hemisphere fish หรือ ปลาเป็ด ซึ่งเป็นปลาในท้องถิ่น ที่เรียกว่า bogue *(Boops boops)* พบว่าอาหารปลาที่มีปลาเป็ดเป็นองค์ประกอบ มี AA มากกว่าอาหารที่มีเฉพาะน้ำมันปลา และพบว่าสัดส่วน EPA/DHA เป็น 1.5 และ 15 จากปลาเป็ด และน้ำมันปลาในอาหาร ตามลำดับ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การเสริม AA ลงไปในอาหารพ่อแม่พันธุ์ปลาจากทะเล ที่ได้ AA จากปลาเป็ด สามารถทำให้ไข่มีคุณภาพดี มากกว่าน้ำมันปลาในอาหาร และพบว่าจะมีความเข้มข้นของ AA สูงในไข่ และสเปิร์มของพ่อแม่พันธุ์ปลากะพงขาว ที่ได้รับอาหารที่มี AA จากปลาเป็ด และมีหลักฐานชี้ให้เห็นถึงหน้าที่สำคัญของ AA ในอาหารปลาทะเลวัยอ่อน สามารถช่วยส่งเสริมการเติบโต อัตราการรอดและช่วยเสริมความต้านทานต่อความเครียด

Glencross and Smith (2001) ศึกษาความต้องการ AA ในกุ้งกุลาดำวัยรุ่นพบว่า กุ้งมีการเติบโตต่ำสุดเมื่อให้อาหารที่มี AA เป็นองค์ประกอบในกรดไขมันถึง 20 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีองค์ประกอบของ LOA 7 เปอร์เซ็นต์, LNA 21 เปอร์เซ็นต์ และ ทั้ง EPA และ DHA มีอยู่ 4 เปอร์เซ็นต์ (215 $\pm$13 เปอร์เซ็นต์) และกุ้งมีการเติบโตสูงที่สุด เมื่อมีองค์ประกอบของอาหารเป็น AA ซึ่งมีองค์ประกอบของ LOA 7 เปอร์เซ็นต์ และ LNA 21 เปอร์เซ็นต์ (350 $\pm$19 เปอร์เซ็นต์) และยังพบว่าองค์ประกอบของกรดไขมันในระบบทางเดินอาหาร (digestive gland) ของกุ้งเกือบทั้งหมดที่พบได้มาจากกรดไขมันในอาหารที่กุ้งได้รับเข้าไป สัดส่วนของ AA ในกรดไขมันรวมจะเพิ่มระดับมากขึ้นตามระดับการเพิ่ม AA ในอาหารและการเพิ่มระดับ AA ในอาหารเป็น การลดสัดส่วนของ EPA และ DHA ของกรดไขมันในทางเดินอาหาร และรวมทั้ง *n*-3/*n*-6 ในกรดไขมันจากทางเดินอาหารด้วย การศึกษาครั้งนี้สนับสนุนการเติม AA ในอาหารกุ้งกุลาดำเมื่อกรดไขมันจำเป็นตัวอื่นๆ มีความเหมาะสม แต่ไม่ได้กล่าวถึงการพัฒนาการเติบโต ซึ่งคาดว่าสาเหตุมาจากการไม่ได้สนใจต่อความสำคัญของสมดุล *n*-3/*n*-6 ในอาหารของกุ้งกุลาดำ

Sargent *et al.* (1999) คาดว่าทั้งความเข้มข้นและสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงได้แก่ HUFA, DHA, EPA และ AA มีความสำคัญมากในอาหารปลาทะเลวัยอ่อน และในขณะที่สัดส่วนที่เหมาะสมของกรดไขมันจะจำเพาะเจาะจงกับชนิดของสัตว์น้ำ ซึ่งอยู่ระหว่าง 10: 5: 1 สำหรับกรดไขมันชนิด DHA/EPA/AA ตามลำดับ

Lytle *et al.* (1988) รายงานว่า อาหารธรรมชาติทั่วๆไปโดยเฉพาะในเพรียงเลือด (blood worm) มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงสะสมอยู่ในปริมาณมาก เมื่อนำเพรียงเลือดมาให้กุ้ง *P. vannamei* กินพบว่าสามารถส่งเสริมให้เกิดความสมบูรณ์เพศได้ และเมื่อนำเพรียงเลือดมาเก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงที่สะสมอยู่ในตัวเพรียงเลือดนั้นสูญสลายไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Lemm and Lemarie (1991) ศึกษาอัตราการรอดและการเจริญเติบโตของปลา striped bass วัยอ่อน โดยให้กินอาร์ทีเมียที่มีการเสริมด้วยกรดไขมัน EPA และ DHA ทำการทดลองเป็นเวลา 24 วัน พบว่าลูกปลาที่ได้รับอาร์ทีเมียที่มีการเสริม HUFA ในระดับกลางคือ 11.34 เปอร์เซ็นต์ (EPA 8.24 เปอร์เซ็นต์ และ DHA 3.1 เปอร์เซ็นต์) และ HUFA ในระดับสูงคือ 21.8 เปอร์เซ็นต์ (EPA 12.48 เปอร์เซ็นต์ และ DHA 9.36 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ จะมีอัตราการรอด 64 เปอร์เซ็นต์ และในกลุ่มที่รับอาร์ทีเมียที่เสริม HUFA ในระดับต่ำ 2.6 เปอร์เซ็นต์ (EPA 2.6 เปอร์เซ็นต์) และไม่ได้เสริม HUFA เลยพบว่า มีอัตราการรอด 23 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มระดับของ HUFA ในระดับสูงไม่มีผลต่ออัตราการรอดของลูกปลา ดังนั้น การเสริม HUFA ในระดับปานกลางจะดีที่สุด

Leger and Sorgeloos (1992) พบว่ากรดไขมัน *n*- 3 HUFA เป็นกรดไขมันที่จำเป็น และในอาหารลูกกุ้งวัยอ่อนพบในปริมาณน้อย ซึ่งกรดไขมันกลุ่มนี้มีความสำคัญต่อต่อการสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ การรักษาสมดุลของน้ำและเกลือแร่ในร่างกายและเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมนโพรสตาแกลนดินที่เกี่ยวของกับกระบวนการต่างๆเช่น การควบคุมการทำงานของระบบ osmoregulation การหดขยายกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังพบว่ากรดไขมันในกลุ่มนี้ยังส่งผลกระตุ้นให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้ดียิ่งขึ้น

Leger *et al.* (1986) รายงานว่า อาร์ทีเมียที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อน ควรมีกรดไขมันรวม (total fatty acid) มากกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ ถ้าปริมาณกรดไขมันน้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้การเติบโตและการรอดตายต่ำในสัตว์น้ำวัยอ่อน และปริมาณของกรดไขมันในอาร์ทีเมีย จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพภูมิศาสตร์ และสถานที่

แหล่งที่พบกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง

แหล่งที่สำคัญของ *n*-3 HUFA คืออาหารทะเลและน้ำมันจากสัตว์ทะเล สาเหตุที่อาหารทะเลและน้ำมันจากสัตว์ทะเลเป็นแหล่งที่สำคัญของ *n*-3 HUFA เนื่องจากในห่วงโซ่อาหาร (food chain) แพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) มีความสามารถสังเคราะห์สารพวกนี้ได้ และเมื่อแพลงก์-ตอนพืชถูกบริโภคโดยแพลงก์ตอนสัตว์ (Zooplankton) หรือสัตว์น้ำ ทำให้เกิดการสะสมของ *n*-3 HUFA ในสัตว์น้ำ ในอาหารธรรมชาติ เช่น หอยชนิดต่างๆ หมึก กุ้ง และแม่เพรียง ซึ่งใช้เป็นอาหารพ่อแม่พันธุ์กุ้งนั้น พบว่าอาหารเหล่านี้เต็มไปด้วยกรดไขมัน ชนิดไม่อิ่มตัวสูง (Highly unsaturated fatty acid - HUFA) คอเลสเตอรอล (cholesterol) สเตอรอล (sterols) ฟอสโฟไลปิด (phopolipids) กรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acids) (Chamberlain and Lawrence, 1981; Lytle *et al.*, 1990) Pinon (2000) พบว่าแม่เพรียงขนาด 2 กรัม (*Nereis virens*) จะมีค่ากรดไขมันสุทธิ 272 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง, EPA 12.5 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง, DHA 4.2 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง, AA 8.2 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และมีสัดส่วน DHA / EPA Ratio 0.34

ลักษณะนิสัยการกินอาหารของกุ้งกุลาดำ

การสร้างสูตรอาหารหรือทำอาหารให้กุ้งกิน จำเป็นต้องทราบนิสัยการกินอาหารของกุ้ง เพื่อที่จะได้อาหารที่มีรูปแบบที่เหมาะสม มีกลิ่น รสชาติที่ถูกปาก และความต้องการของกุ้งกุลาดำ กุ้งกุลาดำมีกระเพาะอาหาร ลำไส้ สั้นและตรง วัสดุอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งควรจะบดให้ละเอียด เพื่อช่วยให้ย่อยได้ง่ายขึ้น กุ้งมีนิสัยยึดครองพื้นที่ขณะกินอาหาร และชอบกินอาหารที่พื้นผิวดินในเวลากลางคืน แต่ผู้เลี้ยงสามารถฝึกให้กินอาหารในเวลากลางวันได้ มักจะฝึกให้กุ้งกินอาหารวันละ 3-4 มื้อ กุ้งที่มีขนาดโตเต็มวัยกินทั้งสัตว์และพืช แต่ชอบสัตว์มากกว่าพืช กุ้งกุลาดำชอบอาหารที่มีกลิ่นคาวมากโดยเฉพาะอาหารสด เช่น หอย หมึก หรือปลา (เวียง เชื้อโพธิ์หัก, 2543; วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536)

กุ้งจะสัมผัสอาหารโดยใช้เซลล์รับความรู้สึกทางกลิ่นจากหนวดและระยางค์มากกว่าการมองเห็น ดังนั้น อาหารกุ้งจึงจำเป็นต้องมีสารดึงดูด ให้กุ้งเข้าหาเป็นกลุ่มของอะมิโนแอซิด เช่น ไกลซีน (glycine) กลูตาเมท (glutamate) และบีเทน (betaine) แทนที่จะเป็นกรดไขมัน เหมือนในอาหารปลา (มะลิ, 2531) อาหารกุ้งควรจะมีลักษณะเล็กและยาว และไม่แตกตัวง่ายเมื่อจับถือ เนื่องจากกุ้งมีปากเป็นแบบกัดแทะ เมื่อพบอาหารจะใช้ขาเดินคู่ที่ 1 และ คู่ที่ 2 ในการจับอาหารแล้วถืออาหารจะถูกเคี้ยวให้ละเอียดต่อไปในปากก่อนถูกกลืนเข้าสู่กระบวนการใช้ประโยชน์ในขั้นต่อไป

อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ของกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำ (*Peneus monodon,* Fabricius) เป็นสัตว์ที่มีเพศแยก กุ้งเพศผู้จะมีท่อส่งน้ำเชื้อเปิดออกบริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 5 และบริเวณโคนขาว่ายน้ำคู่ที่ 1 จะมีอวัยวะเพศที่มีแผ่นเชื่อมติดกันเรียกว่า พีแตสมา (Petasma) จะมีลักษณะคล้ายตะขอพร้อมที่จะผสมพันธุ์ได้เมื่อความยาวของเปลือกคลุมหัวประมาณ 34 มิลลิเมตร (Motoh, 1981) กุ้งกุลาดำเพศผู้จะมีน้ำเชื้อสมบูรณ์ พร้อมผสมได้ตั้งแต่เปลือกคลุมหัวยาว 31 มิลลิเมตรในกุ้งบ่อดินและ 37 มิลลิเมตรของกุ้งทะเล แต่สเปิร์มมีเฉพาะส่วนของหัว (head หรือ body) แต่จะไม่มีส่วน spike

อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ของกุ้งกุลาดำสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. อัณฑะ (testes) - ค่อนข้างใส ไม่มีสี มีพูเล็กๆ 7 คู่ คู่แรกเป็นพูสั้นๆ ยื่นไปด้านหน้าของลำตัวและอีก 6 คู่ แผ่ออกด้านข้างของลำตัว ประกอบด้วย หลอดสร้างสเปิร์ม (seminiferous tubule) (King, 1948; Motoh, 1981; นวลจันทร์ จันทร์สว่าง, 2537)

2. ท่อนำสเปิร์ม (vas deferens) - ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนต้น (proximal vas deferens) ลักษณะท่อกลมและแคบ ส่วนที่ 2 (medial vas deferens) รูปร่างโค้งงอ ผนังหนาขึ้น ส่วนที่ 3 (distal vas deferens) เป็นส่วนที่แคบมากและยาว เปิดออกส่วนที่ 4 และส่วนที่ 4 (muscular portion) ซึ่งต่อกับส่วนของ ถุงเก็บสเปิร์ม และภายในท่อนำสเปิร์มจะพบ ดักต์ (duct) มีลักษณะเป็น ท่อขนาดใหญ่ (primary lumen) จะพบกลุ่มสเปิร์ม ที่มีการพัฒนาแตกต่างกัน และท่อขนาดเล็ก ยาวเรียว สีขาวขุ่น ภายในดักต์ ไม่พบกลุ่มของสเปิร์ม เชื่อมต่อกับถุงเก็บสเปิร์ม (King, 1948; Motoh, 1981; นวลจันทร์ จันทร์สว่าง, 2537)

3. ถุงเก็บสเปิร์ม (terminal ampule) - บรรจุไปด้วยถุงสเปิร์ม (spermatophore) มีจำนวนสเปิร์มมากรวมกันเป็นกลุ่มอยู่กลางถุง ล้อมรอบด้วยสารหุ้มสเปิร์ม สิ้นสุดบริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 5 ภายในมีสเปิร์มที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ รูปร่างคล้ายลูกโป่งและเปิดออกไปยังฐานของ coxopod ของขาเดินคู่ที่ 5 (King, 1948; Motoh, 1981; นวลจันทร์ จันทร์สว่าง, 2537)

4. พีแตสมา (petasma) ติดอยู่กับขาว่ายน้ำคู่ที่ 1 ของกุ้งเพศผู้ มีลักษณะเป็นตะขอ เพื่อใช้ผสมพันธุ์กับกุ้งเพศเมีย (King, 1948)

องค์ประกอบของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้

การสร้างสเปิร์มของกุ้งมีตลอดปี สเปิร์มของกุ้งกุลาดำ เคลื่อนที่ไม่ได้ (non – flagellate) ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) ส่วนหัว (body หรือ head) รูปร่างกลม ขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลาง

ประมาณ 3 ไมครอน 2) ส่วนกลาง (middle piece หรือ central cap) เป็นส่วนของ acrosome 3) spike คล้ายหนามแหลม ทำหน้าที่เจาะเซลล์ไข่และจะถูกสลัดทิ้งหลังจากสเปิร์มเข้าไปในเซลล์ไข่แล้ว (นวลจันทร์ จันทร์สว่าง, 2537; Adiyodi, 1985)

Clark *et al.* (1973) อธิบายลักษณะสเปิร์มของกุ้ง *P. aztecus* พบว่า สเปิร์มจะมีขนาดประมาณ 5.56 – 6.68 ไมโครเมตร เคลื่อนไหวไม่ได้ (non – motile flagellum) เหมือนกับสเปิร์มของสัตว์ชนิดอื่น ประกอบด้วยส่วนลำตัว รูปร่างกลม และมีอวัยวะที่คล้ายหนามเรียกว่า spike สเปิร์มของกุ้งที่สมบูรณ์จะเก็บอยู่ในถุงเก็บสเปิร์ม ซึ่งอยู่บริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 5 ทั้ง 2 ข้าง ซึ่งถุงเก็บสเปิร์มจะมีจำนวนสเปิร์มแตกต่างกันไปตามขนาดของกุ้ง โดยปกติในถุงเก็บสเปิร์มหนึ่งๆจะมีจำนวนสเปิร์มประมาณ 15.2 –22.6 ล้านเซลล์ (Heitzmann *et al.*, 1993) และพบว่าถุงสเปิร์มในกุ้งตัวเดียวกัน จะมีจำนวนของสเปิร์มในถุงทั้ง 2 ข้างนั้นใกล้เคียงกัน (นวลจันทร์ จันทร์สว่าง, 2543; Wang *et al.* 1995)

บุญรัตน์ ประทุมชาติ (2534) เปรียบเทียบน้ำหนักของถุงสเปิร์ม จำนวนสเปิร์มต่อถุงสเปิร์ม และเปอร์เซ็นต์สเปิร์มที่ปกติระหว่างกุ้งทะเลและกุ้งบ่อดินพบว่า กุ้งบ่อดินขนาด 50 – 90 กรัม จะมีน้ำหนักของถุงสเปิร์ม 0.0428 ± 0.0191 และจำนวนสเปิร์ม 1.4631 ± 3.0401 ล้านเซลล์ โดยมีสเปิร์มที่ปกติ 19.6 ± 19.2 เปอร์เซ็นต์ และในกุ้งทะเลขนาด 46-138 กรัม จะมีน้ำหนักของถุงสเปิร์ม 0.0566 ± 0.0259 และจำนวนสเปิร์ม 2.6774 ± 6.5725 ล้านเซลล์ โดยมีสเปิร์มที่ปกติ 21.4 ± 18.3 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่ากุ้งทะเลและกุ้งจากบ่อเลี้ยงให้คุณภาพของสเปิร์มไม่แตกต่างกัน ยกเว้นถุงสเปิร์มที่กุ้งทะเลให้น้ำหนักมากกว่ากุ้งจากบ่อเลี้ยงอย่างมีนัยสำคัญ

พัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์

ความสมบูรณ์เพศของอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ จากการสังเกตภายนอกร่างกายสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะ (Castille and Lawrence, 1989) ดังนี้

1. Immature stage : ถุงสเปิร์มไม่สามารถมองเห็นได้จากภายนอกร่างกาย
2. Developing stage : ถุงสเปิร์มมองเห็นได้เพียงบางส่วนจากภายนอกร่างกาย
3. Mature stage : ถุงสเปิร์มมองเห็นได้อย่างชัดเจนจากภายนอกร่างกายและสามารถหลุดออกมาได้ง่ายเมื่อมีบางอย่างไปกระตุ้น หรือบีบเค้นออกมา

Leung – Trujillo and Lawrence (1991) ศึกษาระยะเวลาการพัฒนาของถุงสเปิร์ม (spermatophore) ในกุ้ง *P. setiferus P. vannamei* และ *P. styliostris* ในถุงเก็บสเปิร์ม (terminal ampule) โดยแบ่งการพัฒนาเป็น 4 ระยะ คือ

ระยะที่ 1. ถุงสเปิร์มยังไม่พัฒนา – มีลักษณะขุ่นเล็กน้อย น้ำเชื้อยังเป็นของเหลวเคลื่อนตัวออกจากถุงเก็บสเปิร์ม ไม่พบสเปิร์มในถุงเก็บสเปิร์ม

ระยะที่ 2. ถุงสเปิร์มก่อนการพัฒนา – ของเหลวมีลักษณะข้น หนืดมากกว่าระยะแรก แต่พบลักษณะของถุงสเปิร์ม (spermatophore) เล็ก บาง และแข็งกระจายอยู่ในของเหลวซึ่งสามารถมองเห็นได้มีขนาดประมาณ 1-3 มิลลิเมตร แต่ไม่พบสเปิร์ม

ระยะที่ 3. ถุงสเปิร์มหลังการพัฒนา – สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนและพบสเปิร์มรวมกันเป็นกลุ่มก้อนอยู่ พบส่วนที่เรียกว่า wing แต่ถุงสเปิร์มยังไม่แข็ง และยังมีลักษณะบางเบาและมีสีขาวขึ้น

ระยะที่ 4. ระยะสมบูรณ์เพศ – เป็นระยะที่รูปแบบการสร้างถุงสเปิร์มสิ้นสุดลง ถุงสเปิร์มมีลักษณะที่แข็ง และมีสีเหลืองถึงสีทองอ่อนๆ พร้อมที่จะนำไปผสมกับกุ้งเพศเมีย

Heitzmann *et al.*, (1993) พบว่ากุ้ง *P. vannamei* จะใช้ระยะเวลาประมาณ 1-10 วันในการสร้างสเปิร์มขึ้นมาใหม่ หลังจากปล่อยถุงสเปิร์มออกไปแล้ว โดยจะสร้างสเปิร์มระหว่างคืนที่เกิดการลอกคราบ ถุงสเปิร์มจะเปลี่ยนจากโปร่งแสงประมาณวันที่ 1 –6 และเริ่มเห็นว่ามีสีเกิดขึ้นประมาณวันที่ 6 – 12 หลังจากนั้นจะเห็นเป็นสีขาวขุ่นอย่างเห็นได้ชัด ประมาณวันที่ 10 –14 โดยปกติในถุงเก็บสเปิร์มหนึ่งๆ จะมีจำนวนสเปิร์มประมาณ 15.5 –22.6 ล้านเซลล์ และมี สเปิร์มที่ผิดปกติ 52.8-74 เปอร์เซ็นต์

บุญรัตน์ ประทุมชาติ (2534) พบว่ากุ้ง *P. monodon* สามารถสร้างถุงสเปิร์ม (spermatophore) ขึ้นมาได้ใหม่โดยสัมพันธ์กับระยะเวลาลอกคราบ ถุงสเปิร์มมีสีขาวขุ่นและสามารถเห็นได้อย่างเด่นชัดโดยปรากฏให้เห็นภายในถุงเก็บสเปิร์ม (terminal ampulla) ในระยะเวลา 2-3 วัน หลังจากลอกคราบ และจะสามารถขับออกมาได้ง่าย

Leung – Trujillo and Lawrence (1991) พบว่าระยะเวลาพัฒนาการสร้างถุงสเปิร์ม (spermatophore formation) ในกุ้งที่ไม่ได้ตัดก้านตาจะมีจำนวนสเปิร์มปกติอยู่สูงพบว่า *P. setiferus* ใช้ระยะเวลาในการสร้างถุงสเปิร์มเสร็จสิ้นประมาณ 2 – 4 วัน *P. vannamei* ใช้ระยะเวลา 4 – 6 วัน และ *P. styliostris* ใช้ระยะเวลา 5 – 7 วัน

การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของกุ้งกุลาดำเพศผู้

การพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของกุ้งกุลาดำเพศผู้ แบ่งเป็น 5 ระยะ ดังนี้ คือ (อนุตรา อัครจามร, 2534; นวลจันทร์ จันทร์สว่าง, 2537) กุ้งกุลาดำเพศผู้จะเริ่มสร้าง spermatogonia หรือ permatogenic cell เป็นระยะแรก โดยจะแบ่งเซลล์จำนวนหนึ่ง แต่มีส่วนที่ไม่พัฒนา ยังคงทำหน้าที่เป็น spermatogenic cell ต่อไป เซลล์ที่พัฒนาจะมีรูปร่างกลมใหญ่ ผนังเซลล์บาง นิวเคลียสมีขนาดใหญ่ มีนิวคลีโอลัสหลายอันกระจายอยู่ จากนั้นนิวคลีโอลัสจะมารวมเป็นก้อนขนาดใหญ่เกิดเป็น primary spermatocyte จากนั้น primary spermatocyte แบ่งเซลล์เป็น secondary spermatocyte เซลล์มีขนาดเล็กลง จะมีการแบ่งเซลล์อีกครั้งหนึ่ง เป็น spermatid มีนิวคลีโอลัส ขนาดเล็ก cytoplasm อยู่โดยรอบจะหดหายไปบางส่วน นิวเคลียสอยู่ค่อนข้างไปด้านข้างหน้า ทางด้านท้ายของเซลล์ มีจุดสีเข้มเป็นปุ่มหนาม มีลักษณะเป็นจุดกลมเล็กๆ หลังจากนั้น spermatid จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเป็น spermatozoa

ความสมบูรณ์เพศของระบบสืบพันธุ์เพศผู้

กุ้งเพศผู้จะมีพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ได้เร็วกว่าเพศเมียและกุ้งบ่อเลี้ยงจะมีพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ได้เร็วกว่ากุ้งจากธรรมชาติ การพัฒนาของระบบสืบพันธุ์ของพ่อพันธุ์กุ้งเกิดขึ้นเมื่อกุ้งอายุได้ 33 วันโดยจะมีเซลล์สืบพันธุ์ในระยะแรกเรียกว่า spermatogonia กุ้งกุลาดำเพศผู้จากบ่อเลี้ยงจะเริ่มแสดงความสมบูรณ์เพศเมื่อกุ้งมีขนาด 13 กรัมขึ้นไป หรือความยาวของเปลือกคลุมหัว 28 มิลลิเมตร แต่สเปิร์มจะยังไม่มี spike และกุ้งเพศผู้จากบ่อเลี้ยงที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นพ่อพันธุ์กุ้งนั้น จะต้องมีขนาดประมาณ 60 – 70 กรัมขึ้นไป (บุญรัตน์ ประทุมชาติ, 2534) กุ้งเพศผู้จากธรรมชาติจะเริ่มมีน้ำเชื้อในถุงเต็มเมื่อมีขนาดตั้งแต่ 35 กรัม (Motoh, 1985) Primavera (1983) พบว่า สเปิร์มที่สามารถใช้ผสมพันธุ์ได้จะต้องมีน้ำหนัก 40 กรัมขึ้นไป ซึ่งสอดคล้องกับ Beard and Wickens (1980) พบว่ากุ้งเพศผู้ที่มีน้ำหนักอย่างน้อย 40 กรัมขึ้นไปจึงจะมีสเปิร์มเกิดขึ้นในถุงและถือว่าสมบูรณ์เพศ คุณภาพของน้ำเชื้อมีความสัมพันธ์กับขนาดของพ่อพันธุ์กุ้ง โดยที่พ่อพันธุ์กุ้งที่มีขนาดเล็กจะมีปริมาณของสเปิร์มภายในถุงน้อยกว่าพ่อพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ และสเปิร์มจะไม่ค่อยมีหาง spike (Wang *et al.*, 1995)

การเสื่อมคุณภาพของสเปิร์ม

การเสื่อมถอยของคุณภาพสเปิร์มจะเกิดขึ้นในกุ้งที่เลี้ยงในที่กักขัง ลักษณะที่เกิดขึ้นที่พบคือสเปิร์มจะค่อยๆตายและทางเดินของระบบสืบพันธุ์และถุงสเปิร์มจะค่อยๆเริ่มมีสีดำเกิดขึ้น (Chamberlain *et al.*, 1983)

Leung – Trujillo and Lawrence (1987) ศึกษาการเสื่อมคุณภาพของสเปิร์มใน *P. sertiferus* ในบ่อเลี้ยง พบว่าการเสื่อมถอยเกิดขึ้นใน 3 สัปดาห์แรกอย่างมีนัยสำคัญโดยจะมีจำนวนสเปิร์มอยู่ในช่วง 39.7 – 54.4 ล้านเซลล์ และมีจำนวนสเปิร์มที่ผิดปกติถึง 68 เปอร์เซ็นต์ ในสัปดาห์ที่ 6 และ 7 ไม่พบสเปิร์มในถุงเก็บสเปิร์มซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนว่า คุณภาพของสเปิร์มของกุ้งพีนีอิดได้รับผลกระทบจากการกักขัง

Chamberlain *et al.* (1983) รายงานว่า มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของกุ้ง *P. stylirostris* และ *P. sertiferus* ที่อยู่ในบ่อเลี้ยงๆหลายเดือน มีการบวมน้ำของท่อนำสเปิร์มส่วนต้น (proximal) และ ส่วนกลาง (medial vas deferens) และ 58 เปอร์เซ็นต์ของกุ้งทั้ง 2 ชนิด ถุงสเปิร์มจะ มีสีดำเข้ม (melanize) ผลการเกิดสีดำนี้เกิดขึ้นได้สูง โดยเฉพาะกับกุ้งเพศผู้ที่ได้ถูกขับถุงเก็บสเปิร์มออกไปแล้ว เพื่อผสมเทียม

Wang *et al.* (1995) พบว่าสเปิร์มของกุ้ง *P. vannamei* ที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์นั้น จะย้อมไม่ติดสี Trypan blue และพบว่า สเปิร์มจะไม่มี spike และพบว่าถ้าถุงสเปิร์มมีสีขาวขุ่นชัดเจนจะเป็นถุงสเปิร์มที่มีลักษณะที่สมบูรณ์ ถ้ามีลักษณะคล้ำ ดำจะเป็นถุงสเปิร์มที่ผิดปกติ ซึ่งเกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียที่เรียกว่า Male Reproductive Tract Degenerative Syndrome (MRTDS) สาเหตุหลักของโรคนี้เกิดจากที่อุณหภูมิของน้ำสูงกว่าปกติ

Talbot *et al.* (1989) ทดลองศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะสืบพันธุ์ของกุ้ง *P. setiferus* ที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ นาน1 35 53 76 และ 131 วัน พบว่าการเสื่อมของอวัยวะสืบพันธุ์เริ่มที่ระยะเวลา 35 วัน โดยถุงเก็บสเปิร์มเริ่มแข็งตัวเปลี่ยนจากสีขาวขุ่น เป็นสีน้ำตาล ภายในถุงมีสารหล่อเลี้ยงสเปิร์มเพียงเล็กน้อย ภายในพบสเปิร์มที่ตายแล้วเป็นจำนวนมาก และมีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย สเปิร์มมีขนาดเล็กลงจากสภาพปกติ ตลอดระยะเวลา 39- 45 วัน ท่อนำสเปิร์มทั้ง 3 ส่วนภายนอกยังคงเป็นปกติ แต่เมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่าสเปิร์มในท่อนำสเปิร์มส่วนกลางตาย และมีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย ในเวลา 76-131 วัน อวัยวะสืบพันธุ์ทั้งหมดเปลี่ยนเป็น สีเหลือง

นอกจากนี้ยังมีการรวบรวมหลักฐานที่แสดงถึงการเสื่อมลงของคุณภาพของสเปิร์มในที่กักขังเป็นผลจากอุณหภูมิที่ต่ำ การติดเชื้อจากแบคทีเรีย และสารเคมีเช่น EDTA หลายรายงานคาดว่าเป็นอาการของโรคที่เกิดขึ้นในอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ ซึ่งรวมไปถึงโครงสร้างของถุงเก็บสเปิร์มที่เสื่อมลง การเกิดสีดำหรือการตายของเนื้อเยื่อของถุงเก็บสเปิร์มและการบวมน้ำของท่อนำสเปิร์มสามารถเกิดขึ้นในภาวะการเพาะเลี้ยงที่หลากหลายขึ้น ปัจจัยที่คาดว่าเป็นสาเหตุของการเกิดโรค MRTDS นั้นเกิดจากการทำซ้ำเพื่อกระตุ้นให้ถุงสเปิร์มหลุดออกมาโดยการใช้ไฟช็อต การติดเชื้อจากแบคทีเรีย และปัจจัยจากอาหาร (Chamberlain *et al.* 1983; Sandifer et al. 1984)

Brown *et al.* (1979) ศึกษาพบว่าถุงเก็บสเปิร์มที่เสียหายภายนอก เกิดขึ้นได้ทั้งในแหล่งน้ำกร่อยและในทะเลที่มีการเพาะเลี้ยง สาเหตุเกิดจากการติดเชื้อ *Vibrio* sp. ซึ่งทำให้เกิดการเสื่อมของคุณภาพของสเปิร์ม

สิทธิโชค จันทร์ย่อง (2545) นำกุ้งกุลาดำเพศเมียที่มีไข่แก่ พร้อมที่จะได้รับการผสมนำมาผสมเทียมกับกุ้งเพศผู้ พบว่าไข่ได้รับการผสมแต่กลับไม่ฟักเป็นตัว สาเหตุมาจากสเปิร์มไม่สมบูรณ์หรือคุณภาพต่ำ เกิดจากหลายๆปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพสเปิร์ม ไม่ว่าจะเป็นขนาดของกุ้งเพศผู้ โดยกุ้งที่มีขนาดเล็กจะมีถุงสเปิร์มเล็กด้วยเช่นกัน หรือระยะเวลาในที่กักขัง ทำให้คุณภาพของสเปิร์มด้อยลงไป และเกิดจากระยะเวลาของความสมบูรณ์เพศทั้งในกุ้งเพศผู้และกุ้งเพศเมียใช้ระยะเวลาต่างกัน การรอให้กุ้งเพศเมียมีไข่แก่พร้อมที่จะผสมเทียมนั้นมีระยะเวลานานพอจะทำให้ถุงสเปิร์มของกุ้งเพศผู้ที่สมบูรณ์เต็มที่ เริ่มจะด้อยคุณภาพลง และพบว่าถุงสเปิร์มเกิดโรค MRTDS ทำให้เกิดสีคล้ำดำ สาเหตุของโรคนี้เกิดจากแบคทีเรีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย