

## ผลการใช้แคโรทีนอยด์จากธรรมชาติเป็นแหล่งสารสีในอาหารปลาทอง Effect of natural carotenoid as sources of pigment in goldfish (*Carassius auratus*) diet

บรรเจิด สอนสุภาพ\*

Bancherd Sornsupharp\*

\*สาขาวิชาประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อ.เมือง จ.บุรีรัมย์ 31000

Program of Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University

Muang District, Buriram Province 31000

### บทคัดย่อ

การศึกษาผลการใช้แคโรทีนอยด์จากธรรมชาติเป็นแหล่งสารสีในอาหารปลาทอง แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือการทดลองที่ 1 การศึกษาปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในแครอท ฟักทอง มันเทศสีส้ม มันเทศสีม่วง และปืทุท ซึ่งมีวิธีการเตรียมแตกต่างกัน คือ นึ่ง ต้ม และอบแห้ง พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในฟักทอง ทั้งจากการนึ่งและต้ม มีค่าสูงสุด เท่ากับ  $26.54 \pm 1.40$  และ  $27.32 \pm 2.78$  ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ปริมาณแคโรทีนอยด์รวมจากการอบแห้งพบว่า แครอท มีปริมาณสูงที่สุด เท่ากับ  $478 \pm 1.54$  ไมโครกรัมต่อกรัม การทดลองที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการเกิดสีในปลาทอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 4 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ใช้ปลาทองน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยระหว่าง 18.21-18.98 กรัม อัตราการปล่อย 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร โดยใช้วัตถุดิบจากการอบแห้งผสมอาหารดังนี้ อาหารสูตรควบคุม (T1) อาหารผสมแครอท (T2) อาหารผสมฟักทอง (T3) และอาหารผสมมันเทศสีส้ม (T4) โดยอาหารทุกสูตรมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 30 เปอร์เซ็นต์ ทำการชั่งน้ำหนัก วัดสี คำนวณปริมาณอาหารที่กินทุก ๆ 20 วัน ระยะเวลาการทดลอง 60 วัน พบว่า ปลาที่มีอัตราการกินอาหารสูตร T3 สูงที่สุด อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ของปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณแคโรทีนอยด์รวมและปริมาณที่เพิ่มขึ้นในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารสูตร T2 มีค่าสูงสุด ค่าความสว่างและความเข้มสีแดงส้มในอาหารทุกสูตรไม่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ย hue ของปลากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร T2 ตั้งแต่วันที่ 20 - 60 มีค่าสูงสุดเท่ากับ  $70.88 \pm 8.87$ ,  $70.83 \pm 6.74$  และ  $80.76 \pm 4.34$  ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ต้นทุนการผลิตอาหารปลาทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 38.61-39.93 บาทต่อกิโลกรัม จากการวิจัยสรุปได้ว่าเราสามารถใช้อบแห้งและแครอทอบแห้งเป็นแหล่งสารสีในอาหารปลาทองได้ ซึ่งทำให้ปลามีสีแดงส้มและเฉลี่ย hue สูงที่สุด

คำสำคัญ: แคโรทีนอยด์ธรรมชาติ, สารสี, ปลาทอง

### Abstract

The effects of natural carotenoid as sources of pigment in goldfish were determined in 2 experiments. The first experiment; the total carotenoid (TC) in steam, boil and oven dry procedure of carrot, pumpkin, sweet potato, purple potato and beet root were investigated. The result found that pumpkin had high TC by steam and boil procedures with  $26.54 \pm 1.40$  and  $27.32 \pm 2.78 \mu\text{g g}^{-1}$ , respectively. However; the carrot had highest TC by the oven dry as  $478.97 \pm 1.54 \mu\text{g g}^{-1}$ . The second experiment; the growth and skin pigment of goldfish were investigated. The experimental design was completely randomize design as 4 treatments and 3 replicates. Goldfish with initial weight between 18.21-18.98 g. were reared in the aquarium with 100 fish per  $\text{m}^3$ . Four trial diets included control diet (T1), carrot diet (T2), pumpkin diet (T3) and sweet potato diet (T4) with 30% protein in each diet. The body weight, skin pigment, and feed intake were measured every 20 days until 60 days. The result showed the highest feed intake as T3 diets. Survival rate, specific growth rate and average daily growth were not significant differences in all fish groups. The amount of carotenoid and total carotenoids increased amounts of fish that were fed formula T2 were the highest. At the end of the period (60 days), the light ( $L^*$ ) and chroma of all fish were not significant differences. The hue value ( $h^*$ ) during 20-60 days of the fish fed by T2 had shown high value with  $70.88 \pm 8.87$ ,  $70.83 \pm 6.74$  and  $80.76 \pm 4.34$ , respectively ( $p < 0.05$ ). The costs of experimental diets ranged from 38.61 to 39.93 baht per kilogram. These research conclude that oven dry pumpkin and carrot can be used for natural carotenoid in goldfish diet which their high hue value.

**Keywords:** natural carotenoid, pigment, goldfish

### คำนำ

ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดสีในตัวปลาสวยงามนั้น นอกจากจะเป็นพันธุกรรมของปลาแล้ว อาหารก็นับได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากเช่นเดียวกัน โดยอาหารมีความจำเป็นเพื่อการเจริญเติบโต และเป็นแหล่งของสารสีที่ดี ด้วยเหตุที่สีของปลาสวยงามมีความสำคัญต่อราคาและการตลาด จึงเริ่มมีการผสมรงควัตถุแคโรทีนอยด์ในอาหารปลาสวยงาม เพื่อเร่งสีและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับปลาอีกทางหนึ่ง (Sermwatanakul *et al.*, 2005) สีสันบนลำตัวปลาที่ปรากฏให้เห็นนั้น เป็นผลมาจากการทำงานของเซลล์ผิวหนังซึ่งมีเม็ดสีอยู่ภายในประกอบด้วย เม็ดสีเมลานิน (melanin) เม็ดสีเทอริดีน (pteridine) เม็ดสีพิวรีน (purine) และเม็ดสีแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งสารแคโรทีนอยด์เป็นสารสีที่ให้สีส้ม เหลือง และแดง ในปลาสวยงามหลายชนิด (Sermwatanakul and Bamrungdham, 2000) การเร่งสีในตัวปลาอาจทำได้โดยการใช้สารสีผสมในสูตรอาหารปลา เช่น การผสมแคโรทีนอยด์สังเคราะห์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Carophyll® red ในอาหารปลาแฟนซีคาร์พ (Sun *et al.*, 2012) Lucantin Pink ในอาหารปลาระดับแคระ (Baron *et al.*, 2008) Carophyll® Pink (Tejera *et al.*, 2007) Naturoses® Rovimix b-caroten® และ Lyc-O-Mato® (Chatzifotis *et al.*, 2005) ในอาหาร

ปลาทรายแดงจะทำให้ความเข้มข้นของปลาเหล่านี้ดีขึ้น ซึ่งแคโรทีนอยด์สังเคราะห์ เป็นสารที่มีราคาแพง และต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ จึงมีการนำเอาวัตถุดิบจากธรรมชาติมาใช้แทนสารสีสังเคราะห์ โดยทั่วไปแคโรทีนอยด์ในธรรมชาติที่พบได้ในพืชหลายชนิดและได้มีการนำมาทดลองเลี้ยงปลาเพื่อเร่งสี ได้แก่ พริกหวานสีแดง (Yanar *et al.*, 2007) ดอกดาวเรือง (Ezhil *et al.*, 2008) ดอกชบาและดอกกุหลาบสีแดง (Ramamoorthy *et al.*, 2010) สาหร่ายสไปรูลิน่า (Promya *et al.*, 2007) นอกจากนี้ยังพบสารแคโรทีนอยด์รวมในหัวแครอต (Fikselová *et al.*, 2008) ซึ่งมีปริมาณระหว่าง 1 - 40 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด (Baranski *et al.*, 2012) ผงบีทรูทแห้ง (Baron *et al.*, 2008) พักทองมีค่าระหว่าง 0.06-0.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Carvalho *et al.*, 2012) และมันเทศสีส้มมีค่าเท่ากับ 0.236 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Ishida *et al.*, 2000) ส่วนในสัตว์ พบในเคยป็น (krill meal) (Roncarati *et al.*, 2011) หัวและเปลือกหุ้มหัวกุ้ง (Sachindra *et al.*, 2007; Maoka, 2011) และโรน่านางฟ้า (Sornsupharph *et al.*, 2015) การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารแคโรทีนอยด์รวมในพืชธรรมชาติเพื่อเป็นแหล่งแคโรทีนอยด์ในอาหารเลี้ยงปลาทอง การเจริญเติบโตและการเกิดสีของปลาทองที่ได้รับแคโรทีนอยด์จากธรรมชาติเป็นส่วนผสมในอาหาร และศึกษาด้านทุนการผลิตอาหารปลาทองจากการใช้วัตถุดิบธรรมชาติเป็นแหล่งสารสีแคโรทีนอยด์

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การทดลองที่ 1 การศึกษาปริมาณแคโรทีนอยด์รวมจากแหล่งสารสีจากธรรมชาติ

การเตรียมวัตถุดิบ ซึ่งวัตถุดิบอาหารที่เป็นแหล่งสารสีจากธรรมชาติ ได้แก่ แครอต พักทอง มันเทศสีส้ม มันเทศสีม่วงและบีทรูทจากท้องตลาด จากนั้นนำมาเตรียมเพื่อทดสอบหาปริมาณแคโรทีนอยด์รวม ซึ่งแบ่งการเตรียมเป็น 2 วิธี ได้แก่

**วิธีที่ 1** การเตรียมวัตถุดิบแบบเปียก เตรียมโดยการต้ม และนึ่ง โดยทำการล้างวัตถุดิบแต่ละชนิดให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้มีความหนาประมาณ 0.3-0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำวัตถุดิบไปต้ม และนึ่ง ที่ความร้อนประมาณ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที นำขึ้นใส่ถาดให้สะเด็ดน้ำ และเก็บเข้าตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในวัตถุดิบอาหาร

**วิธีที่ 2** เตรียมโดยการอบแห้ง ทำการล้างวัตถุดิบแต่ละชนิดให้สะอาดหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้มีความหนาประมาณ 0.1-0.3 เซนติเมตร จากนั้นนำวัตถุดิบอาหารไปอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็น แล้วบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบด เก็บวัตถุดิบที่บดแล้วในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์รวม ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจาก Britton *et al.* (1995) โดยชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม เติม BHT เล็กน้อย บดตัวอย่างให้ละเอียด แล้วนำตัวอย่างใส่ในหลอดทดลอง ขนาด 15 ml แล้วเติม acetone 5 ml นำไป vortex 1 นาที แยกเอาส่วนใส มาสกัดซ้ำด้วย acetone 2-3 ครั้ง นำไประเหยให้แห้งด้วย rotary evaporation และละลายกลับด้วย petroleum ether 10 ml จากนั้นเติม 60% KOH 0.5 ml ทิ้งไว้ในที่มืด 2 ชั่วโมง นำตัวอย่างมาเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร แยกเอาส่วนบนและเติมโซเดียมซัลเฟต เล็กน้อย จากนั้นแยกเอาสารละลายเก็บใส่ขวดสีชาขนาดเล็กและนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

2 ชั่วโมง แล้วนำสารสกัดแคโรทีนอยด์ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer (PG Instruments T60)

## การทดลองที่ 2 การศึกษาการเจริญเติบโตและการเกิดสีในปลาทอง

### การเตรียมอาหารทดลอง

โดยใช้วัตถุดิบจากการอบแห้งผสมอาหารทดลอง 4 สูตรได้แก่ อาหารสูตรควบคุม (T1) อาหารผสมแครอท (T2) อาหารผสมฟักทอง (T3) และอาหารผสมมันเทศสีส้ม (T4) สูตรอาหารที่ใช้คำนวณตามสูตรมาตรฐานอาหารปลาสวยงามของกรมประมง (Sermwatanakul *et al.*, 2005) โดยนำวัตถุดิบอาหาร ที่เตรียมแบบแห้ง ผสมกับวัตถุดิบในสูตรอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ ที่เตรียมไว้ให้เข้ากันและนำไปอัดเม็ดให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร องค์ประกอบวัตถุดิบอาหารทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 1 ส่วนของค์ประกอบสารอาหารและราคาอาหารแต่ละสูตรแสดงไว้ในตารางที่ 2 ดังนี้

**Table 1** Feed ingredient of experimental diets (Kg)

Ingredients	control diet (T1)	carrot diets (T2)	pumpkin diet (T3)	sweet potato diet (T4)
Fish meal	22	23	25	22
Soybean meal	21	20	23	20
Carrot	0	1.6	0	0
Pumpkin	0	0	9.3	0
Sweet potato	0	0	0	32
Corn flour	23	18	4	23
Wheat flour	22	18	4	22
Yeast	5	5	5	5
Soybean oil	3	3	3	3
Tuna oil	2	2	2	2
Choline chloride	0.4	0.4	0.4	0.4
Vitamin premix	0.5	0.5	0.5	0.5
Mineral premix	0.5	0.5	0.5	0.5
Vitamin C	0.1	0.1	0.1	0.1
Lecithin	0.02	0.02	0.02	0.02
BHT	0.5	0.5	0.5	0.5
Total	100	100	100	100

Table 2 Proximate analysis and cost of experimental diets

Composition (%)	control diet (T1)	carrot diets (T2)	pumpkin diet (T3)	sweet potato diet (T4)
Moisture	10.49	10.54	10.28	9.63
Ash	7.50	6.57	7.33	9.54
Crude protein	30.01	30.57	30.08	30.15
Fat	9.07	9.13	9.28	9.17
Fiber	2.52	2.46	2.28	1.94
NFE	45.06	45.05	39.14	48.74
Total carotenoid ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	88.39	139.21	110.45	99.09
Cost (baht)	39.12	39.53	39.93	38.61

### การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomize Design) โดยใช้อาหารทดสอบจำนวน 4 สูตร ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ อาหารสูตรควบคุม (T1) อาหารผสมแครอท (T2) อาหารผสมฟักทอง (T3) และอาหารผสมมันเทศสีส้ม (T4)

### การเตรียมปลาทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้ปลาทองสายพันธุ์อรันดา ซึ่งเป็นปลาสวยงามที่นิยมเลี้ยง โดยซื้อปลาจากร้านขายปลาสวยงามในจังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 150 ตัว และนำมาพักไว้ในถังพลาสติกขนาดความจุ้น้ำ 1,000 ลิตร จำนวน 3 ถัง ๆ ละ 50 ตัว ให้อากาศตลอดเวลา และเปลี่ยนถ่ายน้ำวันเว้นวัน ฝึกให้กินอาหารชนิดเม็ดจมน้ำ จนชินเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ก่อนเริ่มการทดลอง ขณะทดลองให้อาหารปลาจำนวนสองครั้งต่อวัน เวลาประมาณ 09.00 และ 15.00 น.

### การทดลองเลี้ยงปลา

สุ่มซังน้ำนักปลาทดลองที่เตรียมไว้ ขนาดน้ำหนักเฉลี่ย 18 กรัม อัตราปล่อย 100 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร จากนั้นนำปลาทดลองใส่ลงในตู้กระจกจำนวน 12 ตู้ ขนาดความจุ้น้ำประมาณ 70 ลิตร ใช้ปลาทดลองทั้งหมด 60 ตัว โดยติดระบบให้อากาศในตู้ตลอดเวลา

### การบันทึกผลการทดลอง

การวัดการเจริญเติบโต โดยการชั่งน้ำหนักปลาก่อนการทดลองและทุก 20 วัน เพื่อทราบอัตราการรอดตาย หากมีปลาตายให้นับจำนวนและจดบันทึกไว้ ซึ่งการวัดการเจริญเติบโต คำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$1) \text{ ปริมาณอาหารที่กิน (Feed Intake) = ปริมาณอาหารที่ให้ - ปริมาณอาหารที่เหลือ}$$

$$2) \text{ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific Growth Rate)}$$

$$= \frac{\text{ค่า ln น้ำหนักสุดท้าย} - \text{ค่า ln น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่ทดลองเลี้ยง}} \times 100$$

- 3) อัตราการรอดตาย (Survival Rate) =  $\frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือ} \times 100}{\text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มทำการทดลอง}}$
- 4) การเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (กรัม/ตัว/วัน) =  $\frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาที่เลี้ยง}}$

### การวัดค่าการเกิดสีของปลาทดลอง

วัดค่าการเกิดสีของปลาทดลอง โดยวัดจากปลาทุกตัวในแต่ละชุดการทดลอง โดยใช้เครื่องมือ Color Reader Model CR10 ทุก ๆ 20 วัน จนถึงสิ้นสุดการทดลอง พร้อมทั้งบันทึกค่าการเกิดสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (Light; L\*) ความเข้มสีแดงส้ม (Chroma; C\*) และค่าเฉดสี hue (H\*)

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลการเจริญเติบโต มีดังนี้ อัตราการรอด อัตราการเจริญเติบโต จำเพาะ และปริมาณสีที่ผิวหนัง โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามการทดลองแบบสุ่ม สมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น (P<0.05)

## ผลการวิจัย

### การทดลองที่ 1 การศึกษาปริมาณแคโรทีนอยด์รวมจากแหล่งสารสีจากธรรมชาติ

การศึกษาปริมาณแคโรทีนอยด์รวมจากแหล่งสารสีจากธรรมชาติ ได้แก่ ฟักทอง แครอท มันเทศสีส้ม มันเทศสีม่วง และบีทรูท โดยผ่านการเตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ นึ่ง ต้ม และอบแห้ง จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์รวม นำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ได้ผลแสดงข้อมูลไว้ในตารางที่ 3 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การเตรียมวัตถุดิบอาหารแบบนึ่ง (steam) พบว่า ฟักทองมีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุด เท่ากับ  $26.54 \pm 1.40$  ไมโครกรัมต่อกรัม รองลงมาได้แก่ มันเทศสีม่วง มันเทศสีส้ม แครอท และบีทรูท ตามลำดับ แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การเตรียมวัตถุดิบแบบต้ม (Boil) พบว่า ฟักทองมีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุด เท่ากับ  $27.32 \pm 2.78$  ไมโครกรัมต่อกรัม รองลงมาได้แก่ มันเทศสีม่วง แครอท มันเทศสีส้ม และบีทรูท ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

การเตรียมวัตถุดิบแบบอบแห้ง (Oven dry) พบว่า แครอทมีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุด เท่ากับ  $478.97 \pm 1.54$  ไมโครกรัมต่อกรัม รองลงมาได้แก่ มันเทศสีส้ม ฟักทอง มันเทศสีม่วง และบีทรูท ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ )

จากการคำนวณราคาอาหารสัตว์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่า อาหารปลาทดลองในครั้งนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 38.61-39.93 บาทต่อกิโลกรัม ข้อมูลแสดงไว้ในตารางที่ 2

**Table 3** Total carotenoid in natural carotenoid material ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Materials	Pumpkin	Carrot	Sweet potato	Purple potato	Beet root
Steam	26.54±1.40 <sup>ns</sup>	24.40±0.68 <sup>ns</sup>	24.28±0.75 <sup>ns</sup>	25.59±4.15 <sup>ns</sup>	23.00±1.32 <sup>ns</sup>
Boil	27.32±2.78 <sup>a</sup>	24.36±0.40 <sup>a</sup>	24.03±0.07 <sup>ab</sup>	25.68±0.33 <sup>a</sup>	21.03±2.51 <sup>b</sup>
Oven dry	86.00±8.95 <sup>c</sup>	478.97±1.54 <sup>a</sup>	285.14±2.08 <sup>b</sup>	9.54±2.29 <sup>d</sup>	8.10±5.81 <sup>d</sup>

[n= 3, means in the same row, sharing the different letter are significant difference according to Duncan's new multiple range test]

## การทดลองที่ 2 การศึกษาการเจริญเติบโตและการเกิดสีในปลาทอง

การศึกษาการเจริญเติบโตและการเกิดสีในปลาทอง ได้ผลการทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 4 ดังนี้ ปริมาณอาหารที่กิน (Feed intake, FI) ในสูตรอาหาร T3 มีอัตรา มีอัตราการกินมากกว่า T4, T2 และ T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

อัตราการรอดตายของปลาทุกกลุ่ม มีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารสูตร T2 มีค่าสูงที่สุด ซึ่งปริมาณแคโรทีนอยด์รวมที่เพิ่มขึ้นในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารสูตร T2 ก็มีค่าสูงกว่าอาหารกลุ่มอื่น ๆ เช่นเดียวกัน ( $p < 0.05$ )

**Table 4** Feed intake (FI), survival rate (SR), growth rate and Total carotenoid (TC, ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )) of the experiment

Parameter	control diet (T1)	carrot diets (T2)	pumpkin diet (T3)	sweet potato diet (T4)
FI (g)	131.47±1.70 <sup>c</sup>	133.17±1.95 <sup>bc</sup>	136.37±1.05 <sup>a</sup>	135.24±0.96 <sup>ab</sup>
SR (%)	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>
SGR (%/day)	0.46±0.19 <sup>ns</sup>	0.55±0.24 <sup>ns</sup>	0.52±0.23 <sup>ns</sup>	0.60±0.29 <sup>ns</sup>
ADG (g/n/day)	0.130±0.06 <sup>ns</sup>	0.12±0.05 <sup>ns</sup>	0.11±0.05 <sup>ns</sup>	0.09±0.04 <sup>ns</sup>
TC in fish flesh before feed	26.54±1.40 <sup>ns</sup>	24.40±0.67 <sup>ns</sup>	24.28±0.75 <sup>ns</sup>	25.59±4.15 <sup>ns</sup>
TC in fish flesh after feed	40.20±1.87 <sup>b</sup>	45.63±2.16 <sup>a</sup>	44.03±3.12 <sup>ab</sup>	41.52±2.64 <sup>ab</sup>
Accumulate TC	13.66±3.17 <sup>b</sup>	21.23±2.50 <sup>a</sup>	17.24±2.92 <sup>ab</sup>	18.43±1.72 <sup>ab</sup>

[n= 5, means in the same row, sharing the different letter are significant difference according to Duncan's new multiple range test]

### การวัดค่าการเกิดสี

ค่าสีที่ทำการวัดครั้งนี้ ได้แก่ ค่าความสว่าง (Lightness; L) ความเข้มสีแดงส้มที่เกิดจากการหักเหแสง (Chroma; c) และค่าวงล้อเฉดสี Hue (h) ซึ่งเป็นค่าสากลที่คำนวณโดยใช้ตัวเลขค่าสีเป็นหลัก ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งมีรายละเอียดของค่าสีของปลาทดลองเริ่มต้น ได้แก่ ค่าความสว่าง (Lightness; L) และค่าวงล้อเฉดสี Hue (h) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนความเข้มสีแดงส้มที่เกิดจากการหักเหแสง (Chroma; c) มีค่าสูงสุดในปลาที่ได้รับอาหารสูตร T3 แต่ก็ไม่แตกต่างจากอาหารสูตร T2

ที่ระยะเวลา 20 วัน หลังจากทดลองพบว่า ค่าความสว่าง (Lightness; L) และความเข้มสีแดงส้ม (Chroma; c) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ค่า Hue (h) ของปลากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร T2 แตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 70.88±8.87

ที่ระยะเวลา 40 วัน พบว่า ค่าความสว่าง (Lightness; L) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนความเข้มสีแดงส้ม (Chroma; c) มีค่าสูงในปลาที่ได้รับอาหารสูตร T4 และ T3 มีค่าเท่ากับ 47.20±10.89 และ 45.87±8.46 โดยแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ค่า Hue (h) ของปลากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร T2 ยังคงมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 70.83±6.74

ที่ระยะเวลา 60 วัน พบว่า ค่าความสว่าง (Lightness; L) และความเข้มสีแดงส้ม (Chroma; c) ให้ผลที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนค่า Hue (h) ของปลากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร T2 และ T1 มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 80.76±4.34

**Table 5** Light, chroma and hue value in the skin of experimental fish as different time

Times	Skin pigment	control diet (T1)	carrot diets (T2)	pumpkin diet (T3)	sweet potato diet (T4)
Initial	Lightness (L)	67.92±6.44 <sup>ns</sup>	66.12±9.75 <sup>ns</sup>	65.54±4.21 <sup>ns</sup>	63.48±6.87 <sup>ns</sup>
	Chroma (c)	56.48±6.86 <sup>ab</sup>	51.98±9.11 <sup>b</sup>	58.74±5.68 <sup>a</sup>	57.72±5.19 <sup>a</sup>
	Hue (h)	63.25±7.22 <sup>ns</sup>	65.93±8.77 <sup>ns</sup>	63.42±5.28 <sup>ns</sup>	63.04±8.17 <sup>ns</sup>
20 days	Lightness (L)	64.40±6.05 <sup>ns</sup>	67.82±6.06 <sup>ns</sup>	64.00±5.57 <sup>ns</sup>	66.45±7.36 <sup>ns</sup>
	Chroma (c)	51.53±8.84 <sup>ns</sup>	51.82±5.42 <sup>ns</sup>	52.75±7.64 <sup>ns</sup>	53.11±9.40 <sup>ns</sup>
	Hue (h)	68.10±7.58 <sup>ab</sup>	70.88±8.87 <sup>a</sup>	64.49±6.20 <sup>b</sup>	66.23±6.07 <sup>ab</sup>
40 days	Lightness (L)	70.44±9.57 <sup>ns</sup>	74.65±5.01 <sup>ns</sup>	73.82±5.14 <sup>ns</sup>	72.66±5.49 <sup>ns</sup>
	Chroma (c)	36.83±6.81 <sup>b</sup>	41.58±6.25 <sup>ab</sup>	45.87±8.46 <sup>a</sup>	47.20±10.89 <sup>a</sup>
	Hue (h)	68.50±4.03 <sup>ab</sup>	70.83±6.74 <sup>a</sup>	65.34±5.69 <sup>b</sup>	69.38±5.75 <sup>ab</sup>
60 days	Lightness (L)	65.65±5.37 <sup>ns</sup>	67.18±5.93 <sup>ns</sup>	63.29±4.59 <sup>ns</sup>	66.57±4.65 <sup>ns</sup>
	Chroma (c)	52.05±4.49 <sup>ns</sup>	52.26±4.64 <sup>ns</sup>	53.26±8.48 <sup>ns</sup>	52.47±9.34 <sup>ns</sup>
	Hue (h)	80.32±6.76 <sup>a</sup>	80.76±4.34 <sup>a</sup>	74.06±7.17 <sup>b</sup>	77.02±5.22 <sup>ab</sup>

[n= 5, means in the same row, sharing the different letter are significant different according to Duncan's new multiple range test]

## วิจารณ์ผล

การหาปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในวัตถุดิบอาหารธรรมชาติ ได้แก่ พักทอง แครอท มันเทศสีส้ม มันเทศสีม่วง และบีทรูท โดยการนึ่งพบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์รวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งผลจากการทดลองพบว่า การเตรียมวัตถุดิบแบบต้ม พักทองมีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุด เท่ากับ  $27.32 \pm 2.78$  ไมโครกรัมต่อกรัม ร่องลงมาได้แก่ มันเทศสีม่วง แครอท มันเทศสีส้ม และบีทรูท ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ จากการสังเกตพบว่า ในขณะที่ต้มและหลังจากต้มวัตถุดิบเสร็จแล้ว ในน้ำต้มจะมีสารสีของวัตถุดิบทดลองปนอยู่ โดยพบสีม่วงของบีทรูท มากที่สุด ตามด้วยมันเทศสีส้ม แครอท มันเทศสีม่วง และพักทองในปริมาณน้อยที่สุด ซึ่ง Preti *et al.* (2017) พบว่า ความร้อนจากการนึ่งและต้มถั่ว ทำให้สารประกอบบางชนิดและสีของถั่วเปลี่ยนไปและละลายออกมากับน้ำโดยมีความร้อนเป็นตัวพา โดยการต้มจะไปลดสารแอนตีออกซิแดนท์ในถั่วสีเหลืองลง 30 เปอร์เซ็นต์ และลดสารโพลีฟีนอลรวมในถั่วสีเขียวลง 43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการทดลองนั้น พวกเขาได้แนะนำว่าการนึ่งจะเป็นวิธีการรักษาคุณค่าของสารอาหารในวัตถุดิบได้ดีกว่าการต้ม ในทำนองเดียวกัน Palermo *et al.* (2014) ก็แนะนำว่าการนึ่งจะรักษาสภาพของฟีนอลและกลูโคซิโนเลท ในพืชผักได้ดีกว่าวิธีอื่น ๆ ในขณะที่การอบ คือการทำให้อาหารสุกโดยใช้ความร้อนจากรอบทิศทางภายในตู้ ระบายน้ำออกจากวัตถุดิบ จากการทดลองครั้งนี้พบว่า การเตรียมวัตถุดิบแบบอบแห้ง โดยใช้ความร้อน 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงนั้น แครอทมีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุด ร่องลงมาได้แก่ มันเทศเหลือง พักทอง มันเทศม่วง และบีทรูท ตามลำดับ และมีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Pinheiro-Santana *et al.* (1998) ที่รายงานว่าปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในแครอทที่ผ่านกระบวนการอบมีค่าเฉลี่ย  $130.24 \pm 14.09$  ไมโครกรัมต่อกรัม

การเจริญเติบโตของปลาสวยงามเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในรูปน้ำหนักเปียกที่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อวัน และน้ำหนักตัวปลาที่มีหน่วยเป็นกรัม จากการทดลองในครั้งนี้ อาหารปลาทั้ง 4 สูตร ให้ผลอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Zhou *et al.* (2005) ที่พบว่า การให้อาหารปลาของด้วยอาหารที่แตกต่างกัน ในปริมาณที่เท่ากัน ทำให้ปลามีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ภายใต้สภาพการเลี้ยงที่อุณหภูมิระหว่าง 20-35 องศาเซลเซียส ในทำนองเดียวกัน Gouveia *et al.* (2003) รายงานว่าปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายคลอเรลลา สีมาโตคอคคัส และสไปรูลินา ในปริมาณที่แตกต่างกันก็มีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน และจากการทดลองของ Bandyopadhyay *et al.* (2005) พบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน 32.24-42.53 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุดเท่ากับ 1.92-2.13 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอาหารที่มีโปรตีน 23.34-29.30 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 1.56-1.76 เปอร์เซ็นต์ Sun *et al.* (2012) ทดลองใช้อาหารสีที่มีส่วนผสมของสารสี ได้แก่ สารสังเคราะห์ คลอโรฟิลล์เรด จากแบคทีเรียที่สังเคราะห์แสงได้ (*Rhodospseudomonas palustris*) จุลินทรีย์อีเอ็ม (Effective microorganism) และสาหร่ายสไปรูลินา เลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พ พบว่าอาหารแต่ละชนิดไม่มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ยกเว้นอาหารที่ผสมสาหร่ายสไปรูลินาที่ให้ค่าสูงสุดและแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่รายงานของ Yanar *et al.* (2008) พบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารผสม

ถั่วอัลฟัลฟาในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้หน้าหนักรวมและอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาตกลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าในถั่วอัลฟัลฟามีปริมาณของเซลล์ลิวโลสหรือสารต้านการใช้สารอาหารเป็นองค์ประกอบสูง ในทำนองเดียวกันปลาทองที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของปลาป่นและข้าวแดงหมักก็สด มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าปลาทองที่ได้รับอาหารผสมปลาป่นอย่างเดียว ปลาป่นผสมสาหร่ายสไปรูลินาแห้ง และปลาป่นผสมเปลือกกุ้งป่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (Ungsethaphand and Wankanapol, 2008) ส่วนปริมาณการกินอาหารของปลาทดลองในครั้งนี้มีค่าแตกต่างกัน โดยเฉพาะปลาทองที่ได้รับอาหารผสมฟักทอง ค่าสังเกตที่ได้พบว่ามีค่าสูงมาก เนื่องจากในการทดลองมีการให้อาหารปลาในปริมาณที่มาก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วปลาทองมีความต้องการอาหารเพื่อการดำรงชีพระหว่าง 11.47-25.79 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะมีค่าระหว่าง 29-53 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวเท่านั้น (Sales and Janssens, 2003) และปริมาณการให้อาหารยังมีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาทองอีก โดยการให้อาหารในปริมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน จะทำให้มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ที่อุณหภูมิ น้ำ 28 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นการให้อาหารในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้ปลา มีอัตราการรอดตายที่สูงขึ้นเช่นเดียวกัน (Kestemont, 1995) โดยในการทดลองครั้งนี้พบว่าปลาทุกกลุ่มมีอัตราการรอดตายเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองครั้งนี้พบว่า ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของปลาทองตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลองมีค่าระหว่าง 63-74 ซึ่งให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความสว่างนี้มีค่าใกล้เคียงกับงานทดลองของ Gouveia *et al.* (2003) ที่ให้อาหารผสมสาหร่ายชนิดต่าง ๆ ที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมอยู่ด้วยเลี้ยงปลาทอง และเมื่อวัดค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ที่ผิวหนังปลา ได้ค่าอยู่ระหว่าง 68-69 แต่อาหารที่ผสมสาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella vulgaris*) และสาหร่ายสีแดง (*Haematococcus pluvialis*) มีผลทำให้สีแดง ( $a^*$ ) และมุมมองของฮิว ( $h^*$ ) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่ง Gouveia and Rema (2005) ได้รายงานอีกว่าปลาทองที่ได้รับอาหารผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ที่ระดับ 45-120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสาหร่ายคลอเรลลา 45-80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 40-45.5 ในขณะที่ปลาทองที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายคลอเรลลา 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) สูงกว่าทุกกลุ่มและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) Kiriratnikom *et al.* (2005) ศึกษาในระดับของสไปรูลินาในอาหารต่อการเจริญเติบโตและการเร่งสีปลาทอง พบว่า ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในชุดการทดลองที่ไม่เสริมสไปรูลินา มีค่าเท่ากับ 50.86 ในขณะที่ในชุดการทดลองที่เสริมสไปรูลินาที่ระดับ 1, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.23, 48.53 และ 47.53 ตามลำดับ ซึ่งค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของปลาทองมีค่าใกล้เคียงกันกับค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของผิวหนังโซนสีส้มแดงของปลาแฟนซีคาร์พที่รายงานโดย Sun *et al.* (2012) ที่มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 54-71 ปลาแฟนซีคาร์พที่กินอาหารผสมสารสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เรด ให้ค่าความสว่างสูงที่สุด

ค่าโครมา ( $C^*$ ) ของการทดลองครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 52.02- 53.26 เป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่มองเห็นเป็นสีแดง ทำให้ปลาทดลองที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสีจากธรรมชาติต่างกัน สามารถส่งผลให้เกิดสีแดงที่ใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะอาหารผสมฟักทองให้ค่าใกล้เคียงกันกับอาหารผสมแครอท ส่วนค่ามุมมองของฮิว ( $h^*$ ) ของปลา

ที่ได้รับอาหารแครอทที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่ระยะเวลา 20 วันจนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 70.88-80.76 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ Kalinoski *et al.* (2007) ที่ใช้เปลือกกุ้งป่นเป็นแหล่งสารสีในอาหารปลาทรายแดง (*Pargus pargus*) พบว่า เมื่อปลาได้รับอาหารผสมเปลือกกุ้งสูงขึ้นจะทำให้ค่ามุมมองของค่าฮิว (h\*) ลดลง โดยที่ระยะเวลา 60, 120 และ 180 วัน มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 60.18-67.55, 58.53-64.38 และ 50.47-66.51 ตามลำดับ

ผลจากการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบว่า การเตรียมฟักทองแบบต้มและการอบแห้งแครอททำให้มีปริมาณแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณแคโรทีนอยด์รวมและปริมาณที่เพิ่มขึ้นในเนื้อปลาที่ได้รับอาหารสูตร T2 มีค่าสูงที่สุด ปลาที่มีอัตราการกินอาหารสูตร T3 สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ของปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกัน จากการวิจัยสรุปได้ว่าเราสามารถนำฟักทองอบแห้งและแครอทอบแห้งเป็นแหล่งสารสีในอาหารปลาของได้ ซึ่งทำให้ปลามีสีแดงส้มและแดงสี hue สูงที่สุด และต้นทุนการผลิตอาหารปลาทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 38.61-39.93 บาทต่อกิโลกรัม

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณ ปี พ.ศ. 2559 ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

#### เอกสารอ้างอิง

- Bandyopadhyay, P. Swain, S.K. and Mishra, S. 2005. Growth and dietary utilization in goldfish (*Carassius auratus* Linn.) fed diets formulated with various local agro-produces. *Bioresource Technology* 96: 731–740.
- Baranski, R., Allender, C. and Klimek-Chodacka, M. 2012. Towards better tasting and more nutritious carrots: Carotenoid and sugar content variation in carrot genetic resources. *Food Research International* 47: 182–187.
- Baron, M., Davies, S., Alexander, L., Grove, D.S. and Sloman, K.A. 2008. The effect of dietary pigments on the coloration and behavior of flame-red dwarf gourami, *Colisa lalia*. *Animal Behaviour* 75: 1041-1051.
- Britton, G., Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H. 1995. Carotenoids. Volume 1A: Isolation and analysis. Birkhauser: Basel, Switzerland. 328 pp.
- Carvalho, L.M.J., Gomes, P.B., Oliveira Godoy, R. L., Pacheco, S., Monte, P.H.F., Carvalho, J.L.V., Nutti, M.R., Neves, A.C.L., Vieira, A.C.R.A. and Ramos, S.R.R. 2012. Total carotenoid content,  $\alpha$ -carotene and  $\beta$ -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): A preliminary study. *Food Research International* 47: 337-340.

- Chatzifotis, S., Pavlidis, M., Jimeno, C.D., Vardanis, G., Sterioti, A. and Divanach, P. 2005. The effect of different carotenoid sources on skin coloration of cultured red porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquaculture Research* 36: 1517-1525.
- Ezhil, J., Jeyanthi, C. and Narayanan, M. 2008. Marigold as a carotenoid source on pigmentation and growth of red swordtail, *Xiphophorus helleri*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 8: 99-102.
- Fikselová M., Šilhár S., Mareček J., Frančáková H. 2008: Extraction of carrot (*Daucus carota* L.) carotenes under different conditions. *Czech J. Food Sci.* 26: 268–274.
- Gouveia, L. and Rema, P. 2005. Effect of microalgal biomass concentration and temperature on ornamental fish (*Cyprinus carpio*) skin pigmentation. *Aquaculture Nutrition* 11: 19-23.
- Gouveia, L., Rema, P., Pereira, O. and Empis, J. 2003. Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. *Aquaculture Nutrition* 9; 123-129.
- Ishida, H., Suzuno, H., Sugiyama, N., Innami S., Tadokoro, T. and Maekawa, A. 2000. Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Poir). *Food Chemistry* 68: 359-367.
- Kalinowski, C.T., Izquierdo, M.S., Schuchardt, D. and Robaina, L.E. 2007. Dietary supplementation time with shrimp shell meal on red porgy (*Pagrus pagrus*) skin colour and carotenoid concentration. *Aquaculture* 272: 451–457.
- Kestemont, P. 1995. Influence of feed supply, temperature and body size on the growth of goldfish *Carassius auratus* larvae. *Aquaculture* 136: 341-349.
- Kiriratnikom, S., Zauu, R., Suwanpugdee, A. 2005. Effects of various levels of *Spirulina* on growth performance and pigmentation in goldfish (*Carassius auratus*). *Songklanakarin J. Sci. Technology* Vol. 27 (Suppl.1), 2005 : Aquatic Science.
- Maoka, T. 2011. Carotenoids in Marine Animals. *Marine Drugs* 9: 278-293.
- Murkovic, M., Ileder, U. MÜ. and Neunteufl, H. 2002. Carotenoid content in different varieties of pumpkins. *Journal of Food Composition and Analysis* 15: 633–638.
- Palermo, M., Pellegrini, N. and Fogliano, V. 2014. The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94: 1057–1070.
- Pinheiro-Santana, H.M, Stringheta, P.C., Brandão, S.C.C., Vitarelli de Queiróz, V.M. 1998. Evaluation of total carotenoids,  $\alpha$ - and  $\beta$ -carotene in carrots (*Daucus carota* L.) during home processing. *Cienc Technology Aliment* 18: 1 Campaigns Jan/Apr.

- Preti, R., Rapa, M. and Vinci, G. 2017. Effect of steaming and boiling on the antioxidant properties and biogenic amines content in green bean (*Phaseolus vulgaris*) varieties of different colours. Journal of Food Quality Volume (2017): 8 pp.
- Promya, J., Ungsethaphand, T, and Saetun, K. 2007. Effect of raw *Spirulina* on growth performance, nutrition valued and carotenoid in red Tilapia (*Oreochromis* sp.). Journal of Fisheries Technology Research. Vol.1, Jan-June; 30-41. [in Thai]
- Ramamoorthy, K. Bhuvanewari, S. Sankar, G. and Sakkaravarthi, K. 2010. Proximate composition and carotenoid content of natural carotenoid sources and its colour enhancement on marine ornamental fish *Amphiprion ocellaris* (Cuveir 1880). World Journal of Fish and Marine Sciences 2 (6): 545-550.
- Roncarati, A., Sirri, F., Felici, A., Stocchi, L., Melotti, P. and Meluzzi, A. 2011. Effects of dietary supplementation with krill meal on pigmentation and quality of flesh of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Italian Journal of Animal Science 10: e27.
- Sachindra, N.M., Bhaskar, N., Siddegowda, G.S. Sathisha, A.D. and Suresh, P.V. 2007. Recovery of carotenoids from ensilaged shrimp waste. Bioresource Technology 98: 1642–1646.
- Sales, J. and Janssens, G.J. 2003. Nutrient requirement of ornamental fish. Aquatic Living Resources 16: 533-540.
- Sermwatanakul, A. and Bamrungdham, B. 2000. Ornamental fish nutrition. Extension paper No. 1/2000. Department of Fisheries, Bangkok Thailand. [in Thai]
- Sermwatanakul, A., Somseub, P., Tongsree, N. and Wongsawan, S. 2005. Aquatic food and production. Department of Fisheries, Bangkok Thailand. [in Thai]
- Sornsupharp, B., K. Lomthaisong, H.-U. Dahms & L. Sanoamuang, 2015. Effects of dried fairy shrimp *Streptocephalus sirindhornae* meal on pigmentation and carotenoid deposition in flowerhorn cichlid; *Amphilophus citrinellus* (Günther, 1864) × *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1867). Aquaculture Research 46: 173–184.
- Sun, X., Chang, Y., Ye, Y., Ma, Z., Liang, Y., Li, T., Jiang, N., Xing, W. and Luo, L. 2012. The effect of dietary pigments on the coloration of Japanese ornamental carp (koi, *Cyprinus carpio* L.). Aquaculture (342-343): 62-68.
- Tejera, N., Cejas, J.R., Rodríguez, C. Bjerkgeng, B., Jerez, S., Bolaños, A. and Lorenzo, A. 2007. Pigmentation, carotenoids, lipid peroxides and lipid composition of skin of red porgy (*Pagrus pagrus*) fed diets supplemented with different astaxanthin sources. Aquaculture 270: 218-230.

- Ungsethaphand, T and Wankanapol, A. 2008. The effect of dietary pigment on the coloration and growth of gold fish *Carassius auratus*. Faculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Chiangmai Thailand. [in Thai]
- Yanar, Y., Buyukcapar, H., Yanar, M. and Gocer, M. 2007. Effect of carotenoids from red pepper and marigold flower on pigmentation, sensory properties and fatty acid composition of rainbow trout. *Food Chemistry* 100: 326-330.
- Yanar, M., Erçen, Z., Hunt, A.Ö. and Büyükçapar, H.M. 2008. The use of alfalfa, *Medicago sativa* as a natural carotenoid source in diets of goldfish, *Carassius auratus*. *Aquaculture* 284: 196-200.
- Zhou, Z., Xie, S., Lei, W., Zhu, X. and Yang, Y. 2005. A bioenergetic model to estimate feed requirement of gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. *Aquaculture* 248: 287-297.