

## บทที่ 2

### เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

#### ปลาดุกบีกอุย

ปลาดุกบีกอุย (*Clarias macrocephalus x Clarias gariepinus*) มีผู้นิยมเลี้ยงกันมากเนื่องจากเป็นที่นิยมบริโภค สามารถเลี้ยงได้ง่าย มีความทนทานต่อโรคสูง และมีอัตราการเจริญเติบโตดี ปลาดุกบีกอุย เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ ระหว่างแม่พันธุ์ปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus*) มาผสมกับพ่อพันธุ์ปลาดุกแอฟริกัน (*Clarias gariepinus*) ได้ลูกมีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น ปลาดุกสูกผสม ปลาดุกอุยเทศ หรือปลาดุกบีกอุย (อุทัยรัตน์ ณ นคร, 2537) ปลาดุกแอฟริกัน ที่เป็นพ่อพันธุ์อยู่ในตะกูลแอฟริกันแคชฟิช (African catfish) นอกจากจะใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ที่กล่าวแล้วข้างต้น ยังใช้ชื่อ *Clarias lazera*, *C. sengalensis* และ *C. Mossambicus* (Teugels, 1984) ชื่อสามัญว่า African sharptooth catfish ถินก้านดึงเดimotoyu ในประเทศไทยและกากลา สำหรับปลาดุกแอฟริกันพันธุ์แท้ที่นำเข้ามาเป็นพ่อพันธุ์ เพื่อผลิตปลาดุกสูกผสมในปัจจุบัน เป็นหนึ่งใน 32 สายพันธุ์ ซึ่งได้นำเข้ามาในประเทศไทยรายปี พ.ศ. 2529-2530 โดยเกษตรกรนำมาจากประเทศลาว ปลาดุกชนิดนี้เป็นปลาที่มีการเจริญเติบโตเร็วมาก มีขนาดใหญ่ เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่สามารถกินอาหารได้แบบทุกชนิด มีความต้านทานโรค และสภาพแวดล้อมสูง แต่ปลาดุกชนิดนี้ มีเนื้อเหลว และซีดขาว ไม่น่ารับประทาน (มานพ ตั้งตรงไฟโภจน์ และคณะ, 2533)

สำหรับปลาดุกอุยที่ใช้เป็นแม่พันธุ์ในการผลิตปลาดุกสูกผสม เป็นปลาพื้นบ้านของไทย มีชื่อสามัญว่า Walking catfish อาศัยอยู่ตามแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง ทั่วทุกภาคของประเทศไทย เจริญเติบโตได้เร็ว ปกติแล้วอาศัยอยู่ในน้ำจืดสนิทและพื้นดินเป็นโคลนตาม แต่สามารถทนทานอยู่ได้ในน้ำกร่อยเดือนน้อย หากอาหารตามหน้าเดือน มีหนวดที่รับความร้อนสักได้ มีนิสัยว่องไว กินอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ (วิทย์ ราชานุกิจและคณะ, 2525) เมื่อนำปลาดุกสองสายพันธุ์นี้มาผสมเทียนข้ามพันธุ์กัน จึงทำให้เกิดปลาดุกสูกผสมพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะเหมาะสมสำหรับเลี้ยงเป็นการค้า กรมประมงเรียก ปลาดุกเทศ หรือปลาดุกสูกผสม แต่เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงและประชาชนทั่วไปนิยมเรียกว่า บีกอุย (วิเศษ อัครวิทยาภูล, 2536) การเลี้ยงปลาดุกบีกอุยมักนิยมเลี้ยงในบ่อคินและมักเกิดกลิ่นโคลนทำให้เป็นอุปสรรคต่อการบริโภค

## តីកនះខែងប្រាក់កុងឯក

ปลาดุกบีกอุย ได้รับรวมลักษณะที่ดีเด่นของพ่อแม่พันธุ์มาไว้ในตัวเดียวกัน กล่าวคือ ลักษณะภายนอก และนิสัยการกินอาหารคล้ายกับปลาดุกอุยมาก มีผิวค่อนข้างเหลือง โดยเฉพาะ ลำตัวและหาง จะเห็นลายจุดประสีขาวของปลาดุกอุยชัดเจน แต่เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ จุดนี้จะ หายไป ส่วนลักษณะรูปร่างและลำตัวคล้ายกับปลาดุกแอฟริกัน เนื่องจากทั้งสองสายพันธุ์ เป็น หยัก 3 หยัก หัวมีขนาดใหญ่ และคอหางมีจุดประสีขาวเรียงตามขวางในระยะที่ปลายเดือย บางครั้ง ไม่อาจแยกได้ว่าเป็นปลาดุกบีกอุยหรือปลาดุกแอฟริกันพันธุ์แท้ ดังนั้นการที่จะดูให้รู้แน่ชัด จะต้อง ดูจากลักษณะหัวปลาและลายขวางที่คอหาง เมื่อปลาอายุ 3 สปดาห์ขึ้นไป ส่วนลักษณะการ เจริญเติบโตของปลาดุกบีกอุยใกล้เคียงกับปลาดุกแอฟริกันที่นำมาเป็นพ่อพันธุ์มาก เนื่องจากมีการ เจริญเติบโตที่รวดเร็ว ในช่วงระยะเวลาการเลี้ยงส่องเดือนครึ่ง มีน้ำหนักประมาณตัวละ 200 กรัม (ขนาด 5 ตัว ต่อ 1 กิโลกรัม) ซึ่งเป็นขนาดที่ตลาดต้องการ สำหรับลักษณะเนื้อของปลาดุกบีกอุย มี ลักษณะคล้ายกับปลาดุกอุยมาก กล่าวคือ มีเนื้อสีเหลือง ลักษณะนุ่มนวลไม่แห้ง มีรสชาติดี (วิศัย อัครวิทยาล, 2536)

ข้อแตกต่างระหว่างปลาดุกอุยกับปลาดุกบีกอุย

ปลาคูกอุยและปลาคูกนึกอุย จัดเป็นประเภทแคทฟิช (Catfish) และอยู่ในวงศ์ปลาเรือส (Clarias) เช่นเดียวกัน รูปร่างลักษณะของลำตัวคล้ายคลึงกันมาก คือ ไม่มีเกล็ด มีหนวด 4 คู่ ครีบหลัง ครีบท้องและครีบหางแยกออกจากกัน แต่ปลา 2 พันธุ์ มีลักษณะที่แตกต่างกัน สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน ด้วยประการคือ

1. ปลาดุกอุยมีหัวขนาดเล็ก ค่อนข้างรี ไม่แนบกระโ Aleks ลี่นและมีรอยบุ้นตรงกลางเล็กน้อย ส่วนปลาดุกนึ่งก็อุยมีหัวขนาดใหญ่และแนบกระโ Aleks ลี่กหัวไว้เรียบ
  2. กระโ Aleks ท้ายทอยปลาดุกอุยมีลักษณะโถ้งมน ส่วนปลาดุกนึ่งก็อุย กระโ Aleks ท้ายทอยมีลักษณะเป็นหยักแหลม 3 หยัก และลึกเข้าไปหาลำตัวมากกว่า
  3. ใต้คางปลาดุกอุยมีสีคล้ำ ส่วนปลาดุกนึ่งก็อุย มีสีขาวเด่นชัด
  4. ปลาดุกอุยมีหนวด 4 คู่ และโคนหนวดมีขนาดเล็ก ส่วนปลาดุกนึ่งก็อุยมีหนวด 4 คู่ เช่นกัน แต่โคนหนวดมีขนาดใหญ่กว่าปลายหนวดมาก
  5. ปากปลาดุกอุย ค่อนข้างมนและกลม ส่วนปลาดุกนึ่งก็อุย มีลักษณะป้านและแนบ
  6. ครีบอ กปลาดุกอุยมีเงี่ยงแข็งเล็ก ๆ แหลมคม และเงี่ยงจะยื่นออกมากเกินหรือพอดีกับครีบ อ่อน ส่วนครีบอ กปลาดุกนึ่งก็อุย มีเงี่ยงขนาดใหญ่และสั้น อ่อน ไม่แหลมคมและส่วนของเงี่ยงนี้จะถูกครีบอ่อนหุ้ม ไปจนถึงปลายเงี่ยง
  7. ครีบหลังปลาดุกอุย ปลายครีบมีสีเทาปานดำ ส่วนปลาดุกนึ่งก็อุย จะมีสีแดงและมีแฉบสีขาวคาดตามริเวณคอดหาง

8. ปลาดุกอุยมีความยาวลำตัวเป็น 4 เท่า ของความยาวส่วนหัว ส่วนลำตัวปลาดุกบึกอุย มีความยาวเป็น 3 เท่า ของลำตัว

9. ลำตัวปลาดุกอุยมีสีดำ หรือน้ำตาลปนดำ ส่วนลำตัวปลาดุกบึกอุย มีสีเทาจนถึงสีเทาอมเหลือง

10. ปลาดุกอุยขณะยังเล็ก จะปรากฏจุดขาวเรียงขวางลำตัวเป็นแถบ ประมาณ 9-10 แถบ แต่เมื่อปลาโตขึ้น จุดเหล่านี้จะหายไป ส่วนปลาดุกบึกอุยขณะยังเล็ก ไม่มีจุด แต่เมื่อโตขึ้นจะปรากฏลายคล้ายหินอ่อนตามข้างลำตัว

11. พนังท้องปลาดุกอุย มีสีขาวถึงเหลือง เนพะะบริเวณอก ไปจนถึงครีบท้อง ส่วนปลาดุกบึกอุย มีสีขาวตลอดไปจนถึงโคนหาง

### สไปรูลิน่า

สไปรูลิน่า คือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จัดอยู่ใน Phylum Cyanophyta Class Cyanophyceae Family Oscillatoriaceae Genus Spirulina มีขนาดค่อนข้างใหญ่ประมาณ 100 เท่า ของสาหร่ายอื่นๆ ประกอบด้วยเซลล์หลาย ๆ เซลล์เรียงต่อ กันเป็นสายบิดเป็นเกลียวของลวดสปริง มีรูปร่างไม่แน่นอน แต่ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันสาหร่ายเกลียวทองชนิดเดียวกันอาจมีขนาดและรูปร่างหรือการบิดเป็นเกลียวแตกต่างกันหรือบางครั้งอาจจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นเส้นตรง ไม่มีก้านหรือเซลล์สืบพันธุ์ เกริญเดิบ โട โดยการแบ่งเซลล์ท่านั้น พบรูปแบบหลังน้ำต่าง ๆ ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อยหรือในทะเล

สไปรูลิน่า หรือสาหร่ายเกลียวทอง คือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดหนึ่งที่เป็นแพลงก์ตอนที่มีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าแทบไม่เห็น ชีวิตประกอบด้วยเซลล์ที่มาต่อ กันเป็นเส้นเกลียวหรือเส้นตรง สืบพันธุ์โดยหักเป็นท่อนแล้ว芽ต่อไป พบรูปแบบหลังน้ำเจตร้อนรวมทั้งประเทศไทย เนื่องจากสไปรูลิน่าเป็นสาหร่ายขนาดเล็กที่ผนังเซลล์ไม่มีเซลลูโลสจึงกินง่าย ย่อยง่าย ดูดซึมเร็วและการน้ำดี ประกอบกับสไปรูลิน่ามีคุณค่าทางโภชนาการหลากหลายมาก มีโปรตีนคิด คุณค่าด้วยไวตามิน และเกลือแร่หลายชนิด มีสารเร่งสีสำหรับสัตว์ และมีสารต้านเชื้อโรค โดยเฉพาะไวรัส จึงเหมาะสมที่จะนำมาเพาะเลี้ยงเพื่อเป็นอาหารของคนและสัตว์

สาหร่ายสไปรูลิน่ามีโปรตีนสูงถึง 71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าโปรตีนในไข่และเนื้อวัวถึง 3 เท่าครึ่ง หากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโนก็พบว่าอยู่ในเกณฑ์สมดุล ทั้งใน量และปริมาณ และคุณภาพ คือประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) 8 ชนิด และกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (non essential amino acid) 10 ชนิด ปริมาณของวิตามิน และแร่ธาตุก็อยู่ในเกณฑ์สูง นอกจากนี้แล้วยังวิเคราะห์ได้ว่าสไปรูลิน่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ไฟโคไซดานิน (Phycocyanin) และคาร์โรทีนอยด์ (Carotenoid) ในปริมาณสูง โดยเฉพาะสาร์โรทีนอยด์จัดเป็นแหล่งของสารเร่งสีในสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเอง แต่ต้องได้รับจากอาหารที่กินเข้าไป

ปัจจุบันจึงมีการใช้สีปูร์โภณ่าแห่งผสมในอาหารเพื่อเร่งสีปลาให้เข้มขึ้น(วุฒิพิร พรมบุนทอง, 2527)

คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายสีปูร์โภณ่า จะแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมที่สาหร่ายเจริญอยู่ เช่น อุณหภูมิและสารอาหาร เป็นต้น (Venkataraman, 1983) สำหรับคุณค่าทางอาหารที่สำคัญในสาหร่ายสีปูร์โภณ่า มีดังนี้ คือ

1. รงควัตถุ (pigment) สาหร่ายสีปูร์โภณ่า ประกอบด้วยรงควัตถุหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์-a คาโรทินอยด์ และไฟโคบิลิน (phycobilin) ที่สำคัญคือ คาโรทินอยด์ ซึ่งประกอบด้วย แซนโซฟิลล์ (xanthophyll) และคาโรทีน (carotene) (กาญจนภานุ ลิ่วมโนมต์, 2527) เพราะเป็นสารที่ทำให้เกิดสีเหลือง ส้มและแดง ในผิวหนังและเนื้อปลา (Goodwin, 1984) ซึ่งปลาไม่สามารถสังเคราะห์คาโรทินอยด์ขึ้นมาได้ ต้องได้รับจากอาหารท่าม้น (Choubert, 1979; Bauernfeind, 1981)

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

Nakamura (1982) รายงานว่าสาหร่ายสีปูร์โภณ่า ประกอบด้วยแซนโซฟิลล์ 0.081 เปอร์เซ็นต์ คาโรทีน 0.0804 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Miki และคณะ (1986) รายงานว่าองค์ประกอบและปริมาณของคาโรทินอยด์ใน *S. maxima* แตกต่างกันไปตามอุณหภูมิที่ใช้ในการทำสาหร่ายแห้ง โดยพบว่าในการทำสาหร่ายแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะพบคาโรทินอยด์ทั้งหมด 6.48 มิลลิกรัม ต่อ 1 กรัมสาหร่ายแห้ง ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นซีแซนธิน 25 เปอร์เซ็นต์ มิกโซแซนโซฟิลล์ 13-17 เปอร์เซ็นต์ เบต้า-คาโรทีน 15 เปอร์เซ็นต์ เอ็ค-ไคนีโนน 11-13 เปอร์เซ็นต์ และ 3'-ไฮดรอกซีเอ็คไคนีโนน (3'-hydroxyechinenone) 7-11 เปอร์เซ็นต์ และการทำแห้งที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จะพบคาโรทินอยด์ทั้งหมด 0.06 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมสาหร่ายแห้ง โดยมีองค์ประกอบหลักเป็นซีแซนธิน และเบต้า-คริปโตแซนธิน (bata-cryptoxanthin)

2. โปรตีน สาหร่ายสีปูร์โภณ่า แห้งมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนอยู่ในช่วง 55-72 เปอร์เซ็นต์ (Hill, 1980) และจากการตรวจสอบประเสริฐ สีตะสิทธิ์ และคณะ (2525) พบว่า สาหร่ายสีปูร์โภณ่า ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นต่อปลาระบส่วนปริมาณต่อ 100 กรัมโปรตีน มีดังนี้คือ ไอโซเลวซีน (isoleucine) 4.13 กรัม ลิวซีน (leucine) 5.80 กรัม ไลซีน (lysine) 4.00 กรัม เมทไธโอนีน (methionine) 2.17 กรัม ฟีนิลอะลามีน (phenylalanine) 3.95 กรัม ทรีโโนนีน (threonine) 4.17 กรัม ทริบโตเฟน (tryptophan) 1.13 กรัม วาลีน (valine) 6.00 กรัม อะจิโนนีน (arginine) 5.98 กรัม

และ希สติดีน (histidine) 1.08 กรัม และ Nakamura (1982) รายงานว่า เปอร์เซ็นต์ของกรดอะมิโนจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมที่สาหร่ายสีปูรุ่ไนน่า เจริญชื่นมา เช่น เปอร์เซ็นต์ของกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (sulphur amino acid) ขึ้นกับค่าความเป็นกรด-ค่าง และปริมาณในโตรเจนในอาหาร

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

4.วิตามินและเกลือแร่ สาหร่ายสีปูรุ่ไนน่าแห้งประกอบด้วยวิตามินต่าง ๆ มีปริมาณต่อ กิโลกรัม ดังนี้คือ ไฮดรอกซี 27.8 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 33.4 มิลลิกรัม โคบาลามีน (cobalamin) 2.4 มิลลิกรัม และไบโอดิน 0.06 มิลลิกรัม และประกอบด้วยเกลือแร่ปริมาณต่อ 100 กรัม ดังนี้คือ แคลเซียม 0.75 กรัม พอสฟอรัส 1.42 กรัม โซเดียม 0.45 กรัม แมกนีเซียม 0.90 กรัม เหล็ก 0.12 กรัม และโพแทสเซียม 1.42 กรัม (Venkataraman, 1983)

สาหร่ายสีปูรุ่ไนน่า ประกอบด้วยโปรตีนสูง มีกลิ่นคาว เช่นเดียวกับโปรตีนจำพวกเนื้อสัตว์ อื่น ๆ เช่น ปลาป่น ที่เป็นวัตถุคิดที่สำคัญในส่วนผสมอาหารสัตว์ สำหรับการใช้สาหร่ายสีปูรุ่ไนน่าแห้งเป็นวัตถุคิดร่วมในการผลิตอาหารเดี่ยงสัตว์น้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีการเจริญเติบโตดี โดยให้มีในโตรเจนในร่างกายอยู่ในระดับใกล้เคียงกับโปรตีนที่มากจากวัตถุคิดอื่น ๆ เช่น ปลาป่น ถั่วเหลือง เป็นต้น และหากมีการเติม Methionine กับอาหารที่เตรียมจากสาหร่ายสีปูรุ่ไนน่า แล้วจะทำให้คุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น เช่น ในสัตว์น้ำจำพวกลูกกุ้งและปลาด้วยอ่อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ การเพิ่มสาหร่ายสีปูรุ่ไนน่า เป็นส่วนผสมในอาหารจะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตได้ดีนอกจากนี้สาหร่ายสีปูรุ่ไนน่า ยังช่วยในการปรับปรุงสี เช่น ในสัตว์ปีกจำพวกเป็ด และไก่ การเพิ่มสาหร่ายสีปูรุ่ไนน่า เป็นส่วนผสมในอาหารจะทำให้มีไข่ดกและไข่แดงมีสีแดงเข้ม น่ารับประทาน และสุดท้ายคือ ทำให้มีการเจริญทางเพศเร็วขึ้น สามารถพัฒนาตัวได้เร็วขึ้น (สุชาติ อิงธรรมจิตร, 2529) นอกจากนี้สาหร่ายสีปูรุ่ไนน่า ในรูปแบบแข็งและผง มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการอนุบาลลูกปลาด้วยอ่อน เนื่องจากมีขนาดเล็กและลูกปลาสามารถย่อยได้ง่าย (Nakamura, 1982)

## เปลือกหุ้ง

เปลือกหุ้ง คือ เศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม มีทั้งส่วนที่เป็นหุ้งตัวเด็ก ๆ เปลือกหุ้ง หัวหุ้ง หางหุ้ง และเศษเนื้อหุ้ง มีโปรตีนระหว่าง 24-53 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้เป็นแหล่งสารสีและแหล่งอาหารโปรตีนได้เช่นเดียวกับกาภู สามารถใช้ได้ในระดับสูงถึง 30-40 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร

เป็นผลผลิตพอลอยได้จากการทำหุ้งแห้ง หรือหุ้งแห้งแข็ง (หุ้งกระป่อง) ระดับโปรตีนในแกลงหุ้งจึงแตกต่างกันตามชนิดและขนาดของหุ้ง การใช้แกลงหุ้งในอาหารสุกร และสัตว์ปีกอาจมีปัญหาในเรื่องระดับแคลเซียม สัดส่วนของแคลเซียมต่อฟอสฟอรัส และปริมาณเกลือ แต่ในอาหารหุ้งนั้น แกลงหุ้งมีความจำเป็นต่อการกินอาหาร การลอกคราบและการเจริญเติบโต การเลือกใช้แกลงหุ้ง

นอกจากพิจารณาจากระดับโปรตีน (30-35 เปอร์เซ็นต์) แล้วยังต้องเลือกแกลบกุ้งที่แห้งสนิทมีความชื้นต่ำ แกลบกุ้งที่มีเกลือในระดับสูงมักมีความชื้นสูงด้วยทำให้กลิ่นไม่ดี และเก็บไว้ได้ไม่นาน เมื่อใช้เลี้ยงสัตว์ก็มักทำให้เกิดปัญหา กับสัตว์ด้วย (สุกัญญา จัตุพรพงษ์, 2539)

เปลือกกุ้งส่วนใหญ่มีโปรตีนในช่วง 30-50 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนคุณภาพต่ำมีเกลือสูง และมีชาตุแคลเซียมสูงเกินไป และมีชาตุฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ต่ำ ถ้าใช้ในปริมาณมากในสุกรอาจทำให้สุกรไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแคลเซียม และฟอสฟอรัสทำให้แสดงอาการขาดของแคลเซียม และฟอสฟอรัสมีอาการปีเรือน (Parakeratasis) ได้ ขณะนี้ไม่ควรใช้เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร (<http://www.e-learning.kasettrang.ac.th/unit 1 part 1 doc>)

### หอยแมลงภู่

หอยแมลงภู่ คือ หอยสองฝาชนิดหนึ่งที่อาศัยอยู่ในทะเลบริเวณป่าแม่น้ำที่มีพื้นเป็นโคลน หรือเกาะตามเสาไม้บริเวณป่าแม่น้ำ พบรากในแหล่งจังหวัด ชลบุรี สมุทรปราการ สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร

หอยแมลงภู่เป็นหอยสองฝาชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจค่อนข้างมากในประเทศไทย เนื่องจากนิยมใช้เป็นอาหารที่รับประทานได้ทั้งสดและแห้ง นอกจากนี้ยังเป็นสินค้าส่งออกประจำหนึ่งของประเทศไทย พบรากในปี พ.ศ. 2540 ประเทศไทยผลิตหอยแมลงภู่จากการเพาะเลี้ยง ถึง 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* พบรากที่ประเทศไทยนิวซีแลนด์ และ *Perna perna* พบรากที่ทะเลแดง บางส่วนของอินเดีย ชายฝั่งแอฟริกาใต้ บางส่วนของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ชายฝั่งอเมริกาใต้ ประเทศไทยบรรจุ บางส่วนของทะเลคาริบเบียน ในหลายประเทศหอยแมลงภู่จัดอยู่ในประเภทอาหารทะเลชนิด มีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยโปรตีน 18.3 เปอร์เซ็นต์ ไขโภชนาการ 2 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.45 เปอร์เซ็นต์ เกลือแร่ และวิตามินต่างๆ หลายชนิด นอกจากนี้หอยแมลงภู่ที่มีขนาดเล็กประมาณ 2-3 เซนติเมตร สามารถนำไปบดใช้เป็นอาหารสัตว์ปีก และเนื้อหอยต้มสามารถใช้เป็นอาหารเลี้ยงกุ้งได้ดีด้วย

### การเกิดสีในปลา

ปลาสามารถปรับสภาพของสีให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีน้ำอาศัยอยู่ได้ นอกจากนี้ปลาบางสายพันธุ์แสดงสีต่าง ๆ เมื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มีผลกระทบต่อสี การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ เกิดจากการทำงานของเซลล์ผิวน้ำที่มีเม็ดสีอยู่ภายในเซลล์ร่างสี ในปลา มีอยู่ 2 พวก คือ ไซร์โนโทฟอร์ (chromatophores) และเออริโอดิฟอร์ (iridophores) หรือเรียกว่า มิเรอร์เซลล์ (mirror cell) ภายในโคนมา

โตฟอร์ มีเซลลสร้างสี 3 ประเภท คือ อิริโโทรฟอร์ (erythrophores) ซึ่งให้สีแดงและสีส้ม แซนโทฟอร์ (xanthophores) ให้สีเหลืองและเมลาโนฟอร์ (melanophores) ให้สีดำ เออริโอดฟอร์ (iridophores) หรือเรียกว่า มิเรอร์เซล (mirror cell) ซึ่งเป็นเซลที่สะท้อนสีของวัตถุที่อยู่ภายนอกตัวปลา สารที่อยู่ในเออริโอดฟอร์ เป็นพากคริสตันไลน์ กวานิน (crystalline guanine) ซึ่งเป็นสารที่มีลักษณะโปร่งแสง มีสีขาวหรือสีเงิน (Lagler et al., 1962 อ้างโดย วุฒิพร พระมหาบุนทอง, 2527)

อมรรัตน์ เสริมวัฒนาภูล และบุษกร บำรุงธรรม (2543) และสืบติน สนธิรัตน์ (2527) รายงานว่า สีที่ปรากฏบนตัวปลา เกิดจากการทำงานของเซลล์ผิวนัง ซึ่งมีเม็ดสีอยู่ภายใน เม็ดสีในชั้นผิวนังปลา สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

- เม็ดสีเมลานิน (Melanin) เป็นเม็ดสีน้ำตาลหรือดำ ซึ่งเมลานิน มักเกาะอยู่กับโปรตีน ขบวนการสังเคราะห์เมلانิน จะเกิดใน melanocyte และ melanophore โดย tyrosine ถูก oxidise ด้วย อีนไซม์ tyrosinase เปลี่ยนเป็น 3,4 – dihydroxyphenylalanine หรือ dopa จากนั้น จึงเปลี่ยนเป็น dopa quinone และมีการรวมตัวกันทางเคมีทำให้เกิดเมลานินขึ้น

- เม็ดสีเทอริดีน (Pteridine) มีทั้งชนิดที่มีสีและไม่มีสี เป็นสารประกอบที่สามารถถลายน้ำได้ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือพากที่มีสี ได้แก่ drosopterin, isodrosopterin และ neodrosopterin ที่มีสีแดง ส่วน sepiapterin และ isosepiapterin มีสีเหลือง พากที่ไม่มีสีคือ luecoperin สามารถแบ่งเป็น 2 พากคือ blue และ violet fluorescent pteridine ที่มีสีเหลืองและสีแดงมักทำหน้าที่ทึ่งใน xanthophore และ iridophore และทำงานร่วมกับ pteridine ที่ไม่มีสี (Hama, 1963)

- เม็ดสีเพียรีน (Purine) เป็นเม็ดสีขาวหรือสีเงิน พบรากที่ผิวนังตัวปลา เพียรีนที่พบมากคือ กวานิน เม็ดสีเพียรีน อยู่ในสภาพที่เป็นผลึกขนาดเล็กเป็นเม็ดหรือเป็นแผ่นบาง ๆ เป็นเม็ดสีที่ให้สีขาวหรือสีเงินบนผิวนังบนตัวปลา ที่พบมาก คือ quanine โดยพบอยู่ในไซโตพลาสซึมของเซลล์ชนิด luecophore หรือ iridophore (Kawaguti และ Kamishima, 1966)

- เม็ดสีคาโรทินอยด์ (Carotenoids) เป็นเม็ดสีเหลือง ส้มและแดง พนในไซโตพลาสซึมของเซลล์ ปลาไม่สามารถสร้างคาโรทินอยด์ขึ้นมาได้ ต้องได้รับจากอาหาร โดยตรง และปลาสามารถเก็บเม็ดสีเหล่านี้ไว้ในตัวปลาหรือเปลี่ยนการ์โรทินอยด์ให้อยู่ในรูปอื่นได้ เม็ดสีการ์โรทินอยด์ เป็นสารประกอบไซโตรคราร์บอนที่ไม่อิ่มตัว ประกอบด้วยอะตอมของการรับอนต์อกันเป็นสายยาวที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองปลาย มีการรับอนอะตอมที่ต่อ กันเป็นวง โมเลกุลมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ไมครอน มีคุณสมบัติไม่ละลายในน้ำแต่ละลายในไขมัน พบทั้งในพืชและในสัตว์ ในพืชทำให้เกิด สีเหลือง ส้มและแดงที่ดูดโดยเม็ดสีเหล่านี้อยู่ใน plastid ภายในไซโตพลาสซึมของเซลล์ (Fox และ Vevers, 1960) ส่วนพืชใบอาจพบภายในคลอโรพลาสต์ของใบ แม้ที่มีสีเขียวแต่จะมองเห็นเมื่อคลอโรพลาสต์หายไป ส่วนในสัตว์น้ำพากปลาไม่สามารถสังเคราะห์ carotenoid ขึ้นมาเองได้ ดังนั้นต้องได้รับมาจากพืชหรือสัตว์ที่เป็นอาหาร โดยตรง และปลาสามารถเก็บเม็ดสีเหล่านี้เอาไว้ในตัวหรืออาจเปลี่ยนเป็นสารสีรูปอื่นได้ (Fox, 1957)

ในการเพาะเลี้ยงปลาสวยงาม สารคร์โรทินอยด์นับว่ามีบทบาทมาก เพราะเป็นตัวทำให้ปลา มีสีสันสวยงามขึ้น คือ ถ้าเซลล์ผิวนัง มีคร์โรทินอยด์มากเท่าไร ย่อมทำให้ปลา มีสีสันสดชื่น (วันเพ็ญ มีนาคม 2543) การทำงานของเซลล์ผิวนังซึ่งมีรังควัตถุภายในของปลาทำให้ปลาสามารถแสดงสีต่าง ๆ ออกมามเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าในระหว่างที่เกิดความตื่นเต้นหรือในขณะที่มีการเกี้ยวพาราสี นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนสีสันเพื่อปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่อาศัยได้ ซึ่ง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากเซลล์สร้างสีในตัวปลา

### สารโรทินอยด์

สารโรทินอยด์ (Carotenoid) เป็นสารสีที่พบทั่วไปทั้งในพืชและสัตว์ แต่สัตว์ไม่สามารถ สังเคราะห์สารโรทินอยด์ ขึ้นเองได้ ดังนั้นจะต้องได้รับจากพืชหรือสัตว์ที่เป็นอาหาร โดยตรง และสามารถเก็บเม็ดสีเอาไว้ในตัวของมัน หรืออาจเปลี่ยนเป็นรังควัตถุรูปอื่นได้ สารโรทินอยด์เป็น สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีอิมตัวประกอบด้วย อะตอมของคาร์บอนต่อ กันเป็นสายยาว สารโรทินอยด์ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในไขมัน (Fox, 1957; Fox and Vevers, 1960 วันเพ็ญ และกาญจนา, 2547)

Greenberg (1968) ได้แบ่งสารโรทินอยด์ ออกเป็น 2 พากใหญ่ ๆ ตามลักษณะโครงสร้าง ทางเคมี คือ carotene และ xanthophyll

1. carotene เป็นไฮโดรคาร์บอนซึ่งประกอบไปด้วยอะตอมของคาร์บอนกับไฮดรเจนเรียง ตัวกันเป็นสายยาวด้วย single bond สลับกับ double bond และที่ปลายข้างใดข้างหนึ่ง หรือทั้งสองปลาย จะมีอะตอมของคาร์บอนมาเกาะกันเป็นวงที่ เรียกว่า ionone ring ส่วนใหญ่จะมีสี ส้ม carotene ที่สำคัญและเป็นที่รู้จักกันมาก คือ beta carotene ที่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้

2. xanthophyll เกิดจากการกระบวนการออกซิเดชั่นของ carotene xanthophyll พบร้าไปใน ธรรมชาติในรูป ester อิสระ หรือ carotenoprotein xanthophyll ที่พบในสัตว์น้ำส่วนมากได้แก่ lutein, zeaxanthin, canthaxanthin และ astaxanthin

สัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์สารโรทินอยด์ ได้ด้วยตัวเอง จึงต้องรับสารโรทินอยด์ ในรูป ของอาหาร เมื่อผ่านกระบวนการย่อยแล้ว สารโรทินอยด์จะถูกดูดซึมผ่านผนังทางเดินอาหารร่วมกับ ไขมันอื่น ๆ ในรูปที่แตกต่างกันไป ขึ้นกับสภาพภัยในทางเดินอาหารของสัตว์แต่ละชนิด สารโรทินอยด์เหล่านี้จะสะสมอยู่ภายในร่างกายเป็นผลให้เกิดสีขึ้นในส่วนต่าง ๆ สารโรทินอยด์ pragaju อยู่ในสัตว์แทนทุกชนิด ตั้งแต่สัตว์ชั้นต่ำจนถึงสัตว์ชั้นสูง เช่น ในหมดไขมันของ Copepod และ Daphnia เพศผู้ (Fox, 1957) พองน้ำทะเล (Goodwin, 1951) สัตว์มีชีวิตพวงไประติสตา (Fox และ Vevers, 1960) พวงเอไอโโนเดอร์ม ซึ่งได้แก่ หอยแม่น ปลิงทะเลและปลาดาว หอยนางนิล พวงกุ้ง ปู (Bauernfeind, 1981) ส่วนในพวงแมลง พบร้าโรทินอยด์ ในแมลงต่างทอง (Fox และ Vevers, 1960) ในรังของไหม มีสารประกอบ lutein ซึ่งเป็นสารโรทินอยด์ ชนิดหนึ่งและสามารถสกัด

ออกมาได้ (Bauernfeind, 1981) นอกจากนี้ยังแยกかる์โรทินอยด์ ได้จากสารร่าสีเขียวโดยตรวจพบ beta carotene ในปริมาณมากที่สุด รองลงมา คือ epsilon-carotene (Nakayama, 1962) ส่วน xanthophyll ตรวจพบ lutein, neoxanthin, zeaxanthin และ violaxanthin (Bauernfeind, 1981)

かる์โรทินอยด์ ที่พบในปลาส่วนใหญ่จะละลายในไขมันทำให้เกิด สีเหลือง ส้ม หรือแดง ในส่วนของไข่ อวัยวะสีบพันธุ์ ตับและผิวหนัง (Goodwin, 1951) ปลา มีการสะสม xanthophyll มากกว่า carotene หรือไอโอดีคราร์บอนตัวอื่น ๆ ซึ่งมักพบในรูปของ taraxanthin, lutein และ astaxanthin (Steven, 1948 ; Goodwin, 1951 ; Fox, 1957) จากการตรวจเนื้อเยื่อและผิวหนังของปลา พบร่วมกับ carotene และ xanthophyll รวมอยู่ด้วย (Steven, 1948; Goodwin, 1951) Bellamy (1966) รายงานว่า สีเหลืองและสีส้มที่เกิดจากบริเวณครีบของปลากรอบอก (*Mugil cephalus*) ปลาซีกเดียว (*Solea vulgaris*) และปลาในกลุ่มปลากระรัง (*Serranus scriba*) เป็นสีที่เกิดจาก xanthophyll Latscha (1990) กล่าวว่า พากปลาคินพิช (herbivorous fish) เช่น ปลาตะคู carp สามารถออกซิไดซ์ปลาย 4,4' ของวงแหวนไอกโโนน ริงของ carotene ทำให้สามารถเปลี่ยน zeaxanthin และ lutein ให้อยู่ในรูปของ astaxanthin ส่วนพากปลาคินเนื้อ (carnivorous fish) เช่น ในครอบครัว salmonidae ไม่สามารถออกซิไดซ์วงแหวนไอกโโนนริง จึงสะสม carotene และ xanthophyll เช่น lutein, zeaxanthin และ canthaxanthin โดยไม่เปลี่ยนรูป

Bauernfeind (1981) รายงานว่า ปลาในกลุ่ม salmonid ได้แก่ *Salmon fario* และ *S. umbla* ที่ได้รับอาหารพาก ampepod จะมีการสะสมかる์โรทินอยด์ ที่ผิวหนังและทำให้เกิดสีแดงที่บริเวณครีบ แต่ถ้าให้อาหารเป็นพากหนอน annelid ปรากฏว่าไม่ทำให้เกิดสีขึ้นมา

Greenberg, 1968 อ้างถึง Schmidt-Nielsen และคณะ, 1932 รายงานถึงมีค่าสีที่พบในเนื้อปลา *Salmo salar* ในตับของปลา *Cyclopterus lumpus* และในน้ำมันสีแดงของปลาขาว ซึ่งปลาเหล่านี้ได้รับかる์โรทินอยด์ มาจากอาหารและเปลี่ยนไปเป็น astaxanthin

Katayama และคณะ (1972a, 1972b) สามารถแยกสารประกอบ lutein, beta-carotene, astaxanthin และ alfa-doradexanthin จากปลาทอง เมื่อพิจารณาจากสูตรโครงสร้างของ carotenoid ที่แยกได้ พบร่วมกับ astaxanthin ได้มาจาก การเปลี่ยนแปลงของ lutein และ alfa-doradexanthin โดยกระบวนการออกซิเดชันและไออกโซไฮดร็อกซ์ และต่อมามาได้ทดลองให้อาหารที่มี beta-carotene ซึ่งมีการรับนักมั่นตั้งรังสีกับปลา sea bream (*Chrysobryns major*) และ ปลา red sea bream (*Evvynnis japonica*) พบร่วมกับการสะสมของ astaxanthin ในปลาทั้งสองชนิดนี้

Steven (1948) ตรวจพบかる์โรทินอยด์ ในรูปของเอกสารที่ผิวหนังและครีบของปลา trout ที่จับได้จากธรรมชาติ พบร่วมกับ lutein และ astaxanthin

## ชนิดของสาร์โโรทีนอยด์

รงค์วัตถุของพากかる์โโรทีนอยด์ จัดเป็นพากเดทตราเทอร์พิน (Tetraterpenes) ซึ่งประกอบด้วยไอโซเรน (Isorene) 4 หน่วยมาต่อ กันเป็นสารประกอบไชโตรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว ที่ปลายข้างใดข้างหนึ่ง หรือทั้งสองข้างมีการบอนอะตอนต์กันเป็นวง (Ring structure) มีตั้งแต่ สีเหลือง สีส้ม และสีแดง

Grenberg ,1968 ถึงโดย วันเพ็ญ และกาญจนा(2547) ได้แบ่ง สาร์โโรทีนอยด์เป็น 4 พากใหญ่ๆ ตามโครงสร้างทางเคมีดังนี้

1. คาโรทีน (Carotene) โนเมเลกุลของคาโรทีนเป็นไชโตรเจนคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วย อะตอนของคาร์บอนเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะเดี่ยว (Single bond) สลับกับพันธะคู่ (Double bond) และปลายข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างจะมีอะตอนของคาร์บอนเกาะกันเป็นวง เรียกว่า ไอโอนริง (Ionone ring) คาโรทีนสามารถแบ่งย่อยได้เป็น แอลฟ้าคาโรทีน ( $\alpha$  - carotene) เบตาคาโรทีน ( $\beta$ - carotene) และแกรมมาคาโรทีน ( $\gamma$ - carotene) ทั้งสามแบบจะแตกต่างกันที่ ตำแหน่งของพันธะคู่

2. แซนโทฟิล (Xanthophyll) เกิดจากการเพิ่มออกซิเจนเข้าไปในโนเมเลกุลของ คาโรทีน แซนโทฟิลที่พบในป่าส่วนมาก ได้แก่ ทาราแซนทีน (Taraxanthin) ลูทีน (Lutein) ซีแซนทีน (Zeaxanthin) และแอสต้าแซนทีน (Astaxanthin) ส่วนในสัตว์เปลือกแข็ง (Crustacean) แซนโทฟิลที่พบมากที่สุด ได้แก่ แอสต้าแซนทีนซึ่งมีอยู่ในสัตว์เปลือกแข็งเกือบทุกชนิด แซนโทฟิลเป็นสาร์โโรทีนอยด์ที่มีบทบาทในการให้สีในสิ่งมีชีวิต จากการทดลองในไก่ พบว่า แซนโทฟิลพากไคไชโตรอกซี (Dihydroxy) และ ไดกีโต-คาร์โรทีนอยด์ (Diketo - carotenoid) สามารถให้สีไข่ไก่ได้ดีกว่า โนโนไชโตรอกซี – โนโนคีโตโพลีออกซี (Monohydroxy - monoketopolyoxy) และ อีพอกซี – คาร์โรทีนอยด์ (Epoxy - carotenoids)

## โครงสร้างของสาร์โโรทีนอยด์

สาร์โโรทีนอยด์ เป็นกลุ่มของรงค์วัตถุที่ให้สีเหลือง สีส้ม และสีแดง พบรูปในผิวน้ำ เปลือก หรือโครงสร้างแข็งภายในอกของสัตว์น้ำ และพบกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ เช่น ในแบคทีเรีย ยีสต์ รา พืชสีเขียว และสัตว์มีกล้ามเนื้อหลายชนิด ซึ่งในสัตว์ทะเลแต่ละชนิดมีปริมาณและชนิดของ สาร์โโรทีนอยด์ในปริมาณ ที่แตกต่างกัน (Simpson, 1982) เนื่องจากสาร์โโรทีนอยด์ เป็นสารประกอบไชโตรคาร์บอน กลุ่มอะลิฟาติกหรือกลุ่มอะลิฟาติก – อะลิไซคลิก ประกอบด้วยหมู่ไชโตรพีน 8 หมู่ ที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองปลายมีการบอนอะตอนที่ต่อ กันเป็นวง (ring structure) สาร์โโรทีนอยด์ไม่สามารถละลายได้ในน้ำแต่สามารถละลายได้ในไขมัน จึงเรียกสาร์โโรทีนอยด์ว่า ไลโปฟอร์

## แหล่งของการ์ตีนอยด์

การໂຮງໝາຍຄົມທີ່ມີອຸ່ນປັບປຸນມີທັງທີ່ໄດ້ຈາກສິ່ງມີชິວີຫຮຽມຫາຕີແລະຈາກການສັງເກະະທີ່  
ຊື່ແຕ່ລະໜີມີລັກນະດັງນີ້

1. كار์โรทินอยด์จากธรรมชาติ เป็นคาร์โรทินอยด์ที่พบได้ทั้งในพืชและสัตว์ทะเลหลายชนิด ได้มีการศึกษาแหล่งคาร์โรทินอยด์จากธรรมชาติตามกามาย เช่น ในหอยด้วยมันของโคเพปอด (Copepod) และเดพเนียเพคผู้ (Fox ,1957) ในรังไข่ของหอยเชลล์ (Seallop) ไซดราบานงชนิด ฟองน้ำทะเล และเอกไคนิดร์ม (Echinoderm) ได้แก่ หอยเม่น ปลิงทะเล และปลาดาว (Fox and Vevers , 1960) นอกจากนี้ยังได้จากสาหร่ายสีเขียว Nakayama (1962) รายงานว่าคาร์โรทินอยด์ที่ได้จากสาหร่ายจะตรวจพบ beta – carotene ในปริมาณมากที่สุด ได้มีการตรวจสอบรงควัตถุจากแพลงก์ตอนทะเล 20 ชนิด พบร่วมเป็นอัลลอเซนทิน (Alloxanthin) ลูทีน (Lutein) และเทอริดีน (Pteridene) (Riley and Segar, 1962) มีรายงานว่า กลีบดอกดาวเรืองจากเม็กซิโกเป็นแหล่งของแซนโทฟิลที่ดีคือมีคาร์โรทินอยด์สูงกว่าในหญ้าขันแห้งถึง 30 เท่า (Philip ,1970) และ Bauerfeind (1981) นำเสนอว่าในรังไหม (*Bombyx mori*) มีสารประกอบลูทีนซึ่งเป็นคาร์โรทินอยด์ชนิดหนึ่ง และเขายังพบว่า น้ำมันสีแดงจากปลาบางชนิดเป็นแหล่งของแอก塞ต้าแซนทิน ได้แก่ น้ำมันจากปลาคาพิลิน (Capilin) แมกเคอร์ล (Mackerel) และปลาคีด (Cod) นอกจากนี้น้ำมันที่สกัดจากหัวกุ้ง *Penaeus setiferus* ที่นำมาผสมอาหารเลี้ยงกุ้งก้ามgram (Macrobrachium resenbergii) จะทำให้เนื้อกุ้งมีปริมาณคาร์โรทินอยด์สูงกว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติ Choubert (1979) กล่าวว่า สาหร่ายสีปูรุ่นน่าเป็นแหล่งของรงควัตถุที่ดีในการใช้ร่างสีและพบว่าในสาหร่ายชนิดนี้จะมีคาร์โรทินอยด์เป็นองค์ประกอบในปริมาณ 1.7 มิลลิกรัมต่อสาหร่ายสีปูรุ่นน่าหนักแห้ง 1 กรัม

2. かるโรทีนอยด์สังเคราะห์ คือ สารสีซึ่งผ่านกระบวนการสกัดจากพืช และสัตว์เพื่อทำให้บริสุทธิ์ มีรายงานจากนักวิจัยบริษัท ROCHE อ้างโดย วุฒิพร พระมุนทอง (2527) ว่าเอโปคาโรทีโนอิกเอสเตอเร่ (Apocarotenoic ester) และแคนทาแซนทิน (Canthaxanthin) เป็นかるโรทีนอยด์ที่มีการสะสมอยู่ในไข่แดงในปริมาณมากกว่าสารตัวอื่นๆ และสารทั้งสองตัวนี้ยังให้สีเป็นที่น่าพอใจ จึงได้มีการสังเคราะห์รังควัตถุทั้ง 2 ชนิดนี้ขึ้น และตั้งชื่อทางการค้าว่าแครอฟิลล์ (Carophyll) บรรจุ คงอินทร์ (2524) อ้างโดย วุฒิพร พระมุนทอง (2527) ได้แบ่งかるโรทีนอยด์สังเคราะห์ออกเป็น 3 ชนิดคือ

2.1 แคโรฟิลล์ – เยลโล่ (Carophyll yellow) ประกอบด้วยเอปิกาโรทีอิก – เอสเทอร์ 10 เปอร์เซ็นต์ สารตัวนี้สกัดได้จากหญ้าบาน (Alfalfa) และผลไม้ชนิดที่มีรสเปรี้ยว (Citrus fruits)

2.2 แคโรฟิลล์ – เรด (Carophyll red) ประกอบด้วยเอปิกาโรทีอิก – เอสเทอร์ 5 เปอร์เซ็นต์ และ แคนทาแซนทีน 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสกัดได้จากเห็ดชันเทอเรลลี (Chanterelle) กุ้งและไข่นกฟلامิงโก

### 2.3 แคโรฟิลล์ – ออเรนจ์ (Carophyll orange) ประกอบด้วยแคน tha แซนทิน 10 เปอร์เซ็นต์

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

เนื่องจากปลาไม่สามารถสังเคราะห์การ์โรทินอยด์ขึ้นเองได้ แต่จะเปลี่ยนแปลงจาก การ์โรทินอยด์ในอาหารที่กินเข้าไป การ์โรทินอยด์เหล่านี้จะสะสมอยู่ในร่างกายทำให้เกิดสีขึ้นในส่วนต่างๆ ของร่างกายการ์โรทินอยด์จะปรากฏในสัตว์เกือบทุกชนิดตั้งแต่ชั้นต่ำจนถึงสัตว์ชั้นสูง (Fox ,1957 อ้างโดย วันเพ็ญ มีนาคมนี้และกาญจน์ จรพันธ์พิพัฒน์, 2547)

#### การ์โรทินอยด์สังเคราะห์

การ์โรทินอยด์สังเคราะห์ที่พบทั่วไป เช่น แคโรฟิล เยลโล (carophyll yellow) ที่สกัดได้จากหญ้าบาน (alfalfa) และผลไม้บางชนิดที่มีรสเปรี้ยว ประกอบด้วย เอโปคาโรทโนอิก เอสเทอร์ 10 เปอร์เซ็นต์ แคโรฟิลเรด (carophyll red) สกัดได้จากเห็ดชั้นเทพเรลลี (chanterelle) คุ้งและขนนก ปลายงอก ประกอบด้วยเอโปคาโรทโนอิก เอสเทอร์ 5 เปอร์เซ็นต์ และแคน tha แซนทิน 5 เปอร์เซ็นต์ และแคโรฟิลออเรนจ์ (carophyll orange) ประกอบด้วยแคน tha แซนทิน 10 เปอร์เซ็นต์ (บรรณซัย คงอินทร์, 2524)

#### การสะสมการ์โรทินอยด์ในปลา

การ์โรทินอยด์ที่พบในปลา ส่วนใหญ่จะละลายในไขมัน โดยการ์โรทินอยด์เป็นสารที่ให้สีเหลือง ส้ม หรือสีแดง อวัยวะที่พบการ์โรทินอยด์ได้แก่ ไข่ อวัยวะสืบพันธุ์ ตับและผิวนัง (Goodwin, 1951) ปลามีการสะสมแซน tha ฟิลล์ มากกว่า การ์โรทิน หรือไฮโดรคาร์บอนตัวอื่น ๆ ซึ่งมักพบในรูปของ taraxthin, lutein และ astaxanthin (Steven, 1948 ; Goodwin, 1951 ; Fox, 1957) จากการตรวจเนื้อเยื่อและผิวนังของปลา พบร้า มีส่วนประกอบของ beta carotene และ xanthophyll รวมอยู่ด้วย (Steven, 1948 ; Goodwin, 1951)

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

การศึกษาการสะสูมของcar “โรทินอยด์” ในปลา 5 ชนิด ได้แก่ *Fundulus parvipinnis*, *Girella nigricans*, *Gillichthys mirabilis*, *Cymatogaster aggregatus* และ *Hypsypops rubicunda* พบว่า ปลาเหล่านี้มีการสะสูมแซนโโทรฟิลต์ ในรูปของເອສທອຣ໌ โดยจะสะสูมในส่วนของพิวหนัง เกล็ด ครีบ และกระดูกส่วนหน้า เมื่อถึงฤดูกาลสีบพันธุ์แล้วว่างไป car “โรทินอยด์” จะเคลื่อนไป สะสูมที่อวัยวะสีบพันธุ์ (Sumner และ Fox, 1933 ; Fox, 1936 ; Young และ Fox, 1936)

### การวัดค่าสี

การมองเห็นสี สามารถกระทำได้โดยการใช้สายตาตามนูญย์ ภายใต้การสั่งการของสมอง แล้ว มีการตัดสินใจ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล ดังนั้น ในการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เป็นที่เข้าใจในระดับสากล และมีการยอมรับกันโดยทั่วไป จึงมีการวัดค่าของสีออกมานเป็น ตัวเลข เรียกว่า objective ดังจะกล่าวต่อไป (เอกสารการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง ปฏิบัติการการ ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอาหาร, 2542)

### ปัจจัยที่ทำให้เกิดการมองเห็นสี

โดยทั่วไปเราสามารถมองเห็นสี ก็ต่อเมื่อมีปัจจัย 3 อย่างคือ แหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสี และ สายตาของมนุษย์ โดยแสงสว่างที่ส่องกระทบวัตถุมีสีจะสะท้อนเข้าตา และไปกระตุ้นให้เกิดการทำางานของเซลล์นรภinia ซึ่งประกอบด้วย rods ที่มีความไวต่อแสง แต่ไม่ก่อให้เกิดสีสัน และ cones ที่มีความไวต่อแม่สี 3 สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน และส่งสัญญาณ ไปยังสมองเพื่อแปลหรือ วิเคราะห์สิ่นน่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการมองเห็นสี ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสี และผู้สังเกตการณ์

แหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ คือ แสงแดด ซึ่งเมื่อแสงแดดส่องมาบังโลก เราจะเห็นเป็น แสงสีขาว เมื่อแยกผ่านปริซึม จะแยกออกเป็นแถบแสงที่มองเห็นได้ต่าง ๆ กัน โดยมีความยาวคลื่น อยู่ระหว่าง 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

โดยทั่วไปมุขย์จะระบุลักษณะสีของวัตถุที่มองเห็นเป็น 3 ลักษณะ คือ Hue, Value และ Chroma

Hue หมายถึง สีที่ปรากฏให้เห็น เช่น สีแดง เกี้ยว และน้ำเงิน เป็นต้น

Value (lightness) หมายถึง ความสว่างของสี โดยดูจากการสะท้อนแสงที่ต่างกันไป

Chroma (saturation) หมายถึง ความสด ความเข้ม หรือความบริสุทธิ์ของสี

อย่างไรก็ตามพบว่า การระบุลักษณะสีของวัตถุชนิดเดียวกันที่มีนุ่ย์ของเห็นนั้น จะมีความหลากหลาย ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ เพศ อายุ อารมณ์ และสิ่งแวดล้อม ในการมองเป็นต้น ซึ่งทำให้ ไม่สามารถสื่อความหมายของสีให้เข้าใจได้ตรงกัน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาการจัดลำดับสีหรือการวัดค่าสี ให้สามารถสื่อความหมายให้เข้าใจได้ตรงกัน ในระดับสากล โดยระบบการวัดสีเป็นที่นิยม ใช้กันอย่างกว้างขวาง ได้แก่

1.ระบบ Munsell เป็นระบบที่ใช้พื้นฐานของการมองเห็นสีที่ง่าย โดยอาศัยคุณสมบัติการมองเห็นสี 3 ประการ คือ Hue, Value และ Chroma โดยการใช้แผ่นกระดาษสีที่ถูกจัดเรียงตาม hue ต่าง ๆ ของแบบสเปคตรัม ไปตามเส้นรอบวง 10 สี คือ สีแดง (R) สีแดงออกเหลือง (YR) สีเหลือง (Y) สีเหลืองออกเกี้ยว (GY) สีเขียว (G) สีเขียวออกน้ำเงิน (BG) สีน้ำเงิน (B) สีน้ำเงินออกม่วง (PB) สีม่วง (P) และสีม่วงออกแดง (RP) แผ่นกระดาษสีก่อมี hue เดียวกัน จะถูกจัดเรียงในแนวตั้ง ตามลักษณะของสีที่มี value แตกต่างกัน จากสีที่มีความสว่างคำสุด จนถึงสูงสุด แผ่นกระดาษสีก่อมี hue และ value เดียวกัน จะถูกจัดเรียงในแนวตั้ง ตามลักษณะของสีที่มี chroma แตกต่างกัน จากสีที่มีความสดน้อยที่สุดจนถึงมากที่สุด

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) มากราว 5 สีจะไปทาง YR คือ Yellow-red และถ้าตัวเลขนำหน้า R น้อยกว่า 5 สีจะไปทาง RP (red-purple) สำหรับ value จะมีค่าตั้งแต่ 0-10 ตัวเลขต่ำออกถึงสีคล้ำ (dark) และจะต่ำลงไปจนถึงคำ (0/) ตัวเลขสูงออกถึงสีอ่อน (lighter) ขึ้นไปจนถึงขาว (10/) สีที่มี value เมื่อนอกจะมีการสะท้อนแสงเหมือนกัน ส่วน chroma จะมีค่าตั้งแต่ 0-12 หรือ 0-14 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าแต่ละสีจะสดที่สุดได้เท่าใด ณ ค่า value คงที่ หนึ่ง ๆ

2.ระบบ CIE เป็นระบบที่ได้พัฒนาขึ้นมาในปี ค.ศ.1931 เมื่อ Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) ได้เห็นความจำเป็นที่จะต้องมีระบบการวัดสีในรูปของ objective ที่ไม่ต้องอาศัยประสบการณ์หรือความคิดของมนุษย์ในการวัดสี โดยวัดสีออกมาเป็นตัวเลข ซึ่งมีข้อดีหลายประการคือ

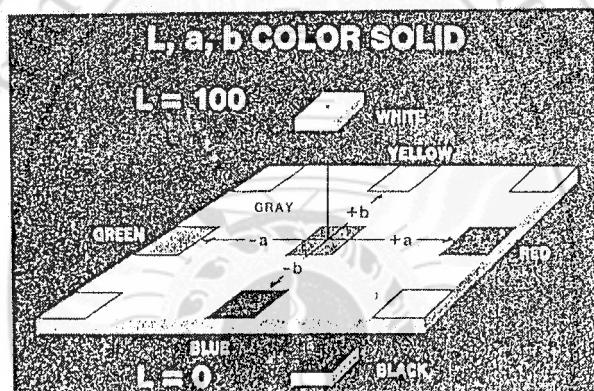
เป็นระบบที่ไม่ขึ้นกับการมองเห็นของแต่ละบุคคล ทำให้ลดปัญหาการจัดแบ่งลงได้

เป็นระบบการวัดสีอุอกมาเป็นตัวเลข ดังนั้นแม่ชีนตัวอย่างจะซีดลง ตามกาลเวลา แต่ตัวเลขที่มีอยู่ก็ทำให้ทราบว่าสีเดิมเป็นอย่างไร

เป็นระบบที่สามารถนำไปคำนวณและทำนายสูตรสีพสมได้ด้วย

ระบบ CIE มีแนวคิดว่า เนื่องจากปัจจัยในการมองเห็นสีของมนุษย์ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสง วัตถุมีสี และสายตามนุษย์ ดังนั้นถ้าสามารถวัดปัจจัยทั้ง 3 อย่างอุอกมาเป็นตัวเลข ได้แล้ว ก็สามารถวัดสีอุอกมาเป็นตัวเลขได้

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

$$L = 0 \quad = \text{perfect black sample}$$

$$L = 100 \quad = \text{perfect white sample}$$

$a^*$  ใช้กำหนดค่าสีแดง หรือสีเขียว

$a$  เป็น + วัตถุมีสีออกแดง

$a$  เป็น - วัตถุมีสีออกเขียว

$b^*$  ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

$b$  เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง

$b$  เป็น - วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

ในการใช้เครื่องมือในการวัดสี ย่อมให้ผลเป็นที่น่าเชื่อถือมากกว่าสายตามนุชย์ เนื่องจากสายตามนุชย์ ยังมีจุดอ่อนหลายประการคือ

1. ตามนุชย์แต่ละคนจะมีความสามารถในการมองเห็นสีได้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ การฝึกฝนของแต่ละคน ดังนั้นการบอกความแตกต่างของสี ตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐานซึ่งอาจมีความขัดแย้งด้านความคิดได้

2. ตามนุชย์แต่ละคนจะบอกความแตกต่างของสี ณ จุดต่าง ๆ บน chromaticity diagram ได้ไม่เท่ากัน

3. ตามนุชย์จะปรับตัวให้เข้ากับสีที่ใกล้เคียงกันได้จำกัด

4. ความสามารถในการมองสีขึ้นกับแสงที่ส่องผิวน้ำ และขึ้นกับมุมที่สายตามองผิวน้ำของวัตถุมีสี

5. ตามนุชย์ไม่สามารถบันทึกค่าหรือบอกค่าที่แน่นอนว่า สีของตัวอย่างจะซีดไปมากน้อยเพียงใด เมื่อเวลาผ่านไป และสีเดิมเป็นอย่างไร

### ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนัก

ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนัก (Length – Weight Relationship) ของปลาแต่ละชนิดจะเป็นลักษณะเฉพาะตัวไม่ซ้ำแบบกัน ถ้าเราสามารถเก็บข้อมูลของน้ำหนักปลาที่มีความยาวแตกต่างกัน ไปหลาย ๆ ขนาด และนำมาหาค่า ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่มีหน่วยเป็นกรัม ความยาวเป็นมิลลิเมตร หรือเซ็นติเมตร แล้วแต่กรณี โดยแทนค่าในสมการ Length – Weight Relationship ดังนี้

$$W = a L^b$$

หรือ  $\log W = \log a + b \log L$

เมื่อ  $W$  คือ น้ำหนักปลา มีหน่วยเป็นกรัม

$L$  คือ ความยาว มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

$a$  คือ Y intercept (ระยะจากแกน x ไปยังจุดตัดกันของเส้นกราฟกับแกน y)

$b$  คือ Regression coefficient (สัมประสิทธิ์การลด削, slope ของกราฟ)

การทำค่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนัก 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  $b$  ที่ได้จากการ plot ลงในสมการ

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

ได้มีผู้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ และรายงานผลไว้ดังนี้ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างความยาว และน้ำหนักของสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ

| ชนิดของสัตว์น้ำ                | สมการความสัมพันธ์                      | อ้างอิง              |
|--------------------------------|--|----------------------|
| ปลาแม่น้ำเมีย                  | $W = 0.01482 L^{2.924767}$             | กิจจา และคณะ (2534)  |
| ปลาแม่น้ำผู้                   | $W = 0.036086935 L^{2.663461}$         | กิจจา และคณะ (2534)  |
| ปลากระตัก(อ่าวไทยฝั่งตะวันออก) | $W = 0.000007089 L^{2.9329}$           | Tiews et. Al (1970)  |
| ปลากระตัก(อ่าวไทยตอนใน)        | $W = 0.000002064 L^{3.2414}$           | Tiews et. Al (1970)  |
| ปลาโอดำ                        | $W = 0.000021 L^{2.979}$               | พิรัญ (2524)         |
| ปลาโอลาย                       | $W = 0.000015 L^{3.0223}$              | พิรัญ (2524)         |
| ปลาโอเกลบ                      | $W = 0.000020 L^{2.988}$               | พิรัญ (2524)         |
| ปลาโอดำ                        | $W = 0.0195 L^{2.9824}$                | Chiampreecha (1977)  |
| ปลาโอลาย                       | $W = 0.0289 L^{2.8437}$                | Chiampreecha (1977)  |
| ปลาโอเกลบ                      | $W = 0.0049 L^{3.3651}$                | Chiampreecha (1977)  |
| ปลาปากคมจุดเพชรผู้             | $W = 5.4644 \times 10^{-3} L^{3.103}$  | สุนิสาและคณะ (2534)  |
| ปลาปากคมจุดเพชรเมีย            | $W = 5.5949 \times 10^{-3} L^{3.0711}$ | สุนิสาและคณะ (2534)  |
| ปลาบึก                         | $W = 0.047695 L^{1.95414}$             | สนิทและเสน่ห์ (2513) |
| หมึกห้อมเพชรผู้                | $W = 0.00133468 L^{2.36361699}$        | ทิวา (2522)          |
| หมึกห้อมเพชรเมีย               | $W = 0.00113633 L^{2.4048191}$         | ทิวา (2522)          |

ที่มา (นกุณล ตีวพานิช, 2534)

นกุณล อัศวากษณ์, 2546 ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของปลาอสการ์ (*Astronotus ocellatus*) ที่มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย ประมาณ 8.50 กรัม/ตัว ความยาว 7.80 เซ็นติเมตร/ตัว โดยให้อาหารสูตรควบคุม อาหารสูตรควบคุมเสริมกุ้งฟอย อาหารสูตรควบคุมเสริมปลาทางนกழง และอาหารสูตรควบคุมเสริมปลาสอด เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ให้ผลสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนัก ดังนี้

|   |                       |
|---|-----------------------|
| ปลาอสการ์ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม                 | $W=0.0001L^{2.700}$   |
| ปลาอสการ์ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมเสริมกุ้งฟอย     | $W=0.000114L^{2.639}$ |
| ปลาอสการ์ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมเสริมปลาทางนกยูง | $W=0.00038L^{2.391}$  |
| ปลาอสการ์ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมเสริมปลาสอด      | $W=0.000316L^{2.392}$ |

### ดัชนีความอ้วนทั่วของปลา

ค่าดัชนีความอ้วนทั่วของปลา (Condition Factor, K) เป็นตัวเลขที่แสดงค่าเฉลี่ยของน้ำหนักปลาที่ศึกษา ว่าหนักกี่กรัม ต่อหน่วยความยาว 1 มิลลิเมตร หรือ เซ็นติเมตร แล้วแต่กรณี ค่าดัชนีความอ้วนทั่วของปลา呢จะใช้เป็นตัววัดสภาพร่างกายหรือเงื่อนไขของปลาในขณะนี้ว่าอ้วนหรือผอมหรือพอดี โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า ปลาที่สมบูรณ์ดีนั้น ควรมีน้ำหนักดีกว่า ถ้าความยาวเท่ากัน

วิธีการหาค่าดัชนีความอ้วนทั่วของปลา

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

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

โดยที่ W คือ น้ำหนัก มีหน่วยเป็นกรัมหรือมิลลิกรัม

L คือ ความยาวทั้งหมด มีหน่วยเป็นเซ็นติเมตรหรือมิลลิเมตร

ค่า K มีประโยชน์ต่อนักชีววิทยาในหลาย ๆ ด้าน ข้อมูลที่ได้นำเสนอ นับว่ามีประโยชน์อย่างมาก เมื่อจากค่า K น่าจะเป็นตัวแทนน้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละสายพันธุ์

นฤมล อัศวเกศมนณี, 2546 "ไดศึกษาดัชนีความอ้วนทั่วของปลาอสการ์ (*Astronotus ocellatus*) ที่มีขนาดน้ำหนักเฉลี่ย ประมาณ 8.50 กรัม/ตัว ความยาว 7.80 เซ็นติเมตร/ตัว โดยให้อาหารสูตรควบคุม อาหารสูตรควบคุมเสริมกุ้งฟอย อาหารสูตรควบคุมเสริมปลาทางนกยูง และอาหารสูตรควบคุมเสริมปลาสอด เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ให้ผลดัชนีความอ้วนทั่ว ดังนี้คือ 1.9668, 2.3418, 2.3643 และ 2.1182 ตามลำดับ"

### การใช้คาร์โรทินอยด์สำหรับเร่งสีสัตว์น้ำ

ในการใช้คาร์โรทินอยด์สำหรับเร่งสีสัตว์น้ำ เป็นวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการปรับปรุงการเพาะเลี้ยงปลา โดยเฉพาะในวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสวยงาม นอกจากนี้สัตว์น้ำที่นิยมบริโภคก็ยังต้องการสัตว์น้ำที่มีสีสวยงาม เช่น กุ้ง การใช้คาร์โรทินอยด์เพื่อทำการเร่งสีของสัตว์ให้เข้มขึ้น อาจจะให้ได้ราคาที่สูงขึ้น การจะเลือกใช้คาร์โรทินอยด์ชนิดใดจะต้องพิจารณาถึงชนิดของสัตว์น้ำด้วย ทั้งนี้ เพราะสัตว์น้ำต่างชนิดกันจะมีความสามารถในการเปลี่ยนและสะสมสาร์โรทินอยด์ได้ต่างกัน

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

Boonyaratpalin (1975) ทดลองใช้กลีบดอกดาวเรืองและสารที่ให้สีสักดจากเมล็ด annatto ผสมลงในอาหารเพื่อเป็นแหล่งของ carotenoid โดยทดลองกับปลา 3 ชนิด คือปลาเทวดา (*Pterophyllum scalare* Lichtenstein) ปลาอสการ์ (*Astronotus ocellatus* Cuvier) และปลาเสือสูมาตรา (*Barbus tetrazone* Bleeker) พบว่า ปลาเสือสูมาตราที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของกลีบดอกดาวเรือง แอบสีแดงบนลำตัว ครีบหลัง ครีบก้น และครีบหาง จะมีสีแดงเข้มและสดอย่างเห็นได้ชัด ชัดเจนกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของสารสีที่สักดจากเมล็ด annatto และอาหารที่ไม่ได้ใส่สารเร่งสี

มะลิ บุณยรัตพลิน และคณะ (2528) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสี การเจริญเติบโต อัตราการแตกเนื้อ และอัตราการดูดในปานิลแดง ด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร คือ อาหารสูตรควบคุม ที่เสริมรังควัตถุต่าง ๆ คือ สาหร่ายสีปูรุ่ไนน่า ดอกดาวเรืองพันธุ์ทอร์ดอร์ หัวและเปลือกกุ้งสด และขมิ้นในอัตรา 10, 5, 15 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมผสมสาหร่ายสีปูรุ่ไนน่า กลีบดอกดาวเรือง หัวและเปลือกกุ้งสด และขมิ้น มีผลทำให้ปลาทดลองมีลักษณะบนหัวและครีบเป็นสีแดงส้ม แดงเลือดคนก ตามลำดับ สำหรับปานิลที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมผสมกลีบดอกดาวเรือง พบว่า สีบริเวณหน่อปาก โคนครีบ มีสีเหลือง ส่วนป้านิลที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ จะมีสีชมพูอ่อน ๆ สำหรับผลของการเสริมรังควัตถุต่าง ๆ ดังกล่าว ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการดูดตัวอย่างใด แต่การใช้อาหารสูตรควบคุมผสมกับสาหร่ายสีปูรุ่ไนน่าและกลีบดอกดาวเรือง ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และการใช้อาหารสูตรควบคุมผสมกับหัวและเปลือกกุ้งสด มีผลในการเร่งการเจริญเติบโต ในขณะที่ขมิ้นมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโต และทำให้อัตราการแตกเนื้อสูง

วุฒิพร พrhoหมุนทอง (2527) ศึกษาผลของรังควัตถุค่าโรทินอยด์ที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนสีของปลาแพนซีкар์พ *Cyprinus carpio* Linn. โดยใช้ สาหร่ายสีปูรุ่ไนน่า กุ้งปืน แคโรฟิลเรด หอยแมลงภู่ กลีบดอกดาวเรืองพันธุ์ทอร์ดอร์ กลีบดอกดาวเรืองพันธุ์โซเวอร์เรียน และฟักทอง เป็นแหล่งของรังควัตถุค่าโรทินอยด์ พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสีปูรุ่ไนน่า 10 เปอร์เซ็นต์ มีสีเข้มที่สุด ปลาที่ได้รับอาหารเสริมกลีบดอกดาวเรืองแห้งพันธุ์ทอร์ดอร์ 1 เปอร์เซ็นต์ และกลีบดอกดาวเรืองแห้งพันธุ์โซเวอร์เรียน 1 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลกระทบมา ส่วนอาหารเสริมค่าโร

ทินอยด์จากแหล่งอื่น ๆ ได้แก่ หอยแมลงภู่ แครอฟลเรด กุ้งป่น ฟักทอง และอาหารสูตรควบคุม ให้ผลต่อความเข้มของสีปาน้อยมาก และรังควัตถุต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาแพนชีكار์พ จากนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงระดับที่เหมาะสมในการให้สีปานแพนชีคาร์พ โดยใช้สาหร่ายสีปูรุ่นไน่ กลีบดอกดาวเรืองแห้งพันธุ์ทอริคอร์ และกลีบดอกดาวเรืองแห้งพันธุ์โซเวอร์เรียน แหล่งละ 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ผสมลงในอาหารสูตรควบคุม พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสีปูรุ่นไน่ ที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มของสีมากกว่า ปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ ส่วนปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่น ๆ มีความเข้มของสีแตกต่างจากปลาที่ได้รับอาหารในสูตรควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ก็ได้เลี้ยงปลาแพนชีคาร์พ ด้วยอาหารสูตรควบคุมในทุกชุดการทดลอง พบร้า ความเข้มของสีปาน ทุกชุดการทดลองลดลง จนในที่สุดความเข้มของสีปานที่ได้รับอาหารเสริมรองควัตถุค่าโรทินอยด์ จากแหล่งต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมเพียงอย่างเดียว

บานชื่น ชลสวัสดิ์ (2532) ศึกษาการใช้สาหร่ายสีปูรุ่นไน่สต (Spirulina sp.) เพื่อเลี้ยงปลาตะเพียนขาว และปลาคุกอุย โดยศึกษาที่ระดับ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ พบร้า เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง สีเนื้อของปลาคุกอุยจะเข้มขึ้น โดยถ้าใช้สาหร่ายสีปูรุ่นไน่สตผสมลงไปในอาหารปริมาณตั้งแต่ 5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ความเข้มของสีเนื้อปลาจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสาหร่ายสีปูรุ่นไน่ที่ใช้ และระยะเวลาที่เลี้ยง

Saito and Regier (1971) อ้างโดย วุฒิพร พรหมบุนทอง (2527) ทดลองให้อาหารที่มีส่วนผสมของเปลือกกุ้ง 20 เปอร์เซ็นต์ และเปลือกปู 30 เปอร์เซ็นต์ แก่ปลาบุคคลเร้าท์ เปรริยบที่บันทึกกับอาหารที่มีส่วนผสมของแคนตาแซนทินบริสุทธิ์ 0.004 เปอร์เซ็นต์ โดยเลี้ยงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบร้า ปลาที่ได้รับอาหารผสมแคนตาแซนทินบริสุทธิ์ มีการสะสมของค่าโรทินอยด์ที่เนื้อและผิวนังมากที่สุด แต่ปลาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเปลือกกุ้งและเปลือกปู ให้สีเป็นที่ต้องการของตลาดมากที่สุด Bauernfeind (1981) รายงานว่า ส่วนของหัวและเปลือกแข็งของกุ้ง จัดว่าเป็นแหล่งของ ค่าโรทินอยด์ที่ดี แต่ต้องระวังในเรื่องของอุณหภูมิ แสงสว่างและออกซิเจน ในระหว่างขบวนการผลิต ได้มีการศึกษาเรื่องนี้ พบร้า หากนำส่วนของกุ้งมาทำแห้งโดยใช้วิธีผ่านสูญญากาศแล้วนำมาผสมลงในอาหาร เลี้ยงปลา จะทำให้สีและรสชาติของปลาดีขึ้น แต่ถ้าทำให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิสูงจะให้ในการเร่งสีปานไม่ได้ จากการวิเคราะห์พบว่า กุ้งที่ผ่านการทำแห้งแบบสูญญากาศ จะมีปริมาณแอกต้าแซนทินมากกว่าถึง 3 เท่าของกุ้งที่ผ่านกระบวนการการทำแห้งโดยใช้ความร้อน

พิชญา ชัยนาค และคณะ (2544) ได้ศึกษาผลของ แอกต้าแซนทิน (astaxanthin) ที่มีต่อสีของปลากระพงแดง ที่เลี้ยงด้วยอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐาน และที่เสริม แอกต้าแซนทิน ที่ระดับ 50, 100 และ 150 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบร้า ปลาที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองที่เสริมแอกต้าแซนทิน ที่ระดับ 150 และ 100 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ที่บริโภครึนและลำตัวมีสีแดงเข้ม มากกว่าปลาที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองในสูตรอื่น ๆ โดยค่าเฉลี่ยถี

ลำตัวปลาที่กินอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐานเสริมด้วยแอกสตร้าแซนทินที่ระดับ 150 และ 100 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) และมีค่าเฉลี่ยสีลำตัวสูงกว่าปลาที่กินอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐานที่เสริมแอกสตร้าแซนทิน ที่ระดับ 50 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และค่าเฉลี่ยสีลำตัวของปลาที่กินอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐานที่เสริมแอกสตร้าแซนทิน ที่ระดับ 150, 100 และ 50 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สูงกว่าปลาที่กินอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) มีค่า เท่ากับ  $25.67 \pm 0.42$ ,  $25.33 \pm 0.3$ ,  $23.80 \pm 2.20$  และ  $221.93 \pm 0.12$  ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการเสริมแอกสตร้าแซนทิน ในอาหารเม็ดทดลองสำหรับเลี้ยงปลากระเพง ทำให้น้ำหนักเฉลี่ย อัตราการดูดซึม และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ในปลากระเพงที่ได้รับอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐานและที่เสริมแอกสตร้าแซนทิน ที่ระดับ 50, 100 และ 150 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง  $362.55 - 411.01$  กรัม อัตราการดูดซึมในช่วง  $96.67 - 100$  เปอร์เซ็นต์ และอัตราการแยกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อมีค่าอยู่ในช่วง  $1.05 - 1.16$  จึงสรุปได้ว่า อาหารเม็ดที่เสริมแอกสตร้าแซนทิน ที่ระดับ 150 และ 100 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะทำให้บริเวณครีบและลำตัวมีสีแดงเข้มที่สุด และอาหารเม็ดทดลองสูตรพื้นฐานที่เสริมแอกสตร้าแซนทิน ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโต อัตราการดูดซึม และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

กัลยา ยงพุกญา (2529) ทดลองอนุบาลลูกปลากระเพงขาว *L. calcarifer* (Bloch) ด้วยอาหารผสม โดยอนุบาลลูกปลากระเพงขาวขนาดความยาวเฉลี่ย 2.88 เซ็นติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 0.59 กรัม ด้วยเนื้อปลาสด เนื้อปลาสดผสมสไปรูลิน่าพง 20 เปอร์เซ็นต์ เนื้อปลาสดผสมไวน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อปลาสดผสมกาภั่วเหลืองป่น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 84 วัน ปรากฏผลว่า ลูกปลาที่เลี้ยงด้วยเนื้อปลาสดผสมสไปรูลิน่า และเนื้อปลาสดผสมไวน้ำมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าอาหารชนิดอื่น โดยมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 8.26 และ 8.83 ตามลำดับ และมีอัตราการลดตายเท่ากันคือ 86.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าอาหารชนิดอื่น

ปีะพงศ์ โชคพันธุ์ (2527) ทดลองเลี้ยงลูกปลากระเพงขาว (*Lates calcarifer* (Bloch)) ปลากะนาด 2.5-3.0 เซ็นติเมตร ในบ่อคอนกรีตด้วยเนื้อปลาสดด้วยสไปรูลิน่าด้วยอัตราส่วน 0, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ นาน 60 วัน พบว่า อาหารเนื้อปลาสดที่ผสมด้วยสไปรูลิน่าพงที่ระดับ 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ผลการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ปลา มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ  $5.50 : 1$  สำหรับอาหารเนื้อปลาสดมีอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ  $9.45 : 1$  นอกจากนี้ อาหารเนื้อปลาสดผสมสาหร่ายยังทำให้ลูกปลา มีอัตราการลดตายสูงกว่า

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

การทดลองแสดงแนวโน้มให้เห็นว่า การใช้สีปูร์โอล่าเป็นส่วนผสมของอาหารทำให้ถูกปลาในเจริญเติบโตดีที่สุด

Matsuno และคณะ (1986) พบว่าการทดลองใช้สีลูทีน (lutein) โรโคเดนทิน (rhodoxanthin) และสีปูร์โอล่า เร่งสีปานิลแดง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ สีผิวนังปานิลแดงในกลุ่มควบคุม สีลูทีน โรโคเดนทิน และสีปูร์โอล่า มีสีชมพู ส้มชมพู และส้มแดง ตามลำดับ

Mori และคณะ (1987) รายงานว่าในแหล่งน้ำธรรมชาติผิวนังปลาจะมีสีเหลืองส้ม แต่ในบ่อเลี้ยงสีผิวนังเป็นสีน้ำเงินอ่อนทำให้ปลาที่เลี้ยงมีราคาต่ำ ดังนั้นจึงได้ทดลองใช้ *S. maxima* พสมลงในอาหารปลา 3-6 เปอร์เซ็นต์ และทดลองเลี้ยงนาน 10 สัปดาห์ พบว่าทำให้สีของปลาที่เลี้ยง มีสีเหมือนปลาในแหล่งน้ำธรรมชาติ

มะลิ บุณยรัตน์ และคณะ (2537) ศึกษาผลการเสริมสารรงควัตถุ canthaxanthin และ astaxanthin ระดับต่าง ๆ ในอาหารต่อสีของกุ้งกุลาคำ คือ สูตรควบคุมจะเป็นสูตรที่ไม่เสริมสาร รงควัตถุ สูตร 1 และ 2 เสริม canthaxanthin ที่ระดับ 50 และ 100 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ส่วน สูตร 3, 4 และ 5 เสริม astaxanthin ที่ระดับ 25, 50 และ 75 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ เลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า canthaxanthin และ astaxanthin สามารถปรับสีกุ้งกุลาคำและช่วยให้กุ้งสีฟ้าลดจำนวนลง โดย astaxanthin มีประสิทธิภาพสูงกว่า canthaxanthin ประมาณ 2.8 เท่า และมีการสะสมในเนื้อเยื่อเป็นส่วนใหญ่ และพบว่าการเสริม astaxanthin 50 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ในอาหารสำหรับเลี้ยงกุ้งเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เพียงพอที่จะทำให้กุ้งมีสีตามที่ตลาด ต้องการ

Bauernfeind (1981, อ้างถึง Tanaka และคณะ, 1974) รายงานถึงการใช้ carotenoid ที่สักดิ้จากข้าวโพด หญ้าขัน และสาหร่ายสีปูร์โอล่า นำไปผสมอาหารเพื่อเลี้ยงกุ้ง *Penaeus japonicus* พบว่าเกิดการสะสมของ astaxanthin ในตัวกุ้งเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัว

วันเพลี่ย มีนกาญจน์ และกาญจนา จิรพันธ์พิพัฒน์ (2547) ทดลองการปรับปรุงคุณภาพปลารันชูโดยใช้รงควัตถุสารสีโรทีนอยด์จากสาหร่ายสีปูร์โอล่า ผลจากการทดลองเลี้ยงถูกปลาทางสายพันธุ์รันชูด้วยอาหารผสมสาหร่ายสีปูร์โอล่าในปริมาณ 0,8,10,12, และ 14 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาความเข้มของสีปลา การเจริญเติบโต อัตราการดูดอาหาร และอัตราแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่าปลารันชูที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีสาหร่ายสีปูร์โอล่าเป็นส่วนผสมจะมีสีเข้มกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่ไม่มีสาหร่ายเป็นส่วนผสม โดยปลาที่ได้รับอาหารที่มีสาหร่ายเป็นส่วนผสมในปริมาณ 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ จะมีความเข้มของสีมากที่สุด แต่อาหารทดลองที่มีปริมาณของสาหร่ายสีปูร์โอล่าเป็นส่วนผสมในปริมาณที่แต่ต่างกันนี้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตอัตราการดูดอาหาร และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายสีปูร์โอล่านาอกจากจะเป็นแหล่งอาหาร โปรตีนแล้วยังเป็นแหล่งรงควัตถุในการปรับปรุงสีของปลา\_ranchuด้วย



สำนักวิทยศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

มະດີ ບຸນຍັດພລິນ ແລະ ວຸດີພຣ ພຣໝານຊູນທອງ (2529) ສຶກພລຂອງຮຽນຄວັດຖານໂຮມຢືນຍົດ  
ທີ່ໄດ້ຈາກແຫ່ງຕ່າງໆ ຕ່ອກເປີ່ຍນສື່ອງປລາແພນເຊີກັບ *Cyprinus carpio* Linn. ໂດຍການທດລອງ  
ແບ່ງອອກເປັນ 2 ການທດລອງ ການທດລອງທີ່ 1 ເປັນການໃຫ້ອາຫານ 8 ສູຕຣ ຜົ່ງມີສ່ວນຜົນຂອງຮຽນຄວັດຖານ  
ຈາກແຫ່ງຕ່າງໆ ໄດ້ແກ່ ສາຫະວິຍສໄປປູ້ໄລນໍາ ເປີ່ຍກັ້ງປັນ ແລະ ໂຮມ ອອຍແມລງກູ່ ກລືບຄອກ  
ດາວເຮືອງແໜ່ງພັນຫຼູກອົດອ໌ ກລືບຄອກດາວເຮືອງແໜ່ງພັນຫຼູກໂໜເວອຣີເຮືອນ ແລະ ພັກທອງ ໂດຍຜົນຮຽນຄວັດຖານ  
ເຫັນນີ້ລັງໃນສູຕຣອາຫານພື້ນຖານ ຮະບະເວລາທດລອງ 8 ສັປາທີ່ ຈາກການທດລອງພບວ່າປລາທີ່ໄດ້ຮັບ  
ອາຫານເສຣິມສາຫະວິຍສໄປປູ້ໄລນໍາມີສີເຂັ້ມທີ່ສຸດ ແລະ ພັນຫຼູກໂໜເວອຣີເຮືອນໃຫ້ຜ່ອງລົງມາ ສ່ວນອາຫານ  
ເສຣິມຄາຣ ໂຮມຢືນຍົດຈາກແຫ່ງອື່ນໆ ໃຫ້ຜົນກວານເຂັ້ມຂອງສີປລານ້ອມການທດລອງທີ່ 2 ເປັນການ  
ທດລອງຕ່ອນເນື່ອງຈາກການທດລອງທີ່ 1 ຄື້ອງເປັນການໃຊ້ຮຽນຄວັດຖານທີ່ມີຜົນຕ່ອກຮຽນເຮືອງພາກ 3  
ແຫ່ງ ຄື້ອງ ສາຫະວິຍສໄປປູ້ໄລນໍາ ກລືບຄອກດາວເຮືອງທີ່ 2 ສາຍພັນຫຼູກ ແຫ່ງລະ 3 ຮະດັບ ຄື້ອງ 5 ,10 ແລະ  
15 ເປົ້ອເຊັ້ນຕໍ່ໃຫ້ສີເຂັ້ມທີ່ສຸດ ສ່ວນປລາທີ່ໄດ້ຮັບອາຫານເສຣິມຄາຣ ໂຮມຢືນຍົດຈາກແຫ່ງອື່ນໆ ມີກວານເຂັ້ມຂອງ  
ສີຕ່າງກັບປລາທີ່ໄດ້ຮັບອາຫານສູຕຣພື້ນຖານ ພບວ່າກວານເຂັ້ມຂອງສີປລາຖຸກຫຼຸດການທດລອງລົດລົງເຮືອຍໆ  
ຈົນກະທັ້ງໃນສັປາທີ່ 12 ກວານເຂັ້ມຂອງສີປລາຖຸກຫຼຸດການທດລອງຈົນໄໝ່ເຕັກຕ່າງກັບກວານເຂັ້ມຂອງສີ  
ປລາທີ່ໄດ້ຮັບອາຫານສູຕຣພື້ນຖານ

ປີມາລັຍ ແນທານນໍ້ ແລະ ຄມະ (2547) ສຶກພລຂອງການໃຊ້ສໄປປູ້ໄລນໍາ (*Spirulina platensis*) ໃນການອຸນຸບາລຸກກຸ່ງແໜ້ວຍ (*Penaeus marguiensis*) ຮະບະ ໂພສທ່ລາຮ່ວາ (ພີ 10-ພີ 20) ໂດຍ  
ການໃຊ້ສໄປປູ້ໄລນໍາ (*Spirulina platensis*) ພສມອາຫານໄຝ່ຕຸ່ນນມໃນອັຕຣາສ່ວນ 0, 0.5, 1 ແລະ 5  
ເປົ້ອເຊັ້ນຕໍ່ໃນການອຸນຸບາລຸກກຸ່ງແໜ້ວຍ (*Penaeus marguiensis*) ຮະບະ ໂພສທ່ລາຮ່ວາ 10 ເປັນເວລາ 10  
ວັນ ພບວ່າລຸກກຸ່ງມີນໍ້າຫັກຕົວເລີ່ມ 3.94, 4.20, 4.36 ນກ. ຄວາມຍາວເລີ່ມ 9.50, 9.28, 9.48 ແລະ 9.34  
ນມ. ອັຕຣາອົດຕາຍ 85.55, 85.89, 83.11 ແລະ 71.23 ເປົ້ອເຊັ້ນຕໍ່ ຕາມລຳດັບ ເມື່ອທົດສອບກວາມຕ້ານທານ  
ເຊື້ອ ໂດຍເຊື່ອໃນນ້ຳທະເລທີ່ມີເຊື້ອ *Vibrio harveyi* 1 ລ້ານເໜີລີຕໍ່ຕ່ອມມືລິດິລິຕີ ເປັນເວລາ 96 ຂ້ວມົງ ພບວ່າລຸກ  
ກຸ່ງມີອັຕຣາອົດຕາຍ 47.00, 44.67, 63.00 ແລະ 59.67 ເປົ້ອເຊັ້ນຕໍ່ ຕາມລຳດັບ ເມື່ອທົດສອບກວາມຕິດເຊື້ອໃນ  
ລຸກກຸ່ງຕ້ວຍອາຫານ BTB – teepol ພບວ່າປຣິມານເຊື້ອກລຸ່ມວິບຣີໂອ  $2.96 \times 100,000$ ,  $2.76 \times 100,000$ ,  $1.07 \times 100,000$  ແລະ  $0.53 \times 100,000$  CFU/ ກຣັມ ຕາມລຳດັບ ໂດຍຫຼຸດການທດລອງທີ່ໃຫ້ອາຫານໄຝ່ຕຸ່ນນມຜສມ  
ສໄປປູ້ໄລນໍາ 5 ເປົ້ອເຊັ້ນຕໍ່ ມີອັຕຣາກວາມຕິດເຊື້ອກລຸ່ມວິບຣີໂອຕໍ່ກ່າວ່າຫຼຸດກວານຄຸມຍ່າງມີນັຍລຳຄັ້ງທາງສົດີ  
( $P < 0.05$ )

ພິສັນຍ ສມສັນແລະ ຍຸທະ ທັກນິມ (2548) ທດລອງການເລີ່ຍງກຸ່ງກໍານາງຮຽນດ້ວຍອາຫານທີ່ມີການ  
ໃຊ້ສາຫະວິຍ 2 ຊົນດີ ທີ່ກວານເຂັ້ມຂຶ້ນ 2 ຮະດັບ ໂດຍການເລີ່ຍງກຸ່ງກໍານາງຮຽນທີ່ມີການເສຣິມອ່ອຣີໂມນ 17-a  
methyltestosterone ເຂັ້ມຂຶ້ນ 0.04 ເປົ້ອເຊັ້ນຕໍ່ ແລະ 0.06 ເປົ້ອເຊັ້ນຕໍ່ ໃບໜ່ອນອນແໜ່ງ 8 ເປົ້ອເຊັ້ນຕໍ່  
ແລະ 16 ເປົ້ອເຊັ້ນຕໍ່ ແລະ ສາຫະວິຍສໄປປູ້ໄລນໍາ 0.1 ເປົ້ອເຊັ້ນຕໍ່ ແລະ 0.2 ເປົ້ອເຊັ້ນຕໍ່ ເສຣິມໃນອາຫານ  
ເປົ້ອຍນເທີຍກັບອາຫານຫຼຸດກວານຄຸມທີ່ມີຮະດັບໂປຣຕິນ 32 ເປົ້ອເຊັ້ນຕໍ່ ເທົກນຸກສູຕຣ ເປັນເວລາ 12

ບ39.31  
ນ. 9167

162280

18 ຕ.ນ. 2553

สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 12 สัปดาห์ พบร่วมกับก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมในหมู่อน 16 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้ำหนักเฉลี่ย และความยาวเฉลี่ย เมื่อสิ้นสุดการทดลองด้อยกว่าแทกต่างจากชุดทดลองอื่นๆ ( $P < 0.05$ ) ขณะที่ชุดควบคุมที่มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดการทดลองคิกว่าไม่แตกต่างจากที่มีการเสริมชอร์โอม และสาหร่ายสไปรูลิน่าทั้ง 2 ระดับ และในหมู่อน 8 เปอร์เซ็นต์ ( $P > 0.05$ ) แต่พบว่าอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียมีค่าสูงสุดในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ และมีค่ากว่า 3 เท่าของกุ้งที่ได้รับอาหารชุดควบคุมและชุดที่เสริมในหมู่อนทั้ง 2 ระดับ และค่าอัตราส่วนของความยาวส่วนลำตัว (body length) มากกว่าความยาวส่วนหัว (carapace length) มีค่าสูงสุด และความยาวส่วนตัวเท่ากับความยาวส่วนหัวมีค่าต่ำสุดในชุดที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าค่าความยาวส่วนหัวมากกว่าความยาวส่วนลำตัวมีค่าสูงสุดในกุ้งชุดควบคุม และไม่พบในกุ้งชุดที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอัตราการกินอาหารและค่าอัตราการรอดของกุ้ง ทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) แต่ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และค่าประสิทธิภาพของโปรตีนของกุ้งที่ได้รับอาหารเสริมในหมู่อน 16 เปอร์เซ็นต์ ด้อยกว่าแทกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) จากค่าอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย เมื่อนำมาคำนวณผลต่างของเพศกุ้งก้ามกรามที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า พบร่วมกับผลต่างมีค่าสูงสุด 333 เปอร์เซ็นต์ ในกุ้งที่ได้รับอาหารเสริมในหมู่อน 16 เปอร์เซ็นต์ ผลตอบแทนการเดี่ยงต่อໄอิร์ สูงสุดในกุ้งที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ชนิดและความเข้มข้นของสารเสริมมีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนเพศกุ้งก้ามกราม และการเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ได้เพศผู้สูงสุด

นพวรรณ ฉิมสังข์ และคณะ (2549) ศึกษาผลของหัวกุ้งป่นในอาหารต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและสีของป้านิลแดงแปลงเพศ ด้วยอาหารที่ใช้หัวกุ้งป่นเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่น โดยใช้อาหารทดลอง 5 สูตร ซึ่งแต่ละสูตรมีหัวกุ้งป่นที่ระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับอาหารสูตรที่ 6 ซึ่งเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับปลาดุกพบว่า ป้านิลแดงที่ได้รับอาหารที่มีหัวกุ้งป่นสูงสุด มีค่าการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำสุด แต่มีปริมาณเครื่องทินอยด์รวมของผิวนังปลาสูงที่สุด สามารถใช้หัวกุ้งป่นเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารป้านิลแปลงเพศได้ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยส่งผลต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและต้นทุนอาหารต่อการผลิตดีเทียบเท่ากับอาหารที่มีปลาป่นสูงสุดและอาหารสำเร็จรูปปลาดุก