บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

<u>ชีววิทยาของกุ้งกุลาดำ</u>

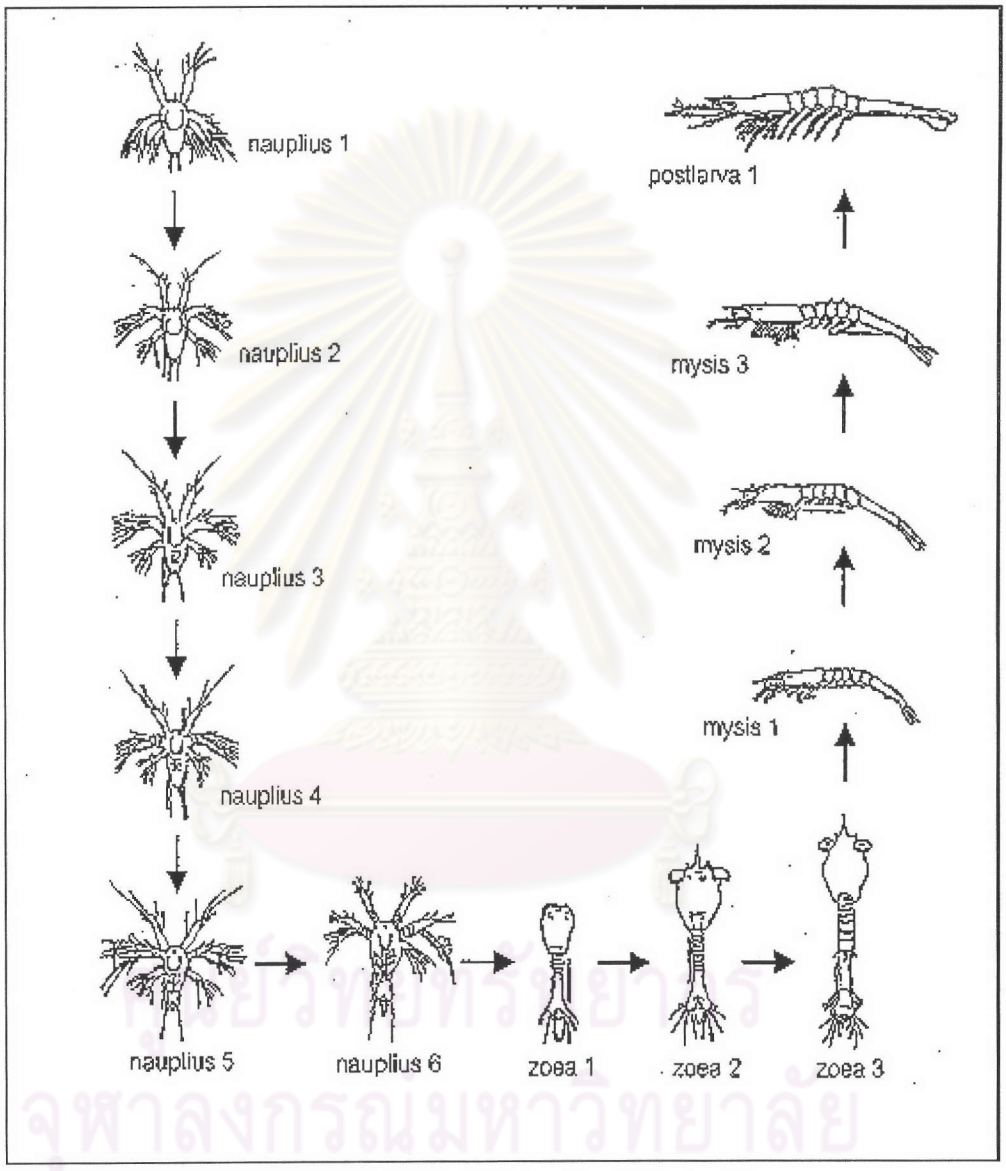
กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Black Tiger Prawn จัดอยู่ในวงศ์ Penaeidae และเป็นกุ้งทะเลขนาดใหญ่ที่สุดของวงศ์ ลักษณะลำตัวมีแถบสีดำหรือน้ำตาลพาดขวางลำตัวเป็นปล้องๆ โคนขาว่ายน้ำมีแถบสีเหลืองสลับดำ หนวดสีเข้มไม่มีลาย เปลือกหุ้มหัวเกลี้ยงไม่มีขน ฟันกรีด้านบนมี 7-8 ซี่ ส่วนด้านล่างมี 3 ซี่ มีถิ่นอาศัยอยู่ในเขตร้อนแถบน่านน้ำเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สามารถทนอยู่ได้ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและความเค็มต่ำ เช่น บริเวณป่าชายเลน มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ชอบอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีดินทรายปนโคลน กินอาหารได้ทั้งพืชและสัตว์ ทั้งสัตว์ที่ตายและมีชีวิตอยู่

วงจรชีวิตของกุ้งกุลาดำเริ่มจากกุ้งที่มีอายุประมาณ 12-18 เดือนวางไข่ใกล้พื้นดินในทะเลลึก 15-30 เมตร ครั้งละ 100,000-1,200,000 ฟองในเวลากลางคืน โดยที่ตัวผู้จะปล่อยถุงน้ำเชื้อเข้าไปเก็บไว้ในถุงเก็บน้ำเชื้อของตัวเมีย เมื่อไข่แก่และสุกเต็มที่จะถูกขับออกมาได้รับการผสมกับน้ำเชื้อตัวผู้ซึ่งจะไหลออกจากถุงเก็บน้ำเชื้อทางรูเปิดเล็กๆ ที่บริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 3 ของตัวเมีย ไข่ที่ได้รับการผสมจะเจริญจนฟักเป็นตัวอ่อนและถูกกระแสน้ำพัดเข้าหาฝั่ง อาศัยอยู่จนเติบโตเป็นตัวเต็มวัยจึงอพยพกลับสู่ท้องทะเล และผสมพันธุ์วางไข่ต่อไป (Motoh, 1980)

<u>การเจริญเติบโตและอาหารธรรมชาติของกุ้งกุลาดำวัยอ่อน</u>

เมื่อไข่ได้รับการผสมจะแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเซลล์จนฟักเป็นตัวอ่อนในเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะมีการเจริญเติบโต 4 ระยะด้วยกัน (รูปที่ 1) คือ

1. ลูกกุ้งวัยอ่อนระยะที่หนึ่ง (Nauplius) ลูกกุ้งที่ฟักออกจากไข่เป็นตัวใหม่ๆ จะมีขนาดเล็กมาก รูปร่างรี ส่วนหัวใหญ่กว่าส่วนหาง มีระยางค์ 3 คู่ ระยางค์



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1 การเจริญเติบโตของกุ้งทะเลวัยอ่อน (Anonymous, 1988)

คู่แรกจะเจริญเป็นหนวดคู่สั้นเรียกว่าหนวดคู่ที่หนึ่ง (1st antenna) เป็นระยางค์เดี่ยวอยู่ทางด้านหัว ระยางค์คู่ที่สองจะเจริญเป็นหนวดคู่ยาวเรียกว่าหนวดคู่ที่สอง (2nd antenna) และระยางค์คู่ที่สามซึ่งมีขนาดสั้นกว่าสองคู่แรกจะเจริญเป็นขากรรไกร (mandible) ระยางค์คู่ที่สองและสามเป็นระยางค์คู่ตรงส่วนปลายจะแยกเป็นแฉก (biramous) ประกอบด้วย exopodites และ endopodites ระยางค์ทั้งสามคู่นี้มีขน (setae) ส่วนหางตรงปลายจะมีขน (caudal spines) และทางด้านหน้ามีจุดสีดำ (nauplial eye) 1 จุดอยู่ระหว่างโคนหนวดคู่ที่หนึ่งซึ่งจะเจริญเป็นตาในระยะหลัง ระยะนี้ลูกกุ้งยังไม่กินอาหารจากภายนอก แต่จะใช้อาหารจากถุงอาหาร (yolk sac) ที่ติดตัวมา ลูกกุ้งจะอยู่ในระยะนี้ประมาณ 36-48 ชั่วโมง มีการลอกคราบ 6 ครั้งภายหลังการลอกคราบแต่ละครั้งลักษณะของลูกกุ้งจะเปลี่ยนแปลงไป

2. ลูกกุ้งวัยอ่อนระยะที่สอง (Zoea หรือ Protozoea) ลูกกุ้งในระยะนี้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากระยะ Nauplius คือมีลำตัวยาวขึ้นและแบ่งได้เป็นส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ส่วนหัวจะโตเห็นได้ชัดมี carapace ปกคลุมตลอดไปถึงบริเวณลำตัวปล้องที่ 2 อันเป็นส่วนอก Nauplial eye ยังคงมีอยู่ในขั้นแรก ต่อมาจะหายไปและมีตาประกอบ (compound eyes) เกิดขึ้นแทน ระยางค์ส่วนหัวทั้งสามคู่ซึ่งใช้ในการว่ายน้ำในระยะ Nauplius นั้น จะเปลี่ยนไปทำหน้าที่เกี่ยวกับการกินอาหาร และพัดโบกอาหารเข้าปาก ลูกกุ้งระยะนี้จะเริ่มกินอาหารจากภายนอกตัวอาหารของลูกกุ้งในระยะนี้ส่วนใหญ่จะเป็นจำพวกแพลงค์ตอนพืชขนาด 50-100 ไมครอนเช่น *Chaetoceros calcitrans, Skeletonema costatum* และ *Tetraselmis chuii* ลูกกุ้งจะเริ่มเดินทางเข้าหาฝั่งและอยู่ในระยะนี้ประมาณ 4-5 วัน มีการลอกคราบ 3 ครั้ง โดยส่วน exopodites และ endopodites ของ mandible หลุดหายไป ปลายหางแยกออกเป็น 2 แฉก และมี telson (caudal) spines รวม 7 คู่

3. ลูกกุ้งวัยอ่อนระยะที่สาม (Mysis) ลูกกุ้งในระยะนี้มีลักษณะคล้ายพ่อแม่มากขึ้น ลำตัวแบ่งออกเป็นสองส่วน คือส่วนหัว และส่วนท้อง ส่วนหัวนั้นยังรวมอยู่กับส่วนอกเรียกว่า cephalothorax มี carapace คลุมตลอด ที่ส่วนนี้มีกรี (rostrum) และฟันกรี (rostral spines) ติดอยู่ ส่วนท้องแบ่งออกเป็นหกปล้องๆ ที่หนึ่งถึงห้ามีขนาดเท่าๆ กัน ส่วนปล้องที่หกยาวกว่าปล้องอื่นๆ และมีแพนหาง (uropod) ติดอยู่ ขาเดินเริ่มมีข้อปล้องเห็นชัดขึ้น ประกอบด้วย exopodites และ endopodites สามคู่

แรกจะมีลักษณะเป็นก้ามและค่อยๆ ยาวขึ้นเรื่อยๆ เริ่มมีขาว่ายน้ำ (pleopods) เกิดขึ้น ลูกกุ้งจะอยู่ในระยะนี้ประมาณ 3-4 วัน มีการลอกคราบ 3 ครั้ง ลูกกุ้งระยะนี้กินแพลงค์ตอนสัตว์ได้แก่ ไรน้ำเค็ม (*Artemia salina)* ที่เพิ่งฟักเป็นตัวใหม่ๆ และโรติเฟอร์ (*Brachionus plicatilis)*

4. ลูกกุ้งวัยอ่อนระยะที่สี่ (Postlarva) ลูกกุ้งในระยะนี้มีลักษณะคล้ายกับกุ้งที่โตเต็มที่ มี carapace คลุมปิดด้านข้างของอกมิด กรีมีฟัน 2 ซี่ exopodites ของขาเดินหายไป หรือถ้าเหลืออยู่ก็จะมีขนาดเล็กมาก ขาเดินสามคู่แรกมีลักษณะเป็นก้ามมองเห็นชัด คู่แรกสั้นและคู่ที่สามยาวที่สุด หางจะแคบเข้าจนแหลม ลูกกุ้งในระยะนี้เริ่มมีระยางค์ครบเหมือนกุ้งตัวเต็มวัย โดยจะว่ายน้ำไล่จับอาหาร ลูกกุ้งมีการลอกคราบหลายครั้งกว่าจะโตเต็มที่ การนับอายุลูกกุ้งระยะสุดท้ายนี้จะนับเป็นวันและจะอยู่ในระยะนี้ประมาณ 30 วันจึงเจริญเข้าเป็นกุ้งวัยรุ่น (juvenile) ส่วนใหญ่ผู้เพาะฟักลูกกุ้งจำหน่ายจะสิ้นสุดการอนุบาลที่ P_{15} แล้วนำออกขายให้ผู้เพาะเลี้ยงนำไปอนุบาลและเลี้ยงต่อไป

<u>อาหารสำเร็จรูปสำหรับกุ้งกุลาดำวัยอ่อน</u>

องค์ประกอบทางโภชนาการที่สำคัญในการเพิ่มการเจริญเติบโตแก่กุ้งกุลาดำวัยอ่อน ได้แก่ โปรตีน กรดอะมิโน ไขมัน กรดไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และวิตามิน เป็นต้น อาหารสำเร็จรูปจะมีขนาดสม่ำเสมอและคุณค่าทางอาหารค่อนข้างแน่นอนครบถ้วนตามความต้องการของกุ้งถึงแม้ว่าจะมีคุณสมบัติด้อยกว่าอาหารธรรมชาติหลายประการ คือ คุณค่าทางอาหารบางอย่างสูญเสียไปในกระบวนการผลิต ต้องให้บ่อยครั้งในปริมาณที่จำกัด ถ้าให้มากเกินไปอาจทำให้น้ำเสียเพราะไม่สามารถคงตัวในน้ำได้นานเหมือนอาหารธรรมชาติ แต่มีข้อดี คือ ควบคุมปริมาณได้แน่นอน ไม่ยุ่งยากในการเตรียม และไม่ต้องใช้เนื้อที่ในการเพาะเลี้ยงเหมือนอาหารธรรมชาติ จึงควรพิจารณาความเหมาะสมในการใช้อาหารเพื่อเลี้ยงกุ้งระยะต่างๆ โดยเฉพาะในระยะ Zoea I ต้องฝึกให้รู้จักการกินอาหารจากภายนอก จึงใช้แพลงค์ตอนพืชขนาดเล็ก เช่น *Chaetoceros calcitrans* ในช่วงแรกของระยะนี้ก่อนแล้วค่อยปรับให้กุ้งเริ่มกินอาหารสำเร็จรูปในช่วงปลายระยะ ซึ่งหากเตรียมอาหารธรรมชาติไม่

พอหรือไม่ทันต่อความต้องการ การให้อาหารสำเร็จรูปจะช่วยแก้ปัญหาได้มากเพราะลูกกุ้งระยะนี้ขาดอาหารได้ไม่เกิน 1 ชั่วโมง

เนื่องจากอาหารเป็นต้นทุนที่สูงที่สุดของการเลี้ยงโดยเฉพาะการเลี้ยงแบบพัฒนา ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องทราบถึงความต้องการสารอาหารของกุ้งกุลาดำวัยอ่อน การคัดเลือกชนิดของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาใช้ผลิต วิธีคำนวณสูตรอาหารให้มีคุณภาพดี มีสัดส่วนของสารอาหารต่างๆ ครบทั้งคุณภาพและปริมาณ และกรรมวิธีการผลิตอาหารแบบ Microparticulation ซึ่งเป็นการรวมวัตถุดิบที่ผ่านการบดละเอียดเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวให้สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้สารเชื่อม ทำให้กุ้งสามารถย่อยและดูดซึมสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น และการให้อาหารที่มีคุณภาพดี มีรูปแบบ ขนาด และปริมาณที่เหมาะสมตามความต้องการของกุ้งในระยะนั้นๆ ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร ทั้งยังช่วยป้องกันหรือยืดอายุของน้ำและดินก้นบ่อให้ไม่เสียหรือเสียช้าลง (มะลิ บุณยรัตผลิน, 2530) การให้อาหารที่มีคุณภาพดีทำให้กุ้งโตเร็วในระยะเวลาเลี้ยงที่สั้นลง อัตราแลกเนื้อต่ำเป็นการลดต้นทุนการผลิตด้านค่าอาหาร อัตรารอดสูงขึ้นเนื่องจากกุ้งไม่กินกันเองและมีความแข็งแรงทนทานต่อโรค ทำให้ผลผลิตกุ้งสูงขึ้น นิสัยการกินอาหารของกุ้งชอบกินอาหารที่มีกลิ่นคาว เพราะกุ้งรับความรู้สึกหรือหาอาหารโดยมีประสาทรับความรู้สึกทางกลิ่นอยู่ที่หนวด บริเวณปาก ที่ขาเดิน ที่หัว เหงือก ลำตัว และแพนหาง สารที่ดึงดูดให้กุ้งว่ายเข้าหาอาหารเป็นกลุ่มของ amino acids กุ้งวัยอ่อนต้องการอาหารที่มีโปรตีนมากกว่า 50% (Kanazawa, 1984) โดยธรรมชาติกุ้งเป็นสัตว์ที่หากินเวลากลางคืน แต่สามารถฝึกกุ้งวัยอ่อนให้กินอาหารเป็นเวลาได้โดยการควบคุมปริมาณแสงโดยใช้ผ้าหรือตาข่ายทึบสีดำคลุมบ่อ นอกจากนี้กุ้งยังมีลำไส้ตรงและสั้น ดังนั้นวัตถุดิบที่ใช้ผลิตอาหารควรจะบดให้ละเอียดมากๆ จะได้ย่อยง่ายและดูดซึมไปใช้ได้มาก

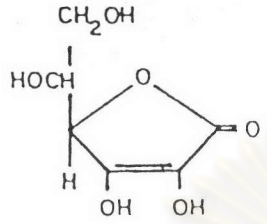
อาหารธรรมชาติจะมีสารอาหารอยู่ครบถ้วนแต่เมื่อนำสัตว์น้ำเหล่านี้มาเพาะเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูป อาหารที่มีเพียงส่วนประกอบของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสารอาหารปริมาณมาก (Macronutrients) จะไม่สามารถทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตอย่างเป็นปกติได้ถ้าขาดสารอาหารปริมาณน้อย (Micronutrients) เช่นเกลือแร่และวิตามินโดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินซี ซึ่งพบมากในเซลล์พืชและเซลล์

สัตว์ที่เป็น Eucaryotes (วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย, 2536) สัตว์มีกระดูกสันหลังสามารถสังเคราะห์วิตามินซีได้จากกลูโคสเนื่องจากมีเอนไซม์ gulonolactone oxidase แต่สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังจำพวกครัสเตเชียอย่างกุ้งไม่มีเอนไซม์นี้ จึงไม่สามารถเปลี่ยนกลูโคสไปเป็นวิตามินซีได้ และการผลิตอาหารสัตว์น้ำใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีวิตามินซีต่ำเช่น ปลาป่น กากถั่วเหลือง แป้งสาลี เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีการเสริมวิตามินซีในอาหารเพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ

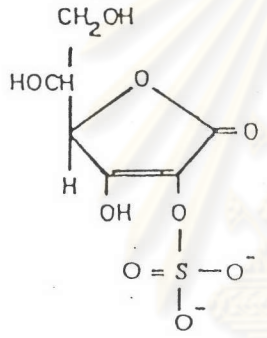
<u>โครงสร้างและคุณสมบัติของวิตามินซี</u>

วิตามินซีหรือ Ascorbic acid มีสูตรโครงสร้างคือ $C_6H_8O_6$ ดังรูปที่ 2 มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว ละลายในน้ำและแอลกอฮอล์แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายไขมัน มีความคงตัวในสารละลายที่เป็นกรดแต่ถูกทำลายได้ง่ายในสารละลายที่เป็นด่างและความร้อน (Halver, 1989) สลายตัวได้ง่ายมากด้วยออกซิเจนในอากาศและอิออนของเหล็ก ทองแดงหรือโลหะหนักชนิดอื่นๆ ในระหว่างการเก็บรักษาอาหาร (Latscha, 1992) ถ้ามีการเติมหมู่ซัลเฟตหรือฟอสเฟตที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 สามารถทำให้ Ascorbic acid มีความเสถียรมากขึ้น (Tolbert et al., 1979; Grant et al., 1989)

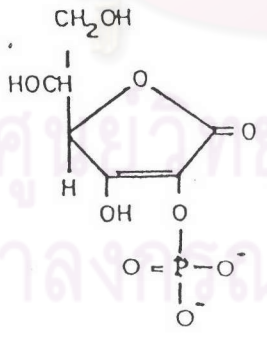
ปฏิกิริยาการสลายตัวของวิตามินซีจะเป็นแบบ first order reaction โดยขั้นแรก Ascorbic acid จะถูกออกซิไดส์เป็น Dehydroascorbic acid ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการเช่นเดียวกับ Ascorbic acid ปฏิกิริยาขั้นนี้เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้โดยเอนไซม์ glutathione dependent reductase (Hughes, 1964; Yamamoto et al., 1977) แต่ถ้า dehydroascorbic acid กลายเป็น diketogulonic acid จะไม่สามารถผันกลับได้และไม่มีคุณค่าทางโภชนาการเลย เมื่อ diketogulonic ทำปฏิกิริยากับ peptide และ aldehyde ทำให้อาหารมีคุณภาพต่ำลง (browning) และมีกลิ่นเปลี่ยนไป (Tolbert & Ward, 1982; Seib & Liao, 1987) นอกจากนั้นวิตามินซีมีบทบาทร่วมกับวิตามินอีเป็น Antioxidant ของไขมันในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำด้วย (Cowey, 1986; Soliman et al., 1986; Sato et al., 1987)



L-ascorbic acid



Ascorbate-2-sulfate



Ascorbate-2-phosphate

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2 สูตรโครงสร้างทางเคมีของซีไวตาเมอร์ (วิตามินซีและอนุพันธ์)

วิตามินซีมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการดำรงชีวิตที่สำคัญหลายกระบวนการ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หน้าที่และอาการขาดวิตามินซีในกุ้ง

หน้าที่	อาการ
การสร้างคอลลาเจน	หลังงอ กระดูกคด
การเจริญเติบโต	การเจริญเติบโตลดลง
ความต้านทานโรค	ความต้านทานโรคลดลง
การทนต่อความเครียด	การทนต่อความเครียดลดลง
การรักษาบาดแผล	การรักษาบาดแผลช้าลง
การสังเคราะห์ฮอร์โมน	การลอกคราบไม่สมบูรณ์
การป้องกันออกซิเดชั่น	อัตราการฟักลดลง
เมตาบอลิซึมของไขมัน	อัตราการรอดของตัวอ่อนลดลง
การเปลี่ยนทริปโตรเฟน	เกิดอาการ “Black Death”
การเสริมการทำงานของวิตามิน	อัตราการตายสูง
การดูดซึมแคลเซียม	การดูดซึมแคลเซียมลดลง
ระบบสืบพันธุ์	ความดกไข่ลดลง

ที่มา Latscha (1992)

ในระหว่างการเก็บรักษาอาหาร ปริมาณวิตามินซีจะลดลง 50% ในทุกๆ เดือนขึ้นอยู่กับรูปแบบของวิตามินซี การเลือกใช้วิตามินซีรูปแบบใดๆ ในการผลิตอาหารนอกจากจะคำนึงถึงความเสถียร (Stability)ในระหว่างการผลิตและการเก็บรักษาแล้วต้องคำนึงว่าสัตว์นั้นๆ จะสามารถนำไปใช้ได้หรือไม่อีกด้วย เนื่องจากวิตามินซีที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำมีหลายรูปแบบเช่น Ascorbate-2-sulfate ช่วยป้องกันอาการขาดวิตามินซีในปลา rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) ได้เพราะ rainbow trout มีเอนไซม์ sulfatase (Benitez & Halver, 1982) นอกจากนั้นในลูกปลาเทร้าที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เติม L-ascorbate polyphosphate ที่มีปริมาณ L-ascorbic

acid 20 ppm จะมีอัตราการเจริญเติบโตปกติ แต่ถ้าให้ในปริมาณ 320 ppm ทำให้อัตรารอดของลูกปลาที่ได้รับเชื้อไวรัส Infectious Hemotopoietic Necrosis (IHN) เพิ่มขึ้น เนื่องจาก ascorbic acid ช่วยชักนำให้เกิดภูมิคุ้มกันในลูกปลา (Anggawait-satyabudhy et al., 1989) มีการทดลองใช้ L-ascorbic acid และ Ascorbate-2-sulfate เติมลงในอาหารพบว่า วิตามินซีทั้ง 2 รูปแบบที่มีปริมาณ Ascorbic acid 25 ppm (Tucker & Halver, 1986) จะทำให้ลูกปลามีการเติบโตปกติและไม่แสดงอาการผิดปกติ Lovell (1989) ทดลองใช้วิตามินซี 3 รูปแบบได้แก่ L-ascorbic acid (A), Ascorbate-2-monophosphate (M) และ Ascorbate-2-sulfate (S) ให้ชนิดละ 4 ระดับที่มีปริมาณ Ascorbic acid เท่ากับ 11, 22, 44 และ 132 ppm พบว่าลูกปลา channel catfish ที่ได้รับ A และ M ทุกระดับจะมีการเจริญเติบโตปกติแต่สำหรับ S ต้องให้ในระดับที่มากกว่า 132 ppm เพราะถ้าให้น้อยกว่านี้จะแสดงอาการผิดปกติ

วิตามินซีเป็นสารอาหารที่น่าสนใจในการใช้เป็นอาหารเสริมของกุ้งกุลาดำวัยอ่อนเนื่องจากวิตามินซีเป็นองค์ประกอบทางโภชนาการที่สำคัญในการเพิ่มการเจริญเติบโตที่ดียิ่งสำหรับกุ้งกุลาดำวัยรุ่น กุ้งจะมีความต้องการและความสามารถในการนำวิตามินซีไปใช้แตกต่างกันตามชนิด วัย และปัจจัยอื่นๆ เช่น ความเครียด กุ้งวัยรุ่น *P. californiensis* และ *P. stylirostris* ต้องการวิตามินซี 10,000 และ 20,000 ppm ตามลำดับ ถ้าขาดกุ้งจะมีลำตัวสีเข้มและตายได้เรียกอาการเช่นนี้ว่า "Black Death" (Lightner et al., 1979)

สำหรับ *P. japonicus* วัยรุ่นต้องการวิตามินซีในช่วง 10,000-20,000 ppm (Guary et al, 1976) และพบว่าปริมาณวิตามินซีต่ำสุดที่ต้องการ คือ 3,000 ppm จึงจะสามารถมีชีวิตอยู่ได้ (Deshimaru & Kuroki, 1976) ถ้ากุ้งได้รับวิตามินซีต่ำกว่าระดับนี้จะเบื่ออาหาร ลำตัวซีดเป็นสีเทาขาวบริเวณ carapace ส่วนล่างของท้อง และปลายขาเดิน มีอัตราแลกเนื้อสูง โตช้า และตายได้ถ้ากำลังอยู่ในระหว่างการลอกคราบ มีการทดลองเลี้ยงด้วยอาหารที่เติม Mg-L-ascorbate-2-phosphate 5 ระดับที่มี Ascorbic acid 1087, 430, 215, 43 และ 0 ppm (Shigueno & Itoh, 1988) พบว่าอาหารที่เติมปริมาณ 43 และ 0 ppm จะมีอัตราการตายมาก แสดงอาการคล้าย "Black Death" กุ้งควรได้รับในปริมาณ อย่างน้อย 215 ppm จึงจะมีการเติบโตปกติ

กุ้ง *P. vannamei* วัยรุ่นมีอัตราการรอดสูงสุดถึง 94% เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่เติม Ascorbate-2-polyphosphate ที่มีปริมาณ Ascorbic acid เท่ากับ 500 ppm แต่กุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เติม L-ascorbic acid ในปริมาณเดียวกันและอาหารที่ไม่เติมวิตามินซีจะมีอัตรารอดเพียง 74-77% (Gabaudan, 1992)

สิทธิ บุณยรัตผลิน (2535) พบว่าการเติมวิตามินซีที่มีปริมาณ Ascorbic acid เท่ากับ 2,000 ppm ลงในอาหารจะช่วยเสริมสร้างความแข็งแกร่งของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและคอลลาเจนซึ่งมีหน้าที่ป้องกันร่างกายของกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) จากการเข้าทำลายของเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ มีการทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส (Machigashira et al., 1991) ด้วยอาหารที่เติม Mg-L-ascorbic acid-2-phosphate ทั้งหมด 4 ระดับที่มีปริมาณ Ascorbic acid 0, 30, 60 และ 100 ppm เป็นเวลา 3 เดือน พบว่ากลุ่มที่เติม 30 ppm มีอัตราการรอดสูงสุดแต่กลุ่มที่เติม 60 ppm มีการเพิ่มน้ำหนักตัวดีกว่า

Shiau & Hsu (1994) ศึกษาการเจริญเติบโตในกุ้งกุลาดำ *P. monodon* วัยรุ่น พบว่า ระดับที่เหมาะสมของ L-ascorbic acid (A), Ascorbate-2-sulfate (S) และ Ascorbate-2-monophosphate (M) ในอาหารคือ 2,000 156.97 และ 40.25 ppm ตามลำดับ แต่อาหารที่ผ่านกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาจะมี A เหลืออยู่น้อย ปริมาณวิตามินซีที่สูญเสียไปประมาณ 67-75% ในขณะที่ S และ M จะสูญเสียเพียง 21-24% นอกจากนี้ยังศึกษาปริมาณ Ascorbic acid ที่สะสมใน hepatopancreas ของกุ้งกุลาดำวัยรุ่นโดยการเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารเสริมวิตามินซี 2 รูปแบบและอาหารควบคุมไม่เติมวิตามินซีเป็นเวลา 8 สัปดาห์พบว่า ปริมาณ Ascorbic acid ใน hepatopancreas ของกุ้งที่กินอาหารเสริม Ascorbate-2-monophosphate, Ascorbate-2-sulfate และอาหารควบคุมมีค่าเท่ากับ 91.28 , 44.95 และ 7.86 ppm ตามลำดับ

Menasveta et al. (1995) ศึกษาความสามารถในการนำไปใช้ Ascorbate-2-polyphosphate (P) และ Coated ascorbic acid (C) ในกุ้งกุลาดำด้วยอาหาร 3 สูตร คือ อาหารสูตรที่ 1 เป็นอาหารควบคุมไม่เติมวิตามินซี อาหารสูตรที่ 2 เติม P 500 ppm และอาหารสูตรที่ 3 เติม C 500 ppm เก็บของเสียกุ้งมาวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี ไม่พบความแตกต่างทางสถิต และพบปริมาณ Ascorbic acid ไม่เกิน 0.01% ในขณะที่ปริมาณ Ascorbic acid ใน hepatopancreas และเนื้อกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุมสูตร

ที่ 1 เป็น 3 และ 8 ppm อาหารสูตรที่ 2 มีปริมาณ Ascorbic acid เป็น 32 และ 24 ppm และอาหารสูตรที่ 3 มี ปริมาณ Ascorbic acid เป็น 22 และ 7 ppm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ากุ้งกุลาดำสามารถดูดซึมวิตามินซีรูปแบบ P มาใช้ได้ดีที่สุด

Kittakoop et al. (1996a) ทดลองเลี้ยงกุ้งกุลาดำวัยรุ่นด้วยอาหารเติม L-ascorbic acid (A), Ascorbate-2-polyphosphate (P) และ Ascorbate-2-sulfate (S) เปรียบเทียบกับอาหารควบคุมที่ไม่มีวิตามินซี ตรวจสอบปริมาณ Ascorbic acid ที่สะสมใน hepatopancreas ของกุ้งด้วยวิธี High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) และ Colorimetry พบว่ากุ้งที่กินอาหารที่เติมวิตามินซีทั้ง 3 รูปแบบจะมีปริมาณ Ascorbic acid ที่สะสมใน hepatopancreas มากกว่ากุ้งที่กินอาหารควบคุมและพบปริมาณ Ascorbic acid ที่สะสมใน hepatopancreas ในกุ้งที่กินอาหารสูตรที่เติม P มากกว่ากุ้งที่กินอาหารที่เติม S และ A ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย