บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ปลาดุกบิ๊กอุย

ปลาดุกบิ๊กอุย (*Clarias macrocephalus x Clarias gariepinus*) มีผู้นิยมเลี้ยงกันมาก เนื่องจากเป็นที่นิยมบริโภค สามารถเลี้ยงได้ง่าย มีความทนทานต่อโรคสูง และมีอัตราการเจริญเติบโตดี ปลาดุกบิ๊กอุย เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ ระหว่างแม่พันธุ์ปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus*) มาผสมกับพ่อพันธุ์ปลาดุกแอฟริกัน (*Clarias gariepinus*) ได้ลูกมีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น ปลาดุกลูกผสม ปลาดุกอุยเทศ หรือปลาดุกบิ๊กอุย (อุทัยรัตน์ ณ นคร, 2537) ปลาดุกแอฟริกัน ที่เป็นพ่อพันธุ์ อยู่ในตระกูลแอฟริกันแคชฟิช (African catfish) นอกจากจะใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ที่กล่าวแล้วข้างต้น ยังใช้ชื่อ *Clarias lazera*, C. *sengalensis* และ C. *Mossambicus* (Teugels, 1984) ชื่อสามัญว่า African sharptooth catfish ถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในประเทศแอฟริกากลาง สำหรับปลาดุกแอฟริกันพันธุ์แท้ที่นำเข้ามาเป็นพ่อพันธุ์ เพื่อผลิตปลาดุกลูกผสมในปัจจุบัน เป็นหนึ่งใน 32 สายพันธุ์ ซึ่งได้นำเข้ามาในประเทศไทยราวปี พ.ศ. 2529-2530 โดยเกษตรกรนำมาจากประเทศลาว ปลาดุกชนิดนี้เป็นปลาที่มีการเจริญเติบโตเร็วมาก มีขนาดใหญ่ เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่สามารถกินอาหารได้แทบทุกชนิด มีความต้านทานโรค และสภาพแวดล้อมสูง แต่ปลาดุกชนิดนี้ มีเนื้อเหลว และซีดขาว ไม่น่ารับประทาน (มานพ ตั้งตรงไพโรจน์ และคณะ, 2533)

สำหรับปลาดุกอุยที่ใช้เป็นแม่พันธุ์ในการผลิตปลาดุกลูกผสม เป็นปลาพื้นบ้านของไทย มีชื่อสามัญว่า Walking catfish อาศัยอยู่ตามแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ทั่วทุกภาคของประเทศไทย เจริญเติบโตได้เร็ว ปกติแล้วอาศัยอยู่ในน้ำจืดสนิทและพื้นดินเป็นโคลนตม แต่สามารถทนทานอยู่ได้ในน้ำกร่อยเล็กน้อย หาอาหารตามหน้าดิน มีหนวดที่รับความรู้สึกได้ดี มีนิสัยว่องไว กินอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ (วิทย์ ธารชลานุกิจและคณะ, 2525) เมื่อนำปลาดุกสองสายพันธุ์นี้มาผสมเทียมข้ามพันธุ์กัน จึงทำให้เกิดปลาดุกลูกผสมพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะเหมาะสมสำหรับเลี้ยงเป็นการค้า กรมประมงเรียก ปลาดุกเทศ หรือปลาดุกลูกผสม แต่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงและประชาชนทั่วไปนิยมเรียกว่า บิ๊กอุย (วิเศษ อัครวิทยากุล, 2536) การเลี้ยงปลาดุกบิ๊กอุยมักนิยมเลี้ยงในบ่อดินและมักเกิดกลิ่นโคลนทำให้เป็นอุปสรรคต่อการบริโภค

ลักณะของปลาดุกบิ๊กอุย

ปลาดุกบิ๊กอุย ได้รวบรวมลักษณะที่ดีเด่นของพ่อแม่พันธุ์มาไว้ในตัวเดียวกัน กล่าวคือ ลักษณะภายนอก และนิสัยการกินอาหารคล้ายกับปลาดุกอุยมาก มีผิวค่อนข้างเหลือง โดยเฉพาะลำตัวและหาง จะเห็นลายจุดประสีขาวของปลาดุกอุยชัดเจน แต่เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ จุดนี้จะหายไป ส่วนลักษณะรูปร่างและลำตัวคล้ายกับปลาดุกแอฟริกัน เช่น กระโหลกท้ายทอยแหลม เป็นหยัก 3 หยัก หัวมีขนาดใหญ่และคอดหางมีจุดประสีขาวเรียงตามขวางในระยะที่ปลายังเล็ก บางครั้งไม่อาจแยกได้ว่าเป็นปลาดุกบิ๊กอุยหรือปลาดุกแอฟริกันพันธุ์แท้ ดังนั้นการที่จะดูให้รู้แน่ชัด จะต้องดูจากลักษณะหัวปลาและลายขวางที่คอดหาง เมื่อปลาอายุ 3 สัปดาห์ขึ้นไป ส่วนลักษณะการเจริญเติบโตของปลาดุกบิ๊กอุยใกล้เคียงกับปลาดุกแอฟริกันที่นำมาเป็นพ่อพันธุ์มาก เนื่องจากมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ในช่วงระยะเวลาการเลี้ยงสองเดือนครึ่ง มีน้ำหนักประมาณตัวละ 200 กรัม (ขนาด 5 ตัว ต่อ 1 กิโลกรัม) ซึ่งเป็นขนาดที่ตลาดต้องการ สำหรับลักษณะเนื้อของปลาดุกบิ๊กอุย มีลักษณะคล้ายกันกับปลาดุกอุยมาก กล่าวคือ มีเนื้อสีเหลือง ลักษณะนุ่มแต่ไม่เหลว มีรสชาติดี (วิเศษ อัครวิทยากุล, 2536)

ข้อแตกต่างระหว่างปลาดุกอุยกับปลาดุกบิ๊กอุย

ปลาดุกอุยและปลาดุกบิ๊กอุย จัดเป็นประเภทแคทฟิช (Catfish) และอยู่ในตระกูลคลาเรียส (Clarias) เช่นเดียวกัน รูปร่างลักษณะของลำตัวคล้ายคลึงกันมาก คือ ไม่มีเกล็ด มีหนวด 4 คู่ ครีบหลัง ครีบท้องและครีบหางแยกออกจากกัน แต่ปลา 2 พันธุ์ มีลักษณะที่แตกต่างกัน สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน หลายประการคือ

1.ปลาดุกอุยมีหัวขนาดเล็ก ค่อนข้างรี ไม่แบน กระโหลกลื่นและมีรอยบุ๋มตรงกลางเล็กน้อย ส่วนปลาดุกบิ๊กอุยมีหัวขนาดใหญ่และแบน กระโหลกหัวไม่เรียบ

2.กระโหลกท้ายทอยปลาดุกอุยมีลักษณะโค้งมน ส่วนปลาดุกบิ๊กอุย กระโหลกท้ายทอยมีลักษณะเป็นหยักแหลม 3 หยัก และลึกเข้าไปหาลำตัวมากกว่า

3.ใต้คางปลาดุกอุยมีสีคล้ำ ส่วนปลาดุกบิ๊กอุย มีสีขาวเด่นชัด

4.ปลาดุกอุยมีหนวด 4 คู่ และโคนหนวดมีขนาดเล็ก ส่วนปลาดุกบิ๊กอุยมีหนวด 4 คู่เช่นกัน แต่โคนหนวดมีขนาดใหญ่กว่าปลายหนวดมาก

5.ปากปลาดุกอุย ค่อนข้างมนและกลม ส่วนปลาดุกบิ๊กอุย มีลักษณะป้านและแบน

6.ครีบอกปลาดุกอุยมีเงี่ยงแข็งเล็ก ๆ แหลมคม และเงี่ยงจะยื่นออกมาเกินหรือพอดีกับครีบอ่อน ส่วนครีบอกปลาดุกบิ๊กอุย มีเงี่ยงขนาดใหญ่และสั้น อ่อน ไม่แหลมคมและส่วนของเงี่ยงนี้จะถูกครีบอ่อนหุ้มไปจนถึงปลายเงี่ยง

7.ครีบหลังปลาดุกอุย ปลายครีบมีสีเทาปนดำ ส่วนปลาดุกบิ๊กอุย จะมีสีแดงและมีแถบสีขาวคาดขวางบริเวณคอดหาง

8.ปลาดุกอุยมีความยาวลำตัวเป็น 4 เท่า ของความยาวส่วนหัว ส่วนลำตัวปลาดุกบิ๊กอุย มีความยาวเป็น 3 เท่า ของลำตัว

9.ลำตัวปลาดุกอุยมีสีดำ หรือน้ำตาลปนดำ ส่วนลำตัวปลาดุกบิ๊กอุย มีสีเทาจนถึงสีเทาอมเหลือง

10.ปลาดุกอุยขณะยังเล็ก จะปรากฏจุดขาวเรียงขวางลำตัวเป็นแถบ ประมาณ 9-10 แถว แต่เมื่อปลามีขนาดใหญ่ขึ้น จุดเหล่านี้จะหายไป ส่วนปลาดุกบิ๊กอุยขณะยังเล็ก ไม่มีจุด แต่เมื่อโตขึ้นจะปรากฏลายคล้ายหินอ่อนตามข้างลำตัว

11.ผนังท้องปลาดุกอุย มีสีขาวถึงเหลือง เฉพาะบริเวณอก ไปจนถึงครีบท้อง ส่วนปลาดุกบิ๊กอุย มีสีขาวตลอดไปจนถึงโคนหาง

สไปรูไลน่า

สไปรูไลน่า คือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จัดอยู่ใน Phylum Cyanophyta Class Cyanophyceae Family Oscillatoriaceae Genus Spirulina มีขนาดค่อนข้างใหญ่ประมาณ 100 เท่าของสาหร่ายอื่นๆ ประกอบด้วยเซลล์หลาย ๆ เซลล์เรียงต่อกันเป็นสายบิดเป็นเกลียวของลวดสปริง มีรูปร่างไม่แน่นอน แต่ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันสาหร่ายเกลียวทองชนิดเดียวกันอาจมีขนาดและรูปร่างหรือการบิดเป็นเกลียวแตกต่างกันหรือบางครั้งอาจจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นเส้นตรง ไม่มีกิ่งก้านหรือเซลล์สืบพันธุ์ เจริญเติบโตโดยการแบ่งเซลล์เท่านั้น พบในแหล่งน้ำต่าง ๆ ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อยหรือในทะเล

สไปรูไลน่า หรือสาหร่ายเกลียวทอง คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดหนึ่งที่เป็นแพลงก์ตอนที่มีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าแทบไม่เห็น ชีวิตประกอบด้วยเซลล์ที่มาต่อกันเป็นเส้นเกลียวหรือเส้นตรง สืบพันธุ์โดยหักเป็นท่อนแล้วยาวต่อไป พบได้ในแหล่งน้ำเขตร้อนรวมทั้งประเทศไทย เนื่องจากสไปรูไลน่าเป็นสาหร่ายขนาดเล็กที่ผนังเซลล์ไม่มี เซลลูโลสจึงกินง่าย ย่อยง่าย ดูดซึมเร็วและกากน้อย ประกอบกับสไปรูไลน่ามีคุณค่าทางโภชนาการหลากหลายมากมีโปรตีนดี อุดมด้วยไวตามิน และเกลือแร่หลายชนิด มีสารเร่งสีสำหรับสัตว์ และมีสารต้านเชื้อโรคโดยเฉพาะไวรัส จึงเหมาะที่จะนำมาเพาะเลี้ยงเพื่อเป็นอาหารของคนและสัตว์

สาหร่ายสไปรูไลน่ามีโปรตีนสูงถึง 71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าโปรตีนในไข่และเนื้อวัวถึง 3 เท่าครึ่ง จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโนก็พบว่าอยู่ในเกณฑ์สมดุล ทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพ คือประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) 8 ชนิด และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (non essential amino acid) 10 ชนิด ปริมาณของวิตามิน และแร่ธาตุก็อยู่ในเกณฑ์สูง นอกจากนี้แล้วยังวิเคราะห์ได้ว่าสไปรูไลน่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) และคาร์โรทีนอยด์ (Carotenoid) ในปริมาณสูง โดยเฉพาะคาร์โรทีนอยด์จัดเป็นแหล่งของสารเร่งสีในสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเอง แต่ต้องได้รับจากอาหารที่กินเข้าไป

ปัจจุบันจึงมีการใช้สไปรูไลน่าแห้งผสมในอาหารเพื่อเร่งสีปลาให้เข้มขึ้น(วุฒิพร พรหมขุนทอง, 2527)

คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายสไปรูไลน่า จะแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมที่สาหร่ายเจริญอยู่ เช่น อุณหภูมิและสารอาหาร เป็นต้น (Venkataraman, 1983) สำหรับคุณค่าทางอาหารที่สำคัญในสาหร่ายสไปรูไลน่า มีดังนี้ คือ

1.รงควัตถุ (pigment) สาหร่ายสไปรูไลน่า ประกอบด้วยรงควัตถุหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ คาโรทีนอยด์ และไฟโคบิลิน (phycobilin) ที่สำคัญคือ คาโรทีนอยด์ ซึ่งประกอบด้วย แซนโธฟิลล์ (xanthophyll) และคาโรทีน (carotene) (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2527) เพราะเป็นสารที่ทำให้เกิดสีเหลือง ส้มและแดง ในผิวหนังและเนื้อปลา (Goodwin, 1984) ซึ่งปลาไม่สามารถสังเคราะห์คาโรทีนอยด์ขึ้นมาได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น (Choubert, 1979; Bauernfeind, 1981)

Choubert (1979) รายงานว่า สาหร่ายสไปรูไลน่าเป็นแหล่งของรงควัตถุที่ดีสำหรับการใช้เร่งสีปลา และรายงานองค์ประกอบของ carotenoid ในสาหร่ายชนิดนี้ว่าประกอบด้วย bata-carotene 26 เปอร์เซ็นต์ bata-carotene-5-6-epoxide 5 เปอร์เซ็นต์ echinonone 7 เปอร์เซ็นต์ cryptoxanthin 23 เปอร์เซ็นต์ zeaxanthin 9 เปอร์เซ็นต์ และ mysoxantophyll 24 เปอร์เซ็นต์ รวมประมาณ 1.7 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้งของสาหร่ายสไปรูไลน่า ซึ่งสอดคล้องกับผลงานของ Goodwin (1955) และ Tanaka และคณะ (1974)

Nakamura (1982) รายงานว่าสาหร่ายสไปรูไลน่า ประกอบด้วยแซนโธฟิลล์ 0.081 เปอร์เซ็นต์ คาโรทีน 0.0804 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Miki และคณะ (1986) รายงานว่าองค์ประกอบและปริมาณของคาโรทีนอยด์ใน *S. maxima* แตกต่างกันไปตามอุณหภูมิที่ใช้ในการทำสาหร่ายแห้ง โดยพบว่าในการทำสาหร่ายแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะพบคาโรทีนอยด์ทั้งหมด 6.48 มิลลิกรัม ต่อ 1 กรัมสาหร่ายแห้ง ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นซีแซนธิน 25 เปอร์เซ็นต์ มิกโซแซนโธฟิลล์ 13-17 เปอร์เซ็นต์ เบต้า-คาโรทีน 15 เปอร์เซ็นต์ เอ็ค-ไคนีโนน 11-13 เปอร์เซ็นต์ และ3'-ไฮดรอกซีเอ็คไคนีโนน (3'-hydroxyechinenone) 7-11 เปอร์เซ็นต์ และการทำแห้งที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จะพบคาโรทีนอยด์ทั้งหมด 0.06 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมสาหร่ายแห้ง โดยมีองค์ประกอบหลักเป็นซีแซนธิน และเบต้า-คริฟโตแซนธิน (bata- cryptoxanthin)

2.โปรตีน สาหร่ายสไปรูไลน่า แห้งมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนอยู่ในช่วง 55-72 เปอร์เซ็นต์ (Hill, 1980) และจากการตรวจเอกสารของประเสริฐ สีตะสิทธิ์ และคณะ (2525) พบว่า สาหร่ายสไปรูไลน่า ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นต่อปลาครบถ้วนปริมาณต่อ 100 กรัมโปรตีน มีดังนี้คือ ไอโซลิวซีน (isoleucine) 4.13 กรัม ลิวซีน (leucine) 5.80 กรัม ไลซีน (lysine) 4.00 กรัม เมทไธโอนีน (methionine) 2.17 กรัม ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) 3.95 กรัม ธรีโอนีน (threonine) 4.17 กรัม ทริบโตเฟน (tryptophan) 1.13 กรัม วาลีน (valine) 6.00 กรัม อาจินีน (arginine) 5.98 กรัม

และฮีสติดีน (histidine) 1.08 กรัม และNakamura (1982) รายงานว่า เปอร์เซ็นต์ของกรดอะมิโนจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมที่สาหร่ายสไปรูไลน่า เจริญขึ้นมา เช่น เปอร์เซ็นต์ของกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (sulphur amino acid) ขึ้นกับค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณไนโตรเจนในอาหาร

3.ไขมัน มีเปอร์เซ็นต์ไขมันอยู่ในช่วง 2-7.3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไลโนลิอิก (linoleic acid) (Venkataraman, 1983)

4.วิตามินและเกลือแร่ สาหร่ายสไปรูไลน่าแห้งประกอบด้วยวิตามินต่าง ๆ มีปริมาณต่อกิโลกรัม ดังนี้คือ ไธอะมีน 27.8 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 33.4 มิลลิกรัม โคบาลามีน (cobalamine) 2.4 มิลลิกรัม และไบโอติน 0.06 มิลลิกรัม และประกอบด้วยเกลือแร่ปริมาณต่อ 100 กรัม ดังนี้คือ แคลเซียม 0.75 กรัม ฟอสฟอรัส 1.42 กรัม โซเดียม 0.45 กรัม แมกนีเซียม 0.90 กรัม เหล็ก 0.12 กรัม และโพแทสเซียม 1.42 กรัม (Venkataraman, 1983)

สาหร่ายสไปรูไลน่า ประกอบด้วยโปรตีนสูง มีกลิ่นคาว เช่นเดียวกับโปรตีนจำพวกเนื้อสัตว์ อื่น ๆ เช่น ปลาป่น ที่เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในส่วนผสมอาหารสัตว์ สำหรับการใช้สาหร่ายสไปรูไลน่าแห้งเป็นวัตถุดิบร่วมในการผลิตอาหารเลี้ยงสัตว์นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีการเจริญเติบโตดี โดยให้มีไนโตรเจนในร่างกายอยู่ในระดับใกล้เคียงกับโปรตีนที่มาจากวัตถุดิบอื่น ๆ เช่น ปลาป่น ถั่วเหลือง เป็นต้น และหากมีการเติม Methionine กับอาหารที่เตรียมจากสาหร่ายสไปรูไลน่า แล้วจะทำให้คุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น เช่น ในสัตว์น้ำจำพวกลูกกุ้งและปลาวัยอ่อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ การเพิ่มสาหร่ายสไปรูไลน่า เป็นส่วนผสมในอาหารจะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตได้ดีนอกจากนี้สาหร่ายสไปรูไลน่า ยังช่วยในการปรับปรุงสี เช่น ในสัตว์ปีกจำพวกเป็ดและไก่ การเพิ่มสาหร่ายสไปรูไลน่า เป็นส่วนผสมในอาหารจะทำให้มีไข่ดกและไข่แดงมีสีแดงเข้มน่ารับประทาน และสุดท้ายคือ ทำให้มีการเจริญทางเพศเร็วขึ้น สามารถผสมพันธุ์ได้เร็วขึ้น (สุชาติ อิงธรรมจิตร์, 2529) นอกจากนี้สาหร่ายสไปรูไลน่า ในรูปแช่แข็งและผง มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลาวัยอ่อน เนื่องจากมีขนาดเล็กและลูกปลาสามารถย่อยได้ง่าย (Nakamura, 1982)

เปลือกกุ้ง

เปลือกกุ้ง คือ เศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม มีทั้งส่วนที่เป็นกุ้งตัวเล็ก ๆ เปลือกกุ้ง หัวกุ้ง หางกุ้ง และเศษเนื้อกุ้ง มีโปรตีนระหว่าง 24-53 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้เป็นแหล่งสารสีและแหล่งอาหารโปรตีนได้เช่นเดียวกับกากปู สามารถใช้ได้ในระดับสูงถึง 30-40 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร

เป็นผลผลิตพลอยได้จากการทำกุ้งแห้ง หรือกุ้งแช่แข็ง (กุ้งกระป๋อง) ระดับโปรตีนในแกลบกุ้งจึงแตกต่างกันตามชนิดและขนาดของกุ้ง การใช้แกลบกุ้งในอาหารสุกร และสัตว์ปีกอาจมีปัญหาในเรื่องระดับแคลเซียม สัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัส และปริมาณเกลือ แต่ในอาหารกุ้งนั้นแกลบกุ้งมีความจำเป็นต่อการกินอาหาร การลอกคราบและการเจริญเติบโต การเลือกใช้แกลบกุ้ง

นอกจากพิจารณาจากระดับโปรตีน (30-35 เปอร์เซ็นต์) แล้วยังต้องเลือกแกลบกุ้งที่แห้งสนิทมีความชื้นต่ำ แกลบกุ้งที่มีเกลือในระดับสูงมักมีความชื้นสูงด้วยทำให้กลิ่นไม่ดี และเก็บไว้ได้ไม่นาน เมื่อใช้เลี้ยงสัตว์ก็มักทำให้เกิดปัญหากับสัตว์ด้วย(สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, 2539)

เปลือกกุ้งส่วนใหญ่มีโปรตีนในช่วง 30-50 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนคุณภาพต่ำมีเกลือสูง และมีธาตุแคลเซียมสูงเกินไป และมีธาตุฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ต่ำ ถ้าใช้ในปริมาณมากในสุกรอาจทำให้สุกรไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแคลเซียม และฟอสฟอรัสทำให้แสดงอาการขาดของแคลเซียม และฟอสฟอรัสมีอาการขี้เรื้อน (Parakeratasis) ได้ ฉะนั้นไม่ควรใช้เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร (http://www.e-learning.kasettrang.ac.th/unit 1 part 1 doc)

หอยแมลงภู่

หอยแมลงภู่ คือ หอยสองฝาชนิดหนึ่งที่อาศัยอยู่ในทะเลบริเวณปากแม่น้ำที่มีพื้นเป็นโคลนหรือเกาะตามเสาไม้บริเวณปากแม่น้ำ พบมากในแถบจังหวัด ชลบุรี สมุทรปราการ สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร

หอยแมลงภู่เป็นหอยสองฝาชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจค่อนข้างมากในประเทศไทย เนื่องจากนิยมใช้เป็นอาหารที่รับประทานได้ทั้งสดและแห้ง นอกจากนี้ยังเป็นสินค้าส่งออกประเภทหนึ่งของประเทศ พบว่าในปี พ.ศ. 2540 ประเทศไทยผลิตหอยแมลงภู่จากการเพาะเลี้ยงถึง 45,800 เมตริกตัน โดยหอยแมลงภู่ที่พบในประเทศไทยเป็นชนิด *Perna viridis* มีการแพร่กระจายตามแหล่งชายฝั่งของประเทศไทย ฟิลลิปปินส์ สิงคโปร์ มาเลเซีย อินโดนีเซีย สาธารณรัฐประชาชนจีน อินเดีย และบางส่วนของแอฟริกาใต้ ซึ่งหอยแมลงภู่สกุล *Perna* ที่พบทั่วโลกมีทั้งหมด 3 ชนิดด้วยกัน คือ *Perna viridis* ที่เพาะเลี้ยงในประเทศไทยและฟิลลิปปินส์ *Perna canaliculus* พบที่ประเทศนิวซีแลนด์ และ *Perna perna* พบที่ทะเลแดง บางส่วนของอินเดีย ชายฝั่งแอฟริกาใต้ บางส่วนของทะเลเมดิเตอเรเนียน ชายฝั่งอเมริกาใต้ ประเทศบราซิล บางส่วนของทะเลคาริบเบียน ในหลายประเทศหอยแมลงภู่จัดอยู่ในประเภทอาหารทะเลชั้นดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยโปรตีน 18.3 เปอร์เซ็นต์ไกโคเจน 2 เปอร์เซ็นต์ไขมัน 0.45 เปอร์เซ็นต์เกลือแร่ และวิตามินต่างๆหลายชนิด นอกจากนี้หอยแมลงภู่ที่มีขนาดเล็กประมาณ 2-3 เซ็นติเมตร สามารถนำไปบดใช้เป็นอาหารสัตว์ปีก และเนื้อหอยต้มสามารถใช้เป็นอาหารเลี้ยงกุ้งได้ดีด้วย

การเกิดสีในปลา

ปลาสามารถปรับสภาพของสีให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่ได้ นอกจากนี้ปลายังสามารถแสดงสีต่าง ๆ เมื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ เกิดจากการทำงานของเซลผิวหนังที่มีเม็ดสีอยู่ภายในเซลสร้างสี ในปลามีอยู่ 2 พวก คือ โครมาโตฟอร์ (chromatophores) และเออริโดฟอร์ (iridophores) หรือเรียกว่า มิเรอร์เซล (mirror cell) ภายในโคมา

โตฟอร์ มีเซลสร้างสี 3 ประเภท คือ อิริโทรฟอร์ (erythrophores) ซึ่งให้สีแดงและสีส้ม แซนโทฟอร์ (xanthophores) ให้สีเหลืองและเมลาโนฟอร์ (melanophores) ให้สีดำ เออริโดฟอร์ (iridophores) หรือเรียกว่า มิเรอร์เซล (mirror cell) ซึ่งเป็นเซลที่สะท้อนสีของวัตถุที่อยู่ภายนอกตัวปลา สารที่อยู่ในเออริโดฟอร์ เป็นพวกคริสตันไลน์ กัวนิน (crystalline guanine) ซึ่งเป็นสารที่มีลักษณะโปร่งแสง มีสีขาวหรือสีเงิน (Lagler et al., 1962 อ้างโดย วุฒิพร พรหมขุนทอง, 2527)

อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล และบุษกร บำรุงธรรม (2543) และสืบสิน สนธิรัตน์ (2527) รายงานว่า สีที่ปรากฏบนตัวปลา เกิดจากการทำงานของเซลล์ผิวหนัง ซึ่งมีเม็ดสีอยู่ภายใน เม็ดสีในชั้นผิวหนังปลา สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. เม็ดสีเมลานิน (Melanin) เป็นเม็ดสีน้ำตาลหรือดำ ซึ่งเมลานิน มักเกาะอยู่กับโปรตีน ขบวนการสังเคราะห์เมลานิน จะเกิดใน melanocyte และ melanophore โดย tyrosine ถูก oxidise ด้วย เอ็นไซม์ tyrosinase เปลี่ยนเป็น 3,4 – dihydroxyphenylalanine หรือ dopa จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็น dopa quinone แล้วมีการรวมตัวกันทางเคมีทำให้เกิดเมลานินขึ้น

2. เม็ดสีเทอริดีน (Pteridine) มีทั้งชนิดที่มีสีและไม่มีสี เป็นสารประกอบที่สามารถละลายน้ำได้ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือพวกที่มีสี ได้แก่ drosopterin, isodrospterin และ neodrosopterin ที่มีสีแดง ส่วน sepiapterin และ isosepiapterin มีสีเหลือง พวกที่ไม่มีสีคือ luecopterin สามารถแบ่งเป็น 2 พวกคือ blue และ violet fluorescent pteridine ที่มีสีเหลืองและสีแดงมักทำหน้าที่ทั้งใน xanthophore และ iridophore และทำงานร่วมกับ pteridine ที่ไม่มีสี (Hama, 1963)

3. เม็ดสีเพียวรีน (Purine) เป็นเม็ดสีขาวหรือสีเงิน พบมากที่ผิวหนังตัวปลา เพียวรีนที่พบมากคือ กัวนิน เม็ดสีเพียวรีน อยู่ในสภาพที่เป็นผลึกขนาดเล็กเป็นเม็ดหรือเป็นแผ่นบาง ๆ เป็นเม็ดสีที่ให้สีขาวหรือสีเงินบนผิวหนังบนตัวปลา ที่พบมาก คือ quanine โดยพบอยู่ในไซโตพลาสซึมของเซลล์ชนิด luecophore หรือ iridophore (Kawaguti และ Kamishima, 1966)

4. เม็ดสีคาโรทินอยด์ (Carotenoids) เป็นเม็ดสีเหลือง ส้มและแดง พบในไซโตพลาสซึมของเซล ปลาไม่สามารถสร้างคาโรทินอยด์ขึ้นมาได้ ต้องได้รับจากอาหารโดยตรง และปลาสามารถเก็บเม็ดสีเหล่านี้ไว้ในตัวปลาหรือเปลี่ยนคาร์โรทินอยด์ให้อยู่ในรูปอื่นได้ เม็ดสีคาร์โรทินอยด์ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นสายยาวที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองปลาย มีคาร์บอนอะตอมที่ต่อกันเป็นวง โมเลกุลมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ไมครอน มีคุณสมบัติไม่ละลายในน้ำแต่ละลายในไขมัน พบทั้งในพืชและในสัตว์ ในพืชทำให้เกิด สีเหลือง ส้มและแดงที่ดอกโดยเม็ดสีเหล่านี้อยู่ใน plastid ภายในไซโตปลาสซึมของเซลล์ (Fox และ Vevers, 1960) ส่วนพืชใบอาจพบภายในคลอโรพลาสของใบไม้ที่มีสีเขียวแต่จะมองเห็นเมื่อคลอโรฟิลล์จางหายไป ส่วนในสัตว์น้ำพวกปลาไม่สามารถสังเคราะห์ carotenoid ขึ้นมาเองได้ ดังนั้นต้องได้รับมาจากพืชหรือสัตว์ที่เป็นอาหารโดยตรง และปลาสามารถเก็บเม็ดสีเหล่านี้เอาไว้ในตัวหรืออาจเปลี่ยนเป็นสารสีรูปอื่นได้ (Fox, 1957)

ในการเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม สารคาร์โรทินอยด์นับว่ามีบทบาทมาก เพราะเป็นตัวทำให้ปลามีสีสันสวยงามขึ้น คือ ถ้าเซลล์ผิวหนัง มีคาร์โรทินอยด์มากเท่าไร ย่อมทำให้ปลามีสีสันสดขึ้น (วันเพ็ญ มีนกาญจน์, 2543) การทำงานของเซลล์ผิวหนังซึ่งมีรงควัตถุภายในของปลาทำให้ปลาสามารถแสดงสีต่าง ๆ ออกมาเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าในระหว่างที่เกิดความตื่นเต้นหรือในขณะที่มีการเกี้ยวพาราสี นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนสีสันเพื่อปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่อาศัยได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากเซลล์สร้างสีในตัวปลา

คาร์โรทินอยด์

คาร์โรทีนอยด์ (Carotenoid) เป็นสารสีที่พบทั่วไปทั้งในพืชและสัตว์ แต่สัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์คาร์โรทีนอยด์ ขึ้นเองได้ ดังนั้นจะต้องได้รับจากพืชหรือสัตว์ที่เป็นอาหารโดยตรง และสามารถเก็บเม็ดสีเอาไว้ในตัวของมัน หรืออาจเปลี่ยนเป็นรงควัตถุรูปอื่นได้ คาร์โรทีนอยด์เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัวประกอบด้วย อะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นสายยาว คาร์โรทีนอยด์ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในไขมัน (Fox, 1957: Fox and Vevers , 1960 อ้างโดย วันเพ็ญ และกาญจนา, 2547)

Greenberg (1968) ได้แบ่งคาร์โรทินอยด์ ออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ ตามลักษณะโครงสร้างทางเคมี คือ carotene และ xanthophyll

1.carotene เป็นไฮโดรคาร์บอนซึ่งประกอบไปด้วยอะตอมของคาร์บอนกับไฮโดรเจนเรียงตัวกันเป็นสายยาวด้วย single bond สลับกับ double boun และที่ปลายข้างใดข้างหนึ่ง หรือทั้งสองปลาย จะมีอะตอมของคาร์บอนมาเกาะกันเป็นวงที่ เรียกว่า ionone ring ส่วนใหญ่จะมีสีส้ม carotene ที่สำคัญและเป็นที่รู้จักกันมาก คือ beta carotene ที่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้

2.xanthophyll เกิดจากกระบวนการออกซิเดชั่นของ carotene xanthophyll พบทั่วไปในธรรมชาติในรูป ester อิสระ หรือ carotenoprotein xanthophyll ที่พบในสัตว์น้ำส่วนมากได้แก่ lutein, zeaxanthin, canthaxanthin และ astaxanthin

สัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์คาร์โรทินอยด์ ได้ด้วยตัวเอง จึงต้องรับคาร์โรทินอยด์ ในรูปของอาหาร เมื่อผ่านขบวนการย่อยแล้ว คาร์โรทินอยด์จะถูกดูดซึมผ่านผนังทางเดินอาหารร่วมกับไขมันอื่น ๆ ในรูปที่แตกต่างกันไป ขึ้นกับสภาพภายในทางเดินอาหารของสัตว์แต่ละชนิด คาร์โรทินอยด์เหล่านี้จะสะสมอยู่ภายในร่างกายเป็นผลให้เกิดสีขึ้นในส่วนต่าง ๆ คาร์โรทินอยด์ ปรากฏอยู่ในสัตว์เทบทุกชนิด ตั้งแต่สัตว์ชั้นต่ำจนถึงสัตว์ชั้นสูง เช่น ในหยดไขมันของ Copepod และ Daphnia เพศผู้ (Fox, 1957) ฟองน้ำทะเล (Goodwin, 1951) สิ่งมีชีวิตพวกโปรติสตา (Fox และ Vevers, 1960) พวกเอไคโนเดอร์ม ซึ่งได้แก่ หอยแม่น ปลิงทะเลและปลาดาว หอยบางชนิด พวกกุ้ง ปู (Bauernfeind, 1981) ส่วนในพวกแมลง พบคาร์โรทินอยด์ ในแมลงเต่าทอง (Fox และ Vevers, 1960) ในรังของไหม มีสารประกอบ lutein ซึ่งเป็นคาร์โรทินอยด์ ชนิดหนึ่งและสามารถสกัด

ออกมาได้ (Bauernfeind, 1981) นอกจากนี้ยังแยกคาร์โรทินอยด์ ได้จากสาหร่ายสีเขียวโดยตรวจพบ beta carotene ในปริมาณมากที่สุด รองลงมา คือ epsilon-carotene (Nakayama, 1962) ส่วน xanthophyll ตรวจพบ lutein, neoxanthin, zeaxanthin และ violaxanthin (Bauernfeind, 1981)

คาร์โรทินอยด์ ที่พบในปลาส่วนใหญ่จะละลายในไขมันทำให้เกิด สีเหลือง ส้ม หรือแดง ในส่วนของไข่ อวัยวะสืบพันธุ์ ตับและผิวหนัง (Goodwin, 1951) ปลามีการสะสม xanthophyll มากกว่า carotene หรือไฮโดรคาร์บอนตัวอื่น ๆ ซึ่งมักพบในรูปของ taraxanthin, lutein และ astaxanthin (Steven, 1948 ; Goodwin, 1951 ; Fox, 1957) จากการตรวจเนื้อเยื่อและผิวหนังของปลา พบว่ามีส่วนประกอบของ bata carotene และ xanthophyll รวมอยู่ด้วย (Steven, 1948; Goodwin, 1951) Bellamy (1966) รายงานว่า สีเหลืองและสีส้มที่เกิดจากบริเวณครีบของปลากระบอก (*Mugil cephalus*) ปลาซีกเดียว (*Solea vulgaris*) และปลาในกลุ่มปลาปลากระรัง (*Serranus scriba*) เป็นสีที่เกิดจาก xanthophyll Latscha (1990) กล่าวว่า พวกปลากินพืช (herbivorous fish) เช่น ปลาตระกูล carp สามารถออกซิไดซ์ปลาย 4,4' ของวงแหวนไอโอโนนริงของ carotene ทำให้สามารถเปลี่ยน zeaxanthin และ lutein ให้อยู่ในรูปของ astaxanthin ส่วนพวกปลากินเนื้อ (carnivorous fish) เช่น ในครอบครัว salmonidae ไม่สามารถออกซิไดซ์วงแหวนไฮโอโนนริง จึงสะสม carotene และ xanthophyll เช่น lutein, zeaxanthin และ canthaxanthin โดยไม่เปลี่ยนรูป

Bauernfeind (1981) รายงานว่า ปลาในกลุ่ม salmonid ได้แก่ *Salmon fario* และ *S. umbla* ที่ได้รับอาหารพวก ampepod จะมีการสะสมคาร์โรทินอยด์ ที่ผิวหนังและทำให้เกิดจุดสีแดงที่บริเวณครีบ แต่ถ้าให้อาหารเป็นพวกหนอน annelid ปรากฏว่าไม่ทำให้เกิดสีขึ้นมา

Greenberg, 1968 อ้างถึง Schmidt-Nielsen และคณะ, 1932 รายงานถึงเม็ดสีที่พบในเนื้อปลา *Salmo salar* ในตับของปลา *Cyclopterus lumpus* และในน้ำมันสีแดงของปลาวาฬ ซึ่งปลาเหล่านี้ได้รับคาร์โรทินอยด์ มาจากอาหารและเปลี่ยนไปเป็น astaxanthin

Katayama และคณะ (1972a, 1972b) สามารถแยกสารประกอบ lutein, beta-carotene, astaxanthin และ alfa-doradexanthin จากปลาทอง เมื่อพิจารณาจากสูตรโครงสร้างของ carotenoid ที่แยกได้ พบว่า astaxanthin ได้มาจากการเปลี่ยนแปลงของ lutein และ alfa-doradexanthin โดยขบวนการออกซิเดชั่นและไอโซเมอไรเซชั่น และต่อมาได้ทดลองให้อาหารที่มี beta-carotene ซึ่งมีคาร์บอนกัมมันตรังสีกับปลา sea bream (*Chrysohrys major*) และ ปลา red sea bream (*Evynnis japonica*) พบว่ามีการสะสมของ astaxanthin ในปลาทั้งสองชนิดนี้

Steven (1948) ตรวจพบคาร์โรทินอยด์ ในรูปของเอสเทอร์ที่ผิวหนังและครีบของปลา trout ที่จับได้จากธรรมชาติ พบว่าเป็น lutein และ astaxanthin

ชนิดของคาร์โรทีนอยด์

รงควัตถุของพวกคาร์โรทีนอยด์ จัดเป็นพวกเตททร้าเทอร์พีน (Tetraterpenes) ซึ่งประกอบด้วยไอโซรีน (Isorene) 4 หน่วยมาต่อกันเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว ที่ปลายข้างใดข้างหนึ่ง หรือทั้งสองข้างมีคาร์บอนอะตอมต่อกันเป็นวง (Ring structure) มีตั้งแต่สีเหลือง สีส้ม และสีแดง

Grenberg ,1968 อ้างโดย วันเพ็ญ และกาญจนา(2547) ได้แบ่ง คาร์โรทีนอยด์เป็น 4 พวกใหญ่ๆ ตามโครงสร้างทางเคมีดังนี้

1.คาโรทีน (Carotene) โมเลกุลของคาโรทีนเป็นไฮโดรเจนคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะเดี่ยว (Single bond) สลับกับพันธะคู่ (Double bond) และปลายข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างจะมีอะตอมของคาร์บอนเกาะกันเป็นวงเรียกไอโอโนนริง (Ionone ring) คาโรทีนสามารถแบ่งย่อยได้เป็น แอลฟาคาโรทีน (α - carotene) เบตาคาโรทีน (β- carotene) และแกมมาคาโรทีน (γ- carotene) ทั้งสามแบบจะแตกต่างกันที่ตำแหน่งของพันธะคู่

2.แซนโทฟิล (Xanthophyll) เกิดจากการเพิ่มออกซิเจนเข้าไปในโมเลกุลของ คาโรทีน แซนโทฟิลที่พบในปลาส่วนมาก ได้แก่ ทาราแซนทีน (Taraxanthin) ลูทีน (Lutein) ซีแซนทีน (Zeaxanthin) และแอสตาแซนทีน (Astaxanthin) ส่วนในสัตว์เปลือกแข็ง (Crustacean) แซนโทฟิลที่พบมากที่สุดได้แก่ แอสตาแซนทีนซึ่งมีอยู่ในสัตว์เปลือกแข็งเกือบทุกชนิด แซนโทฟิลเป็นคาร์โรทีนอยด์ที่มีบทบาทในการให้สีในสิ่งมีชีวิต จากการทดลองในไก่ พบว่า แซนโทฟิลพวกไดไฮดรอกซี (Dihydroxy) และไดคีโต-คาร์โรทีนอยด์ (Diketo - carotenoid) สามารถให้สีไข่ไก่ได้ดีกว่า โมโนไฮดรอกซี – โมโนคีโตโพลีออกซี (Monohydroxy - monoketopolyoxy) และอีพอกซี – คาร์โรทีนอยด์ (Epoxy - carotenoids)

โครงสร้างของคาร์โรทินอยด์

คาร์โรทีนอยด์ เป็นกลุ่มของรงควัตถุที่ให้สีเหลือง สีส้ม และสีแดง พบในผิวหนัง เปลือกหรือโครงสร้างแข็งภายนอกของสัตว์น้ำ และพบกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ เช่น ในแบคทีเรีย ยีสต์ รา พืชสีเขียว และสัตว์มากมายหลายชนิด ซึ่งในสัตว์ทะเลแต่ละชนิดมีปริมาณและชนิดของคาร์โรทินอยด์ในปริมาณ ที่แตกต่างกัน (Simpson, 1982) เนื่องจากคาร์โรทินอยด์ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน กลุ่มอะลิฟาติกหรือกลุ่มอะลิฟาติก – อะลิไซคลิก ประกอบด้วยหมู่ไฮโซพรีน 8 หมู่ที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองปลายมีคาร์บอนอะตอมที่ต่อกันเป็นวง (ring structure) คาร์โรทีนอยด์ไม่สามารถละลายได้ในน้ำแต่สามารถละลายได้ในไขมัน จึงเรียกคาร์โรทีนอยด์ว่า ไลโปฟอร์

แหล่งของคาร์โรทีนอยด์

คาร์โรทีนอยด์ที่มีอยู่ในปัจจุบันมีทั้งที่ได้จากสิ่งมีชีวิตธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ ซึ่งแต่ละชนิดมีลักษณะดังนี้

1.คาร์โรทีนอยด์จากธรรมชาติ เป็นคาร์โรทีนอยด์ที่พบได้ทั้งในพืชและสัตว์ทะเลหลายชนิด ได้มีการศึกษาแหล่งคาร์โรทีนอยด์จากธรรมชาติมากมาย เช่นในหยดไขมันของโคพิพอด (Copepod) และเดพเนียเพศผู้ (Fox ,1957) ในรังไข่ของหอยเชลล์ (Seallop) ไฮดราบางชนิด ฟองน้ำทะเล และเอกไคโนเดิร์ม (Echinoderm) ได้แก่ หอยเม่น ปลิงทะเล และปลาดาว (Fox and Vevers , 1960) นอกจากนี้ยังได้จากสาหร่ายสีเขียว Nakayama (1962) รายงานว่าคาร์โรทีนอยด์ที่ได้จากสาหร่ายจะตรวจพบ beta – carotene ในปริมาณมากที่สุด ได้มีการตรวจสอบรงควัตถุจากแพลงก์ตอนทะเล 20 ชนิด พบว่าเป็นอัลลอเซนทิน (Alloxanthin) ลูทีน (Letein) และเทอริดิน (Pteridene) (Riley and Segar, 1962) มีรายงานว่า กลีบดอกดาวเรืองจากเม็กซิโกเป็นแหล่งของแซนโทฟิลที่ดี คือมีคาร์โรทีนอยด์สูงกว่าในหญ้าขนแห้งถึง 30 เท่า (Philip ,1970) และ Bauerfeind (1981) นำเสนอว่าในรังไหม (*Bombyx mori*) มีสารประกอบลูทินซึ่งเป็นคาร์โรทีนอยด์ชนิดหนึ่ง และเขายังพบว่าน้ำมันสีแดงจากปลาบางชนิดเป็นแหล่งของแอสตาแซนทิน ได้แก่ น้ำมันจากปลาคาพิลิน (Capilin) แมกเคอเรล (Mackerel) และปลาค็อด (Cod) นอกจากนี้น้ำมันที่สกัดจากหัวกุ้ง *Pennaeus setiferus* ที่นำมาผสมอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามกราม (*Macrobranchium resenbergii*) จะทำให้เนื้อกุ้งมีปริมาณคาร์โรทีนอยด์สูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติ Choubert (1979) กล่าวว่า สาหร่ายสไปรูไลน่าเป็นแหล่งของรงควัตถุที่ดีในการใช้เร่งสีและพบว่าในสาหร่ายชนิดนี้จะมีคาร์โรทีนอยด์เป็นองค์ประกอบในปริมาณ 1.7 มิลลิกรัมต่อสาหร่ายสไปรูไลน่าน้ำหนักแห้ง 1 กรัม

2.คาร์โรทีนอยด์สังเคราะห์ คือ สารสีซึ่งผ่านขบวนการสกัดจากพืช และสัตว์เพื่อทำให้บริสุทธิ์ มีรายงานจากนักวิจัยบริษัท ROCHE อ้างโดย วุฒิพร พรหมขุนทอง (2527) ว่าเอโปคาโรทีโนอิคเอสเทอร์ (Apocarotenoic ester) และแคนทาแซนทีน (Canthaxanthin) เป็นคาร์โรทีนอยด์ที่มีการสะสมอยู่ในไข่แดงในปริมาณมากกว่าสารตัวอื่นๆ และสารทั้งสองตัวนี้ยังให้สีเป็นที่น่าพอใจ จึงได้มีการสังเคราะห์รงควัตถุทั้ง 2 ชนิดนี้ขึ้น และตั้งชื่อทางการค้าว่าแคโรฟิลล์ (Carophyll) ขรรชัย คงอินทร์ (2524) อ้างโดย วุฒิพร พรหมขุนทอง (2527) ได้แบ่งคาร์โรทีนอยด์สังเคราะห์ออกเป็น 3 ชนิดคือ

2.1 แคโรฟิลล์ – เยลโล (Carophyll yellow) ประกอบด้วยเอโปคาโรทีอิก – เอสเทอร์ 10 เปอร์เซ็นต์ สารตัวนี้สกัดได้จากหญ้าขน (Alfalfa) และผลไม้ชนิดที่มีรสเปรี้ยว (Citrus fruits)

2.2 แคโรฟิลล์ – เรด (Carophyll red) ประกอบด้วยเอโปคาโรทีอิก – เอสเทอร์ 5 เปอร์เซ็นต์ และ แคนทาแซนทีน 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสกัดได้จากเห็ดชันเทอเรลลี (Chanterelle) กุ้งและขนนกฟลามิงโก

2.3 แคโรฟิลล์ – ออเรนจ์ (Carophyll orange) ประกอบด้วยแคนทาแซนทิน 10 เปอร์เซ็นต์

แคโรฟิลล์มีขนาดอนุภาคเล็กมาก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.15 – 0.4 มิลลิเมตร ทำให้สามารถผสมกับอาหารได้เป็นอย่างดี ในแคโรฟิลล์ – เรด หนัก 1 กรัม ประกอบด้วย 100,000 อนูของแคโรฟิลล์ ความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.7 และ แคโรฟิลล์สังเคราะห์นี้จะคงตัวได้นานไม่เหมือนกับคาร์โรทีนอยด์ในธรรมชาติซึ่งไม่คงตัว

เนื่องจากปลาไม่สามารถสังเคราะห์คาร์โรทีนอยด์ขึ้นเองได้ แต่จะเปลี่ยนแปลงจากคาร์โรทีนอยด์ในอาหารที่กินเข้าไป คาร์โรทีนอยด์เหล่านี้จะสะสมอยู่ในร่างกายทำให้เกิดสีขึ้นในส่วนต่างๆของร่างกายคาร์โรทีนอยด์จะปรากฏในสัตว์เกือบทุกชนิดตั้งแต่ชั้นต่ำจนถึงสัตว์ชั้นสูง (Fox ,1957 อ้างโดย วันเพ็ญ มีนกาญจน์และกาญจนา จิรพันธ์พิพัฒน์, 2547)

คาโรทีนอยด์สังเคราะห์

คาโรทีนอยด์สังเคราะห์ที่พบทั่วไปเช่น แคโรฟิล เยลโล (carophyll yellow) ที่สกัดได้จากหญ้าขน (alfalfa) และผลไม้บางชนิดที่มีรสเปรี้ยว ประกอบด้วย เอโปคาโรทิโนอิค เอสเทอร์ 10 เปอร์เซ็นต์ แคโรฟิลเรด (carophyll red) สกัดได้จากเห็ดชั้นเทอเรลลี่ (chanterelle) กุ้งและขนนก ปลามิงโก ประกอบด้วยเอโปคาโรทิโนอิค เอสเทอร์ 5 เปอร์เซ็นต์ และแคนทาแซนทิน 5 เปอร์เซ็นต์ และแคโรฟิลออเรนจ์ (carophyll orange) ประกอบด้วยแคนทาแซนทิน 10 เปอร์เซ็นต์ (ขรรค์ชัย คงอินทร์, 2524)

การสะสมคาร์โรทินอยด์ในปลา

คาร์โรทีนอยด์ที่พบในปลา ส่วนใหญ่จะละลายในไขมัน โดยคาร์โรทีนอยด์เป็นสารที่ให้สีเหลือง ส้ม หรือสีแดง อวัยวะที่พบคาร์โรทีนอยด์ได้แก่ ไข่ อวัยวะสืบพันธุ์ ตับและผิวหนัง (Goodwin, 1951) ปลามีการสะสมแซนโทรฟิลด์ มากกว่า คาร์โรทีน หรือไฮโดรคาร์บอนตัวอื่น ๆ ซึ่งมักพบในรูปของ taraxthin, lutein และ astaxanthin (Steven, 1948 ; Goodwin, 1951 ; Fox, 1957) จากการตรวจเนื้อเยื่อและผิวหนังของปลา พบว่า มีส่วนประกอบของ beta carotene และ xanthophyll รวมอยู่ด้วย (Steven, 1948 ; Goodwin, 1951)

Bauernfeind (1981) รายงานว่า ปลาในกลุ่ม Salmonid ได้แก่ *Salmon fario* และ *S. umbla* ที่ได้รับอาหารพวก ampepod จะมีการสะสมคาร์โรทีนอยด์ ที่ผิวหนังและทำให้เกิดจุดสีแดงที่บริเวณครีบ แต่ถ้าให้อาหารเป็นพวกหนอน annelid ปรากฏว่าไม่ทำให้เกิดสีขึ้นมา Macwalter และ Drummond รายงานว่าปริมาณคาร์โรทีนอยด์ในรังไข่ของปลา brown trout และปลา rainbow truot จะจางหายไปในช่วงการเจริญของคัพภะ ในขณะเดียวกันวิตามินเอก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

การศึกษาการสะสมของคาร์โรทีนอยด์ ในปลา 5 ชนิด ได้แก่ *Fundulus parvipinnis, Girella nigricans, Gillichthys mirabilis, Cymatogaster aggregatus* และ *Hypsypops rubicunda* พบว่า ปลาเหล่านี้มีการสะสมแซนโทรฟิลด์ ในรูปของเอสเทอร์ โดยจะสะสมในส่วนของผิวหนัง เกล็ด ครีบ และกระดูกส่วนหน้า เมื่อถึงฤดูกาลสืบพันธุ์และวางไข่ คาร์โรทีนอยด์จะเคลื่อนไปสะสมที่อวัยวะสืบพันธุ์ (Sumner และ Fox, 1933 ; Fox, 1936 ; Young และ Fox, 1936)

การวัดค่าสี

การมองเห็นสี สามารถกระทำได้โดยการใช้สายตามนุษย์ ภายใต้การสั่งการของสมอง แล้วมีการตัดสินใจ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล ดังนั้น ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เป็นที่เข้าใจในระดับสากล และมีการยอมรับกันโดยทั่วไป จึงมีการวัดค่าของสีออกมาเป็นตัวเลข เรียกว่า objective ดังจะกล่าวต่อไป (เอกสารการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง ปฏิบัติการการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอาหาร, 2542)

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการมองเห็นสี

โดยทั่วไปเราสามารถมองเห็นสี ก็ต่อเมื่อมีปัจจัย 3 อย่างคือ แหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสี และสายตาของมนุษย์ โดยแสงสว่างที่ส่องกระทบวัตถุมีสีจะสะท้อนเข้าตา และไปกระตุ้นให้เกิดการทำงานของเซลบนเรตินา ซึ่งประกอบด้วย rods ที่มีความไวต่อแสง แต่ไม่ก่อให้เกิดสีสัน และ cones ที่มีความไวต่อแม่สี 3 สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน และส่งสัญญาณ ไปยังสมองเพื่อแปลหรือวิเคราะห์สีนั่นเอง ปัจจัยที่มีผลต่อการมองเห็นสี ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสี และผู้สังเกตการณ์

แหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ คือ แสงแดด ซึ่งเมื่อแสงแดดส่องมายังโลก เราจะเห็นเป็นแสงสีขาว เมื่อแยกผ่านปริซึม จะแยกออกเป็นแถบแสงที่มองเห็นได้ต่าง ๆ กัน โดยมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 400-700 นาโนเมตร ซึ่งแต่ละความยาวคลื่น จะมีสีแตกต่างกันดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเกิดสีในแต่ละความยาวคลื่นแสง

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	การเกิดสี
400-430	ม่วง
430-460	น้ำเงิน
460-500	เขียวแกมน้ำเงิน
500-530	เขียว
530-570	เขียวแกมเหลือง
570-590	เหลือง
590-620	ส้ม
620-700	แดง

ระบบการวัดสี

โดยทั่วไปมนุษย์จะระบุลักษณะสีของวัตถุที่มองเห็นเป็น 3 ลักษณะ คือ Hue, Value และ Chroma

Hue หมายถึง สีที่ปรากฏให้เห็น เช่น สีแดง เขียว และน้ำเงิน เป็นต้น

Value (lightness) หมายถึง ความสว่างของสี โดยดูจากการสะท้อนแสงที่ต่างกันไป

Chroma (saturation) หมายถึง ความสดใส ความเข้ม หรือความบริสุทธิ์ของสี

อย่างไรก็ตามพบว่า การระบุลักษณะสีของวัตถุชิ้นเดียวกันที่มนุษย์มองเห็นนั้น จะมีความหลากหลาย ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ เพศ อายุ อารมณ์ และสิ่งแวดล้อม ในการมองเป็นต้น ซึ่งทำให้ไม่สามารถสื่อความหมายของสีให้เข้าใจได้ตรงกัน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาการจัดลำดับสีหรือการวัดค่าสี ให้สามารถสื่อความหมายให้เข้าใจได้ตรงกัน ในระดับสากล โดยระบบการวัดสีเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ได้แก่

1.ระบบ Munsell เป็นระบบที่ใช้พื้นฐานของการมองเห็นสีที่ง่าย โดยอาศัยคุณสมบัติการมองเห็นสี 3 ประการ คือ Hue, Value และ Chroma โดยการใช้แผ่นกระดาษสีที่ถูกจัดเรียงตาม hue ต่าง ๆ ของแถบสเปคตรัม ไปตามเส้นรอบวง 10 สี คือ สีแดง (R) สีแดงออกเหลือง (YR)สีเหลือง (Y) สีเหลืองออกเขียว (GY) สีเขียว (G) สีเขียวออกน้ำเงิน (BG) สีน้ำเงิน (B) สีน้ำเงินออกม่วง (PB) สีม่วง (P) และสีม่วงออกแดง (RP) แผ่นกระดาษสีกลุ่มที่มี hue เดียวกัน จะถูกจัดเรียงในแนวดิ่งตามลักษณะของสีที่มี value แตกต่างกัน จากสีที่มีความสว่างต่ำสุด จนถึงสูงสุด แผ่นกระดาษสีกลุ่มที่มี hue และ value เดียวกัน จะถูกจัดเรียงในแนวนอน ตามลักษณะของสีที่มี chroma แตกต่างกันจากสีที่มีความสดน้อยที่สุดจนถึงมากที่สุด

ระบบ munsell ระบุสีของวัตถุโดยใช้ตัวเลขและตัวอักษรในลักษณะ hue-value และ chroma โดย hue เดียวกัน จะมีค่าตั้งแต่ 1-10 และกำหนดให้เลข 5 เป็นจุดศูนย์กลาง สำหรับ hue ที่สำคัญ คือ R, YR, Y, GY, G, BG, B, PR, P, RP โดยถ้าตัวเลขนำหน้า R (red) มากกว่า 5 สีจะไปทาง YR คือ Yellow-red และถ้าตัวเลขนำหน้า R น้อยกว่า 5 สีจะไปทาง RP (red-purple) สำหรับ value จะมีค่าตั้งแต่ 0-10 ตัวเลขต่ำบอกถึงสีคล้ำ (dark) และจะต่ำลงไปจนถึงดำ (0/) ตัวเลขสูงบอกถึงสีอ่อน (lighter) ขึ้นไปจนถึงขาว (10/) สีที่มี value เหมือนกันจะมีการสะท้อนแสงเหมือนกัน ส่วน chroma จะมีค่าตั้งแต่ 0-12 หรือ 0-14 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าแต่ละสีจะสดที่สุดได้เท่าใด ณ ค่า value คงที่หนึ่ง ๆ

2.ระบบ CIE เป็นระบบที่ได้พัฒนาขึ้นมาในปี ค.ศ.1931 เมื่อ Commission Internationalede I'Eclairage (CIE) ได้เห็นความจำเป็นที่จะต้องมีระบบการวัดสีในรูปของ objective ที่ไม่ต้องอาศัยประสบการณ์หรือความคิดของมนุษย์ในการวัดสี โดยวัดสีออกมาเป็นตัวเลข ซึ่งมีข้อดีหลายประการคือ

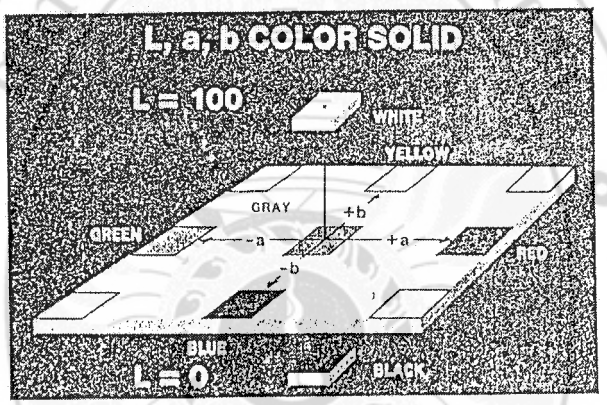
เป็นระบบที่ไม่ขึ้นกับการมองเห็นของแต่ละบุคคล ทำให้ลดปัญหาการขัดแย้งลงได้

เป็นระบบการวัดสีออกมาเป็นตัวเลข ดังนั้นแม้ชิ้นตัวอย่างจะซีดลง ตามกาลเวลา แต่ตัวเลขที่มีอยู่ก็ทำให้ทราบว่าสีเดิมเป็นอย่างไร

เป็นระบบที่สามารถนำไปคำนวณและทำนายสูตรสีผสมได้ด้วย

ระบบ CIE มีแนวคิดว่า เนื่องจากปัจจัยในการมองเห็นสีของมนุษย์ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสี และสายตามนุษย์ ดังนั้นถ้าสามารถวัดปัจจัยทั้ง 3 อย่างออกมาเป็นตัวเลขได้แล้ว ก็สามารถวัดสีออกมาเป็นตัวเลขได้

ปัจจุบันนิยมใช้สมการในการระบุสีที่เป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางคือ การวัดค่าสีในรูปแบบของ L, a, b space (CIELAB, 1976 อ้างโดย เอกสารการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง ปฏิบัติการการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอาหาร, 2542) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงค่าสี L, a, b space

ที่มา : เอกสารการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง ปฏิบัติการการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอาหาร, 2542 หน้า 35)

โดย L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง

L = 0 = perfect black sample

L = 100 = perfect white sample

a* ใช้กำหนดค่าสีแดง หรือสีเขียว

a เป็น + วัตถุมีสีออกแดง

a เป็น – วัตถุมีสีออกเขียว

b* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

b เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง

b เป็น – วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

ในการใช้เครื่องมือในการวัดสี ย่อมให้ผลเป็นที่น่าเชื่อถือมากกว่าสายตามนุษย์ เนื่องจากสายตามนุษย์ ยังมีจุดอ่อนหลายประการคือ

1.ตามนุษย์แต่ละคนจะมีความสามารถในการมองเห็นสีได้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ การฝึกฝนของแต่ละคน ดังนั้นการบอกความแตกต่างของสี ตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐานจึงอาจมีความขัดแย้งด้านความคิดได้

2.ตามนุษย์แต่ละคนจะบอกความแตกต่างของสี ณ จุดต่าง ๆ บน chromaticity diagram ได้ไม่เท่ากัน

3.ตามนุษย์จะปรับตัวให้เข้ากับสีที่ใกล้เคียงกันได้ง่ายมาก

4.ความสามารถในการมองสีขึ้นกับแสงที่ส่องผิวหน้า และขึ้นกับมุมที่สายตามองผิวหน้าของวัตถุมีสี

5.ตามนุษย์ไม่สามารถบันทึกค่าหรือบอกค่าที่แน่นอนว่า สีของตัวอย่างจะซีดไปมากน้อยเพียงใด เมื่อเวลาผ่านไป และสีเดิมเป็นอย่างไร

ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนัก

ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนัก (Length – Weight Relationship) ของปลาแต่ละชนิดจะเป็นลักษณะเฉพาะตัวไม่ซ้ำแบบกัน ถ้าเราสามารถเก็บข้อมูลของน้ำหนักปลาที่มีความยาวแตกต่างกันไปหลาย ๆ ขนาด แล้วนำมาหาค่า ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่มีหน่วยเป็นกรัม ความยาวเป็นมิลลิเมตร หรือเซ็นติเมตร แล้วแต่กรณี โดยแทนค่าในสมการ Length – Weight Relationship ดังนี้

$$W = a L^{b}$$

หรือ $\text{Log } W = \text{Log } a + b \text{ Log } L$

เมื่อ W คือ น้ำหนักปลามีหน่วยเป็นกรัม

L คือ ความยาว มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

a คือ Y intercept (ระยะจากแกน x ไปยังจุดตัดกันของเส้นกราฟกับแกน y)

b คือ Regression coefficitnt (สัมประสิทธิการถดถอย, slope ของกราฟ)

การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนัก มีขั้นตอน ดังนี้

1. เก็บตัวอย่างปลามาวัดค่าความยาว (L) (เซ็นติเมตรหรือมิลลิเมตร) และชั่งน้ำหนัก (W) (กรัม) บันทึกน้ำหนักและความยาวไว้

2. คำนวณค่า Log L และ Log W บันทึกลงบนตาราง

3. นำค่า Log L และ Log W มา plot เป็นกราฟ บนแกน x และ แกน y

4. จากเส้นกราฟ ในข้อ 3 สามารถหาค่า a และ b ได้ จากความหมายในสมการ

5. แทนค่า a และ b ที่ได้จากกราฟ ลงในสมการ

$W = a L^{b}$ หรือ $\text{Log } W = \text{Log } a + b \text{ Log } L$

ได้มีผู้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ และรายงานผลไว้ ดังนี้ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างความยาว และน้ำหนักของสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ

ชนิดของสัตว์น้ำ	สมการความสัมพันธ์	อ้างอิง
ปลาม้าเพศเมีย	$W = 0.01482 L^{2.924767}$	กิจจา และคณะ (2534)
ปลาม้าเพศผู้	$W = 0.036086935 L^{2.663461}$	กิจจา และคณะ (2534)
ปลากะตัก(อ่าวไทยฝั่งตะวันออก)	$W = 0.000007089 L^{2.9329}$	Tiews et. Al (1970)
ปลากะตัก(อ่าวไทยตอนใน)	$W = 0.000002064 L^{3.2414}$	Tiews et. Al (1970)
ปลาโอดำ	$W = 0.000021 L^{2.979}$	หิรัญ (2524)
ปลาโอลาย	$W = 0.000015 L^{3.0223}$	หิรัญ (2524)
ปลาโอแกลบ	$W = 0.000020 L^{2.988}$	หิรัญ (2524)
ปลาโอดำ	$W = 0.0195 L^{2.9824}$	Chiampreecha (1977)
ปลาโอลาย	$W = 0.0289 L^{2.8437}$	Chiampreecha (1977)
ปลาโอแกลบ	$W = 0.0049 L^{3.3651}$	Chiampreecha (1977)
ปลาปากคมจุดเพศผู้	$W = 5.4644 \times 10^{-3} L^{3.103}$	สุนิสาและคณะ (2534)
ปลาปากคมจุดเพศเมีย	$W = 5.5949 \times 10^{-3} L^{3.0711}$	สุนิสาและคณะ (2534)
ปลาบึก	$W = 0.047695 L^{1.95414}$	สนิทและเสน่ห์ (2513)
หมึกหอมเพศผู้	$W = 0.00133468 L^{2.36361699}$	ทิวา (2522)
หมึกหอมเพศเมีย	$W = 0.00113633 L^{2.4048191}$	ทิวา (2522)

ที่มา (นฤมล ติ้วพานิช, 2534)

นฤมล อัศวเกศมณี, 2546 ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของปลาออสการ์ (*Astronotus ocellatus*) ที่มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย ประมาณ 8.50 กรัม/ตัว ความยาว 7.80 เซ็นติเมตร/ตัว โดยให้อาหารสูตรควบคุม อาหารสูตรควบคุมเสริมกุ้งฝอย อาหารสูตรควบคุมเสริมปลาหางนกยูง และอาหารสูตรควบคุมเสริมปลาสอด เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ให้ผลสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนัก ดังนี้

ปลาออสการ์ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม $W=0.0001L^{2.700}$

ปลาออสการ์ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมเสริมกุ้งฝอย $W=0.000114L^{2.639}$

ปลาออสการ์ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมเสริมปลาหางนกยูง $W=0.00038L^{2.391}$

ปลาออสการ์ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมเสริมปลาสอด $W=0.000316L^{2.392}$

ดัชนีความอ้วนท้วนของปลา

ค่าดัชนีความอ้วนท้วนของปลา (Condition Factor, K) เป็นตัวเลขที่แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำหนักปลาที่ศึกษา ว่าหนักกี่กรัม ต่อหน่วยความยาว 1 มิลลิเมตร หรือ เซ็นติเมตร แล้วแต่กรณี ค่าดัชนีความอ้วนท้วนของปลานี้จะใช้เป็นตัววัดสภาพร่างกายหรือเงื่อนไขของปลาในขณะนั้นว่าอ้วนหรือผอมหรือพอดี โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า ปลาที่สมบูรณ์ดีนั้น ควรมีน้ำหนักดีกว่า ถ้าความยาวเท่ากัน

วิธีการหาค่าดัชนีความอ้วนท้วนของปลา

1. นำปลาที่ต้องการศึกษา มาวัดความยาว (L) และชั้งน้ำหนัก (W) บันทึกผลไว้
2. คำนวณหาค่า K โดยใช้สมการ

$$K = \frac{W\ 10^5}{L^3} \qquad \text{หรือ} \qquad K = \frac{100.W}{L^3}$$

โดยที่ W คือ น้ำหนัก มีหน่วยเป็นกรัมหรือมิลลิกรัม

L คือ ความยาวทั้งหมด มีหน่วยเป็นเซ็นติเมตรหรือมิลลิเมตร

ค่า K มีประโยชน์ต่อนักชีววิทยาในหลาย ๆ ด้าน ข้อมูลที่ได้นำเสนอ นับว่ามีประโยชน์อย่างมาก เนื่องจากค่า K น่าจะเป็นตัวแทนน้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละสายพันธุ์

นฤมล อัศวเกศมณี, 2546 ได้ศึกษาดัชนีความอ้วนท้วนของปลาออสการ์ (*Astronotus ocellatus*) ที่มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย ประมาณ 8.50 กรัม/ตัว ความยาว 7.80 เซ็นติเมตร/ตัว โดยให้อาหารสูตรควบคุม อาหารสูตรควบคุมเสริมกุ้งฝอย อาหารสูตรควบคุมเสริมปลาหางนกยูง และอาหารสูตรควบคุมเสริมปลาสอด เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ให้ผลดัชนีความอ้วนท้วน ดังนี้คือ 1.9668, 2.3418, 2.3643 และ 2.1182 ตามลำดับ

การใช้คาร์โรทีนอยด์สำหรับเร่งสีสัตว์น้ำ

ในการใช้คาร์โรทีนอยด์สำหรับเร่งสีสัตว์น้ำ เป็นวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการปรับปรุงการเพาะเลี้ยงปลาโดยเฉพาะในวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสวยงาม นอกจากนี้สัตว์น้ำที่นิยมบริโภคก็ยังต้องการสัตว์น้ำที่มีสีสวยงามเช่นกัน การใช้คาร์โรทีนอยด์เพื่อทำการเร่งสีของสัตว์ให้เข้มขึ้น ก็จะทำให้ได้ราคาที่สูงขึ้น การจะเลือกใช้คาร์โรทีนอยด์ชนิดใดจะต้องพิจารณาถึงชนิดของสัตว์น้ำด้วย ทั้งนี้เพราะสัตว์น้ำต่างชนิดกันจะมีความสามารถในการเปลี่ยนและสะสมคาร์โรทีนอยด์ได้ต่างกัน

มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ (2537) ศึกษาผลของการเสริม canthaxanthin และ astaxanthin ระดับต่าง ๆ ในอาหารแล้วศึกษาสีของกุ้งกุลาดำ เมื่อทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่า canthaxanthin และ astaxanthin ช่วยปรับปรุงสีกุ้งกุลาดำ และช่วยให้กุ้งสีฟ้าลดจำนวนลง โดย astaxanthin มีประสิทธิภาพสูงกว่า canthaxanthin ประมาณ 2.8 เท่า และมีการสะสมในเนื้อเยื่อเป็นส่วนใหญ่ การเสริมรงควัตถุทั้ง 2 ชนิด ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร ยังพบว่าถ้าเสริม astaxanthin 50 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เลี้ยงกุ้งเพียง 4 สัปดาห์ ก็เพียงพอที่จะช่วยทำให้กุ้งมีสีตามที่ตลาดต้องการ

Boonyaratpalin (1975) ทดลองใช้กลีบดอกดาวเรืองและสารที่ให้สีสกัดจากเมล็ด annatto ผสมลงในอาหารเพื่อเป็นแหล่งของ carotenoid โดยทดลองกับปลา 3 ชนิด คือปลาเทวดา (*Pterophyllum scalare* Lichtenstein) ปลาออสการ์ (*Astronotus ocellatus* Cuvier) และปลาเสือสุมาตรา (*Barbus tetrazone* Bleeker) พบว่า ปลาเสือสุมาตราที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของกลีบดอกดาวเรือง แถบสีแดงบนลำตัว ครีบหลัง ครีบก้น และครีบหาง จะมีสีแดงเข้มและสดอย่างเห็นได้ชัด ชัดเจนกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของสารสีที่สกัดจากเมล็ด annatto และอาหารที่ไม่ได้ใส่สารเร่งสี

มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ (2528) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสี การเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ และอัตรารอดในปลานิลแดง ด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร คือ อาหารสูตรควบคุม ที่เสริมรงควัตถุต่าง ๆ คือ สาหร่ายสไปรูไลน่า ดอกดาวเรืองพันธุ์ทอร์ดอร์ หัวและเปลือกกุ้งสด และขมิ้นในอัตรา 10, 5, 15 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมผสมสาหร่ายสไปรูไลน่า กลีบดอกดาวเรือง หัวและเปลือกกุ้งสด และขมิ้น มีผลทำให้ปลาทดลองมีลวดลายบนหัวและครีบเป็นสีแดงส้ม แดงเลือดนก ตามลำดับ สำหรับปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมผสมกลีบดอกดาวเรือง พบว่า สีบริเวณเหนือปาก โคนครีบ มีสีเหลือง ส่วนปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ จะมีสีชมพูอ่อน ๆ สำหรับผลของการเสริมรงควัตถุต่าง ๆ ดังกล่าว ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการรอดตายแต่อย่างใด แต่การใช้อาหารสูตรควบคุมผสมกับสาหร่ายสไปรูไลน่าและกลีบดอกดาวเรือง ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และการใช้อาหารสูตรควบคุมผสมกับหัวและเปลือกกุ้งสด มีผลในการเร่งการเจริญเติบโต ในขณะที่ขมิ้นมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโต และทำให้อัตราการแลกเนื้อสูง

วุฒิพร พรหมขุนทอง (2527) ศึกษาผลของรงควัตถุคาโรทินอยด์ที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนสีของปลาแฟนซีคาร์พ *Cyprinus carpio* Linn. โดยใช้ สาหร่ายสไปรูไลน่า กุ้งป่นแคโรฟิลเรด หอยแมลงภู่ กลีบดอกดาวเรืองพันธุ์ทอริดอร์ กลีบดอกดาวเรืองพันธุ์โซเวอร์เรียน และฟักทอง เป็นแหล่งของรงควัตถุคาโรทินอยด์ พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูไลน่า 10 เปอร์เซ็นต์ มีสีเข้มที่สุด ปลาที่ได้รับอาหารเสริมกลีบดอกดาวเรืองแห้งพันธุ์ทอริดอร์ 1 เปอร์เซ็นต์ และกลีบดอกดาวเรืองแห้งพันธุ์โซเวอร์เรียน 1 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลรองลงมา ส่วนอาหารเสริมคาโร

ทินอยด์จากแหล่งอื่น ๆ ได้แก่ หอยแมลงภู่ แคโรฟิลเรด กุ้งป่น ฟักทอง และอาหารสูตรควบคุม ให้ผลต่อความเข้มของสีปลาน้อยมาก และรงควัตถุต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาแฟนซีคาร์พ จากนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงระดับที่เหมาะสมในการให้สีปลาแฟนซีคาร์พ โดยใช้สาหร่ายสไปรูไลน่า กลีบดอกดาวเรืองแห้งพันธุ์ทอริดอร์ และกลีบดอกดาวเรืองแห้งพันธุ์โซเวอร์เรียน แหล่งละ 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ผสมลงในอาหารสูตรควบคุม พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูไลน่า ที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มของสีมากกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ ส่วนปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ มีความเข้มของสีแตกต่างจากปลาที่ได้รับอาหารในสูตรควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลองก็ได้เลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พ ด้วยอาหารสูตรควบคุมในทุกชุดการทดลอง พบว่า ความเข้มของสีปลาทุกชุดการทดลองลดลง จนในที่สุดความเข้มของสีปลาที่ได้รับอาหารเสริมรงควัตถุคาโรทินอยด์จากแหล่งต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมเพียงอย่างเดียว

บานชื่น ชลสวัสดิ์ (2532) ศึกษาการใช้สาหร่ายสไปรูไลน่าสด (*Spirulina* sp.) เพื่อเลี้ยงปลาตะเพียนขาว และปลาดุกอุย โดยศึกษาที่ระดับ 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง สีเนื้อของปลาดุกอุยจะเข้มขึ้น โดยถ้าใช้สาหร่ายสไปรูไลน่าสดผสมลงไปในอาหารปริมาณตั้งแต่ 5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ความเข้มของสีเนื้อปลาจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสาหร่ายสไปรูไลน่าที่ใช้ และระยะเวลาที่เลี้ยง

Saito and Regier (1971) อ้างโดย วุฒิพร พรหมขุนทอง (2527) ทดลองให้อาหารที่มีส่วนผสมของเปลือกกุ้ง 20 เปอร์เซ็นต์ และเปลือกปู 30 เปอร์เซ็นต์ แก่ปลาบรุคเทราท์ เปรียบเทียบกับอาหารที่มีส่วนผสมของแคนตาแซนทินบริสุทธิ์ 0.004 เปอร์เซ็นต์ โดยเลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารผสมแคนตาแซนทินบริสุทธิ์ มีการสะสมของคาโรทินอยด์ที่เนื้อและผิวหนังมากที่สุด แต่ปลาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเปลือกกุ้งและเปลือกปู ให้สีเป็นที่ต้องการของตลาดมากที่สุด Bauernfeind (1981) รายงานว่า ส่วนของหัวและเปลือกแข็งของกุ้ง จัดว่าเป็นแหล่งของ คาโรทินอยด์ที่ดี แต่ต้องระวังในเรื่องของอุณหภูมิ แสงสว่างและออกซิเจน ในระหว่างขบวนการผลิต ได้มีการศึกษาเรื่องนี้ พบว่า หากนำส่วนของกุ้งมาทำแห้งโดยใช้วิธีผ่านสุญญากาศแล้วนำมาผสมลงในอาหาร เลี้ยงปลา จะทำให้สีและรสชาติของปลานั้นดีขึ้น แต่ถ้าทำให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิสูงจะให้ในการเร่งสีปลาไม่ได้ จากการวิเคราะห์พบว่า กุ้งที่ผ่านการทำแห้งแบบสุญญากาศจะมีปริมาณแอสตาแซนทินมากกว่าถึง 3 เท่าของกุ้งที่ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยใช้ความร้อน

พิชญา ชัยนาค และคณะ (2544) ได้ศึกษาผลของ แอสตร้าแซนทิน (astaxanthin) ที่มีต่อสีของปลากะพงแดง ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐาน และที่เสริม แอสตร้าแซนทิน ที่ระดับ 50, 100 และ 150 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองที่เสริมแอสตร้าแซนทิน ที่ระดับ 150 และ 100 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ที่บริเวณครีบและลำตัวมีสีแดงเข้ม มากกว่าปลาที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองในสูตรอื่น ๆ โดยค่าเฉลี่ยสี

ลำตัวปลาที่กินอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐานเสริมด้วยแอสตร้าแซนทินที่ระดับ 150 และ 100 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P> 0.05$) และมีค่าเฉลี่ยสีลำตัวสูงกว่าปลาที่กินอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐานที่เสริมแอสตร้าแซนทิน ที่ระดับ 50 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) และค่าเฉลี่ยสีลำตัวของปลาที่กินอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐานที่เสริมแอสตร้าแซนทิน ที่ระดับ 150, 100 และ 50 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สูงกว่าปลาที่กินอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) มีค่า เท่ากับ 25.67 ± 0.42, 25.33 ± 0.3, 23.80 ± 2.20 และ 221.93 ± 0.12 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการเสริมแอสตร้าแซนทิน ในอาหารเม็ดทดลองสำหรับเลี้ยงปลากะพงแดง ทำให้น้ำหนักเฉลี่ย อัตรารอด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P> 0.05$) ในปลากะพงแดงที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐานและที่เสริมแอสตร้าแซนทิน ที่ระดับ 50, 100 และ 150 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 362.55 – 411.01 กรัม อัตรารอดอยู่ในช่วง 96.67 – 100 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่าอยู่ในช่วง 1.05 – 1.16 จึงสรุปได้ว่า อาหารเม็ดที่เสริมแอสตร้าแซนทินที่ระดับ 150 และ 100 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะทำให้บริเวณครีบและลำตัวมีสีแดงเข้มที่สุด และอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐานที่เสริมแอสตร้าแซนทิน ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโต อัตรารอด และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

กัลยา ยงพฤกษา (2529) ทดลองอนุบาลลูกปลากะพงขาว *L. calcarifer* (Bloch) ด้วยอาหารผสม โดยอนุบาลลูกปลากะพงขาวขนาดความยาวเฉลี่ย 2.88 เซ็นติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.59 กรัม ด้วยเนื้อปลาสด เนื้อปลาสดผสมสไปรูไลน่าผง 20 เปอร์เซ็นต์ เนื้อปลาสดผสมไข่น้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อปลาสดผสมกากถั่วเหลืองป่น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 84 วัน ปรากฏผลว่า ลูกปลาที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาสดผสมสไปรูไลน่า และเนื้อปลาสดผสมไข่น้ำมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าอาหารชนิดอื่น โดยมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 8.26 และ 8.83 ตามลำดับ และมีอัตราการรอดตายเท่ากันคือ 86.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าอาหารชนิดอื่น

ปิยะพงศ์ โชติพันธุ์ (2527) ทดลองเลี้ยงลูกปลากะพงขาว (*Lates calcarifer* (Bloch)) ปลาขนาด 2.5-3.0 เซ็นติเมตร ในบ่อคอนกรีตด้วยเนื้อปลาบดผสมด้วยสไปรูไลน่าด้วยอัตราส่วน 0, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ นาน 60 วัน พบว่า อาหารเนื้อปลาสดที่ผสมด้วยสไปรูไลน่าผงที่ระดับ 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ผลการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ปลามีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 5.50 : 1 สำหรับอาหารเนื้อปลาสดมีอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 9.45 : 1 นอกจากนี้ อาหารเนื้อปลาสดผสมสาหร่ายยังทำให้ลูกปลามีอัตรารอดตายสูงกว่า

วิพัฒน์ ถาวโรฤทธิ์ (2523) ทดลองใช้สไปรูไลน่าผง และ *Oscillatoria* sp. ผงเป็นส่วนประกอบของอาหารผสม สำหรับเลี้ยงลูกปลาไนอายุ 5 วัน เป็นเวลานาน 8 สัปดาห์ ผลจาก

การทดลองแสดงแนวโน้มให้เห็นว่า การใช้สไปรูไลน่าเป็นส่วนผสมของอาหารทำให้ลูกปลาไนเจริญเติบโตดีที่สุด

Matsuno และคณะ (1986) พบว่าการทดลองใช้ลูทีน (lutein) โรโดแซนธิน (rhodoxanthin) และสไปรูไลน่า เร่งสีปลานิลแดง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ สีผิวหนังปลานิลแดงในกลุ่มควบคุม ลูทีน โรโดแซนธิน และสไปรูไลน่า มีสีชมพู ส้มชมพู และส้มแดง ตามลำดับ

Mori และคณะ (1987) รายงานว่าในแหล่งน้ำธรรมชาติผิวหนังปลาจะมีสีเหลืองส้ม แต่ในบ่อเลี้ยงสีผิวหนังเป็นสีน้ำเงินอ่อนทำให้ปลาที่เลี้ยงมีราคาต่ำ ดังนั้นจึงได้ทดลองใช้ *S. maxima* ผสมลงในอาหารปลา 3-6 เปอร์เซ็นต์ และทดลองเลี้ยงนาน 10 สัปดาห์ พบว่าทำให้สีของปลาที่เลี้ยงมีสีเหมือนปลาในแหล่งน้ำธรรมชาติ

มะลิ บุณยรัตผลิน และคณะ (2537) ศึกษาผลการเสริมสารรงควัตถุ canthaxanthin และ astaxanthin ระดับต่าง ๆ ในอาหารต่อสีของกุ้งกุลาดำ คือ สูตรควบคุมจะเป็นสูตรที่ไม่เสริมสารรงควัตถุ สูตร 1 และ 2 เสริม canthaxanthin ที่ระดับ 50 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ส่วนสูตร 3, 4 และ 5 เสริม astaxanthin ที่ระดับ 25, 50 และ 75 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ เลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า canthaxanthin และ astaxanthin สามารถปรับสีกุ้งกุลาดำและช่วยให้กุ้งสีฟ้าลดจำนวนลง โดย astaxanthin มีประสิทธิภาพสูงกว่า canthaxanthin ประมาณ 2.8 เท่า และมีการสะสมในเนื้อเยื่อเป็นส่วนใหญ่ และพบว่าการเสริม astaxanthin 50 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ในอาหารสำหรับเลี้ยงกุ้งเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เพียงพอที่จะทำให้กุ้งมีสีตามที่ตลาดต้องการ

Bauernfeind (1981, อ้างถึง Tanaka และคณะ, 1974) รายงานถึงการใช้ carotenoid ที่สกัดจากข้าวโพด หญ้าขน และสาหร่ายสไปรูไลน่า นำไปผสมอาหารเพื่อเลี้ยงกุ้ง *Penaeus japonicus* พบว่าเกิดการสะสมของ astaxanthin ในตัวกุ้งเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัว

วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และกาญจนา จิรพันธ์พิพัฒน์ (2547) ทดลองการปรับปรุงคุณภาพปลารันชูโดยใช้รงควัตถุคาร์โรทีนอยด์จากสาหร่ายสไปรูไลน่า ผลจากการทดลองเลี้ยงลูกปลาทองสายพันธุ์รันชูด้วยอาหารผสมสาหร่ายไสรูไลน่าในปริมาณ 0,8,10,12,และ 14 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาความเข้มของสีปลา การเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และอัตราแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าปลารันชูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีสาหร่ายสไปรูไลน่าเป็นส่วนผสมจะมีสีเข้มกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่มีสาหร่ายเป็นส่วนผสม โดยปลาที่ได้รับอาหารที่มีสาหร่ายเป็นส่วนผสมในปริมาณ 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ จะมีความเข้มของสีมากที่สุด แต่อาหารทดลองที่มีปริมาณของสาหร่ายสไปรูไลน่าเป็นส่วนผสมในปริมาณที่แต่ต่างกันนี้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตอัตราการรอดตาย และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายสไปรูไลน่านอกจากจะเป็นแหล่งอาหารโปรตีนแล้วยังเป็นแหล่งรงควัตถุในการปรับปรุงสีของปลารันชูด้วย

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

มะลิ บุณยรัตผลิน และวุฒิพร พรหมขุนทอง (2529) ศึกษาผลของรงควัตถุคาร์โรทีนอยด์ที่ได้จากแหล่งต่างๆ ต่อการเปลี่ยนสีของปลาแฟนซีคาร์พ, *Cyprinus carpio* Linn. โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 เป็นการให้อาหาร 8 สูตร ซึ่งมีส่วนผสมของรงควัตถุจากแหล่งต่างๆได้แก่ สาหร่ายสไปรูไลน่า เปลือกกุ้งป่น แคโรฟิลล์เรด หอยแมลงภู่ กลีบดอกดาวเรืองแห้งพันธุ์ทอริดอร์ กลีบดอกดาวเรืองแห้งพันธุ์โซเวอร์เรียน และฟักทอง โดยผสมรงควัตถุเหล่านี้ลงในสูตรอาหารพื้นฐาน ระยะเวลาทดลอง 8 สัปดาห์ จากการทดลองพบว่าปลาที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูไลน่ามีสีเข้มที่สุด และพันธุ์โซเวอร์เรียนให้ผลรองลงมา ส่วนอาหารเสริมคาร์โรทีนอยด์จากแหล่งอื่นๆ ให้ผลความเข้มของสีปลาน้อยมากการทดลองที่ 2 เป็นการทดลองต่อเนื่องจากการทดลองที่ 1 คือเป็นการใช้รงควัตถุที่มีผลต่อการเร่งสีปลาแฟนซีคาร์พจาก 3 แหล่ง คือ สาหร่ายสไปรูไลน่า กลีบดอกดาวเรืองทั้ง 2 สายพันธุ์ แหล่งละ 3 ระดับ คือ 5 ,10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่า ปลาแฟนซีคาร์พที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูไลน่า 15 เปอร์เซ็นต์ให้สีเข้มที่สุด ส่วนปลาที่ได้รับอาหารเสริมคาร์โรทีนอยด์จากแหล่งอื่นๆ มีความเข้มของสีต่างกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐาน พบว่าความเข้มของสีปลาทุกชุดการทดลองลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งในสัปดาห์ที่ 12 ความเข้มของสีปลาทุกชุดการทดลองจนไม่แตกต่างกับความเข้มของสีปลาที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐาน

ปิยาลัย เหมทานนท์ และคณะ (2547) ศึกษาผลของการใช้สไปรูไลน่า (*Spirulina platensis*) ในการอนุบาลลูกกุ้งแชบ๊วย (*Penaeus marguiensis*) ระยะโพสท์ลาร์วา (พี 10-พี 20) โดยการใช้สไปรูไลน่า (*Spirulina platensis*) ผสมอาหารไข่ตุ๋นนมในอัตราส่วน 0, 0.5, 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ในการอนุบาลลูกกุ้งแชบ๊วย (*Penaeus marguiensis*) ระยะโพสท์ลาร์วา 10 เป็นเวลา 10 วัน พบว่าลูกกุ้งมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 3.94, 4.20, 4.36 มก. ความยาวเฉลี่ย 9.50, 9.28, 9.48 และ 9.34 มม. อัตรารอดตาย 85.55, 85.89, 83.11 และ71.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อทดสอบความต้านทานเชื้อ โดยแช่ในน้ำทะเลที่มีเชื้อ Vibrio harveyi 1 ล้านเซลล์ต่อมิลลิลิตร เป็นเวลา 96 ชั่วโมง พบว่าลูกกุ้งมีอัตรารอดตาย 47.00, 44.67, 63.00 และ 59.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อทดสอบการติดเชื้อในลูกกุ้งด้วยอาหาร BTB – teepol พบว่าปริมาณเชื้อกลุ่มวิบริโอ 2.96 x 100,000, 2.76 x 100,000, 1.07 x 100,000 และ 0.53 x 100,000 CFU/ กรัม ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ให้อาหารไข่ตุ๋นนมผสมสไปรูไลน่า 5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการติดเชื้อกลุ่มวิบริโอต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

พิสมัย สมสืบและยงยุทธ ทักษิณ (2548) ทดลองการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามด้วยอาหารที่มีการใช้สารเสริม 2 ชนิด ที่ความเข้มข้น 2 ระดับ โดยการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่มีการเสริมฮอร์โมน 17–a methyltestosterone เข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ใบหม่อนอบแห้ง 8 เปอร์เซ็นต์ และ 16 เปอร์เซ็นต์ และสาหร่ายสไปรูไลน่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ เสริมในอาหารเปรียบเทียบกับอาหารชุดควบคุมที่มีระดับโปรตีน 32 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันทุกสูตร เป็นเวลา 12

ก
639.31
น 916ก
162280
18 ต.ค. 2553

สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมใบหม่อน 16 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักเฉลี่ย และความยาวเฉลี่ย เมื่อสิ้นสุดการทดลองด้อยกว่าแตกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ ($P < 0.05$) ขณะที่ชุดควบคุมที่มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลองดีกว่าไม่แตกต่างจากที่มีการเสริมฮอร์โมน และสาหร่ายสไปรูไลน่าทั้ง 2 ระดับ และใบหม่อน 8 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) แต่พบว่าอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียมีค่าสูงสุดในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูไลน่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ และมีค่ากว่า 3 เท่าของกุ้งที่ได้รับอาหารชุดควบคุมและชุดที่เสริมใบหม่อนทั้ง 2 ระดับ และค่าอัตราส่วนของความยาวส่วนลำตัว (body length) มากกว่าความยาวส่วนหัว (carapace length) มีค่าสูงสุด และความยาวส่วนตัวเท่ากับความยาวส่วนหัวมีค่าต่ำสุดในชุดที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูไลน่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าค่าความยาวส่วนหัวมากกว่าความยาวส่วนลำตัวมีค่าสูงสุดในกุ้งชุดควบคุม และไม่พบในกุ้งชุดที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูไลน่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอัตราการกินอาหารและค่าอัตราการรอดของกุ้ง ทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และค่าประสิทธิภาพของโปรตีนของกุ้งที่ได้รับอาหารเสริมในหม่อน 16 เปอร์เซ็นต์ ด้อยกว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากค่าอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย เมื่อนำมาคำนวณผลต่างของเพศกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูไลน่า พบว่า ผลต่างมีค่าสูงสุด 333 เปอร์เซ็นต์ ในกุ้งที่ได้รับอาหารเสริมใบหม่อน 16 เปอร์เซ็นต์ ผลตอบแทนการเลี้ยงต่อไร่ สูงสุดในกุ้งที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูไรน่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ชนิดและความเข้มข้นของสารเสริมมีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนเพศกุ้งก้ามกราม และการเสริมสาหร่ายสไปรูไลน่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ได้เพศผู้สูงสุด

นพวรรณ ฉิ้มสังข์ และคณะ (2549) ศึกษาผลของหัวกุ้งป่นในอาหารต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและสีของปลานิลแดงแปลงเพศ ด้วยอาหารที่ใช้หัวกุ้งป่นเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่น โดยใช้อาหารทดลอง 5 สูตร ซึ่งแต่ละสูตรมีหัวกุ้งป่นที่ระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับอาหารสูตรที่ 6 ซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาดุก พบว่า ปลานิลแดงที่ได้รับอาหารที่มีหัวกุ้งป่นสูงสุด มีค่าการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำสุด แต่มีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมของผิวหนังปลาสูงที่สุด สามารถใช้หัวกุ้งป่นเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลานิลแปลงเพศได้ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยส่งผลต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและต้นทุนอาหารต่อการผลิตดีเทียบเท่ากับอาหารที่มีปลาป่นสูงสุดและอาหารสำเร็จรูปปลาดุก