บทที่ 1

บทนำ

กุ้งก้ามกราม, กุ้งหลวงหรือกุ้งนาง (Macrobrachium rosenbergii de Man) เป็นกุ้งน้ำจืดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในเขตอินโดแปซิฟิค ในอดีตกุ้งชนิดนี้มีอยู่ชุกชุมตามแหล่งน้ำจืดทั่วไปของประเทศไทย แต่เนื่องจากปัญหามลภาวะทางน้ำ การสร้างเขื่อนกั้นน้ำ และการประมงที่ขาดการจัดการที่ดี ทำให้กุ้งก้ามกรามลดปริมาณลงอย่างรวดเร็ว และมีราคาสูงขึ้นกว่าเดิมมาก ด้วยเหตุนี้กรมประมง, ประชาชน และนักวิชาการที่เห็นความสำคัญของเรื่องนี้จึงพยายามศึกษาและหาทางเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามขึ้น เพื่อทดแทนกับปริมาณกุ้งที่ต้องสูญเสียไปจากธรรมชาติ และเพิ่มจำนวนกุ้งให้เพียงพอกับความต้องการของประเทศ

วิธีการเพาะและเลี้ยงกุ้งก้ามกรามปัจจุบันเป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยากนัก เนื่องจากมีผู้ทำการศึกษากันมากและสามารถนำมาปฏิบัติอย่างได้ผล ปัญหาที่นักเพาะเลี้ยงกำลังสนใจเกี่ยวกับกุ้งก้ามกรามในปัจจุบันก็คือ ทำอย่างไรกุ้งก้ามกรามจึงจะสามารถมีการเจริญเติบโตได้เท่ากันทุกตัวในบ่อเลี้ยงเดียวกัน นักเพาะเลี้ยงหลายคนคิดว่าการคัดเลือกพันธุ์กุ้งที่ดีอาจแก้ปัญหาดังกล่าวได้ ยิ่งไปกว่านั้นการเลี้ยงด้วยอาหารที่ดีและเหมาะสมน่าจะทำให้กุ้งโตเร็วขึ้น

การศึกษาเกี่ยวกับการคัดเลือกพันธุ์เป็นสิ่งที่ยุ่งยากและต้องใช้เวลามาก จนกระทั่งปัจจุบันยังมีรายงานเรื่องนี้น้อยมาก ตรงกันข้ามการศึกษาเกี่ยวกับอาหารทำได้ง่ายกว่า ไม่ต้องใช้เวลาในการศึกษานัก จึงมีรายงานอยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเรื่องกุ้งทะเล มีเกี่ยวกับกุ้งก้ามกรามบ้างก็เป็นการศึกษาอาหารของกุ้งวัยรุ่น การศึกษาเรื่องอาหารของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน ส่วนใหญ่ใช้อาร์ทีเมีย และอาหารจากเนื้อปลาหรือหอยเป็นหลัก การศึกษาเกี่ยวกับอาหารผสมหรืออาหารสำเร็จรูปอื่น ๆ เพื่อใช้เลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนนั้นยังมีการศึกษาน้อยมาก และสามารถพูดได้ว่าในประเทศไทยยังไม่มีใครเคยรายงานไว้ก่อนเลย

ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้การศึกษาเกี่ยวกับอาหารของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนเป็นเรื่องที่น่าสนใจ และน่าสนับสนุนเพื่อประโยชน์แก่การเพาะเลี้ยงกุ้งวัยอ่อน ที่เป็นปัจจัยสำคัญของการเลี้ยงกุ้งขนาดใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจากอาหารที่ดีและเหมาะสมจะทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตและอัตรารอดสูง ทำให้ผลผลิตลูกกุ้งเพียงพอกับความต้องการของประเทศ ยิ่งไปกว่านั้นอาหารดียังทำให้ลูกกุ้งแข็งแรง มีความทนทานต่อโรคได้ดี เมื่อปล่อยลงบ่อเลี้ยงก็จะช่วยให้อัตรารอดสูงซึ่งเท่ากับเป็นการเพิ่มผลผลิตกุ้งใหญ่ให้มากขึ้นด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์หลักคือ

1. เพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน
2. เพื่อหาส่วนประกอบของอาหารจากสารอินทรีย์มาแทนอาหารจากเนื้อสัตว์
3. ศึกษาผลของการเจริญเติบโตและเปอร์เซนต์รอดของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสูตรต่าง ๆ
4. ศึกษาผลของมันกุ้งและโคเลสเตอรอลต่อการเจริญเติบโตและเปอร์เซนต์รอดของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน
5. ศึกษาความแตกต่างของการเจริญเติบโตและเปอร์เซนต์รอดของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่ให้อาหารผสมอย่างเดียวตลอด 24 ชั่วโมง กับที่ให้อาหารผสมสลับตัวออนอาร์ทีเมีย

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยครั้งนี้

1. ทำให้ทราบสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน (ราคาถูก เจริญเติบโตเร็ว และเปอร์เซนต์การรอดสูง)
2. อาหารสูตรที่มีคุณค่านี้จะสามารถช่วยลดการให้อาร์ทีเมีย ซาไลน่า ได้ ทำให้ต้นทุนการผลิตกุ้งต่อตัวลดลง

3. การศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ค่อนข้างใหม่สำหรับประเทศไทย จึงคิดว่าการวิจัยครั้งนี้จะเป็นตัวอย่างที่ดีที่จะทำให้เกิดการวิจัยในทำนองนี้ต่อ ๆ ไป

4. ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์โดยตรงต่อประชาชนที่กำลังเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามอยู่ในปัจจุบัน และผู้สนใจที่คิดจะลงทุนต่อไป

การศึกษาและสำรวจเอกสาร

กุ้งก้ามกรามหรือกุ้งหลวง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Macrobrachium rosenbergii, de Man (1879) มีการแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในเขตอินโดแปซิฟิค เช่น ประเทศรอบมหาสมุทรอินเดีย และหมู่เกาะต่าง ๆ ในแถบนี้ (Holthuis, 1950; Ling, 1969)

ในประเทศไทยได้พบกุ้งชนิดนี้ในแหล่งน้ำธรรมชาติทุกภาค แต่ปัจจุบันปริมาณได้ลดลงในหลายจังหวัดของภาคเหนือและภาคอีสาน และยังคงมีชุกชุมอยู่ทางภาคใต้และภาคกลางบางจังหวัด (เชิดชาย และธีรพันธุ์, 2517; ประจวบ, 2523)

การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกราม

การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามครั้งแรกเกิดขึ้นจากการริเริ่มของ Dr. S.W. Ling ในปี 1961 โดยที่สังเกตพบว่ากุ้งชนิดนี้มีขนาดใหญ่และมีผู้นิยมรับประทานกันมาก ทำให้คิดว่าต่อไปกุ้งชนิดนี้จะต้องหายากในธรรมชาติ จึงได้เริ่มทดลองเลี้ยงตัวอ่อนของกุ้งชนิดนี้ด้วยความเพียรพยายามอยู่ถึง 10 ปี (Ling, 1977) หลังจากนั้นจึงมีผู้เจริญรอยตามและให้ความสนใจแก่การเลี้ยงกุ้งชนิดนี้เพิ่มขึ้น จนปัจจุบันนี้มีการนำกุ้งก้ามกรามไปเพาะเลี้ยงยังส่วนต่าง ๆ ของโลกมากขึ้น เช่น ญี่ปุ่น, ไต้หวัน, Palau, Mauritius, Tahiti, Seychelles, Malawi, Hawaii, U.S.A., Mexico, Puerto Rico, Honduras, Colombia และ Polynesia (Ling และ Costello, 1976)

การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนเป็นเรื่องที่มีผู้สนใจมาก และปัจจุบันมีระบบการเลี้ยงที่ใช้กันอยู่อย่างได้ผล 2 ระบบคือ ระบบการเลี้ยงที่มีการเปลี่ยนน้ำใหม่แทนน้ำเก่าบางส่วน (Static water system) ซึ่งเป็นระบบที่มีผู้นิยมและศึกษากันมาก เช่น การศึกษาของ Fujimura (1966, 1974), Ling (1969), Singholka and Pawaputanon (1974), Sukotjo et al. (1975), ไพโรจน์และทรงชัย, (2511, 2512) และทรงชัยและชูชาติ (2515) เป็นต้น อีกระบบหนึ่งคือ การเลี้ยงแบบน้ำหมุนเวียนปิด (Closed recirculating water system) ซึ่งเป็นระบบที่มีผู้ให้ความสนใจกันมากในระยะหลัง เช่น การศึกษาของ Sandifer et al., (1974), ไพโรจน์ (2519) และ Menasveta และ Piyatiratitivorakul (1980)

การเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในประเทศไทยนั้น กล่าวได้ว่าเริ่มมาเป็นเวลานานแล้ว คือ ตั้งแต่สมัย Dr.Ling ทดลอง แต่ก็ยังมีผู้สนใจกันน้อย จนกระทั่งไม่กี่ปีที่ผ่านมาจึงได้มีการศึกษาทดลองในเรื่องนี้อย่างจริงจัง ปัจจุบันมีหน่วยงานของรัฐและเอกชนทำการเพาะเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามเพื่อการจำหน่ายและเผยแพร่แก่ผู้สนใจ หน่วยงานของรัฐมีแหล่งใหญ่ของการเพาะฟักอยู่ที่สถานีประมงจังหวัดฉะเชิงเทรา และสถานีประมงจังหวัดสงขลา ปัจจุบันมีสถานีเพาะฟักของเอกชนซึ่งมีมากกว่า 40 แห่ง และมีขนาดแตกต่างกัน คือ มีตั้งแต่ขนาดครอบครัวที่อาศัยวัสดุง่าย ๆ และแรงงานภายในครอบครัว (Kloke และ Potaros, 1975) ถึงขนาดใหญ่ที่มีเครื่องมือและโรงเพาะเลี้ยงทันสมัย ใช้เงินลงทุนถึง 10 ล้านกว่าบาท สถานเพาะเลี้ยงตัวอ่อนของกุ้งก้ามกรามทั้งของรัฐและเอกชน สามารถผลิตลูกกุ้งจำหน่ายได้พอเพียงกับความต้องการของผู้เลี้ยง ซึ่งมีกว่า 300 ฟาร์ม

New et al. (1980) รายงานว่าศักยภาพการผลิตลูกกุ้งก้ามกรามในปัจจุบันของประเทศไทยมีประมาณ 80 ล้านตัวต่อปี และคาดว่าในอนาคตจะสามารถผลิตได้ถึง 150 ล้านตัวต่อปี สำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในบ่อนั้นปัจจุบันมีมากกว่า 306 แห่ง คิดเป็นเนื้อที่บ่อประมาณ 1,875 ไร่ ซึ่งเมื่อเทียบเนื้อที่บ่อเลี้ยงแล้วพบว่ามีมากกว่าเนื้อที่

บ่อกุ้งที่กระทำกันอยู่ในฮาวายซึ่ง Lee (1979) รายงานว่ามีประมาณ 900 ไร่ เท่านั้น ผลผลิตโดยเฉลี่ยของกุ้งก้ามกรามในประเทศไทยประมาณ 200 กิโลกรัม/ไร่/ปี รวมเป็นจำนวนกุ้งที่ผลิตได้ทั้งประเทศประมาณ 246 ตัน/ปี คิดเป็นมูลค่ากว่า 55.2 ล้านบาท

ชีววิทยาของกุ้งก้ามกราม

กุ้งก้ามกรามเป็นกุ้งที่มีวงจรชีวิต 2 ช่วงน้ำ กล่าวคือ ระยะที่ตัวอ่อนต้องอาศัยอยู่ในน้ำกร่อยที่มีความเค็ม 5 – 25 ส่วนในพันส่วน (สมเกียรติ, 2522) และเมื่อพ้นจากกุ้งวัยอ่อนก็จะอพยพเข้าไปอาศัยอยู่ในบริเวณน้ำจืด

การเจริญเติบโตของกุ้งก้ามกรามต้องอาศัยการลอกคราบเป็นหลัก Peebles (1977) พบว่าก่อนการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามเราจะเห็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของเปลือกหุ้มและชนที่เกิดขึ้นภายใน antennal scale. Ling (1969) พบว่าการลอกคราบของกุ้งก้ามกรามแต่ละครั้งจะเกิดขึ้นเร็วมาก และปกติการลอกคราบจะสมบูรณ์ภายในเวลาไม่ถึง 10 นาที ช่วงเวลาในการลอกคราบหรือ molting cycle ของกุ้งก้ามกราม มีค่าไม่แน่นอน และขึ้นกับอายุ เพศ และอาหาร (Ling และ Merican, 1961), Crips (1976) พบว่าคุณสมบัติทางเคมีของน้ำก็มีผลต่อการลอกคราบของกุ้งเช่นกัน

ไพโรจน์และทรงชัย (2511) รายงานว่ากุ้งก้ามกรามสามารถทำการผสมพันธุ์และวางไข่ เมื่อมีอายุประมาณ 5 – 7 เดือนหลังฟักตัวออกจากไข่ และมีขนาด 8 – 9 เซนติเมตร เท่านั้น Ling (1969) รายงานว่ากุ้งก้ามกรามเพศเมียปกติจะสามารถให้ไข่ได้ปีหนึ่ง 3 – 4 ครั้ง ส่วนกุ้งเพศผู้นั้นสามารถผสมกับกุ้งเพศเมียได้ทุกเวลา การวางไข่ของกุ้งชนิดนี้จะเกิดขึ้นหลังจากกุ้งเพศเมียได้รับการผสม 6 – 20 ชั่วโมง โดยเก็บไข่ไว้ที่ brood chamber เกาะติดแน่นกับ ovigerous setae ของขาว่ายน้ำทั้ง 4 คู่

การฟักเป็นตัวของไข่จะเกิดขึ้นหลังจากวางไข่ประมาณ 19 วัน ที่อุณหภูมิ 26 – 28 °ซ. ทั้งนี้อาจสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของสีไข่จากสีส้มเหลือง

เป็นสีเทาแก่ การฟักออกจากไข่ของลูกกุ้งปกติจะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจากฟักออกจากไข่ลูกกุ้งจะใช้เวลาประมาณ 25 – 40 วัน ล่องลอยอยู่ในน้ำในลักษณะการดำรงชีพแบบ active planktonic swimmers โดยมีขั้นตอนของการเจริญเติบโต 8 – 12 ขั้นตอน (Ling, 1969; Unoและ Soo, 1969 ไพโรจน์และอำพล, 2510) ก่อนที่จะเจริญเติบโตเป็นกุ้งที่มีลักษณะเหมือนพ่อแม่

อุปนิสัยเกี่ยวกับการกินอาหารของกุ้งก้ามกราม

กุ้งก้ามกรามมีนิสัยการกินอาหารไม่เลือกชนิด กล่าวคือ มันจะกินทั้งพืช, สัตว์ และของเน่าเปื่อย ฉะนั้น Ling (1969) จึงจัดให้กุ้งก้ามกรามเป็น omnivorous และ Lagler (1975) จัดให้เป็นพวก scavenger อย่างไรก็ตามเวลาที่หิวมาก ๆ หรือหาอาหารอื่นกินไม่ได้ก็จะพบว่ามันจะกินพวกกุ้งที่อ่อนแอกว่าเป็นอาหาร (Cannibalism)

Moller (1978) รายงานว่าลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนหลังจากที่ฟักออกจากไข่ 24 ชั่วโมงแรก จะไม่กินอาหารเลย แต่จะใช้อาหารจาก yolk ที่ติดตัวมา หลังจากนั้นจะลอกคราบสู่การเจริญเติบโตขั้นที่ 2 และจะเริ่มต้นหาอาหารจากรอบ ๆ ตัวต่อไป Ling (1969) และ Cohen et al., (1976) รายงานว่าอาหารธรรมชาติของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนได้แก่ rotifers, cyclops, crustaceans, หนอนเล็ก ๆ, ตัวอ่อนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง, แพลงตอนสัตว์ และชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของอินทรียวัตถุต่าง ๆ แต่ไม่กินพืชจำพวกสาหร่ายเซลเดียว

Le Roux (1971) รายงานว่าขบวนการกินอาหารของลูกกุ้งก้ามกรามมีลักษณะเหมือนกับ decapod larvaeทั่วไป ใช้ endopod ของ maxilliped จับชิ้นอาหารอย่างหลวม ๆ เข้าสู่ mandible ใช้ maxillae และ maxillule จับและฉีกอาหาร จากนั้นจึงใช้ mandible บดอีกครั้งหนึ่ง กุ้งก้ามกรามวัยอ่อนเมื่อเจริญจนถึงระยะขั้นตอนการเจริญเติบโตที่ 4 จะสามารถกินอาหารได้ด้วยความเร็ว 0.65 ตัวของตัวอ่อนอาร์ทีเมีย/ชั่วโมง แต่ถ้าปล่อยให้มันหิวมันจะกินเร็วขึ้นเป็น 12 เท่า คือประมาณ 7.8 ตัว/ชั่วโมง

Moller (1978) ได้ทำการทดลองปฏิกิริยาตอบสนองของลูกกุ้งก้ามกรามต่อชิ้นส่วนของอาหาร พบว่าชิ้นส่วนของอาหารที่เป็นเนื้อปลา, ไข่, เลือด, คาเซอีน และอาร์ทีเมียทั้งที่เป็นและตาย จะให้ผลการตอบสนองเป็นบวก ส่วนอาหารที่มีลักษณะเป็นกรด จะให้ผลของการตอบสนองเป็นลบ สาเหตุของการเกิดการกินกันเองในลูกกุ้งวัยอ่อนนั้น Moller ให้การอธิบายว่าเป็นเพราะมีการตอบสนองต่อจุด (point source) ในสิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้ได้ดีกว่าชิ้นอาหารที่อยู่ห่างออกไป

ขบวนการกินอาหารของกุ้งเป็นขบวนการที่มีการสูญเสียมาก ทั้งนี้เพราะมันต้องใช้เวลามากในการหาอาหารและเคี้ยว จากการศึกษาโดยใช้อาหารผสมพบว่าอนุภาคของอาหารผสมจะสูญเสียไปในระหว่างขบวนการเคี้ยวโดยกระจัดกระจายออกไป เพราะกระแสน้ำที่เกิดจากการหายใจของมัน ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อกุ้งกลืนอาหารลงสู่ proventriculus จะต้องผ่านอวัยวะกรองอาหารใน posterior chomber ที่ยอมให้อาหารที่มีขนาดเล็ก ๆ ผ่านเท่านั้น ความเชื่องช้าในการบดอาหารให้มีขนาดเล็กลงและการส่งผ่าน pyloric filter จะทำให้ proventriculus ยังคงมีอาหารอยู่เต็มและไม่สามารถรับอีกได้ ฉะนั้นการประเมินผลเกี่ยวกับอาหารกุ้งจึงต้องคำนึงถึงลักษณะของการกินและการบดเคี้ยวอาหารให้มีขนาดเล็ก นอกจากนั้นความเร็วของการเคลื่อนที่ของอาหารจาก proventriculus ไปสู่ hepatopancreas, ความเร็วของการบดอาหารและปริมาณน้ำย่อยอาหารที่ขับออกมาเนื่องจากการกระตุ้นของอาหารก็จะมีผลต่อการกินอาหารของกุ้งวัยอ่อนด้วย (Patwardhan, 1935 a และ b; Dall, 1968; Snow, 1969; Condrey et al., 1972)

Forster (1972) พบว่าประสิทธิภาพของผนัง proventriculus ในการบีบและคลุกเคล้าอาหารกับน้ำย่อย ก็มีผลต่อการกินอาหารเช่นกัน กล่าวคือ อาหารจำพวกอัดเม็ดแห้ง (dry pellet) จะทำให้เกิดการสึกกร่อนใน proventriculus ซึ่งมีผลรุนแรงต่อการผสมอาหารกับน้ำย่อย จึงทำให้กินอาหารได้น้อย แต่ถ้าเป็นอาหารที่มีความชื้น (moist diet) ซึ่งย่อยง่ายกว่าแล้ว จะมีผลให้ proventriculus ทำงานน้อยลง จึงทำให้กุ้งสามารถกินอาหารได้มากขึ้น นอกจากนี้ยัง

ให้ข้อคิดว่าตัวยึดอาหาร (binder) ที่เติมลงในอาหารน่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพของการสันดาปและระยะเวลาของการย่อยของอาหาร

Sick และ Beaty (1975) ศึกษาการหายใจและกินอาหารของกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน เพื่อหาปริมาณอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตแต่ละขั้น (stage) โดยทดลองเลี้ยงด้วยอาหารผสมหลายชนิด พบว่าอาหารประเภทวุ้น ซึ่งประกอบด้วย 20% alginate และอาหารแช่แข็ง (freeze-dried diet) เป็นอาหารที่กุ้งชอบ แต่อาหารที่เติมอาร์ทีเมียป่นเป็นอาหารที่ลูกกุ้งชอบมากที่สุด กุ้งวัยอ่อนขั้น 7 – 8 จะมีอัตราการกินอาหารสูงสุด เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารพวกแช่แข็งที่มีส่วนผสมของอาร์ทีเมียป่น 5% อย่างไรก็ตามอาหารผสมของ Provasoli และ Dagostino (1969) ซึ่งประกอบด้วยแป้งและไข่ขาวในอัตราส่วน 4:1 ก็เป็นอาหารที่ลูกกุ้งวัยอ่อนชอบเช่นกัน

<u>อาหารของกุ้ง</u>

Shleser และ Gallagher (1974) เสนอแนะนำไว้ว่าอาหารที่ดีสำหรับเลี้ยงกุ้ง ควรมีคุณสมบัติเหล่านี้ คือ

1. มีสารอาหารที่จำเป็นครบถ้วน
2. ทำให้การเจริญเติบโตรวดเร็วขึ้น
3. ราคาถูก
4. สามารถผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้

Sick (1975) ให้ข้อคิดว่านักเพาะเลี้ยงกุ้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการเลี้ยงให้ดีขึ้นได้ โดยเพิ่มอัตรารอด และลดช่วงเวลาที่ใช้ในการคว่ำลงด้วยวิธีการให้อาหารที่มีคุณภาพที่เหมาะสม

Hysmith et al., (1972) สรุปคุณสมบัติของอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้ง ความทนต่อการละลายในน้ำ และความหนาแน่นของส่วนประกอบอาหารเป็นคุณ

สมบัติทางสกายะที่สำคัญ New (1976) รายงานว่าส่วนประกอบอาหารทางด้านสกายะ คุณค่าทางโภชนาการและสิ่งแวดล้อม เป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อการกินอาหารของกุ้งที่ผู้เลี้ยงไม่ควรละเลย

Condrey et al., (1972) รายงานว่าอัตราการกินอาหารของกุ้งขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่ต่อมย่อยอาหารได้รับ และขึ้นกับอิทธิพลของเวลาที่ใช้ในการบดอาหาร เขาพบว่าอัตราการสันดาปอาหารจะขึ้นกับชนิดของอาหารในกุ้ง Penaeus duorarum อัตราการกินอาหารจะลดลงเมื่อใช้เวลาในการกินมากขึ้น Sick et al., (1973) พบว่าการกินอาหารของกุ้ง Penaeus setiferus มีอัตราการกินขึ้นกับปริมาณของอาร์ทีเมียแช่แข็งและไม่ขึ้นกับความเข้มของแสง

New (1967) รายงานว่าอาหารผสมที่นิยมใช้เลี้ยงกุ้งในปัจจุบันมีหลายลักษณะ คือ เหนียว (pastes), วุ้น (gel), เป็นเม็ดแห้ง (dry pellets), เป็นแผ่นบาง (flakes), เป็นแคปซูล (capsules) และเป็นเส้นยาว (spagetti) และจำเป็นต้องใส่สารช่วยให้อาหารจับกันแน่นขึ้นเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของการทนน้ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของอาหารกุ้ง เพราะอุปนิสัยการกินอาหารเป็นพัก ๆ ของกุ้งจะทำให้เกิดการสูญเสียอาหารไปได้มาก นอกจากนั้นเขายังรายงานว่าอาหารที่มีความชื้นจะมีประสิทธิภาพมากกว่าอาหารที่มีลักษณะแห้ง ทั้งนี้เพราะอาหารชื้นจะย่อยและบดได้ง่ายกว่า ขบวนการผลิตอาหารแห้งมักทำให้ส่วนประกอบของอาหารที่ระเหยง่ายถูกทำลายไป

Goswami และ Goswami (1979) สามารถผลิตอาหารผสมจากวัสดุธรรมชาติในลักษณะเป็นเม็ดแข็ง ที่สามารถทนอยู่ในน้ำได้ดีใช้เลี้ยงกุ้ง Leptocarpus potamiscus พบว่ากุ้งกินได้ดีและให้คุณค่าทางพลังงานสูง

Qasim (1975) แนะนำว่าผลผลิตของฟาร์มกุ้งสามารถเพิ่มขึ้นจาก 500–1,500 ก.ก./เฮกแตร์/ปี เป็น 2,500 ก.ก./เฮกแตร์/ปี ได้ ถ้าเลี้ยงด้วยอาหารเสริมที่มีคุณภาพดี

Goodwin และ Hanson (1975) สรุปว่าประสิทธิภาพและความเหมาะสมของอาหารกุ้งขึ้นกับส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น องค์ประกอบของอาหาร ความทนน้ำ รสของอาหาร และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เป็นต้น

สัตว์น้ำจำพวกกุ้งถ้าไม่หิวมากจะเป็นพวกกินอาหารช้าเมื่อเทียบกับปลา Catfish หรือปลา Salmon และมีลักษณะเดียวกับปลาพวก Carp ซึ่งกินอาหารช้าเหมือนกันจึงต้องการอาหารที่คงทนในน้ำได้นาน ดังนั้นอาหารจึงควรอยู่ในน้ำได้นานหลายชั่วโมงโดยไม่ละลายไปก่อนที่กุ้งจะกิน คุณสมบัติทนน้ำนี้ได้รับการปรับปรุงครั้งแรก โดยทำให้อาหารเป็นเม็ดแห้ง (Hastings, 1969; Hepher และ Guadet, 1968)

แต่อย่างไรก็ตาม Forster (1970) รายงานว่าการสูญเสียอาหารไปในน้ำไม่ใช่ส่วนประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของกุ้ง โดยเขาเปรียบเทียบการทดลองเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารที่ประกอบด้วย gelatin และแป้งเหนียว (ซึ่งมี guar gum เป็นตัวยึดอาหาร) ด้วยเวลาที่ให้อาหารต่างกัน พบว่ากุ้งที่ให้อาหารห่างกันครั้งละ 24 ชั่วโมง มีการเจริญดีกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารห่างกันครั้งละ 8 ชั่วโมง

ในการเลี้ยงกุ้งวัยอ่อน Penaeus marginatus. Gopalakrishnan (1976) และ Venkataramiah et al., (1972) พบว่าลูกกุ้งมีอัตราการตายสูงขึ้น เมื่อให้อาหารไม่เพียงพอและทำให้เกิดการกินกันเอง (cannibalism) และถ้าการเลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียมากไปทำให้การเจริญลดลง หรืออาจทำให้เกิดการตายอย่างรุนแรงได้ Subrahmanyam และ Oppenheimer (1970) สรุปว่าการให้อาหาร 10% ของน้ำหนักกุ้งทั้งหมด ทำให้กุ้งมีน้ำหนักลดและเกิดการตายรุนแรง เขาแนะนำว่าระดับอาหารที่เหมาะสมควรจะมีค่าประมาณ 5% ของน้ำหนักกุ้งทั้งหมด

Sick และ Baptist (1973) และ Sick et al., (1973) ทดลองเลี้ยงกุ้ง Penaeus setiferus ด้วยอาหารที่ประกอบด้วยคาเซอีน 50%

และมี collagen 4% เป็นตัวยึดอาหาร พบว่าอัตราการกินของกุ้งเป็นสัดส่วนโดยอ้อมกับขนาดและระยะเวลาที่เข้าใกล้อาหาร การกินอาหารของลูกกุ้งจะลดลงหลังจากให้อาหารไปแล้ว 6 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและสภายะของอาหาร นอกจากนั้นอัตราการกินอาหารจะลดลงถ้าให้อาหารมากเกินไป โดยเขาพบว่าอัตราการกินอาหารของกุ้งลดลงจาก 23.5% เมื่อให้อาหารปริมาณ 10% ของน้ำหนักตัว เป็น 10% เมื่อให้อาหารเพิ่มเป็น 30% ของน้ำหนักตัว

Hirata et al., (1975) รายงานว่า Penaeid shrimp zoeae สามารถมีชีวิตและเจริญเติบโตได้ตลอดวงจรชีวิตของมัน โดยเขาทดลองเลี้ยงด้วยเต้าหู้ทุกวัน พบว่าลูกกุ้งมีอัตรารอด 85.9% ในระยะเวลา 6 วันหลังจากให้อาหารชนิดนี้ การเลี้ยงด้วยเต้าหู้อย่างเดียวจะได้อัตรารอดสูง แต่อัตราการเจริญต่ำสุด และถ้าเลี้ยงด้วย Diatom อย่างเดียวให้ผลการเจริญสูงสุด แต่อัตราการรอดต่ำสุด ดังนั้นเมื่อเลี้ยงด้วยอาหาร 2 ชนิดควบกันจะได้ผลการเลี้ยงดีที่สุด

ปกติการเพาะเลี้ยงตัวอ่อนของสัตว์น้ำด้วยตัวอ่อนอาร์ทีเมียเป็นอาหารที่สำคัญที่สุด และประมาณว่าผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 99% จะต้องใช้อาหารชนิดนี้ จากการประมาณพบว่าปีหนึ่ง ๆ งานเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องใช้ไข่ของอาร์ทีเมียถึง 25 ตัน (Helfrich, 1973; Sorgeloose และ Persoone, 1975)

Sick (1975) และ Conover (1968) ทดลองเลี้ยงลูกกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนด้วยตัวอ่อนของอาร์ทีเมีย พบว่ากุ้งมีประสิทธิภาพในการเจริญเติบโต 85 – 90% ซึ่งสูงกว่าการเลี้ยงด้วย copepods ที่ให้ประสิทธิภาพของการเจริญเติบโตเฉลี่ย 72% นอกจากนั้นยังพบอีกว่าอาหารที่มีชีวิตจะให้ประสิทธิภาพในการเจริญของลูกกุ้งถึง 95% ซึ่งสูงกว่าอาหารที่ทำจากไข่ขาว (ovalbumin) มีประสิทธิภาพเพียง 64%

Conklin et al., (1975) พบว่าอาหารผสมทำให้เกิดมวลชีวภาพปกติเพียงครั้งเดียวของอาหารอาร์ทีเมียที่มีชีวิต ต่อมาปี 1976 ทีมงานของเขาก็พบอีกว่ากุ้งมังกรวัยรุ่น (Homarus americanus) ที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียจะให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตรารอดสูงกว่าที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรของ Zein-Eldin และ Meyers, (1973)

Benjits et al, (1975) พบว่าอาร์ทีเมีย ซาไลน่า ที่มีอายุต่างกันจะมีส่วนประกอบและคุณค่าอาหารแตกต่างกัน

Kanazawa et al., (1970; 1976; 1977) เสนอแนะว่าอาหารสำเร็จหรืออาหารผสมสามารถใช้เลี้ยงกุ้งได้ดี เขาพบว่ากุ้ง Penaeus japonicus ที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จ (ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนจากถั่ว, glucose, sucrose, glucosamine, chitin, cellulose, refined soy bean oil, citric acid, succinic adid amino acids, vitamins และ cholesterol) มีการเจริญเติบโตเป็นปกติและมีการกินอาหารดี และได้ปรับปรุงสูตรอาหารของเขาใหม่โดยเติมส่วนผสมของอาหารหลายอย่าง พบว่าอาหารที่เติมน้ำมันตับปลาหรือน้ำมันหอย ทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตและอัตรารอดสูงที่สุด

Sick et al.,(1976) พยายามปรับปรุงสูตรอาหารของ Kanazawa et al.,(1971) โดยเติมสารอาหารจากธรรมชาติอื่นแทน พบว่าอาหารประเภท semipurified diet ให้ผลได้ดีกว่าอย่างอื่น

Stern et al., (1976) ทดลองใช้อาหารที่ทำจากพืชล้วนเปรียบเทียบกับอาหารที่มีส่วนประกอบของพืชและสัตว์เลี้ยงกุ้ง พบว่าอาหารชนิดหลังให้ผลดีกว่าอาหารจากพืชอย่างเดียว Balazs et al.,(1974) และ Balaze Roses(1976) พบว่าอาหารสำเร็จจากโปรตีนพืชและสัตว์ใช้เลี้ยงกุ้งได้ผลดี Venkataramiah et al., (1975) พบว่าการเติมอาหารจากพืชลงใน

อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้ง Penaeus aztecus สามารถทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งเพิ่มขึ้น

Jones et al.,(1979) เตรียมอาหารใส่ในแคปซูลเล็ก ๆ (Micro-encapsulated diets) เลี้ยงตัวอ่อนของกุ้ง Penaeus japonicus พบว่าให้ผลของอัตรารอดสูงกว่า เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารอัดเม็ดแห้ง

ตัวยึดอาหารและสารดึงดูด (Binders and attractants)

Kanemitzu และ Asakura (1971) ทำอาหารเลี้ยงกุ้งที่ประกอบด้วยน้ำ 50 – 70% ใช้แป้งและ heat-coagulating protein เป็นตัวยึดอาหาร พบว่าความสามารถในการย่อยอาหารของกุ้งต่ำลง และอาหารที่มีน้ำน้อยกว่า 50% ไม่เหมาะสมต่อการใช้เลี้ยงกุ้ง

Grajcer และ Neal (1972) ทำอาหารกุ้งในรูปของ semi-moist โดยใช้ 5% ของ gelatin เป็นตัวยึด พบว่ากุ้งสามารถกินได้เป็น 3 เท่าของอาหารอื่น

Sick และ Andrews (1973) พบว่าการใส่สารดึงดูด (attractants) จากสิ่งมีชีวิตบางอย่าง เช่น อาร์ทีเมียป่น ลงในอาหาร 5% ของ collagen และปลาป่น สามารถทำให้กุ้ง Penaeus duorarum มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น และถ้าใช้เนื้อหอยหรือ tubifex worm แทนอาร์ทีเมียป่นก็ให้ผลเช่นเดียวกัน Shewbart et al.,(1973) สรุปผลของการทดลองทำนองนี้ว่าเป็นเพราะในเนื้อหอยหรือสัตว์ดังกล่าวอาจมีสารที่ดึงดูดกุ้งได้

Ling (1969) รายงานว่าอาหารที่ใช้เลี้ยงตัวอ่อนของกุ้งก้ามกรามโปรตีนจากไข่ขาว (ovalbumin) เป็นตัวดึงดูดที่ดีและเด่นชัด

Meyers และ Zein-Eldin (1972) รายงานว่าปริมาณตัวยึดอาหารที่เติมลงในอาหารกุ้งต่างชนิดกันจะใช้ปริมาณไม่เท่ากัน และไม่มีตัวยึดอาหารชนิดใดที่สามารถใช้ทำอาหารกุ้งได้ทุกชนิด

Forster (1972) รายงานว่ากุ้ง caridean ไม่มีอวัยวะบด (gastric milling apparatus) เหมือนในกุ้งทะเลอื่น ๆ เขาพบว่ากานใช้วุ้นเป็นตัวยึดอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนจะให้การเจริญเติบโตประมาณ 75 – 86% ของอาหารที่เป็นเนื้อหอยแมลงภู่ นอกจากนั้นเขายังรายงานปริมาณของตัวยึดอาหารที่เหมาะสมสำหรับอาหารชนิดต่าง ๆ ไว้ด้วย

Forster และ Beard, (1973) เปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารลักษณะต่าง ๆ พบว่าอาหารประเภทวุ้นให้ผลดีที่สุด และอาหารเม็ดให้ผลการเจริญช้ากว่าอาหารประเภทอื่น เขาสรุปว่าที่เป็นเช่นนี้เพราะการทำอาหารเม็ดจะต้องใช้ความร้อนถึง 65 °ซ. ประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อให้อาหารแห้ง ทำให้วิตามินและสารบางอย่างที่มีผลต่อการเจริญเติบโตสูญไป นอกจากนี้อาหารอัดเม็ดยังทำให้ proventriculus ของกุ้งเกิดการอัดแน่น ทำงานไม่สะดวกต่อการคลุกเคล้าอาหารและน้ำย่อย Forster (1972) สรุปผลการทดลองของเขาในทำนองเดียวกันว่าอาหารมีความชื้นจะให้การเจริญเติบโตของกุ้งดีกว่าอาหารเม็ดแห้ง

ความสำคัญของไขมัน

Linford (1965) พบว่าระดับไขมันใน mysids มีค่าคงที่เสมอไม่ว่าจะเลี้ยงด้วยอาหารที่มีไขมันสูงหรืออาหารที่ปราศจากไขมัน Sick และ Andrews (1973) รายงานผลการศึกษาของเขาในทางตรงข้าม โดยพบว่าปริมาณและแหล่งของไขมันมีผลต่อระดับไขมันในร่างกายของกุ้ง

Deshimaru และ Kuroki (1974 a) ทดลองเติมโคเลสเตอรอลปริมาณ 0.7% ในอาหารกุ้ง พบว่าอาหารดังกล่าวมีผลดีต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง Penaeus japonicus

Sick และ Beaty (1975) ทดลองเติมอาหารเสริมที่ประกอบด้วยส่วนผสมของน้ำมันตับปลาและน้ำมันถั่วเหลืองลงในอาหารกุ้ง พบว่ากุ้ง Penaeus duorarum มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นเขายังทดลอง

สกัดไขมันจากอาร์ทีเมียและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ผสมลงในอาหารกุ้งและได้ผลทำให้อัตรา การกินอาหารของกุ้งเพิ่มขึ้น เขาจึงสรุปว่าไขมันมีคุณสมบัติเป็นตัวดึงดูดด้วย

Shudo et al.,(1971) ใช้น้ำมันที่สกัดได้จากตับปลาหมึก 4% เติมลงในอาหารกุ้ง พบว่าทำให้กุ้ง Penaeus japonicus มีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น แต่ Forster และ Beard (1973) พบว่าการเติมไขมัน 10 – 15% ลงในอาหารกุ้งจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง ซึ่งให้ผลการทดลองสวนทางกับ Sick และ Andrews (1973) ซึ่งพบว่าการเติมปริมาณไขมันดังกล่าวทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตดีกว่าอาหารที่ปราศจากไขมัน

Sze (1973) พบว่าระดับไขมันในส่วนประกอบของร่างกายกุ้งก้ามกรามมีปริมาณ 15.8% ของน้ำหนักแห้ง Sick และ Beaty (1974) ได้ทดลองหา caloric budget ในกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน Joseph Williams (1975) พบว่าปริมาณของไขมันในร่างกายกุ้งก้ามกรามเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับไขมันต่างกันไม่มีความแตกต่างกัน

Shigueno (1972) รายงานว่าไขมัน 8.8% ในอาหารกุ้งไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง อย่างไรก็ตาม New (1976) สรุปว่ากุ้งมีความต้องการไขมันจากอาหารไม่มากนัก และระดับไขมันที่เหมาะสมในอาหารกุ้งควรอยู่ในระดับ 5 – 10% โดยน้ำหนัก

003978

Provasoli (1975) รายงานว่าน้ำมันจากพืชและสัตว์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเมื่อเติมลงในอาหารกุ้งจะให้ fatty acids, glycerides, phospholipids, sterols และ fat soluble vitamins แต่ขาดส่วนประกอบที่จำเป็นของสารบางอย่างไป ซึ่งน่าจะได้มีการศึกษารายละเอียดต่อไป

Morris และ Sargent, (1973) พบว่า radioactive palmitic acid ที่ crustaceans ได้รับเข้าไปจะใช้สังเคราะห์สารพวก wax ester และ high polyunsaturated fatty acids ที่ใช้ในขบวนการสร้างระบบ exoskeleton

Kanazawa et al., (1971 a) เลี้ยงกุ้งวัยรุ่นของ Penaeus japonicus ด้วยอาหารเสริมโคเลสเตอรอล พบว่ากุ้งมีการเจริญเติบโตอย่างปกติ และมีอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 86 – 95% ซึ่งสูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่เติมโคเลสเตอรอลซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตเพียง 22 – 64% เท่านั้น เขาพบว่าปริมาณโคเลสเตอรอลที่กุ้งต้องการที่คำประมาณ 0.5 กรัม/น้ำหนักอาหาร 100 กรัม และอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งที่เลี้ยงด้วยสเตอรอลอื่นมีค่าต่ำกว่าการเลี้ยงด้วยโคเลส-เตอรอล เขาสรุปการทดลองว่ากุ้งมีความต้องการสารสเตอรอลเพื่อการเจริญเติบโตเหมือนกับสัตว์จำพวกแมลงอื่น ๆ ที่ไม่สามารถสังเคราะห์สารนี้ได้จึงต้องรับจากภายนอก

เอกสารหลายฉบับรายงานว่าสัตว์จำพวก marine crustaceans ไม่สามารถสร้างสารสเตอรอลได้เอง (Zandee, 1969; 1966; 1967; Van deen Oord, 1964; Gosselin, 1965; Whitney, 1969; Teshima และ Kanazawa, 1971) นอกจากนั้น crustaceans ยังใช้โคเลสเตอรอลเป็น precursor ของ ecdysone (ฮอร์โมนซึ่งจำเป็นในการลอกคราบ) (Kater และ Spaziani, 1971; Spaziani และ Kater, 1973; Gagosian etal, 1974)

Kanazawa et al.,(1977)ทดลองเลี้ยงกุ้ง Penaeus Japonicus พบว่า linolenic acid และ linoleic acid เป็น fatty acid ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง linoleic acid เป็น W6 Polyunsaturate fatty acids ส่วน linolenic acid เป็น W3 Polyunsaturated fatty acids ซึ่ง fatty acid ทั้งสองนี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง

Castell และ Cowey (1975) พบว่ากุ้งมังกรที่เลี้ยงด้วยอาหารเติมน้ำมันตับปลาให้ผลของการเจริญเติบโตดีกว่าเติมน้ำมันข้าวโพดหรือน้ำมันมะพร้าว ทั้งนี้เขาสรุปว่าเนื่องจากน้ำมันตับปลามี essential fatty acids อยู่มาก เช่น eicosapentaenoic acid และ decosahexaenoic acid

ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกับ Kanazawa et al.,(1977)นอกจากนี้เขายังรายงานระดับโคเลสเตอรอลที่เหมาะสมสำหรับกุ้งมังกรว่ามีค่าประมาณ 0.5% ของน้ำหนักอาหารแห้ง

Teshima et al., (1975) พบว่าความเข้มข้นของสเตอรอลในเนื้อเยื่อของกุ้ง Palaemon serratus มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงของการลอกคราบ (molting cycle) แต่ bioconversion ของ desmosterol ไปเป็นโคเลสเตอรอล มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในแต่ละขั้นตอนของขบวนการลอกคราบ เขารายงานว่าช่วงระยะหลังลอกคราบจะมีการเปลี่ยนมากที่สุด และน้อยที่สุดในช่วงก่อนลอกคราบ การที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากช่วงหลังลอกคราบนั้น ร่างกายของกุ้งต้องการใช้สเตอรอลเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างเซลล์โดยเฉพาะใน Hypodermis

Kanazawa et al., (1976) ทำการทดลองฉีด ^{14}C - B - Sitosterol เข้ากุ้ง Penaeus japonicus Bate ในขั้นต่าง ๆ ของวงจรการลอกคราบ พบว่า B-Sitosterone ที่ฉีดเข้าไปสะสมมากที่ hepatopancreas ในขั้น A - B, C_1 - C_2 และขั้น C_3 - C_4 สะสมมากที่ hepatopancreas, hypodermis และ hemolymph ที่ hepatopancreas ในขั้น D_1 - D_2 ใน hypodermis และ hepatopancreas ระยะขั้น D_4 และมีมากที่ gonads ทุกขั้น จากการสะสมในอวัยวะต่าง ๆ นี้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสเตอรอลและการสร้าง exoskeleton อย่างใกล้ชิด เขาสันนิษฐานว่า crustacean เปลี่ยน exogenous B-Sitosterol เป็นโคเลสเตอรอล ต่อจากนั้นก็เปลี่ยนโคเลสเตอรอลเป็นสเตียรอยด์ฮอร์โมน

Shudo et al., (1971) ทดลองเติม 0.1 และ 0.3% โคเลสเตอรอลลงในอาหารแทนน้ำมันตับปลาหมึก 4% ในการเลี้ยงกุ้ง Penaeus japonicus พบว่ากุ้งมีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารเติมโคเลสเตอรอล 0.1% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลงานของ Kanazawa et al., (1971 a) ที่ได้ผลการเลี้ยง

กุ้งชนิดเดียวกันนี้ด้วยอาหารเติมโคเลสเตอรอล 0.5% ได้ผลดีที่สุด แต่ระดับโคเลส-เตอรอลของการทดลอง 2 ครั้งนี้อาจเท่ากันเพราะการทดลองแรกอาหารที่เป็นหลักมีส่วนประกอบอื่นที่มีโคเลสเตอรอลอยู่ด้วย แต่ตรงข้าม Deshimaru และ Kuroki (1974 b) กลับพบว่ากุ้งชนิดเดียวกันนี้มีการเจริญดีที่สุดเมื่อเติม 2.1% โคเลสเตอรอลลงในอาหาร และอาหารหลักที่เขาใช้เลี้ยง Penaeus japonicus ก็ประกอบด้วย น้ำมันตับปลามากกว่าน้ำมันถั่วเหลืองที่กรองแล้ว สำหรับน้ำมันถั่วเหลืองนี้ Kanazawa et al., (1971 a)และ Sick et al., (1972) ได้ใช้ทดลองเลี้ยงกุ้ง Penaeus aztecus ที่เป็นเช่นนี้เพราะในอาหารที่เติมน้ำมันถั่วเหลืองกรองแล้วขาด supplementary cholesterol ถึงแม้ในอาหารนั้นมีน้ำมันปลา (menhaden oil) อยู่ถึง 2.6%

จากการทดลองของ Kanazawa et al., (1971 a) สรุปได้ว่าถ้าเติมโคเลสเตอรอล 0.5% ลงในอาหารจะให้ผลการเจริญของกุ้ง Penaeus japonicus ดีกว่าเมื่อเติมในปริมาณ 0.05% หรือ 0.1% และเมื่อเติมในปริมาณ 1% ก็ไม่ทำให้การเจริญดีกว่าที่เติมในระดับ 0.5% แต่ถ้าใส่ลงในอาหารถึง 5% จะทำให้การเจริญของกุ้งชะงัก

โคเลสเตอรอลปกติเป็น precursor ของสเตอรอยด์และฮอร์โมนที่ใช้ในการลอกคราบ (เช่น ecdysone) กุ้งดูดซึมโคเลสเตอรรอลเข้าไปได้ในลักษณะเดียวกับอาหาร (Kanazawa et al., 1972) อาหารพื้นฐานที่ประกอบด้วยโคเลสเตอรอล 0.5% เมื่อเสริมด้วย inokosterone, cyasterone หรือ ecdysone ที่กลั่นจากพืชจะมีผลทำให้เพิ่มความถี่ของการลอกคราบและการเพิ่ม cyasterone 2.5 ม.ก.เปอร์เซนต์ ทำให้ความถี่การลอกคราบเพิ่มมากที่สุด พบว่าอาหารทุกชนิดที่มี ecdysone น้อย ทำให้อัตราการเจริญของกุ้งต่ำ เนื่องจากกุ้งไม่สามารถสังเคราะห์สเตอรอลจากอะซีเตท (acetate)

Shewbart และ Mies (1973) และ Guary et al., (1974; 1975) ทดลองเพิ่ม linolenic acid ในอาหารที่ทำจาก shrimp chow

พบว่าการเจริญเติบโตของกุ้งเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้น 1.0% และลดลงเมื่อใช้ความเข้มข้น 2 – 5% หรือ 0.5% จากรายงานพบว่า fatty acid ที่มีน้อยในอวัยวะต่าง ๆ ของกุ้ง คือ พวก linolenic acid ฉะนั้นเขาจึงกิดว่า fatty acid ชนิดนี้เป็น fatty acid ที่มีความสำคัญต่อโภชนาการของกุ้ง

Sick และ Andrews (1973) ทดลองเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารที่เติม W3 fatty acid (ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับ linolenic acid) พบว่ากุ้งมีการเจริญเติบโตและอัตรารอดสูง ซึ่งให้ผลเหมือนการทดลองของ Shewbart และ Mies (1973) Yu และ Sinnhuher (1975) เพิ่ม linolenic acid 5% ลงในอาหารเลี้ยงกุ้ง พบว่าอาหารดังกล่าวจะยับยั้งการเจริญเติบโตและทำให้กุ้งมีอัตราการตายสูง Kanazawa et al.(1979) ทดลองเติม 1% linolenic acid และ 7% ของไขมันที่แยกจากหอย Tapes ลงในอาหารสำหรับเลี้ยงกุ้ง Penaeus japonicus พบว่ากุ้งมีเจริญเติบโตสูงกว่าอาหารที่เติมน้ำมันถั่วเหลือง 8% อย่างเดียว เขาจึงยืนยันว่า linolenic และ linoleic acid เป็น fatty acids ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการรอดของกุ้ง อย่างไรก็ตาม linolenic acid ยังมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่า linoleic acid. Sandifer และ Joseph (1976) ก็ยืนยันว่า linolenic acid มีความสำคัญต่อกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนเช่นเดียวกัน และพบว่า linolenic acid นี้สามารถสกัดได้จากหัวกุ้ง Penaeus setiferus เมื่อทดลองเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนด้วยอาหารเติมมันกุ้งและอาหารไม่เติมมันกุ้ง พบว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารเติมมันกุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตเป็น 2 เท่าของกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารไม่เติมมันกุ้ง และมีปริมาณ carotenoid pigment มากกว่าถึง 15 เท่า

Joseph และ Meyers (1975) รายงานว่ากุ้งป่นเป็นแหล่ง fatty acids ซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง มีการเปลี่ยนแปลง

ความสำคัญของ pigments ในอาหารกุ้งที่มาจาก crustacean นั้น กุ้งสามารถนำไปใช้สร้าง pigments ในตัวของมันเองได้ (Saito และ Reiger, 1971; Meyers และ Rutledge, 1973; Spinelli et al., 1974 และ Joseph และ Williams, 1975)

ความสำคัญของโปรตีนและอะมิโนแอซิด

Cowey และ Forster (1971) และ Shewbart et al., (1973) รายงานว่าอะมิโนแอซิดหลายชนิด เช่น arginine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, tryptophan, tyrosine และ valine เป็นอะมิโนแอซิดที่จำเป็นสำหรับกุ้ง Palaemon serratus และ Penaeus aztecus. Miyajima et al., (1975) ได้ศึกษาและสนับสนุนรายงานดังกล่าวด้วย Watanabe (1975) พบว่ากุ้งก้ามกรามก็มีความต้องการอะมิโนแอซิดต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้นทุกตัว ยกเว้น lysine

ได้มีรายงานมากมายแสดงให้เห็นว่าโปรตีนเป็นอาหารที่สำคัญกว่าไขมันและคาร์โบไฮเดรตในสัตว์พวก crustaceans (Scheer และ scheer, 1951; Scheer et al., 1972 และ Neiland และ Scheer, 1953)

Lee (1970) ทดลองใช้วัตถุดิบหลายชนิดเลี้ยงกุ้ง Penaeus monodon พบว่ากุ้งชนิดนี้สามารถย่อยและดูดซึมอาหารที่มีโปรตีนสูงได้ดีกว่าอาหารที่มีโปรตีนต่ำ วัตถุดิบที่กุ้งสามารถย่อยได้ดีที่สุด คือ peanut cake, ยีสต์ และปลาป่น

Lee (1971) ได้ทดลองเติมคาเซอีน และปลาป่นที่ปราศจากไขมันและเด็กซ์ตรินในอาหารกุ้งเพื่อเพิ่มโปรตีนในอาหารเป็น 45.8% พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าเพิ่มโปรตีนในอาหารจนเป็น 62.1% กลับพบว่าการเจริญเติบโตจะลดลง

Kitabayashi et al., (1971) ทดลองเลี้ยงกุ้ง Penaeus japonicus ด้วยอาหารที่ประกอบด้วยปลาหมึกป่นและ arginine พบว่าอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าอาหารที่ไม่เติม arginine

Hysmith et al., (1972) ได้ทำการศึกษาและรายงานว่าอาหารที่มีโปรตีนต่ำ พลังงานสูง กับอาหารที่มีโปรตีนสูง พลังงานต่ำ สามารถใช้เลี้ยงกุ้งให้มีอัตราการเจริญเติบโต และอัตรารอดสูงกว่าอาหารที่มีโปรตีนต่ำ พลังงานต่ำ หรือโปรตีนสูง พลังงานสูง

Sick et al., (1972) รายงานว่าอาหารที่ประกอบด้วย protein hydrolysate ให้ผลการเจริญเติบโตน้อยกว่าอาหารโปรตีนสมบูรณ์ แต่อาหารที่เติมมันกุ้งและโปรตีนในระดับสูง จะให้ผลของการเจริญเติบโตดีที่สุด

Andrews et al., (1972) พบว่าการเพิ่มระดับโปรตีนให้สูงกว่าจาก 28% เป็น 40% จะทำให้กุ้งมีอัตราการเจริญลดลง นอกจากจะมีการเพิ่มปริมาณคาร์บอไฮเดรทและไขมันในอาหาร แสดงว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสม (optimum level) ควรมีค่าประมาณ 30% ของน้ำหนักอาหารแห้ง

Kanazawa et al., (1970) เสนอแนะว่าถั่วเหลืองเป็นแปล่งโปรตีนที่ดีสำหรับเลี้ยงกุ้งทะเล แต่ Deshimaru และ Shigueno (1972) กลับตรงกันข้ามโดยเชื่อว่าถั่วเหลืองมี basic amino acid น้อย จึงไม่น่าที่จะทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตดี เนื่องจากเขาพบว่าการเติม basic amino acid มาก จะทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตดีขึ้น

Sick และ Andrews (1973) ทดลองเลี้ยงกุ้ง Penaeus duorarum พบว่าอัตรารอดของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารโปรตีนจากแหล่งต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ยกเว้นในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยคาเซอีนที่มีอัตรารอดต่ำ เขารายงานว่าอาหารโปรตีนจากถั่วเหลืองให้อัตราการรอดสูงที่สุด เมื่อเทียบกับอาหารโปรตีนจากปลาป่นและกุ้งป่น

การใช้ถั่วเหลืองในการทำอาหารมีการศึกษากันมากเช่นกัน (Balazs et al., 1973; Deshimaru และ Shigueno, 1972; Kanazawa et al., 1970 และ Sick และ Andrews, 1973) การทำอาหารจากกุ้งป่นและปลาหมึกป่นก็มีการศึกษากันมาก ซึ่งจากการศึกษาทั้งหมดสรุปได้ว่าอาหารที่ทำจากวัสดุทั้ง 3 ชนิด สามารถเลี้ยงกุ้งให้ผลการเจริญเติบโตดี (Forster and Beard, 1973; Sick et al., 1973 และ Kitabayashi et al., 1971)

Hirata et al., (1975) ทดลองเลี้ยงกุ้ง Penaeus japonicus ในระยะตัวอ่อนด้วยอาหารทำจากเต้าหู้ พบว่าให้การเจริญเติบโตและอัตราการรอดสูง

Deshimaru และ Shigueno (1972) รายงานว่าแหล่งโปรตีนที่ดีต้องมี basic amino acid มาก และสรุปว่าหอยแครง, Vunerupis philippinarum, ถั่วเหลืองและไข่ขาวเป็นแหล่งของอะมิโน แอซิด ที่ดี

ระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารกุ้ง เป็นเรื่องที่มีผู้สนใจและศึกษากันมาก Forster และ Beard (1973) พบว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับอาหารของกุ้ง Palaemon serratus อยู่ระหว่าง 30 – 40% ซึ่งใกล้เคียงกับ Shewbart et al., (1973) ซึ่งพบว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับกุ้ง Penaeus aztecus อยู่ระหว่าง 22 – 30%. Venkataramiah et al., (1975) พบว่ากุ้งชนิดเดียวกันนี้ ระดับโปรตีนที่เหมาะสมอยู่ที่ระดับ 40% ซึ่งได้ผลเหมือนการทดลองของ Balazs et al., (1973) ที่ทดลองในกุ้ง Penaeus japonicus

Zein-Eldin และ Corliss (1976) ทดลองเลี้ยงกุ้ง Penaeus aztecus และรายงานว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมควรมีค่า 51.5% ซึ่งเป็นค่าที่ผู้ศึกษาคนอื่น ๆ รายงานว่าสูงเกินไป และมีผลยับยั้งต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง

ในการทดลองเกี่ยวกับกุ้งก้ามกราม Balazs et al., (1973) รายงานว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมมีค่าประมาณ 35% และพบว่าแหล่งโปรตีนผสมระหว่างถั่วเหลือง ปลาป่น และกุ้งป่น จะให้ผลดีกว่าแหล่งโปรตีนจากถั่วเหลืองอย่างเดียว หรือถั่วเหลืองและปลาป่นผสมกัน อย่างไรก็ดี Balazs et al., (1974) ได้ศึกษาเรื่องนี้ซ้ำอีก และพบว่าโปรตีนจากถั่วเหลือง ปลาป่น และกุ้งป่นผสมอาจใช้เพียง 15% ก็ทำให้การเจริญเติบโตของกุ้งมีค่าสูงสุด และให้ผลใกล้เคียงกับอาหารหมู (ที่มีปริมาณโปรตีน 24%)

Balazs และ Ross (1976) สรุปว่าอาหารกุ้งก้ามกรามวัยรุ่นมีระดับโปรตีนที่เหมาะสมประมาณ 35% แต่ถ้าเลี้ยงด้วยอาหารที่มีอะมิโน แอซิดสมดุลย์ระดับโปรตีนในอาหารอาจลดลงต่ำกว่านี้ก็ได้

ความสำคัญของแร่ธาตุ วิตามิน และเถ้า

Sze (1973) ทดลองหาคุณค่าของอาหารในเนื้อเยื่อของกุ้ง พบว่าปริมาณเถ้าและไขมัน มีค่าเท่ากันซึ่งค่อนข้างสูง (15.9% น้ำหนักแห้ง)

Sick et al., (1972) พบว่าการเติมแร่ธาตุ (mineral premix) 5% ลงในอาหารของกุ้ง Penaeus aztecus ทำให้ชีวมวลของกุ้งเพิ่มขึ้นอีก 18% สัดส่วนของแร่ธาตุที่ใช้คือ แคลเซียม:ฟอสฟอรัส 13:1 Hysmith et al., (1972) รายงานว่าปริมาณแคลเซียมต่อฟอสฟอรัส 1:2 หรือ 2:2 จะทำให้กุ้งมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำลง โดยเฉพาะที่อัตราส่วน 2:2 จะทำให้การเจริญเติบโตมีความแปรปรวนมาก ทั้งนี้เพราะอาหารมีปริมาณของฟอส-เฟตสูงเกินไป

Shewbart et al., (1973) ตั้งข้อสังเกตว่าแคลเซียม, โปตัส-เซียม, โซเดียมและคลอไรด์ เป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อกุ้ง Penaeus aztecus ในขบวนการ osmoregulation

Deshimaru และ Kuroki (1974 a) รายงานว่ากุ้ง Penaeus japonicus มีการเจริญเติบโตดีที่สุด เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่ประกอบด้วยกาเซอีนและเติมเกลือแร่ในปริมาณสูง (19.5%)

Fisher (1960) กล่าวว่าวิตามินทุกตัวเป็นอาหารที่มีความสำคัญต่อ crustacean ปกติวิตามิน เอ ไม่จำเป็นต้องเติมลงในอาหารกุ้ง แต่จำเป็นต้องเติม precursor คือ B-carotene ซึ่งโดยปกติ crustacean ได้จากการกินอาหารพวกแพลงตอนพืชหรือสิ่งเน่าเปื่อยอื่น ๆ

Kitabayashi et al., (1971 b) พบว่าการเติมวิตามินรวมลงในอาหารที่ประกอบด้วยปลาหมึกปนเป็นหลัก สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของกุ้ง Penaeus japonicus ได้ แต่การเติมวิตามินมากเกินไป อาจทำให้กุ้งหยุดการเจริญเติบโต เช่นการเติมวิตามินซีเกินปริมาณ 0.22% ลงในอาหารจะยับยั้งการเจริญเติบโตของกุ้งได้

Castell et al., (1975) เติมวิตามินพวก alphatocopherol และ choline ลงในอาหารกุ้ง โดยไม่เติมวิตามินตัวอื่น พบว่ากุ้งมีการเจริญเป็นปกติ นอกจากนี้การเติมวิตามินแทนรำข้าวก็พบว่ากุ้งสามารถเจริญเติบโตได้ดี ฉะนั้นเขาจึงสรุปว่า choline chloride มีผลต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง

ผลของความหนาแน่นต่อการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน

ในการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนเราพบว่านอกจากปัญหาเรื่องอาหารแล้ว ปัญหาเกี่ยวกับความหนาแน่นก็มีผลต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของกุ้งก้ามกรามด้วย

Forster และ Beard (1974) รายงานผลการทดลองเลี้ยงกุ้ง 9 ชนิด ด้วยความหนาแน่น 25 – 115 ตัว/ตารางเมตร พบว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยความหนาแน่นต่ำที่สุด มีการเจริญเติบโตและการรอดสูงที่สุด

Sick และ Beaty (1975) รายงานว่าความหนาแน่นที่ดีที่สุดสำหรับการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน คือ 40 ตัว/ลิตร ทั้งนี้เพราะความหนาแน่นดังกล่าวให้อัตราขั้นตอนการเจริญและอัตราการรอดดีที่สุด

Menasveta และ Piyatiratitivorakul (1980) สรุปว่าความหนาแน่นที่ดีที่สุดในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อน ไม่ควรเกิน 20 ตัว/ลิตร ซึ่งมีผลใกล้เคียงกับรายงานที่ศึกษาในประเทศฟิลิปปินส์

นอกจากปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว New (1976) ได้แสดงความเห็นไว้ว่าการเปลี่ยนน้ำบ่อย ๆ ในการทดลองเกี่ยวกับเรื่องอาหารดูเป็นสิ่งจำเป็น แต่ก็จะทำให้ parameters อื่น ๆ ในบ่อเลี้ยงเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งก็เป็นเรื่องที่น่าคำนึงถึงด้วยด้วยเหตุนี้การศึกษาการเจริญเติบโตของกุ้งโดยระบบน้ำหมุนเวียนปิดจึงน่าจะเป็นเรื่องที่น่าสนใจสำหรับการพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในอนาคตต่อไป (สมเกียรติ, 2522)