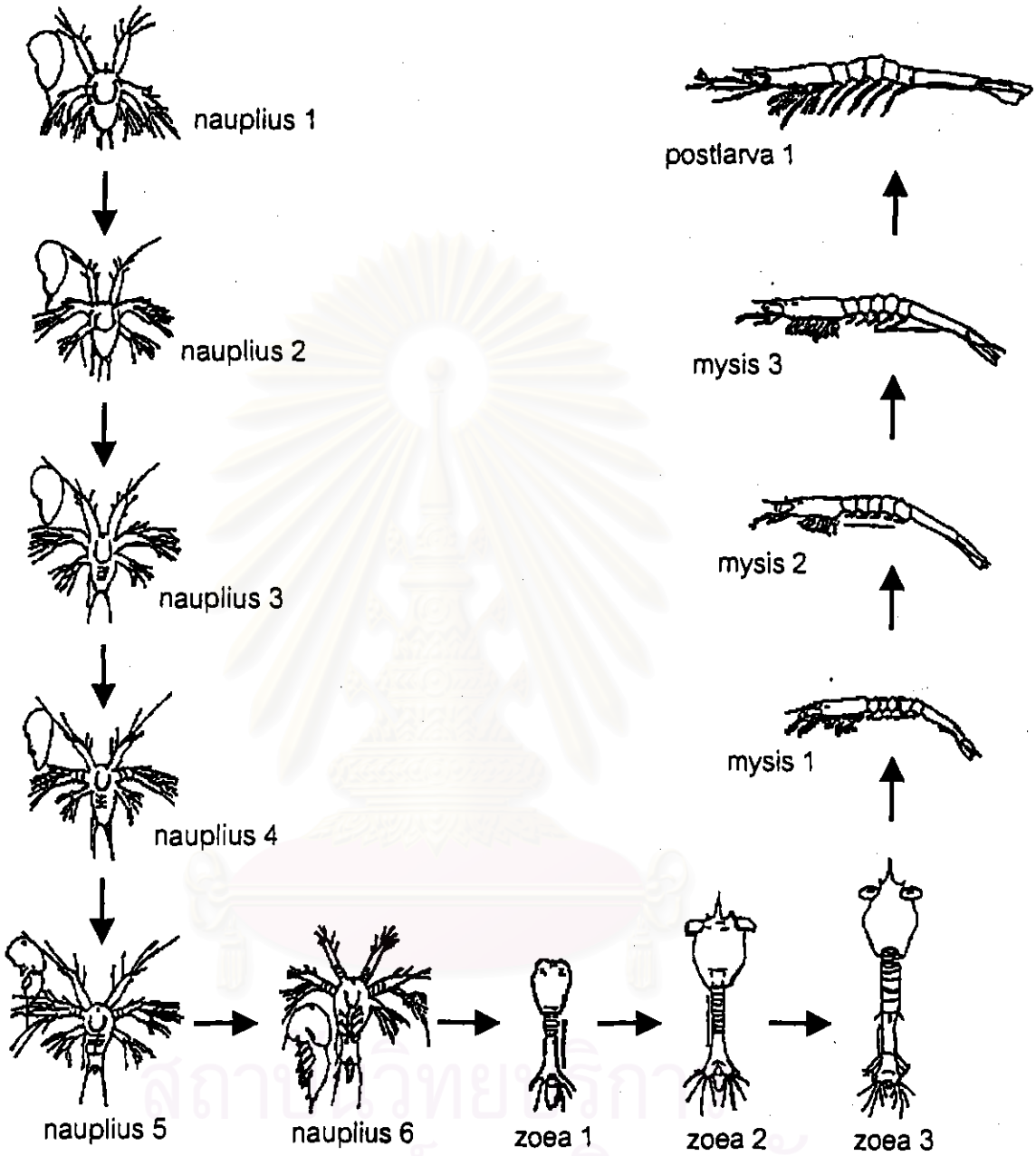
บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ลักษณะรูปร่างของลูกกุ้งทะเลระยะวัยอ่อน

ลักษณะของลูกกุ้งทะเลระยะ nauplius แบ่งออกเป็น 6 ระยะย่อย มีรูปร่างแบบ pyriform หรือคล้ายแมงมุม มีลักษณะเด่นคือ ลำตัวไม่แบ่งเป็นปล้อง มีระยางค์ 3 คู่ ลูกกุ้งระยะ zoea จะมีส่วนของลำตัวยาวขึ้น และมีลักษณะเด่นคือ ส่วนของ cephalothorax แยกจากส่วนของลำตัว ลูกกุ้งระยะนี้แบ่งออกเป็น 3 ระยะย่อย ในแต่ละระยะย่อยมีลักษณะแตกต่างกันคือ ระยะ zoea 1 มีส่วนของตาติดกับหัว ระยะ zoea 2 ส่วนของตาแยกออกจากหัว ซึ่งเห็นได้ชัดเจน และระยะ zoea 3 มีแพนหาง (uropods) เกิดขึ้น ส่วนลูกกุ้งระยะ mysis มีการพัฒนาของขาว่ายน้ำ (pleopods) เกิดขึ้น ซึ่งลูกกุ้งในระยะนี้ยังแบ่งออกเป็น 3 ระยะย่อย ซึ่งมีความแตกต่างกันดังนี้ คือ ระยะ mysis 1 ส่วนของขาว่ายน้ำยังไม่เกิดขึ้นแต่ที่ฐานของขาว่ายน้ำมีลักษณะเป็นปุ่มนูน (pleobases) เมื่อลูกกุ้งพัฒนาเข้าสู่ระยะ mysis 2 ขาว่ายน้ำทั้ง 5 คู่ ที่บริเวณท้องมีขนาดโตขึ้น และเมื่อพัฒนาเข้าสู่ระยะ mysis 3 ขาว่ายน้ำจะปรากฏให้เห็นอย่างสมบูรณ์ ลูกกุ้งระยะ postlarva จะมักลักษณะรูปร่างเหมือนกับกุ้งโตเต็มวัย และมีการพัฒนาของอวัยวะต่าง ๆ สมบูรณ์ (Motoh, 1981) การพัฒนาของลูกกุ้งวัยอ่อนระยะต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 1

พฤติกรรมของลูกกุ้งทะเลวัยอ่อน

พฤติกรรมของลูกกุ้งทะเลวัยอ่อนแตกต่างกันตามระยะของลูกกุ้ง โดยลูกกุ้งในระยะ nauplius จะว่ายน้ำในลักษณะว่ายแล้วหยุดเป็นระยะ ๆ อย่างต่อเนื่อง เมื่อลูกกุ้งเข้าสู่ระยะ zoea จะว่ายน้ำในลักษณะว่ายไปทางด้านหน้าหรือบางครั้งมีการว่ายหมุนเป็นวงกลม ลูกกุ้งที่พัฒนาเข้าสู่ระยะ mysis มีพฤติกรรมว่ายน้ำในลักษณะดีดตัวขึ้นลง และเมื่อถึงระยะ postlarva จะว่ายน้ำในลักษณะว่ายขนานตามแนวราบ และมักเกาะตามผนังหรือก้นบ่อ (Treece, 1985)

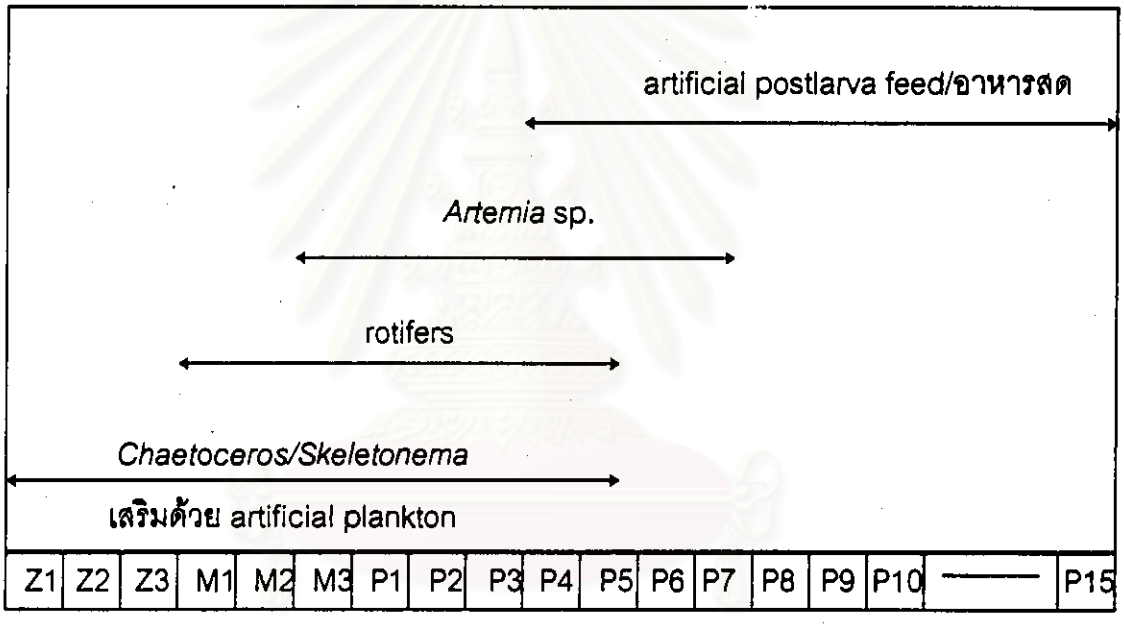


รูปที่ 1. รูปร่างลักษณะและการพัฒนาการเจริญเติบโตของกุ้งทะเลวัยอ่อน

ที่มา : ดัดแปลงจาก Motoh (1981)

อาหารลูกกุ้งทะเลวัยอ่อน

โดยทั่วไปแล้วการกินอาหารของลูกกุ้งทะเลในสกุล *Penaeus* ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตของลูกกุ้ง Cook และ Murphy (1969); Yap (1979); Kongkeo (1991) รายงานว่าลูกกุ้งระยะ zoea ช่วงระยะต้นกินแพลงก์ตอนพืช ได้แก่ *Skeletonema* sp., *Chaetoceros* sp., *Tetraselmis* sp. และ *Isochrysis* sp. เป็นอาหาร เมื่อลูกกุ้งพัฒนาเข้าสู่ระยะ mysis ลูกกุ้งจะเปลี่ยนมากินแพลงก์ตอนสัตว์ ได้แก่ rotifer (*Brachionus plicatilis*) และ *Artemia* sp. รูปที่ 2 สรุปการกินอาหารของกุ้งกุลาดำวัยอ่อนระยะต่าง ๆ



รูปที่ 2. ชนิดของอาหารธรรมชาติที่ใช้ในการอนุบาลกุ้งกุลาดำวัยอ่อน

Z : กุ้งกุลาดำวัยอ่อนระยะ zoea

M : กุ้งกุลาดำวัยอ่อนระยะ mysis

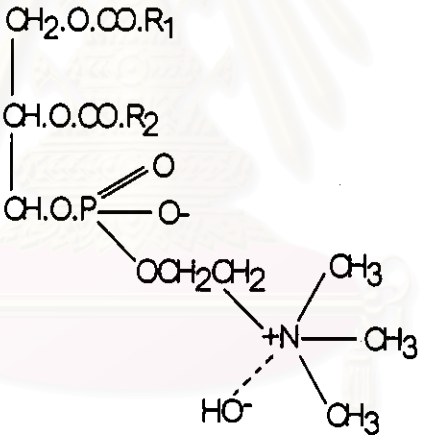
P : กุ้งกุลาดำวัยอ่อนระยะ postlarva

ที่มา : Kongkeo (1991)

ห้องสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลซิทิน (lecithin **หรือ** phosphatidyl choline)

เลซิทินเป็นสารในกลุ่มฟอสโฟลิปิด (phospholipid) มีโครงสร้าง แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยกลีเซอรอล (glycerol) ในตำแหน่งที่ 1, 2 มีพันธะเอสเทอร์กับกรดไขมัน (fatty acid) และในตำแหน่งที่ 3 หมู่ -OH ของกลีเซอรอล มีพันธะเอสเทอร์กับกรดฟอสโฟริค (phosphoric acid) และไนโตรเจนเบส (nitrogenous base) ถ้าไนโตรเจนเบสเป็น choline เรียกว่าเลซิทิน (phosphatidyl choline) แต่ถ้าเป็น ethanolamine เรียกว่า cephalin (phosphatidyl ethanolamine) ซึ่งทั้งสองชนิดพบมากในสัตว์และพืชชั้นสูง (Akiyama และ Dominy, 1992) ฟอสโฟลิปิดที่ประกอบด้วย choline หรือ inositol กุ้งสามารถใช้ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด (Kanazawa, 1983) ตัวอย่างของฟอสโฟลิปิดชนิดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 3. โครงสร้างเลซิทิน (R_1, R_2 : กรดไขมัน)

ที่มา : Tacon (1990)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1. ตัวอย่างของฟอสโฟกลีเซอไรด์และไนโตรเจนเบส (X) ที่เป็นองค์ประกอบ

Phosphoglyceride	หมู่ -X
Phosphatidyl choline	choline
Phosphatidyl ethanolamine	ethanolamine
Phosphatidyl serine	serine
Phosphatidyl inositol	inositol
Phosphatidyl glycerol	cardiolipin

ที่มา : ประหยัด โกมารทัต (2530)

กรดไขมันที่ประกอบในฟอสโฟลิปิดในสัตว์ (R_1 และ R_2 จากรูปที่ 3.) ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) มากกว่ากรดไขมันที่ประกอบอยู่กับ triglycerides (น้ำมันและไขมัน) (Tacon, 1990; Akiyama และ Dominy, 1992) ตำแหน่งของกรดไขมันมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของฟอสโฟลิปิด (Kanazawa, 1983) การเพิ่มความไม่อิ่มตัวของฟอสโฟ ลิปิดกระทำได้โดยเพิ่มจำนวนคาร์บอน (C) ที่กรดไขมันเป็น C_{20} และ C_{22} ซึ่งมีความไม่อิ่มตัวสูงให้จับกับตำแหน่งของกรดไขมัน กรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid, EFA) 20:5n-3 (eicosapentaenoic acid, EPA) และ 22:6n-3 (docosahexaenoic acid, DHA) ประมาณ 80 เปอร์เซนต์ จะพบที่ฟอสโฟลิปิดซึ่งกุ้งสามารถใช้ประโยชน์ได้ดี จากการวิเคราะห์ฟอสโฟลิปิดในกรณีที่กรดไขมันจำเป็นไม่เพียงพอพบว่ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณมากที่เป็นอนุพันธ์ของ oleic acid และ palmitoleic acid ซึ่งกรดไขมันดังกล่าวสามารถสังเคราะห์ได้จาก linolenic acid ฟอสโฟลิปิดมีบทบาทสำคัญต่อเมตาบอลิซึมของไขมัน เป็นสารช่วยให้ไขมันแตกตัว (emulsifyer) ในระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต (Tacon, 1990) มีส่วนช่วยในการดูดซึมและขนส่ง ไขมันภายในร่างกาย เป็นสารช่วยในการส่งกระแสประสาท เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ ช่วยให้เยื่อหุ้มเซลล์มีคุณสมบัติยืดหยุ่นและเลือกดูดซึมสารกลับ (Steffens, 1989 ; Akiyama และ Dominy, 1992; Akiyama, Dominy และ Lawrence, 1992) กุ้งสามารถสังเคราะห์ฟอสโฟ ลิปิดได้ในอัตราที่ช้า (Kanazawa, 1983) ในขณะที่มีความต้องการใช้สูง การขาดฟอสโฟลิปิดจะส่งผลให้มีการลอกคราบช้าและผิดปกติ (Conklin และ คณะ, 1980; Bowser และ Rosemark, 1981; Kanazawa

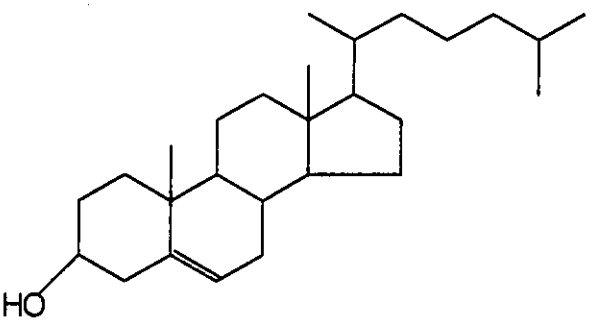
และ คณะ, 1985; Briggs และ คณะ, 1988) แหล่งของเลซิทินจะได้จากน้ำมันจากสัตว์ทะเล หรือน้ำมันจากถั่วเหลือง (Tacon, 1990; Akiyama และ Domimy, 1992; Akiyama และ คณะ, 1992) ปกติแล้วในน้ำมันจากปลาหมึก กุ้ง หรือหอยมีปริมาณ ฟอสโฟลิปิดประมาณ 30 - 50 เปอร์เซนต์

กุ้งมีความต้องการฟอสโฟลิปิดประมาณ 2.0 เปอร์เซนต์ของอาหาร แต่ถ้าใช้เลซิทิน ความต้องการจะลดลงเหลือ 1.0 เปอร์เซนต์ และถ้าในฟอสโฟลิปิดประกอบด้วยกรดไขมัน 20:5n3 และ 22:6n3 ในตำแหน่งที่กรดไขมันจับกับฟอสโฟลิปิด ความต้องการฟอสโฟลิปิด จะลดลงเหลือ 0.4 เปอร์เซนต์ (Akiyama และ คณะ, 1992)

คอเลสเทอรอล (cholesterol)

คอเลสเทอรอลเป็นสารในกลุ่มสเตอรอยด์ (steroid) โดยเป็นไขมันที่มีโครงสร้างรูปวงแหวน perhydrocyclopentanophenanthrene ดังรูปที่ 4 มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในไขมันและตัวทำละลายอินทรีย์ โดยคอเลสเทอรอลเป็นอนุพันธ์แอลกอฮอล์ของสเตอรอยด์ กระจายทั่วร่างกาย พบมากในเซลล์สมอง เนื้อเยื่อประสาท เลือด น้ำดี ตับ และผิวหนัง คอเลสเทอรอลในร่างกายพบทั้งในรูปอิสระ และในรูปเอสเทอร์กับกรดไขมันและสารอินทรีย์อื่น คอเลสเทอรอลรูปอิสระจะพบที่เยื่อเซลล์ ส่วนรูปเอสเทอร์พบในไลโปโปรตีนของน้ำเลือด (plasma lipoprotein) (Tacon, 1990; Akiyama และ คณะ, 1992)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4. โครงสร้างของคอเลสเทอรอล

ที่มา : ประหยัด โกมารทัต (2530)

คอเลสเทอรอล เป็นสารอาหารที่กุ้งกุลาดำต้องการในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตอย่างปกติ โดยที่กุ้งไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ (Teshima และ Kanazawa, 1971) ในขณะที่มีความต้องการใช้สูง (D'Abramo และ คณะ, 1984) เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ มีความสำคัญต่อเมตาบอลิซึมของไขมันและคาร์โบไฮเดรตในตับ เป็นสารช่วยในการส่งกระแสประสาท ช่วยในการดูดซึมกรดไขมันในลำไส้และขนส่งไขมัน ช่วยในการดูดซึมวิตามินเอ กลับคืน เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามินดี 3 กรดน้ำดี prostaglandins และฮอร์โมนในกลุ่มสเตอรอยด์ (ได้แก่ androgen, estrogens และ corticosteroids) ถ้าขาดจะทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดลดลง การลอกคราบช้าและผิดปกติ (Conklin และ คณะ, 1980; Bowser และ Rosemark, 1981; Kanazawa และ คณะ, 1985; Briggs และ คณะ, 1988; Tacon, 1990) แหล่งของคอเลสเทอรอลในธรรมชาติจะมาจากสัตว์ทะเลและไขมันจากสัตว์ทะเล (Akiyama และ คณะ, 1992)

Kean และ คณะ (1985) ทำการทดลองหาระดับความต้องการเลซิทิน (0, 3 และ 6 เปอร์เซนต์ของอาหาร) และคอเลสเทอรอล (0, 0.25, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซนต์ของอาหาร) ในกุ้งมังกร *Homarus americanus* วัยรุ่น โดยใช้แหล่งโปรตีนจากปูหิน *Cancer irroratus* พบว่า กุ้งในกลุ่มที่ได้รับเลซิทินทุกระดับแต่ไม่ได้รับคอเลสเทอรอลตายหมดภายใน 14 สัปดาห์ เลซิทินและคอเลสเทอรอลทุกระดับ มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

Teshima, Kanazawa และ Kakuta (1986) ศึกษาผลของเลซิทินในอาหารต่อการขนส่งไขมันในกุ้ง *Penaeus japonicus* วัยรุ่น พบว่าปริมาณไขมันทั้งหมดในตับอ่อน และเลือดเพิ่มขึ้น เมื่อกุ้งได้รับอาหารที่เสริมเลซิทิน แต่ไม่พบความแตกต่างของปริมาณไขมันทั้งหมดในเนื้อกุ้ง โดยปริมาณไขมันทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นจะเป็น triglycerides และคอเลสเทอรอล

Briggs, Jauncey และ Brown (1988) ศึกษาผลของเลซิทินและคอเลสเทอรอล ในอาหารกึ่งบริสุทธิ์ต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดในกุ้งก้ามกราม *Macrobrachium rosenbergii* วัยรุ่น พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดเมื่อเสริมในอาหารด้วยเลซิทินและคอเลสเทอรอลในทุกระดับ

Chen และ Jenn (1991) และ Chen (1993) ทำการทดลองหาระดับความต้องการ phosphatidylcholine (0, 1.25, 2.5 และ 5 เปอร์เซนต์ของอาหาร) และคอเลสเทอรอล (0, 0.5 และ 1 เปอร์เซนต์ของอาหาร) ที่มีต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอด ในอาหารกุ้ง *Penaeus penicillatus* และกุ้งกุลาดำระยะวัยรุ่น พบว่าระดับ phosphatidylcholine และคอเลสเทอรอล ที่ 1.25 และ 0.5 เปอร์เซนต์ของอาหาร ทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีผลกับอัตราการรอดของกุ้ง นอกจากนั้นยังพบว่าเลซิทินและคอเลสเทอรอลไม่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของไขมันในตับอ่อน ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวและ n-3 ในเนื้อกุ้งลดลงเมื่อระดับเลซิทินเพิ่มขึ้น

D'Abramo และ คณะ (1981) ทดลองเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของฟอสโฟลิปิดและกรดไขมันต่ออัตรารอดของกุ้งมังกร *Homarus americanus* วัยรุ่น โดยใช้อาหารบริสุทธิ์พบว่าเลซิทินมีความจำเป็น ช่วยให้อัตรารอดของกุ้งในระยะลอกคราบ (molt death syndrome) สูงขึ้น และผลของเลซิทินขึ้นอยู่กับแหล่งที่มา ส่วนกรดไขมันและ cephalin ไม่มีผลต่ออัตราการรอด

Kanazawa, Teshima และ Sakamoto (1985) ศึกษาผลของลิปิด, กรดไขมัน และฟอสโฟลิปิด ต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดในกุ้ง *Penaeus japonicus* วัยอ่อน พบว่าลูกกุ้งต้องการฟอสโฟลิปิดในอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและอัตรารอด และผลขึ้นอยู่กับชนิด

ของฟอสโฟลิปิด ลูกกุ้งในกลุ่มที่ให้อาหารโดยไม่ได้เสริมฟอสโฟลิปิดไม่สามารถพัฒนาการเจริญเติบโตเป็น postlarva ได้และตายภายใน 7 วัน อัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดของลูกกุ้งจะดีขึ้นเมื่อเสริมเลซิทินจากถั่วเหลืองในอาหารกุ้งที่มีแหล่งไขมันประกอบด้วย 18:1n9 และกรดไขมันจำเป็นหรือ pollack liver oil ปริมาณที่เหมาะสมของการใช้เลซิทินจากถั่วเหลืองในอาหารกุ้งวัยอ่อนเท่ากับ 6.0 เปอร์เซนต์ของอาหาร เมื่อใช้ 18:1n9 และ 1.0 เปอร์เซนต์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงเป็นแหล่งไขมัน และปริมาณความต้องการเลซิทินจะลดลงเหลือ 3.5 เปอร์เซนต์ของอาหาร เมื่อใช้ pollack liver oil เป็นแหล่งไขมันในอาหาร

Kanazawa และ คณะ (1979) ทำการทดลองโดยใช้น้ำมัน pollack liver oil 7 เปอร์เซนต์ของอาหาร เสริมด้วยฟอสโฟลิปิดชนิดต่าง ๆ 1 เปอร์เซนต์ ในอาหารกุ้ง *Penaeus japonicus* วัยรุ่น พบว่ากุ้งเจริญเติบโตดีที่สุด เมื่อเพิ่มเลซิทินจาก short-necked clam (*Tapes philippinarum*) แต่กรดไขมันจาก short-necked clam ไม่มีผลช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต สำหรับ cephalin จาก short-necked clam มีผลช่วยในการเจริญเติบโตในกุ้งแต่น้อยกว่าเลซิทิน

Kanazawa และ คณะ (1971) ทำการทดลองเสริมคอเลสเทอรอลในอาหารกุ้ง *Penaeus japonicus* วัยรุ่น พบว่าระดับที่เหมาะสมเท่ากับ 0.5 เปอร์เซนต์ โดยคอเลสเทอรอลจะช่วยทำให้กุ้งเจริญเติบโตเป็นปกติ ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอด Teshima, Kanazawa และ Sasada (1983) ทำการทดลองเปรียบเทียบสารสเตอรอลต่าง ๆ ในอาหารกุ้ง *Penaeus japonicus* วัยอ่อน ต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอด กุ้งในกลุ่มที่ไม่ได้รับสเตอรอลมีอัตราการรอดต่ำ การพัฒนาการเจริญเติบโตช้า โดยคอเลสเทอรอล 1 เปอร์เซนต์ ให้ผลดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบสารสเตอรอลอื่น และถ้าเปรียบเทียบกุ้งในกลุ่มที่ได้รับคอเลสเทอรอล 1 เปอร์เซนต์ กับกุ้งในกลุ่มที่ให้อาหารธรรมชาติที่เลี้ยงด้วย *Chaetoceros gracilis* และ *Artemia salina* ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

D'Abramo และ คณะ (1984, 1985) ศึกษาความต้องการของชนิดและปริมาณสเตอรอลในอาหารกุ้ง lobsters (*Homarus* sp.) และกุ้ง crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) วัยรุ่น ตามลำดับ พบว่ากุ้งมีความต้องการคอเลสเทอรอลเพื่อการเจริญเติบ

โตและอัตราการรอดที่เป็นปกติในระดับ 0.12 และ 0.4 เปอร์เซนต์ ตามลำดับซึ่งเป็นระดับความต้องการต่ำสุด ทั้งยังไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเสริมคอเลสเทอรอลในอาหารกุ้งมังกร 0.19 ถึง 0.59 เปอร์เซนต์ การทดแทนคอเลสเทอรอลโดยผสม phytosterols ในอาหารกุ้งทำให้ผลการเจริญเติบโตและอัตรารอดต่ำลง

Sheen และ คณะ (1994) ศึกษาความต้องการคอเลสเทอรอลในกุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon* วัยรุ่น ต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอด โดยเปลี่ยนแปลงระดับคอเลส-เทอรอล 6 ระดับ (0, 0.2, 0.4, 0.5, 0.8 และ 1.0 เปอร์เซนต์) พบว่ากุ้งกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วยคอเลสเทอรอล 0 และ 1.0 เปอร์เซนต์ มีการเพิ่มน้ำหนักน้อยและมีอัตรารอดต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ได้รับคอเลสเทอรอล 0.2 ถึง 0.8 เปอร์เซนต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย