บทที่ 2 ตรวจเอกสาร

2.1 การสะสมรงควัตถุในตัวกุ้ง

กุ้งเป็นสัตว์ที่มีโครงร่างปกคลุมร่างกายเพื่อป้องกันอันตรายให้กับลำตัวและอวัยวะภายใน รวมถึงช่วยในการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ เมื่อกุ้งเจริญเติบโตจะมีการเพิ่มขนาดลำตัวและลอกคราบหรือสลัดเปลือกทิ้งเพื่อขยายขนาดของร่างกายสร้างเปลือกใหม่แทน ประจวบ (2537) รายงานว่ารงควัตถุที่พบในตัวกุ้งจะมีความเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของเลือดและการสร้างเม็ดสีหรือสารสีที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ เช่น ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ฮีโมไซยานิน (hemocyanin) และสารสีอื่นๆ ในเปลือกกุ้งมีสารประกอบพวกไคติน ซึ่งสร้างจากชั้น epidermis เพื่อปกคลุมตัว มีลักษณะเป็นเซลล์บาง แน่น แข็งเพราะเกลือแคลเซียมคาร์บอนเนทรวมกับไคตินชนิด α-type ในธรรมชาติสัตว์กลุ่มครัสตาเซียนมีความสามารถในการสร้างสารสีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ได้เอง อตินิสภ์ (2546) รายงานว่าแม่เพรียงทรายในธรรมชาติสามารถสร้างสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งสิ้น 3 ชนิด ได้แก่ ฟูโคแซนทิน ไดอะไดโนแซนทิน และเบต้าแคโรทีน กุ้งตามธรรมชาติจะได้รับสารแคโรทีนอยด์จากอาหารธรรมชาติ เช่น สาหร่าย แต่สำหรับกุ้งที่มีการเพาะเลี้ยงโดยเฉพาะกุ้งสวยงามมักได้รับแคโรทีนอยด์ในปริมาณต่ำ การเสริมสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์ลงไปในอาหารจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสีตัว อัตราการลอกคราบ และประสิทธิภาพการเจริญเติบโต (รพีพร, 2540) รงควัตถุที่พบในตัวกุ้งนอกจากช่วยทำให้เกิดสีสันสวยงามบนลำตัวแล้วยังมีประโยชน์ในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมและยังสามารถบอกแหล่งที่อยู่อาศัยและบริเวณที่เกิดสีแต่ละชนิดได้ โดยทั่วไปรงควัตถุที่พบในกุ้งแบ่งออกป็น 2 ประเภท คือ

2.1.1 ทำหน้าที่เกิดสีภายนอกตัวสัตว์มองเห็นได้ เช่น แคโรทีนอยด์ (carotenoid) สารสีดำ (melanin) และสารสีพวก iron porphyrin ทำหน้าที่เกี่ยวกับการหายใจ

2.1.2 ไม่สามารถมองเห็นแต่มีหน้าที่เกี่ยวกับเมตาบอลิซึม เช่น ฮีโมไซยานิน (heamocyanin) (ประจวบ, 2537)

2.2 แหล่งสารสีที่ใช้ในสัตว์น้ำ

2.2.1 แคโรทีนอยด์ (carotenoid)

แคโรทีนอยด์เป็นสารโมเลกุลใหญ่มีสูตรทางเคมี $C_{40}H_{56}$ มีคุณสมบัติเป็นโปรวิตามินเอ (provitamin A) คือเมื่อแคโรทีนอยด์แตกตัวจะได้วิตามินเอ ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นภายในตับ แคโรทีนอยด์บริสุทธิ์จะมีผลึกเป็นสีแดงทับทิม (ruby–red crystal) ไม่ละลายในน้ำแต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ แคโรทีนอยด์สามารถถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายโดยออกซิเจนในอากาศ เราสามารถพบแคโรทีนอยด์ได้ทั่วไปตามธรรมชาติในพืชผักที่มีสีส้มเหลืองและสาหร่าย เช่น ฟักทอง แครอท และในสาหร่าย เช่น คลอเรลลา (Chlorella) และดูนาลิเอลลา (Dunaliella) Dall *et al.* (1995) และ Lorenz (1998) กล่าวว่าครัสเตเซียนและสัตว์น้ำอื่นๆไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ได้เหมือนกับพืชแต่จะได้รับจากการกินอาหาร รพีพร (2540) และ เวียง (2542) รายงานว่าปูที่ได้รับอาหารธรรมชาติ เช่น สาหร่าย จะมีการสะสมสารแคโรทีนอยด์ในอวัยวะต่างๆ เช่น ตา เปลือก ตับ เลือด และรังไข่ โดยรงควัตถุเหล่านี้มีสารประกอบเป็นไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักและมีโครงสร้างจัดอยู่ในกลุ่มเตตร้าเทอร์พีนอยด์ (tetraterpenoid) สารแคโรทีนอยด์นอกจากทำให้เกิดสีสันแล้วยังทำหน้าที่ในทางสรีรวิทยาและระบบภูมิคุ้มกันด้วย หากสัตว์น้ำขาดสารกลุ่มแคโรทีนอยด์อาจจะทำให้ระบบภูมิคุ้มกันและระบบสืบพันธุ์ไม่พัฒนาได้ Kawakami *et al.* (1998) รายงานว่าการขาดสารแคโรทีนอยด์ของเม่นทะเล

(Pseudocentrotus depressus) ทำให้ประสิทธิภาพของกลไกการป้องกันตัวลดลงและอวัยวะในการสืบพันธุ์ไม่พัฒนา ซึ่งโครงสร้างแคโรทีนอยด์นั้นมีหลายแบบ ธีระศักดิ์ (2545) อธิบายว่าแคโรทีนอยด์มีโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไปอาจจะอยู่ในรูปสายยาวไม่เป็นวงกลม เช่น สารไลโคปีน (lycopene) ในรูปที่เป็นวงกลม เช่น แบตาแคโรทีน หรือในของกลุ่มที่มีออกซิเจน ซึ่งได้แก่กลุ่มแซนโทฟิล (xanthophyll) เช่น แคนตาแซนทิน (canthaxanthin) หรือแอสตาแซนทิน (astaxanthin) วีระศักดิ์ (2547) อธิบายว่าแคโรทีนอยด์สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ hydrogenated caroteniod derivatives หรือกลุ่มแคโรทีน และ oxygenated caroteniod derivatives หรือกลุ่มแซนโทรฟิลล์ ได้แก่

2.2.1.1 แคโรทีน (carotene) โมเลกุลของแคโรทีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งประกอบ ด้วยอะตอมของคาร์บอนเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะเดี่ยวสลับกับพันธะคู่ และที่ปลายข้างหนึ่งหรือทั้งสองแขนจะมีอะตอมของคาร์บอนเกาะกันเป็นวง เรียกว่า ไอโอโนนริง (ionone ring) ซึ่งแยกได้เป็น แอลฟาแคโรทีน เบตาแคโรทีน แกมมาแคโรทีน และไลโคปีน (ธีรศักดิ์, 2545) แคโรทีนเป็นสารที่พบได้มากในผักและผลไม้ที่มีสีแดง ส้ม เหลือง และเขียว หากร่างกายได้รับสารนี้ติดต่อกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์จะเกิดการสะสมและทำให้ตับทำงานหนัก เนื่องจากต้องขับสารแคโรทีนอยด์ออกจากร่างกายอยู่ตลอดเวลา และจะทำให้ผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้มโดยเฉพาะที่ฝ่ามือและฝ่าเท้า เราสามารถป้องกันได้เพียงแค่หยุดกินอาหารที่มีสารแคโรทีนอยด์ ร่างกายจะค่อยๆ ปรับสภาพและกลับมาเป็นปกติ (วีรศักดิ์, 2547)

2.2.1.2 แซนโทฟิลล์ (xanthophylls) เป็นสารที่เกิดจากการเพิ่มออกซิเจนเข้าไปในโมเลกุลของแคโรทีน แซนโทฟิลล์เป็นแคโรทีนอยด์ที่มีบทบาทในการเพิ่มสีให้แก่สิ่งมีชีวิต Hencken (1992) พบว่าแซนโทฟิลล์ที่เป็นแหล่งสารสีในอาหารไก่ ส่วนใหญ่จะถูกส่งผ่านไปสะสมในผิวหนังและไขโดยไม่เปลี่ยนรูป แต่มีแซนโทฟิลล์บางตัวสามารถที่จะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้และยังเป็นแหล่งสีในไก่และไข่ สารในกลุ่มแซนโทฟิลล์ที่นิยมใช้เป็นสารเร่งสี ได้แก่ แอสตาแซนทิน และแคนตาแซนทิน

2.2.2 สารแคโรทีนอยด์จากของดอกดาวเรือง

ดาวเรือง (*Tagetes erecta L.*) เป็นไม้ประดับที่อยู่ในวงศ์ compositae สามารถเจริญเติบโตได้ในส่วนต่างๆ ของทั่วโลก ดอกดาวเรืองมีโทนสีหลากหลาย เช่น เหลือง แดง ส้ม ส้มเข้ม และน้ำตาลส้ม ดาวเรืองที่พบมากมี 2 สายพันธุ์ คือ africa aztec (*T. erecta*) และ french marigold (*T. patula*) Africa Aztec มีดอกสีเหลือง และสีส้มขนาดใหญ่ส่วน French marigold มีดอกขนาดเล็กเป็นดอกเดี่ยวกับดอกคู่โดยปกติแล้วจะให้ดอก 2 เฉดสี คือ สีเหลืองหรือสีส้ม และสีแดง ดาวเรืองเป็นพันธุ์พื้นเมืองที่มาจากประเทศเม็กซิโก (Mexico) มีรายงานว่าถูกใช้เป็นยาพื้นเมือง ใบดอกดาวเรืองสามารถนำมาผลิตน้ำมันหอมระเหย ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในชื่อ น้ำมันดอกดาวเรือง (tagetes oils) ดาวเรืองยังใช้ผสมในอาหารสัตว์ปีกเพื่อเพิ่มสีในไข่แดงและทำให้เนื้อมีสีเหลือง และยังมีรายงานวิจัยอีกว่าดอกดาวเรืองสามารถเพิ่มสีให้กับสัตว์อีกหลายชนิดเช่น ในกุ้ง ปลาแซลมอน และปลาทอง

สารสีในดอกดาวเรือง ดอกดาวเรืองเป็นแหล่งของแคโรทีนอยด์ธรรมชาติที่มีปริมาณสูง ลูทีน (lutein) เป็นสารสีหลักในดอกดาวเรือง และอาจมีได้มากถึง 85 เปอร์เซ็นต์ ลูทีนเป็นสารหนึ่งในกลุ่มของแซนโทฟิลซึ่งเป็น 1 ใน 2 กลุ่มย่อยของคาโรทีนอยด์ และ แซนโทฟิลเป็นสารสีที่พบมากที่สุดโดยเฉพาะดอกดาวเรืองสีส้มจะมีปริมาณแซนโทฟิลประมาณ 12 กรัมต่อกิโลกรัมดอกแห้งขึ้นไป ลูทีนที่พบในธรรมชาติจะอยู่ในรูปของ เอสเทอร์ (ester) เอสเทอร์ที่พบมากในดอกดาวเรือง คือ dimyristate, myristate, palmitate, dipalmitate และ stearate ปริมาณของคาโรทีนและแซนโทฟิลจะมีมากน้อยตาม ความเข้มของสีดอกโดยกลุ่มดอกสีเหลืองจะมีปริมาณแซนโทฟิลน้อยที่สุด และจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นใน

กลุ่ม ดอกสีเหลืองอมส้ม ดอกสีส้ม และดอกสีแดง ตามลำดับ ดอกดาวเรืองสีเหลืองเข้มจะมีปริมาณลูทีนเอสเทอร์มากกว่าดอกสีเหลืองอ่อนถึง 200 เท่า คาโรทีนอยด์สามารถละลายได้ในไขมัน (liposoluble) โดยสามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่ใช้ละลายไขมันต่างๆ เช่น อะซิโตน แอลกอฮอล์ ไดเอทิล อีเทอร์ และเฮกเซน อุตสาหกรรมการสกัดแซนโทฟิลส่วนมากจะใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายสกัด ซึ่งที่จริงแล้วคาร์บอนไดซัลไฟด์ (carbon disulfide) และตัวทำละลายคลอไรด์ (chloride solvents) สามารถสกัดคาโรทีนอยด์ได้ดีที่สุดแต่ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากสามารถระเหยได้อย่างรวดเร็วไวไฟและมีความเป็นพิษสูงต้องใช้ในปริมาณที่จำกัดอนึ่งการทำ pre-treatment ด้วยเอนไซม์ให้ปริมาณแซนโทฟิลสูงที่สุดและการทำ saponified ทำให้ปริมาณแซนโทฟิลมากกว่า (non-saponified) (อนันต์ชัย เชื่อนธรรม และคณะ, 2542)

2.2.3 สารเบตาเลน (Betalain)

สารเบตาเลนเป็นสารสกัดจากธรรมชาติพบมากในพืชที่มีสีม่วงแดง ได้แก่ อันดับ Carryophylales และอันดับ Basidiomycetes บางชนิด พบมากในวงศ์ Cactaceae สารเบตาเลนเป็นสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบและสามารถละลายน้ำได้ สารเบตาเลนประกอบด้วยโครงสร้างหลัก คือ เบตาไซยานิน (Betacyanin) เป็นรงควัตถุสีม่วงแดงเกิดจากการรวมตัวของกรดเบตาลามิคกับ cyclo-DOPA และเบตาแซนทิน (Betaxanthin) เป็นรงควัตถุสีเหลืองเกิดจากการรวมตัวของกรดเบตาลามิคกับกรดอะมิโนที่เป็นโปรตีนและที่ไม่ใช่โปรตีน (Han *et al.*, 2009) การใช้ประโยชน์จากสารสกัดเบตาเลนมีการศึกษากันอย่างแพร่หลายทั้งทางด้าน การเพิ่มภูมิคุ้มกัน การต้านอนุมูลอิสระ หรือแม้กระทั่งการเพาะเลี้ยงเซลล์เพื่อทำการศึกษาและพัฒนาให้นำไปสู่การนำมาใช้เป็นแหล่งผลิตสารเบตาเลนในอนาคต (Georgiev *et al.*, 2008)

พืชที่ให้สีม่วงแดง เช่น แก้วมังกร กะหล่ำปลีสีม่วง หัวบีทรูท มักจะพบปริมาณสารเบตาเลนสูงกว่าชนิดอื่นซึ่งนิยมนำมาทำการศึกษาปริมาณสารเบตาเลนและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ จากการศึกษาของ วุฒิชัย และคณะ (2551) อธิบายว่า เปลือกแก้วมังกรขาวมีปริมาณสารเบตาเลนอยู่มากและสารสกัดหยาบจากเปลือกแก้วมังกรขาวมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมากที่สุด สำหรับการศึกษาถึงปริมาณสารเบตาเลนของเปลือกและเนื้อของแก้วมังกรแดง พบว่า เปลือกและเนื้อของแก้วมังกรแดงมีปริมาณของสารเบตาเลนได้คล้ายคลึงกับปริมาณสารเบตาเลนที่พบในหัวบีทรูท

2.3 การใช้สารสีในปลาสวยงาม

2.3.1 การใช้สารสีกลุ่มคาโรทีนอยด์เพื่อเร่งสีในปลาสวยงาม

การใช้สารสีกลุ่มคาโรทีนอยด์ในปลาทอง ได้แก่ Paripatananont *et al.* (1999) ทดลองให้อาหารที่ผสมแอสตาแซนทินลงในอาหารปลาทอง (*Carassius auratus*) ความเข้มข้น ระดับต่างๆ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (มก./กก.) พบว่าปลาทองที่ให้กินอาหารผสมแอสตาแซนทินที่ระดับ 50, 75 และ 100 มก./กก. มีค่าเม็ดสีเพิ่มขึ้น (ค่าความเข้มสีสูง) และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) พ้วน เพ่งเซ้น และทิพยวรรณ ปริพัฒนานนท์ (2546) ทดลองให้ปลาทองกินแอสตาแซนทิน พบว่าปลาทองกินอาหารผสมสารแอสตาแซนทินที่ความเข้มข้น 36 มก./กก.ทำให้ปลาทองมีเม็ดสีเพิ่มขึ้นสูงที่สุด ซึ่งจำนวนเม็ดสีที่เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มสีที่ผิวหนังของปลา

การใช้สารสีกลุ่มคาโรทีนอยด์ในปลาแฟนซีคาร์ป เช่น Hanzs *et al.* (2003) พบว่าปลาแฟนซีคาร์ป (*Cyprinus carpio* Linn.) ที่ได้รับอาหารที่ใช้ paprika ซึ่งมีคาโรทีนอยด์รวมในอาหาร 171 มก./กก. เทียบกับอาหารควบคุมที่มีคาโรทีนอยด์รวมต่ำ 5.4 มก./กก. เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สามารถทำให้ปลาแฟนซีคาร์ปมีสีแดงเพิ่มขึ้น ปลาแฟนซีคาร์ปที่ได้รับอาหารที่มีการใช้ *Chlorella vulgaris*,

Haematococcus pluvialis, และ Spirulina เปรียบเทียบกับอาหารที่ใช้สารแอสตาแซนทินสังเคราะห์ โดยอาหารทั้ง 4 สูตร มีคาโรทีนอยด์รวม 80 มก./กก.พบว่าปลาแฟนซีคาร์ปที่ได้รับอาหารที่ใช้ *Chlorella vulgaris* จะมีการสะสมคาโรทีนอยด์บริเวณผิวหนัง และมีสีแดงสูงสุด เมื่อเลี้ยงในระยะเวลา 10 สัปดาห์ (Gouveia *et al*., 2003) ส่วนอรพินท์ จินตสถาพร และคณะ (2548) ทดลองให้อาหารปลาแฟนซีคาร์ป (*Cyprinus carpio* Linn.) ที่มีปริมาณคาโรทีนอยด์จากสารสังเคราะห์ที่ต่างกัน คือ 5.37, 15.9, 43.2, 76.2, 96.2 และ 103.9 ไมโครกรัมต่อกรัม พบว่าปลาแฟนซีคาร์ปที่ได้รับอาหารผสมสารคาโรทีนอยด์รวม 96.2 และ 103.9 ไมโครกรัมต่อกรัม มีการตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของสีแดงมากที่สุด เมื่อเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น และพบว่าเมื่อหยุดการให้อาหารเร่งสีเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ปลาแฟนซีคาร์ปยังรักษาระดับความเข้มของสีแดงให้เข้มเหมือนเดิม ต่อมานงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และคณะ (2549) ทดลองให้อาหารที่ผสมสารแอสตาแซนทินสกัดจากสาหร่าย *Haematococcus sp.* ที่เหมาะสมต่อการเร่งสีปลาทอง (*Carassius auratus*) โดยใช้อาหารผสมสารสีจากสาหร่ายตามความเข้มข้นที่ต่างกัน คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 มก./กก. เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปลาทองที่ได้รับอาหารที่ผสมสารแอสตาแซนทินที่ระดับความเข้มข้น 100 มก./กก. มีค่าความเข้มของสีแดงมากที่สุด ซึ่งมากกว่าปลาทองที่ได้รับอาหารผสมแอสตาแซนทิน 0 มก./กก. และ 25 มก./กก. แต่ไม่มีความแตกต่างกับปลาทองที่เลี้ยงด้วย 50 มก./กก. และ 75 มก./กก. และอัจฉรี เรืองเดช และคณะ (2549) ทดลองให้อาหารที่ผสมแอสตาแซนทินที่เหมาะสมต่อการเร่งสีปลาหมอสีพันธุ์ชีบราเรด (*Psendotropheus estherae*) โดยใช้อาหารผสมแอสตาแซนทินความเข้มข้น 0, 10, 30, 50 และ 70 มก./กก. พบว่าปลาหมอสีที่ได้รับอาหารผสมแอสตาแซนทินความเข้มข้น 70 มก./กก. มีค่ามุมสีน้อยกว่าปลาหมอสีที่ไม่ได้รับอาหารผสมแอสตาแซนทิน นอกจากนี้เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของคาโรทีนอยด์ในเนื้อของปลาหมอสี พบว่าความเข้มข้นของคาโรทีนอยด์ในเนื้อปลาหมอสีที่ได้รับอาหารผสมแอสตาแซนทินความเข้มข้น 70 มก./กก. มากที่สุด

2.3.2 การใช้สารสีกลุ่มเบตาเลนเพื่อเร่งสีในปลาสวยงาม

Phumjan and Laohavisuti (2007) ทดลองให้อาหารผสมสารเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรที่มีความเข้มข้นต่างกัน คือ 0, 15, 22.5, 30 และ 37.5 มก./กก. เพื่อใช้ในการเร่งสีปลา red platy (*Xiphophorus maculatus*) พบว่าปลา red platy ที่ได้รับอาหารที่ผสมสารเบตาเลนจากผลเปลือกแก้วมังกรความเข้มข้น 37.5 มก./กก. มีความเข้มของสีแดงสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น ต่อมา อัจฉรี เรืองเดช และคณะ (2551) ทดลองใช้สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรด้วยแอลกอฮอล์ที่ระดับ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเปลือกต่อสารสกัด โดยนำมาฉีดเคลือบบนอาหารเลี้ยงปลาหมอคอนวิคเผือก (*Archocentrus nigrofasciatus*) เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปลาหมอคอนวิคเผือกที่ได้รับอาหารผสมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลทำให้สีของปลาหมอคอนวิคเผือกมีสีเข้มขึ้น แม้ว่าจะทดลองในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นเป็นเวลา 16 สัปดาห์หรือใช้ร่วมกับอาหารเสริมแอสตาแซนทิน ทั้งนี้เนื่องมาจากการปรากฏของสีเผือกบนตัวปลามาจากเม็ดสีชื่อเออริโดฟอร์ (iridophore) ที่แสดงออกของความสว่างของพิวรีน แต่เม็ดสีที่ทำให้ปรากฏสีแดงคืออีริโทรฟอร์ (erythrophore) ซึ่งปลาหมอคอนวิคเผือกจะขาดเม็ดสีชนิดนี้

2.4 การใช้สารสีในกุ้ง

2.4.1 การใช้แอสตาแซนทินเพิ่มอัตรารอดให้กับลูกกุ้งกุลาดำ

Darachai et al. (1998) ได้ทดลองศึกษาอาหารผสมด้วยแอสตาแซนทินต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของลูกกุ้งกุลาดำ โดยจะให้อาหาร 4 สูตรคือ อาหารที่ผสมด้วยสาหร่ายที่มีสารแอสตาแซนทิน (AAD), อาหารที่ผสมด้วยแอสตาแซนทินสังเคราะห์ (SAD), อาหารที่ไม่ผสมสารแอสตาแซนทิน (NAD) และ อาหารธรรมชาติ (NF) โดยจะทำการทดลองทั้ง 3 ระยะของลูกกุ้งกุลาดำ คือ ระยะ ซูเอียร์ ไมซิส และโพสลาวา พบว่าลูกกุ้งที่ถูกให้อาหารที่ผสมด้วยแอสตาแซนทินมีอัตรารอดดีที่สุด นอกจากนี้ Pan and Chien (2004) ได้ทำการทดลองกับลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสลาวา โดยให้อาหาร 3 สูตรคือ อาหารไม่ผสมแอสตาแซนทิน อาหารที่ผสมแอสตาแซนทิน 80 และ 240 มก./กก. เพื่อเปรียบเทียบอัตรารอดของลูกกุ้งระยะโพสลาวา พบว่าลูกกุ้งที่ให้อาหารผสมด้วยแอสตาแซนทิน 240 มก./กก. มีอัตรารอดสูงกว่าอัตรารอดของลูกกุ้งที่ไม่ให้อาหารผสมแอสตาแซนทิน

2.4.2 ผลของแอสตาแซนทินกับปริมาณน้ำหนักของลูกกุ้งกุลาดำ

Boonyaratpalin et al. (2001) ทดลองกับลูกกุ้งกุลาดำ โดยใช้สาหร่าย *Buraliella salina* เป็นแหล่งเบตาแคโรทีนกับแอสตาแซนทินสังเคราะห์ในการผสมอาหารให้ลูกกุ้งกิน โดยจะใช้อาหาร 4 สูตร คือ ไม่ผสมเบตาแคโรทีน อาหารผสมเบตาแคโรทีน 125 มก./กก. อาหารที่ผสมเบตาแคโรทีน 175 มก./กก. และอาหารที่ผสมแอสตาแซนทิน 50 มก./กก. ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่าลูกกุ้งที่กินอาหารผสมแอสตาแซนทิน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ ($P>0.05$) โดยลูกกุ้งที่กินอาหารผสมเบตาแคโรทีนจะมีการเจริญเติบโต ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้าย อัตรารอด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักที่คล้ายกัน นอกจากนี้ Pan and Chien (2004) ได้ทำการทดลองกับลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสลาวา โดยจะให้อาหาร 3 สูตรคือ อาหารไม่ผสมแอสตาแซนทิน อาหารที่ผสมแอสตาแซนทิน 80 และ 240 มก./กก. พบว่าลูกกุ้งที่กินอาหารผสมแอสตาแซนทิน 80 และ 240 มก./กก. มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยลูกกุ้งที่ไม่ได้กินอาหารผสมแอสตาแซนทินน้ำหนักน้อยกว่าลูกกุ้งที่กินอาหารผสมแอสตาแซนทินแต่ลูกกุ้งที่กินอาหารผสมแอสตาแซนทิน 80 และ 240 มก./กก. จะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างน้ำหนักของลูกกุ้ง

2.4.3 ปริมาณของแอสตาแซนทิน และคาโรทีนอยด์ในรังไข่ของแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำ

Pangantihon-Kuhlmann et al. (1998) ทดลองกับพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำ โดยให้สารแอสตาแซนทิน กับ วิตามินเอ โดยใช้อาหาร 4 สูตร คือ อาหารที่ไม่ผสมแอสตาแซนทิน และ วิตามินเอ, อาหารที่ผสมแอสตาแซนทินแต่ไม่ผสมวิตามินเอ, อาหารที่ผสมแอสตาแซนทิน และวิตามินเอ และ อาหารที่ไม่ผสมแอสตาแซนทินและวิตามินเอ ซึ่งจะใช้แอสตาแซนทิน 100 มก. และ วิตามินเอ 20,000 ไอยู ในอาหาร 1 กิโลกรัม จะใช้เวลาทั้งหมด 61 วัน เพื่อที่จะศึกษาปริมานคาโรทีนอยด์ในรังไข่แม่พันธุ์กุ้งกุลาดำ พบว่าแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำที่กินอาหารผสม วิตามินเอ และแอสตาแซนทินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ต่อมาPaibulkichakul et al. (2008) ทดลองกับพ่อแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำจะใช้สารแอสตาแซนทิน และน้ำมันปลา โดยให้อาหาร 4 สูตร คือ อาหารที่ผสมน้ำมันปลา 3 เปอร์เซ็นต์ต่อ 1 กิโลกรัม อาหารที่ผสมน้ำมันปลา 8 เปอร์เซ็นต์ ต่อ 1 กิโลกรัม อาหารที่ผสมแอสตาแซนทิน 100 มก./กก. และอาหารที่ผสมแอสตาแซนทิน 500 มก./กก. จะศึกษาปริมาณไข่ที่แม่กุ้งกุลาดำฟักออกมาต่อแม่กุ้ง 1 ตัว โดยจะทำการทดลอง 120 วัน เพื่อหาปริมาณแอสตาแซนทินในรังไข่ พบว่าแม่พันธุ์กุ้งกุลาดำที่กินอาหารผสมแอสตาแซนทินหรือน้ำมันปลาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยความเข้มข้นของแอสตาแซนทินในรังไข่แม่พันธุ์กุ้งจะไม่ต่างกัน แต่แม่พันธุ์กุ้งกุลาดำที่กินอาหารผสมแอสตา

แซนทิน 500 มก./กก. จะมีปริมาณแอสตาแซนทินในรังไข่มากกว่าแม่กุ้งกุลาดำที่กินอาหารผสมแอสตาแซนทิน 100 มก./กก.

2.5 ไคโตซาน

ไคโตซาน เป็นไบโอโพลิเมอร์ธรรมชาติอย่างหนึ่ง ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญในรูปของ D – glucosamine พบได้ในธรรมชาติ โดยเป็นองค์ประกอบอยู่ในเปลือกนอกของสัตว์พวก กุ้ง ปู แมลง และเชื้อรา เป็นสารธรรมชาติที่มีลักษณะโดดเด่นเฉพาะตัว คือ ที่เป็นวัสดุชีวภาพ (Biometerials) ย่อยสลายตามธรรมชาติ มีความปลอดภัยในการนำมาใช้กับมนุษย์ ไม่เกิดผลเสียและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดการแพ้ ไม่ไวไฟและไม่เป็นพิษ (non – phytotoxic) ต่อพืช นอกจากนี้ยังส่งเสริมการเพิ่มปริมาณของสิ่งมีชีวิตและยังนำมาใช้ประโยชน์ในการผสมในอาหารปลา ทำให้ปลาเจริญเติบโตเร็ว สุขภาพแข็งแรง มีภูมิต้านทานต่อโรคโดยไคโตซานจะเข้าทำงานในระบบทางเดินอาหารเป็นส่วนใหญ่ บางส่วนถูกดูดซึมเข้าไป ไคโตซานผงจะถูกละลายภายในกระเพาะอาหารได้เป็นสารละลายไคโตซานซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว(กลูโคซามีน) หลายโมเลกุลเรียงต่อโยงใยกันไปมาเหมือนตาข่ายจึงสามารถดักจับไขมัน (โดยเฉพาะ LDL) โลหะหนัก ยาฆ่าแมลง เชื้อรา (อัลฟาท็อกซิน) ที่ปนเปื้อนมากับอาหารเหมือนการล้างสารพิษลำไส้ (Detoxification)และจะถูกขับถ่ายออกมา จึงช่วยให้เพิ่มการดูดซึมสารอาหารเช่นกรดอะมิโน (สร้างสีดำ) สารเร่งสี(สร้างสีแดง) ปลาเจริญเติบโตไว

2.6 การใช้ไคโตซานในกุ้ง

Attasart (2005) ได้ศึกษาการใช้ไคโตซานในการผลิตกุ้งอินทรีย์ โดยอาหารที่มีไคโตซาน 100 ppm สามารถทำให้เปลือกกุ้งมีปริมาณไคตินเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเลี้ยงระยะเวลา115 วัน นอกจากนี้ยังมีค่า FCR ที่ดีกว่าและอัตรารอดที่สูงกว่า (ตารางที่1) เนื่องจากไคโตซานมีหมู่อะมิโนที่เป็นประจุบวก สามารถรวมตัวกับกลุ่มแบคทีเรียที่มีประจุลบและทำให้ตกตะกอน มนต์สรวง (2006) ได้ศึกษาผลของไคโตซานระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเคลือบเม็ดอาหารปลานิลแปลงเพศที่เสริมด้วยเอนไซม์ไฟเตส โดยทดลองเลี้ยงปลานิลแปลงเพศที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 0.72 – 0.82 กรัม ด้วยอาหารสำเร็จรูป 7 สูตร โดยทุกสูตรมีการเสริมด้วยเอนไซม์ไฟเตสในระดับ 1,000 ยูนิต (FTU) ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และเคลือบด้วยไคโตซานระดับความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 0, 5, 10,15, 20, 25และ 30 มล.ต่ออาหาร 1 กิโลกรัมตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าการเคลือบด้วยไคโตซาน โดยปลาที่ได้รับอาหารที่เคลือบด้วยไคโตซาน 25 ,10 และ 15 มล.ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 2) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 6.11 ± 0.02, 6.09 ± 0.07 และ 6.08 ± 0.09 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ปลาที่ได้รับอาหารมีการเคลือบด้วยไคโตซาน 30 , 0 และ 20 มล.ต่ออาหาร 1 กิโลกรัมมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยคือ 5.95 ± 0.08, 5.90± 0.09 และ 5.89 ±0.17 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มที่มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยที่อยู่ในเกณฑ์ต่ำที่สุด ได้แก่ ปลาที่ได้รับอาหารมีการเคลือบด้วยไคโตซาน 5 มล.ต่ออาหาร 1 กิโลกรัมมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยคือ 5.78 ± 0.18 ตามลำดับ Zhu el at .(2010) ได้ทำการศึกษาผลของไคโตซานของการอยู่รอดและภูมิคุ้มกันของกุ้ง *Procambarus clarkii* จากโรค WSSV โดยทำการนำไคโตซานไปผสมกับอาหารที่ความเข้มข้น ชุดที่ควบคุมบวกและควบคุมลบ ,5,10,และ 15 มิลลิกรัมต่อกรัมโดยทำการเลี้ยงเป็นเวลา4 สัปดาห์เพื่อนำไปให้กุ้งที่มีการเป็นโรค WSSV พบว่าระดับความเข้มข้นของไคโตซานที่ 5 มีอัตราการตาย 61.5 % ถือว่ามีอัตราการตายน้อยที่สุดและรองลงคือความเข้มข้นที่ 10 มีอัตราการตายอยู่ที่ 85.7 %