

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๙/๒๕๖๓



Technical Paper No. 9/2020

ผลของไลโซเลซิทินต่อปริมาณแอสตาแซนทินที่มีผลต่อสีปลาทอง  
Effect of Lysolecithin to Astaxanthin on Color  
of Goldfish *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758)

ญาณัท แสงชื่น  
กฤษณา เตบสัน  
ประวิไลดา วิกฤษย์พัฒน์

Yanut Seangchuen  
Krissana Tebsun  
Pravilada Wigraiphath

กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

กรมประมง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Inland Aquaculture Research and  
Development Division

Department of Fisheries

Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๙/๒๕๖๓



Technical Paper No. 9/2020

ผลของไลโซเลซิทินต่อปริมาณแอสตาแซนทินที่มีผลต่อสีปลาทอง  
Effect of Lysolecithin to Astaxanthin on Color  
of Goldfish *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758)

ญาณัท แสงชื่น  
กฤษณา เตบสัน  
ประวีลดา วิก्रीयพัฒน์

Yanut Seangchuen  
Krissana Tebsun  
Pravilada Wigraiphath

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยง  
สัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ  
กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด

Aquatic Plants and Ornamental Fish  
Aquaculture Research and Development  
Inland Aquaculture Research and  
Development Division

กรมประมง

Department of Fisheries

๒๕๖๓

2020

รหัสทะเบียนวิจัย 62-1-0306-62025

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	4
วิธีดำเนินการ	4
1. การวางแผนการศึกษา	4
2. วิธีการศึกษา	5
3. การวิเคราะห์ข้อมูล	8
ผลการศึกษา	9
1. ผลของการใช้ไลโซเลซิทินต่อปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ในปลาทอง	9
2. ผลของการใช้ไลโซเลซิทินต่อค่าความเข้มของสีปลาทอง	11
3. ผลของการใช้ไลโซเลซิทินต่อกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้ของปลาทอง	19
4. คุณสมบัติของน้ำ	20
วิจารณ์ผลการศึกษา	21
สรุปผลการศึกษา	23
ข้อเสนอแนะ	23
คำขอบคุณ	23
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก	28

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบและคุณค่าทางเคมีของอาหารทดลองปลาทองที่มีระดับไลโซเลซิทินต่างกัน	6
2	ปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในอวัยวะปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงเวลาต่างกัน	10
3	ค่าความชื้นสีเฉลี่ย (Means±SD) ของผิวหนังตัวปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองโดยมีระดับไลโซเลซิทินในอาหารต่างกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	13
4	ค่าความชื้นสีเฉลี่ย (Means±SD) ของผิวหนังตัวปลาทองหลังจากที่เลี้ยงต่อด้วยอาหารที่ไม่มีไลโซเลซิทินและแอสตาแซนทินเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์	14
5	ค่าความชื้นสีเฉลี่ย (Means±SD) ของหางปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองโดยมีระดับไลโซเลซิทินในอาหารต่างกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	17
6	ค่าความชื้นสีเฉลี่ย (Means±SD) ของหางปลาทองหลังจากที่เลี้ยงต่อด้วยอาหารที่ไม่มีไลโซเลซิทินและแอสตาแซนทินเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์	18
7	กิจกรรมเอนไซม์ไลเปส (unit/mg protein) ในลำไส้ของปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงเวลาต่างกัน	20
8	คุณสมบัติของน้ำบางประการระหว่างการเลี้ยงปลาทองในแต่ละชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	21

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ตำแหน่งการวัดสีบริเวณผิวลำตัวและหางปลาทอง	8
2 ปริมาณแอสตาแซนทีนที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ในหนังรวมเกล็ดปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงเวลาต่างกัน	10
3 ปริมาณแอสตาแซนทีนที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ในหางปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงเวลาต่างกัน	11
4 ค่าความสว่างเฉลี่ย (L* value) ของผิวลำตัวปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในแต่ละสัปดาห์	14
5 ค่าความเข้มสีแดงเฉลี่ย (a* value) ของผิวลำตัวปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในแต่ละสัปดาห์	15
6 ค่าความเข้มสีเหลืองเฉลี่ย (b* value) ของผิวลำตัวปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในแต่ละสัปดาห์	15
7 ค่าความสว่างเฉลี่ย (L* value) ของหางปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในแต่ละสัปดาห์	18
8 ค่าความเข้มสีแดงเฉลี่ย (a* value) ของหางปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในแต่ละสัปดาห์	19
9 ค่าความเข้มสีเหลืองเฉลี่ย (b* value) ของหางปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในแต่ละสัปดาห์	19
10 กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้ปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงเวลาต่างกัน	20
ภาพผนวกที่	
1 สูตรโครงสร้างทางเคมีของเลซิตินและไลโซเลซิติน	28
2 สูตรโครงสร้างทางเคมีของแอสตาแซนทีน	28
3 เครื่องมือวัดสี colorimeter	28
4 ปลาทองเริ่มต้นทดลอง	29
5 ปลาทองที่ได้รับอาหารที่ผสมไลโซเลซิตินในระดับต่างกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	29
6 ปลาทองที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสมไลโซเลซิตินและแอสตาแซนทีนเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง)	29

# ผลของไลโซเลซิดินต่อปริมาณแอสตาแซนทินที่มีผลต่อสีปลาทอง

ญาณัท แสงชื่น<sup>1\*</sup>, กฤษณา เตบสัน<sup>1</sup> และ ประวิไลดา วิกฤษพัฒน์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>กลุ่มวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ, <sup>2</sup>กองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ

## บทคัดย่อ

การศึกษาผลของไลโซเลซิดินต่อปริมาณแอสตาแซนทินที่มีผลต่อสีปลาทอง โดยมี 6 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมีระดับของไลโซเลซิดินในอาหาร 0, 0.1, 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อาหารทุกชุดการทดลองผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ 150 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ให้ปลาทองกินอาหารทดลองวันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ หลังจากนั้นเลี้ยงปลาทองต่อเนื่องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยทุกชุดการทดลองให้กินอาหารที่ไม่ผสมไลโซเลซิดินและแอสตาแซนทินสังเคราะห์ วิเคราะห์ปริมาณแอสตาแซนทินในหนังรวมเกล็ด และหาง วัดค่าความเข้มสีที่ลำตัว หาง และวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้ปลาทอง

ผลการศึกษาพบว่า สัปดาห์ที่ 8 ปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ในหนังรวมเกล็ดเท่ากับ  $40.79 \pm 2.95$ ,  $44.86 \pm 1.46$ ,  $50.41 \pm 2.93$ ,  $51.83 \pm 2.88$ ,  $52.70 \pm 2.50$  และ  $52.39 \pm 2.57$  มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ในหางเท่ากับ  $46.41 \pm 1.30$ ,  $51.19 \pm 2.00$ ,  $56.73 \pm 2.04$ ,  $56.64 \pm 2.36$ ,  $57.78 \pm 2.20$  และ  $56.79 \pm 2.16$  มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบว่า ปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ในหนังรวมเกล็ด และหาง ในชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่ชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 มากกว่าชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าความเข้มสีแดงบริเวณผิวลำตัวเท่ากับ  $23.87 \pm 1.63$ ,  $26.51 \pm 1.31$ ,  $27.27 \pm 1.42$ ,  $27.92 \pm 1.92$ ,  $28.08 \pm 1.61$  และ  $28.51 \pm 1.85$  ตามลำดับ บริเวณหางเท่ากับ  $31.58 \pm 1.87$ ,  $32.55 \pm 1.48$ ,  $34.59 \pm 1.11$ ,  $34.80 \pm 1.45$ ,  $35.20 \pm 1.10$  และ  $35.01 \pm 2.01$  ตามลำดับ โดยพบว่า ค่าความเข้มสีแดงบริเวณผิวลำตัว และหางในชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่มากกว่าชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 1 และ 2 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนค่าความสว่างและความเข้มสีเหลืองมีค่าแปรผกผันกับค่าความเข้มสีแดง สำหรับกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้เท่ากับ  $8.51 \pm 1.71$ ,  $9.67 \pm 1.86$ ,  $12.04 \pm 0.91$ ,  $11.36 \pm 1.13$ ,  $10.88 \pm 1.50$  และ  $11.05 \pm 1.62$  unit/mg protein ตามลำดับ โดยพบว่า กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่มากกว่าชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 1 และ 2 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และเมื่อปลาทองได้รับอาหารที่ไม่ผสมไลโซเลซิดินและแอสตาแซนทินสังเคราะห์เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ในหนังรวมเกล็ด และหาง ค่าความเข้มของสีแดงบริเวณผิวลำตัวและหาง ทุกชุดการทดลองมีค่าลดลง แต่ความแตกต่างทางสถิติของแต่ละชุดการทดลองสอดคล้องกับช่วงระยะเวลา 8 สัปดาห์ สำหรับกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้ ทุกชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) การศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า อาหารที่มีระดับไลโซเลซิดิน 0.25 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมในการพัฒนาปลาทองให้มีสีแดง เนื่องจากในหนังรวมเกล็ด หาง มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ปริมาณมาก และบริเวณผิวลำตัว หาง ให้ค่าความเข้มสีแดงมาก โดยที่ระดับของการใช้ไลโซเลซิดินในอาหารน้อยที่สุด

**คำสำคัญ:** ปลาทอง, ไลโซเลซิดิน, สี, แอสตาแซนทิน, เอนไซม์ไลเปส

**\*ผู้รับผิดชอบ:** กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด กรมประมง เกษตรกลาง จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร. 0 2516 9125 Email: kr\_0904@hotmail.com

## Effect of Lysolecithin to Astaxanthin on Color of Goldfish *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758)

Yanut Seangchuen<sup>1\*</sup>, Krissana Tebsun<sup>1</sup> and Privilada Wigraiphath<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aquatic Plants and Ornamental Fish Aquaculture Research and Development Group

<sup>2</sup>Aquatic Animal Feed Research and Development Division

### Abstract

The effect of lysolecithin to astaxanthin on color of goldfish was studied. There were 6 treatments with 6 different levels of lysolecithin at 0, 0.1, 0.25, 0.5, 0.75 and 1% in diets, respectively. All diets were mixed with 150 mg synthetic astaxanthin per 1 kg feed. Fish were fed twice daily for 8 weeks, after that fish were fed with diet without lysolecithin and synthetic astaxanthin for 4 weeks. Astaxanthin in skin with scale, tail fin, color intensity of body and tail fin and activity of lipase enzyme in intestine of goldfish were determined afterwards.

The result showed that in the eighth week, astaxanthin esters in skin with scale of treatment 1-6 were 40.79±2.95, 44.86±1.46, 50.41±2.93, 51.83±2.88, 52.70±2.50 and 52.39±2.57 mg/kg, respectively, and in tail fins were 46.41±1.30, 51.19±2.00, 56.73±2.04, 56.64±2.36, 57.78±2.20 and 56.79±2.16 mg/kg, respectively. Astaxanthin esters in skin with scale and tail fin among treatment 3, 4, 5 and 6 were not statistically significant difference ( $p>0.05$ ) but those were significantly higher than treatment 1 and 2 ( $p<0.05$ ). The  $a^*$  value (redness) in body of 6 treatments were 23.87±1.63, 26.51±1.31, 27.27±1.42, 27.92±1.92, 28.08±1.61 and 28.51±1.85, respectively, and in tail fins were 31.58±1.87, 32.55±1.48, 34.59±1.11, 34.80±1.45, 35.20±1.10 and 35.01±2.01, respectively. The  $a^*$  value on body and tail fin in treatment 3, 4, 5 and 6 were not statistically different ( $p>0.05$ ) but treatment 3, 4, 5 and 6 were remarkably higher than treatment 1 ( $p<0.05$ ) and no statistically significance ( $p>0.05$ ) was found between treatment 1 and treatment 2. The  $L^*$  value (lightness) and  $b^*$  value (yellowness) are inversely proportional to  $a^*$  value. Lipase enzyme activities were 8.51±1.71, 9.67±1.86, 12.04±0.91, 11.36±1.13, 10.88±1.50 and 11.05±1.62 unit/mg protein, respectively. Lipase enzyme activity in treatment 3, 4, 5 and 6 were not significant difference ( $p>0.05$ ), however those were significantly higher than treatment 1 ( $p<0.05$ ). There was no statistically difference ( $p>0.05$ ) between treatment 1 and 2. After goldfish were fed without lysolecithin and synthetic astaxanthin for 4 weeks, it was found that astaxanthin esters in skin with scale and in tail fin,  $a^*$  value of body and tail fin in all treatments decreased in similarities trend with the eighth week period of experiment. No significant difference was observed in lipase enzyme activity in intestine in all treatments ( $p>0.05$ ). In conclusion, feeding goldfish with 0.25% lysolecithin is a suitable dose for red intensity development due to it was the lowest concentration of lysolecithin in diet with highly astaxanthin esters and red intensity in skin with scale and tail fin of goldfish.

**Keywords:** Goldfish, lysolecithin, color, astaxanthin, lipase enzyme

---

**\*Corresponding author:** Inland Aquaculture Research and Development Division,  
Department of Fisheries, Kasetklang, Chatuchak, Bangkok 10900  
Tel 0 2516 9125 E-mail: kr\_0904@hotmail.com

## คำนำ

ปลาทอง (Goldfish) เป็นปลาสวยงามน้ำจืดที่มีลักษณะรูปร่างและสีสันทันที่มีความงดงาม ทำให้ได้รับความนิยมมากทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ (กฤษณา และคณะ, 2559) ปลาทองติดอันดับ 1 ใน 10 ของชนิดปลาสวยงามที่มีปริมาณและมูลค่าการส่งออกมากที่สุดมาอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2562 ปริมาณการส่งออก 2,408,076 ตัว คิดเป็นมูลค่า 33,554,905.64 บาท (ด้านตรวงสัตว์น้ำทำอากาศยาน สุวรรณภูมิ, 2563) นับเป็นปลาสวยงามที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย ซึ่งเกษตรกรผู้ผลิตปลาทองมีการพัฒนาในด้านการผลิต เพื่อให้ได้ปลาทองที่มีลักษณะตรงความต้องการของตลาด เช่น ลักษณะทางด้านรูปร่าง การดูแลปลาให้มีความแข็งแรง นอกจากนี้ สีสันทันที่แสดงออกมาของปลาทองก็เป็นปัจจัยสำคัญในการดึงดูดและตัดสินใจซื้อของผู้ซื้อ โดยสีบริเวณผิวหนังของปลาทองเพิ่มขึ้นโดยการเสริมแคโรทีนอยด์สังเคราะห์หรือแคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสกัด เช่น ซีแซนทีน ลูทีน หรือแอสตาแซนทีน (Hata and Hata, 1972); (Matsuno *et al.*, 1981); (Paripatananont *et al.*, 1999) เนื่องจากปลาไม่สามารถผลิตแคโรทีนอยด์ใช้เองได้ จึงต้องได้รับแคโรทีนอยด์จากอาหารที่ปลากิน (Price *et al.*, 2008) เพื่อนำสารสีเข้าไปสะสมในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย นอกจากนี้ Hata and Hata (1971) รายงานว่า แคโรทีนอยด์ที่บริเวณผิวหนังของปลาทองอยู่ในรูปเอสเทอร์ โดยส่วนใหญ่เป็นแอสตาแซนทีนเอสเทอร์ และส่วนน้อยเป็นแซนโทฟิลเอสเทอร์

ปัจจุบันมีการผลิตแอสตาแซนทีนให้อยู่ในรูปสารบริสุทธิ์ มีชื่อการค้าว่าคลอโรฟิลล์ ฟิงค์ เมื่อปลาได้รับแอสตาแซนทีนในอาหารจะต้องผ่านขบวนการย่อย การดูดซึม และสะสมในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ที่ผ่านมามีผู้ศึกษาวิจัยในการนำแอสตาแซนทีนผสมอาหารเพื่อพัฒนาปรับปรุงสีในปลาสวยงาม โดยผลการศึกษาพบว่า แอสตาแซนทีนสามารถเพิ่มความเข้มสีของปลาได้ เช่น ในปลาทอง (ทิพวรรณ และคณะ, 2541) ปลาสอด (พ้วน และทิพวรรณ, 2546) และปลากะแห (ดาราวรรณ และคณะ, 2547) การใช้สารสีผสมในอาหารปลาจึงได้รับความนิยมในตลาดปลาสวยงาม นอกจากนั้น การศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการนำสารสีไปใช้เพื่อสะสมและแสดงออกในตัวปลา ยังมีความสำคัญ ซึ่ง Torrissen (1989) รายงานว่าการคงอยู่ของแคโรทีนอยด์ขึ้นอยู่กับ การดูดซึม การขนส่ง และขบวนการเมแทบอลิซึม ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการละลาย การดูดซึม และสะสมของแคโรทีนอยด์คือไขมันที่มีในอาหาร เนื่องจากแคโรทีนอยด์เป็นสารประกอบที่ละลายในไขมัน (Choubert *et al.*, 2006) สอดคล้องกับการศึกษาของ กฤษณา และคณะ (2559) พบว่า ปลาทองที่ได้รับอาหารผสมแอสตาแซนทีน 150 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ที่มีระดับไขมันในอาหาร 8 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าความเข้มของสีแดง สีเหลือง และปริมาณแคโรทีนอยด์รวมในเกล็ดและหนังมากกว่าปลาทองที่ได้รับอาหารผสมแอสตาแซนทีน 150 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ที่มีระดับไขมัน 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับปลาทองที่ได้รับอาหารที่มีระดับไขมัน 6 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Torrissen (1985) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมแคโรทีนอยด์ในปลาเรนโบว์ เทร์ราท์ พบว่า ไขมันในอาหารมีผลต่อการสะสมของแคโรทีนอยด์ในปลา ดังนั้น ความสามารถในการละลายและการดูดซึมของไขมันจึงน่าจะมีผลต่อเนื้อในขบวนการนำแคโรทีนอยด์ไปใช้ โดยมีรายงานว่าสารชีวเคมีบางชนิด เช่น ไลโซเลซิทิน เลซิทิน มีผลต่อการแตกตัวของไขมันให้มีโมเลกุลเล็ก ๆ ทำให้ไขมันมีขนาดเล็กลง มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ไลเปส ซึ่งทำหน้าที่ย่อยไขมันได้ดีขึ้น (Polin, 1980); (Soares and Lopez-Bote, 2002); (Gu and Li, 2003) การเติมไลโซเลซิทินเป็นสารเสริมในอาหารปลาทองจึงน่าจะสามารถทำให้ไขมันมีการกระจายตัวได้ดี เพิ่มการใช้ประโยชน์จากไขมันได้มากขึ้น ส่งผลต่อการละลาย การดูดซึมสารสีแอสตาแซนทีน และการสะสมสารสีในตัวปลา ได้ปลาทองที่มีสีสันทันสวยงาม อีกทั้งช่วยลดต้นทุนในการผลิตอาหารได้

ไลโซเลซิทิน (Lysolecithin) เป็นสารธรรมชาติที่พบได้มากในถั่วเหลือง ประกอบด้วยฟอสฟอรัสกับไขมันบางชนิด และกลุ่มวิตามินบี ไลโซเลซิทินเกิดขึ้นเมื่อเอนไซม์ฟอสโฟไลเปส เอ ทำปฏิกิริยาย่อยสลาย



พันธะเอสเทอร์ตรงตำแหน่งคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของเลซิธิน (Kini, 1997) จากโครงสร้างของไลโซเลซิธินพบว่า มีคุณสมบัติช่วยทำให้ไขมันแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ (emulsifying agent) สามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำทำให้ร่างกายมีการย่อยและการดูดซึมไขมันได้ดีขึ้น (พอพงศ์ และบัณฑิต, 2559) การเติมสาร emulsifier จากภายนอกในกระบวนการ emulsification อาจช่วยทำให้ไขมันมีขนาดเล็กลง มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ไลเปสซึ่งทำหน้าที่ย่อยไขมันได้ดีขึ้น (พอพงศ์ และบัณฑิต, 2559) อ้างตาม Kussaibati *et al.*, 1982) เช่นเดียวกับ Reynier *et al.* (1985) รายงานว่า การเสริมไลโซเลซิธินในอาหารสามารถทำให้เกิด micelles ขนาดเล็กซึ่งส่งผลให้มีการดูดซึมผ่านผนังเซลล์ได้ง่ายขึ้น ในปัจจุบันมีการนำไลโซเลซิธินผสมในอาหารสัตว์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำให้ไขมันกระจายตัวได้ดีกว่าน้ำดี (Lennox *et al.*, 1968) ประสิทธิภาพการย่อยไขมันที่ดีในสัตว์ สามารถทำให้เพิ่มการใช้ประโยชน์จากไขมันได้มากขึ้น ดังนั้น นักวิจัยจึงมีการศึกษาการนำไลโซเลซิธินมาใช้ประโยชน์ในอาหารสัตว์ โดยที่ผ่านมาจะมุ่งเน้นใช้ไลโซเลซิธินเพื่อศึกษาด้านประสิทธิภาพการย่อยอาหารและการเจริญเติบโตในสัตว์น้ำ โดย Li *et al.* (2019) ได้ศึกษาการใช้ไลโซเลซิธินในอาหารปลา Turbot ระยะ Juvenile ที่ระดับไลโซเลซิธิน 0, 0.1, 0.25, 0.4 และ 0.55 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร พบว่า การเสริมไลโซเลซิธินที่ระดับ 0.55 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร มีปริมาณเอนไซม์ไลเปสในซีรัมสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ นอกจากนี้ พอพงศ์ และบัณฑิต (2559) ได้ศึกษาการใช้ไลโซเลซิธินในอาหารต่อประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารและการเจริญเติบโตในปลานิล โดยใช้ระดับไลโซเลซิธินระดับ 0, 0.0125, 0.0250 และ 0.0375 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร พบว่าการเสริมไลโซเลซิธินที่ระดับ 0.0250 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร ทำให้ปลานิลมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และมีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสดีที่สุดในกลุ่ม นอกจากนี้มีการศึกษาการใช้ไลโซเลซิธินในไก่ โดยให้ไก่ได้รับอาหารที่ผสมสารสีแซนโทฟิลล์ และมีระดับไลโซเลซิธิน 0 และ 0.02 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร พบว่าการใช้ไลโซเลซิธินทำให้ Yolk ของไข่มีค่าสีแดงมากกว่าไก่ที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสมไลโซเลซิธิน และอาหารที่ผสมไลโซเลซิธินร่วมกับน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันไก่ทำให้ Yolk ของไข่มีค่าสีแดงมากกว่าการใช้ไลโซเลซิธินเพียงอย่างเดียว (David *et al.*, 1999) การใช้ไลโซเลซิธินช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและการควบคุมการเผาผลาญไขมันในไก่ไข่ (Dan, 2008) และนอกจากนี้มีการศึกษาในสัตว์ปีกโดย Xing *et al.* (2004) ศึกษาการใช้ไลโซเลซิธินในหมู พบว่าการใช้ไลโซเลซิธินในอาหารทำให้หมูมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีกว่าที่ไม่ได้ใช้ไลโซเลซิธิน และไลโซเลซิธินมีแนวโน้มในการเพิ่มการย่อยได้ของไขมัน

## วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาระดับที่เหมาะสมของไลโซเลซิธินต่อปริมาณแอสตาแซนทินที่มีผลต่อสีปลาทอง โดยพิจารณาจากปริมาณแอสตาแซนทินในหนังรวมเกล็ด หาง และความเข้มสีบริเวณผิวหนังลำตัวและหางปลาทอง

## วิธีดำเนินการ

### 1. การวางแผนการศึกษา

#### 1.1 การวางแผนทดลอง

ดำเนินการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด completely randomized design (CRD) โดยแบ่งการทดลองเป็น 6 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารมีระดับไลโซเลซิธิน 0 เปอร์เซ็นต์ (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารมีระดับไลโซเลซิธิน 0.10 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารมีระดับไลโซเลซิดิน 0.25 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารมีระดับไลโซเลซิดิน 0.50 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 5 อาหารมีระดับไลโซเลซิดิน 0.75 เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลองที่ 6 อาหารมีระดับไลโซเลซิดิน 1 เปอร์เซ็นต์

อาหารทุกชุดการทดลองผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ 150 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

## 1.2 สถานที่และระยะเวลาดำเนินการ

ดำเนินการทดลองที่กลุ่มวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึงกันยายน 2562 เป็นระยะเวลา 84 วัน

## 2. วิธีการศึกษา

### 2.1 การเตรียมการทดลอง

#### 2.1.1 การเตรียมปลาทดลอง

จัดหาปลาทองจากฟาร์มเอกชนที่ได้รับการรับรองมาตรฐานการจัดการฟาร์มเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำสวยงามในพื้นที่ จ.ราชบุรี ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงพ่อแม่เดียวกันและรุ่นเดียวกัน อายุประมาณ 6 สัปดาห์ จำนวน 500 ตัว ใส่ตู้กระจกขนาด 36 x 18 x 18 นิ้ว ที่ใส่น้ำปริมาณ 175 ลิตร ตู้ละ 20 ตัว ใช้ตู้จำนวน 25 ตู้ แต่ละตู้ให้อากาศผ่านหัวทรายจำนวน 1 หัว และตัวกรองฟองน้ำจำนวน 1 ตัว งดให้อาหาร 2 วัน จากนั้นเริ่ม ฝึกให้กินอาหารทดลองที่ไม่มีส่วนผสมของไลโซเลซิดินและแอสตาแซนทินสังเคราะห์เพื่อให้สีผิวปลาทอง ปรับสภาพอยู่ในระดับพื้นฐานที่ไม่ได้รับปัจจัยของสารสีจากอาหาร ทำการเลี้ยงปลาทองเป็นระยะเวลา 28 วัน (4 สัปดาห์)

#### 2.1.2 การเตรียมอาหารทดลอง

เตรียมอาหารทดลองโดยชั่งวัตถุดิบตามปริมาณส่วนประกอบที่นำมาใช้เป็นส่วนผสม ของอาหารทดลอง 6 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1 สูตรละ 5 กิโลกรัม

การละลายแอสตาแซนทินในแต่ละสูตร เตรียมโดยนำแอสตาแซนทินสังเคราะห์ ที่มีชื่อทางการค้า คลอโรฟิลล์ ฟิงค์ มีความเข้มข้นของแอสตาแซนทิน 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น อาหารในแต่ละสูตรใช้ คลอโรฟิลล์ ฟิงค์ ปริมาณ 1.50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ละลายในน้ำมันของแต่ละชุดการทดลองในสูตรอาหาร ตารางที่ 1 นำวัตถุดิบต่าง ๆ ที่เตรียมไว้ในแต่ละชุดการทดลองผสมให้เข้ากันในเครื่องผสมอาหาร แล้วเติมน้ำ ลงไปประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำไปอัดเม็ด และนำอาหารไปผึ่งลมให้แห้ง

ผลิตอาหารชุดที่ไม่มีส่วนผสมของไลโซเลซิดินและแอสตาแซนทินสังเคราะห์ เพื่อใช้เป็น อาหารให้ปลาทองก่อนทำการทดลอง (เพื่อให้ปลาไม่ได้รับปัจจัยของแหล่งสารสี) และหลังจาก 8 สัปดาห์ที่ปลา ได้รับอาหารทดลอง (เพื่อศึกษาการคงอยู่ของแอสตาแซนทินในปลา) โดยวัตถุดิบเหมือนชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) แต่ไม่ผสมไลโซเลซิดินและแอสตาแซนทินสังเคราะห์

ทำการสุ่มอาหารแต่ละสูตรประมาณ 200 กรัม เพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์โปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้าโดยวิธี proximate analysis ตามวิธี AOAC (2016) และเยื่อใยโดยวิธี In - house method based on ISO 6865:2000 และทำการสุ่มอาหารสูตรละประมาณ 100 กรัม เพื่อวิเคราะห์หา ปริมาณแอสตาแซนทินในอาหาร โดยวิธีดัดแปลงของ Britton *et al.* (1995a) สกัดตัวอย่างด้วย acetone แยกแอสตาแซนทินที่ละลายอยู่ใน acetone ทั้งหมดออกด้วย diethyl ether ก่อนนำแอสตาแซนทินที่ละลาย ใน diethyl ether มาระเหยแห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน การวิเคราะห์ปริมาณแอสตาแซนทินนำตัวอย่างที่สกัดได้ วัดปริมาณแอสตาแซนทิน ตามวิธีการดัดแปลงของ Britton *et al.* (1995b) โดยนำตัวอย่างมาละลายด้วย

ethyl acetate วัดที่ความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร คำนวณปริมาณแอสตาแซนทิน โดยวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง เท่ากับ 2500 ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ยี่ห้อ Alliance รุ่น Waters 2695 ส่วนอาหารทดลองที่เหลือเก็บใส่ถุงพลาสติกสีดำ ปิดให้สนิทแล้วแช่ตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาใช้ทดลองต่อไป

**ตารางที่ 1** ส่วนประกอบและคุณค่าทางเคมีของอาหารทดลองปลาทองที่มีระดับไลโซเลซิดีนต่างกัน

ส่วนประกอบ (กรัม/อาหาร 100 กรัม)	ชุดการทดลอง					
	1 (ชุดควบคุม)	2	3	4	5	6
ปลาป่น (โปรตีน 60%)	40	40	40	40	40	40
กากถั่วเหลือง (โปรตีน 44%)	25	25	25	25	25	25
แป้งมันสำปะหลัง	10.65	10.55	10.4	10.15	9.9	9.65
แป้งสาลี	10	10	10	10	10	10
Wheat gluten	8	8	8	8	8	8
น้ำมันปลา	1	1	1	1	1	1
น้ำมันปาล์ม	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
โคลีน	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
วิตามินซี	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
ไคคลอเซียมฟอสเฟต	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
สารเหนียว	1	1	1	1	1	1
Polymethylcarbamide	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
วิตามินรวม <sup>1</sup>	1	1	1	1	1	1
แอสตาแซนทินสังเคราะห์ (10%)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
ไลโซเลซิดีน	0	0.1	0.25	0.5	0.75	1
<b>รวม</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>ผลจากการวิเคราะห์</b>						
แอสตาแซนทิน (มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม) <sup>2</sup>	114.78	110.52	111.43	113.56	114.63	110.34
<b>คุณค่าทางเคมี (%น้ำหนักแห้ง)</b>						
โปรตีน	47.92	47.76	47.68	47.26	47.01	47.18
ไขมัน	5.02	4.99	5.11	5.10	5.09	5.13
ความชื้น	8.33	8.28	10.22	10.81	10.52	10.07
เถ้า	12.12	12.16	13.66	12.38	12.64	12.59
เยื่อใย	1.29	1.27	1.45	1.31	1.39	1.35

**หมายเหตุ** <sup>1</sup> วิตามินรวม 1 กิโลกรัม ประกอบด้วย vitamin A 500,000 IU; vitamin D 50,000 IU; vitamin E 10 g; vitamin K 3 g; thiamine 2 g; riboflavin 5 g; niacin 150 mg; pyridoxine 4 g; vitamin C 40 g; cobalamin 0.015 mg; pantothenic acid 9 g; folic acid 1 g; vitamin B<sub>2</sub> 1,000 mg; vitamin B<sub>6</sub> 1,000 mg และ vitamin B<sub>12</sub> 40 mg

<sup>2</sup> แอสตาแซนทิน ในแต่ละชุดการทดลองเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแล้วแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

## 2.2 การดำเนินการทดลอง

### 2.2.1 ปลาทดลอง

คัดปลาทองที่มีขนาดตัวและความเข้มสีที่ใกล้เคียงกันจากข้อ 2.1.1 จำนวน 360 ตัว จากนั้นสุ่มนับปลาใส่ตู้กระจกขนาด  $36 \times 18 \times 18$  นิ้ว ที่ใส่น้ำปริมาณ 175 ลิตร ตู้ละ 20 ตัว ใช้ตู้จำนวน 18 ตู้ แต่ละตู้ให้อากาศโดยใช้ตัวกรองฟองน้ำจำนวน 1 ตัว

### 2.2.2 การให้อาหารทดลองและการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

เลี้ยงปลาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดย 8 สัปดาห์แรกให้อาหารทดลองของแต่ละชุดการทดลอง หลังจากเลี้ยงครบ 8 สัปดาห์ ทำการเลี้ยงปลาทองต่อเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยทุกชุดการทดลองให้อาหารที่ไม่ผสมไลโซเลซิทินและแอสตาแซนทินสังเคราะห์ เพื่อศึกษาการคงอยู่ของสีและปริมาณแอสตาแซนทินในหนังรวมเกล็ดและหางปลาทอง ในแต่ละวันให้อาหารปริมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว/วัน แบ่งให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 08.30 น. และ 16.00 น. บันทึกปริมาณอาหารที่กิน อัตราการรอดตาย และชั่งน้ำหนักปลารวมเพื่อคำนวณปริมาณอาหารทุก 2 สัปดาห์ โดยหลังจากให้อาหารในตอนเช้า ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำในตู้ทุกวัน

### 2.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณแอสตาแซนทิน

วิเคราะห์ปริมาณแอสตาแซนทินปลาทอง 2 ส่วน คือ ส่วนของหนังรวมเกล็ดและหาง การวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ปลาเริ่มต้นทดลอง เมื่อกินอาหารทดลองครบ 8 สัปดาห์ และเมื่อกินอาหารที่ไม่ผสมไลโซเลซิทินและแอสตาแซนทินสังเคราะห์ ครบ 4 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง) โดยสุ่มวิเคราะห์ตู้ทดลองละ 2 ตัว

การสกัดแอสตาแซนทิน ใช้วิธีดัดแปลงของ Britton *et al.* (1995a) สกัดตัวอย่างด้วย acetone แยกแอสตาแซนทินที่ละลายอยู่ใน acetone ทั้งหมดออกด้วย diethyl ether ก่อนนำแอสตาแซนทินที่ละลายใน diethyl ether มาระเหยแห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน การวิเคราะห์ปริมาณแอสตาแซนทิน นำตัวอย่างที่สกัดได้มาวัดปริมาณแอสตาแซนทิน ตามวิธีการดัดแปลงของ Britton *et al.* (1995b) โดยนำตัวอย่างละลายด้วย ethyl acetate วัดที่ความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร คำนวณปริมาณแอสตาแซนทิน โดยวัดค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง เท่ากับ 2500 ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

### 2.2.4 การวัดค่าความเข้มสี

สุ่มปลาจำนวนตู้ละ 6 ตัว วัดความเข้มของสีปลาเริ่มต้นทดลอง และทุก 2 สัปดาห์จนครบ 12 สัปดาห์ โดยวัด 2 ตำแหน่ง คือ บริเวณผิวลำตัว และบริเวณหาง (ภาพที่ 1) โดยบริเวณผิวลำตัว ทำการวัดทั้ง 2 ข้าง (ซ้ายและขวา) เพื่อหาค่าเฉลี่ยความเข้มสี การวัดความเข้มสีใช้เครื่องมือวัดสี colorimeter (ภาพผนวกที่ 1) โดยอ่านค่าในระบบสีแบบ CIE  $L^*a^*b^*$  (Skrede and Storebakken, 1987)

$L^*$  คือค่าความสว่าง มีค่าระหว่าง 0 ถึง 100 (ถ้าค่าสูงมีความสว่างมาก มีความทึบแสงน้อย)

$a^*$  คือค่าสีเขียวถึงสีแดง มีค่าระหว่าง -50 ถึง 50 (ถ้าค่าสูง มีความเข้มสีแดงมาก)

$b^*$  คือค่าสีน้ำเงินถึงสีเหลือง มีค่าระหว่าง -50 ถึง 100 (ถ้าค่าสูง มีความเข้มสีเหลืองมาก)

### 2.2.5 การศึกษากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้

ศึกษากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้ การวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ปลาเริ่มต้นทดลอง เมื่อกินอาหารทดลองครบ 8 สัปดาห์ และเมื่อกินอาหารที่ไม่ผสมไลโซเลซิทินและแอสตาแซนทินสังเคราะห์ครบ 4 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง) โดยสุ่มวิเคราะห์ปลาทองตู้ทดลองละ 2 ตัว สกัดเอนไซม์ไลเปสโดยบดตัวอย่างด้วย homogenizer ใน Tris-HCl buffer ที่ pH 8 (Villasante *et al.*, 1999) แล้วนำมาวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสโดยดัดแปลงตามวิธีของ Markweg *et al.* (1995) ใช้เครื่อง

spectrophotometer วัดที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร และวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธีของ Lowry's method (Lowry *et al.*, 1951) โดยใช้ bovine serum albumin เป็นสารโปรตีนมาตรฐาน

### 2.2.6 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทุก 2 สัปดาห์ โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่เวลา 08.00 น. วัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

- อุณหภูมิน้ำ วัดด้วย Thermometer หน่วย องศาเซลเซียส
- ความเป็นกรดเป็นด่าง วัดด้วย pH meter ยี่ห้อ EUTECH รุ่น pHTestr 10
- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ วัดด้วยเครื่อง DO meter ยี่ห้อ Hanna รุ่น HI 9146

หน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L)

- ความเป็นด่างและความกระด้าง ใช้วิธี titration method ตามวิธีที่กล่าวอ้างในไมตรี และจากรูรณ (2528) หน่วย mg/L as CaCO<sub>3</sub>

- แอมโมเนียรวมและไนโตรเจน โดยใช้เครื่องมือ Spectrophotometer ยี่ห้อ HACH รุ่น DR 4000 หน่วย มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร (mg-N/L)



ก. ตำแหน่งการวัดสีบริเวณผิวลำตัวปลาทอง



ข. ตำแหน่งการวัดสีบริเวณหางปลาทอง

ภาพที่ 1 ตำแหน่งการวัดสีบริเวณผิวลำตัวและหางปลาทอง

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลในแต่ละชุดการทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวนในระหว่างชุดการทดลองโดยวิธี one way analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

## ผลการศึกษา

### 1. ผลของการใช้ไลโซเลซิดินต่อปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ในปลาทอง

1.1 ผลของการใช้ไลโซเลซิดินต่อปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ในหนังรวมเกล็ดปลาทอง ปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์เฉลี่ยในหนังรวมเกล็ดปลาทองเริ่มต้นเท่ากับ  $32.88 \pm 1.94$  มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อปลาทองได้รับอาหารทดลองที่มีระดับของไลโซเลซิดินต่างกันครบ 8 สัปดาห์ มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์เฉลี่ยในหนังรวมเกล็ด เปรียบตามชุดการทดลองเท่ากับ  $40.79 \pm 2.95$ ,  $44.86 \pm 1.46$ ,  $50.41 \pm 2.93$ ,  $51.83 \pm 2.88$ ,  $52.70 \pm 2.50$  และ  $52.39 \pm 2.57$  มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ขณะที่ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2)

หลังจากเลี้ยงปลาทองครบ 8 สัปดาห์ ให้ปลาทองในทุกชุดการทดลองกินอาหารที่ไม่มีส่วนผสมของไลโซเลซิดินและแอสตาแซนทินสังเคราะห์ เมื่อครบ 4 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง) มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์เฉลี่ยในหนังรวมเกล็ด เปรียบตามชุดการทดลองเท่ากับ  $33.99 \pm 1.51$ ,  $37.49 \pm 2.02$ ,  $41.62 \pm 1.72$ ,  $43.14 \pm 1.92$ ,  $42.60 \pm 2.55$  และ  $43.63 \pm 2.39$  มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2)

### 1.2 ผลของการใช้ไลโซเลซิดินต่อปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ในหางปลาทอง

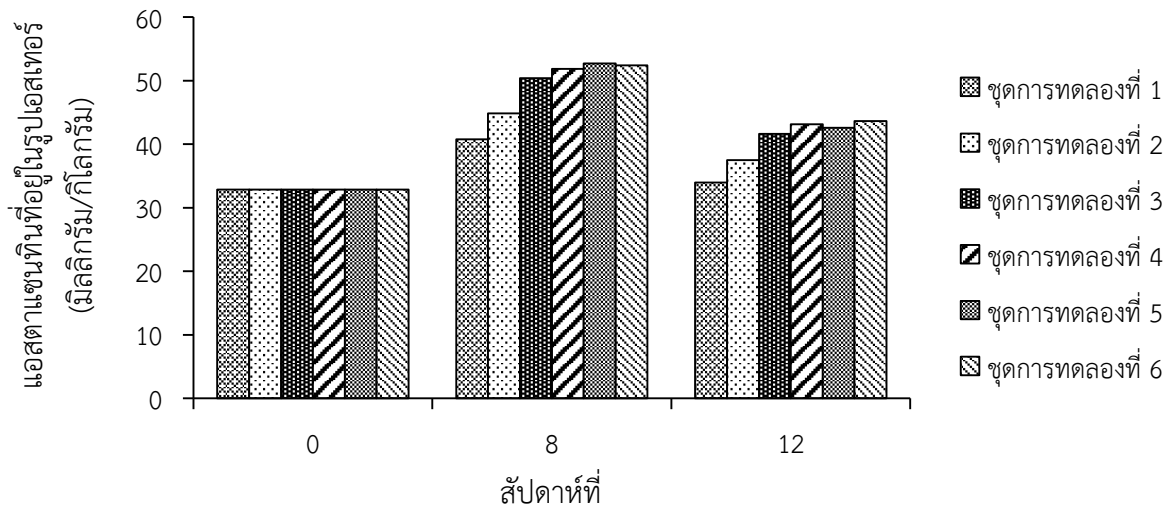
ปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์เฉลี่ยในหางปลาทองเริ่มต้นเท่ากับ  $38.56 \pm 1.25$  มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อปลาทองได้รับอาหารทดลองที่มีระดับของไลโซเลซิดินต่างกันครบ 8 สัปดาห์ มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์เฉลี่ยในหาง เปรียบตามชุดการทดลองเท่ากับ  $46.41 \pm 1.30$ ,  $51.19 \pm 2.00$ ,  $56.73 \pm 2.04$ ,  $56.64 \pm 2.36$ ,  $57.78 \pm 2.20$  และ  $56.79 \pm 2.16$  มิลลิกรัม/กิโลกรัม ชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 3)

หลังจากเลี้ยงปลาทองครบ 8 สัปดาห์ ให้ปลาทองในทุกชุดการทดลองกินอาหารที่ไม่มีส่วนผสมของไลโซเลซิดินและแอสตาแซนทินสังเคราะห์ เมื่อครบ 4 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง) มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์เฉลี่ยในหาง เปรียบตามชุดการทดลองเท่ากับ  $39.64 \pm 1.18$ ,  $42.56 \pm 2.12$ ,  $45.30 \pm 1.43$ ,  $46.05 \pm 1.92$ ,  $45.14 \pm 2.20$  และ  $46.43 \pm 2.21$  มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 3)

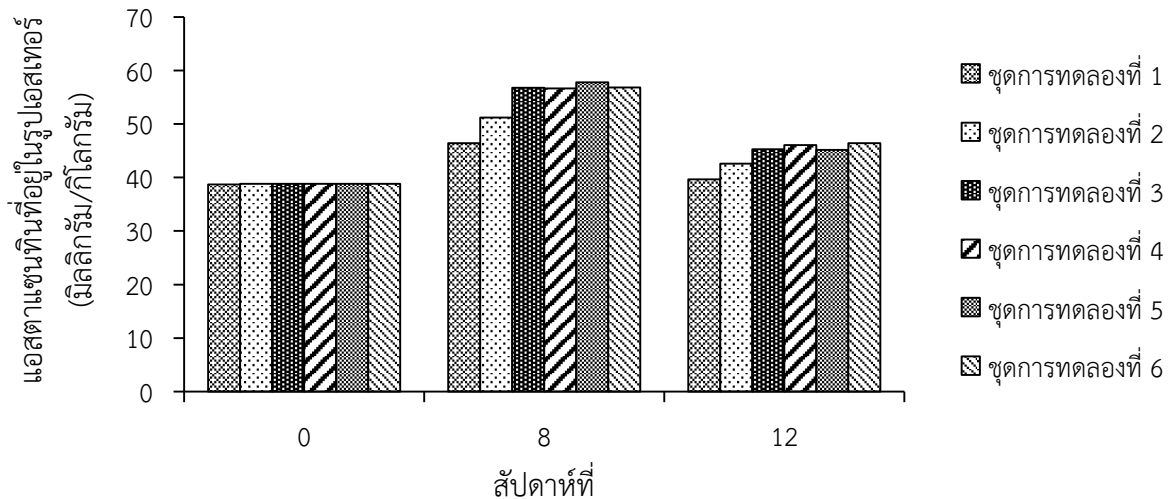
ตารางที่ 2 ปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในอวัยวะปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงเวลาต่างกัน

อวัยวะ	ชุดการทดลอง	สัปดาห์		
		0 เริ่มต้น	8 ระดับไลโซเลซิดินต่างกัน	12 ไม่มีไลโซเลซิดินและ แอสตาแซนทินสังเคราะห์
เกล็ด รวมหนึ่ง	1	32.88±1.94 <sup>a</sup>	40.79±2.95 <sup>a</sup>	33.99±1.51 <sup>a</sup>
	2	32.88±1.94 <sup>a</sup>	44.86±1.46 <sup>a</sup>	37.49±2.02 <sup>b</sup>
	3	32.88±1.94 <sup>a</sup>	50.41±2.93 <sup>b</sup>	41.62±1.72 <sup>c</sup>
	4	32.88±1.94 <sup>a</sup>	51.83±2.88 <sup>b</sup>	43.14±1.92 <sup>c</sup>
	5	32.88±1.94 <sup>a</sup>	52.70±2.50 <sup>b</sup>	42.60±2.55 <sup>c</sup>
	6	32.88±1.94 <sup>a</sup>	52.39±2.57 <sup>b</sup>	43.63±2.39 <sup>c</sup>
หาง	1	38.56±1.25 <sup>a</sup>	46.41±1.30 <sup>a</sup>	39.64±1.18 <sup>a</sup>
	2	38.56±1.25 <sup>a</sup>	51.19±2.00 <sup>b</sup>	42.56±2.12 <sup>b</sup>
	3	38.56±1.25 <sup>a</sup>	56.73±2.04 <sup>c</sup>	45.30±1.43 <sup>c</sup>
	4	38.56±1.25 <sup>a</sup>	56.64±2.36 <sup>c</sup>	46.05±1.92 <sup>c</sup>
	5	38.56±1.25 <sup>a</sup>	57.78±2.20 <sup>c</sup>	45.14±2.20 <sup>c</sup>
	6	38.56±1.25 <sup>a</sup>	56.79±2.16 <sup>c</sup>	46.43±2.21 <sup>c</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 2 ปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ในหนึ่งรวมเกล็ดปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงเวลาต่างกัน



ภาพที่ 3 ปริมาณแอสตาแซนทีนที่อยู่ในรูปแอสเทอร์ในทางปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงเวลาต่างกัน

## 2. ผลของการใช้ไลโซเลซิดินต่อค่าความเข้มของสีปลาทอง

### 2.1 ผลของการใช้ไลโซเลซิดินต่อค่าความเข้มสีผิวลำตัวปลาทอง

#### 2.1.1 ค่าความสว่างเฉลี่ย ( $L^*$ value)

ค่าความสว่างเฉลี่ยของผิวลำตัวปลาทองเริ่มต้น เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $57.57 \pm 1.41$ ,  $57.76 \pm 1.86$ ,  $57.87 \pm 1.90$ ,  $58.04 \pm 1.97$ ,  $57.69 \pm 1.35$  และ  $58.63 \pm 2.06$  ซึ่งค่าดังกล่าวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) เมื่อปลาทองได้รับอาหารทดลองที่มีระดับของไลโซเลซิดินต่างกันครบ 8 สัปดาห์ ค่าความสว่างเฉลี่ยของผิวลำตัวปลาทอง เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $50.60 \pm 1.67$ ,  $48.79 \pm 0.92$ ,  $47.61 \pm 1.19$ ,  $47.13 \pm 1.02$ ,  $47.36 \pm 1.61$  และ  $46.91 \pm 1.68$  เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าความสว่างแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) (ตารางที่ 3 และภาพที่ 4)

สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง ค่าความสว่างเฉลี่ยของผิวลำตัวปลาทอง เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $53.90 \pm 1.18$ ,  $50.47 \pm 1.05$ ,  $48.81 \pm 1.51$ ,  $47.80 \pm 1.51$ ,  $47.73 \pm 1.27$  และ  $47.42 \pm 1.28$  เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าความสว่างแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่ชุดการทดลองที่ 2 มีค่าความสว่างแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 4, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) (ตารางที่ 4 และภาพที่ 4)

#### 2.1.2 ค่าความเข้มสีแดงเฉลี่ย ( $a^*$ value)

ค่าความเข้มสีแดงเฉลี่ยของผิวลำตัวปลาทองเริ่มต้น เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $18.25 \pm 1.91$ ,  $18.29 \pm 1.01$ ,  $19.14 \pm 1.02$ ,  $19.57 \pm 1.24$ ,  $19.38 \pm 1.50$  และ  $18.59 \pm 1.25$  ซึ่งค่าดังกล่าวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) เมื่อปลาทองได้รับอาหารทดลองที่มีระดับของไลโซเลซิดินต่างกันครบ 8 สัปดาห์ ค่าความเข้มสีแดงเฉลี่ยของผิวลำตัวปลาทอง เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $23.87 \pm 1.63$ ,  $26.51 \pm 1.31$ ,  $27.27 \pm 1.42$ ,  $27.92 \pm 1.92$ ,  $28.08 \pm 1.61$  และ  $28.51 \pm 1.85$  เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุด



การทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเข้มสีแดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แต่ชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเข้มสีแดงแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าความเข้มสีแดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 3 และภาพที่ 5)

สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง ค่าความเข้มสีแดงเฉลี่ยของผิวลำตัวปลาทอง เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $20.78\pm 1.17$ ,  $23.10\pm 1.04$ ,  $24.83\pm 0.52$ ,  $26.13\pm 2.15$ ,  $25.74\pm 1.13$  และ  $26.12\pm 0.53$  เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเข้มสีแดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แต่ชุดการทดลองที่ 4, 5 และ 6 มีค่าความเข้มสีแดงแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่าความเข้มสีแดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แต่แตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) (ตารางที่ 4 และภาพที่ 5)

### 2.1.3 ค่าความเข้มสีเหลืองเฉลี่ย ( $b^*$ value)

ค่าความเข้มสีเหลืองเฉลี่ยของผิวลำตัวปลาทองเริ่มต้น เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $39.78\pm 1.50$ ,  $38.82\pm 1.37$ ,  $39.88\pm 1.01$ ,  $39.74\pm 1.56$ ,  $39.46\pm 1.84$  และ  $39.32\pm 1.92$  ซึ่งค่าดังกล่าวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) เมื่อปลาทองได้รับอาหารทดลองที่มีระดับของไลโซเลซตินต่างกันครบ 8 สัปดาห์ ค่าความเข้มสีเหลืองเฉลี่ยของผิวลำตัวปลาทอง เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $40.69\pm 1.32$ ,  $38.66\pm 1.73$ ,  $37.82\pm 1.51$ ,  $37.90\pm 0.73$ ,  $37.23\pm 1.65$  และ  $36.99\pm 1.01$  เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าความเข้มสีเหลืองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แต่ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าความเข้มสีเหลืองแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเข้มสีเหลืองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 3 และภาพที่ 6)

สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง ค่าความเข้มสีเหลืองเฉลี่ยของผิวลำตัวปลาทอง เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $43.75\pm 1.45$ ,  $41.61\pm 1.83$ ,  $39.74\pm 0.77$ ,  $39.94\pm 1.62$ ,  $39.26\pm 1.58$  และ  $39.51\pm 1.59$  เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าความเข้มสีเหลืองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แต่ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าความเข้มสีเหลืองแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเข้มสีเหลืองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 4 และภาพที่ 6)

ตารางที่ 3 ค่าความเข้มสีเฉลี่ย (Means±SD) ของผิวลำตัวปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองโดยมีระดับไลโซเลซิดินในอาหารต่างกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

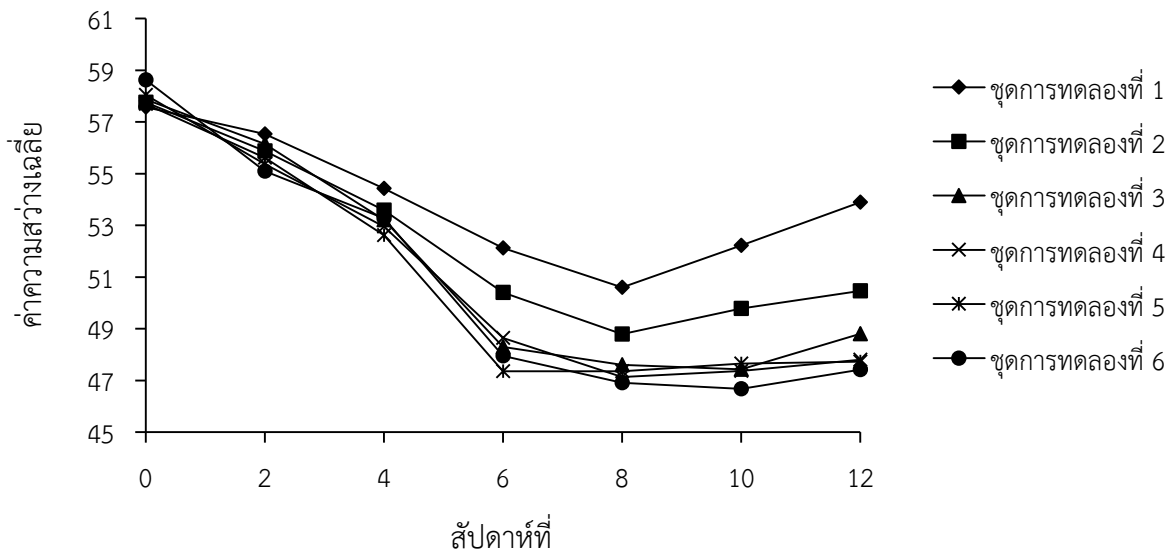
สัปดาห์	ชุดการทดลอง	ค่าความเข้มสี		
		L* value	a* value	b* value
เริ่มต้น	1	57.57±1.41 <sup>a</sup>	18.25±1.91 <sup>a</sup>	39.78±1.50 <sup>a</sup>
	2	57.76±1.86 <sup>a</sup>	18.29±1.01 <sup>a</sup>	38.82±1.37 <sup>a</sup>
	3	57.87±1.90 <sup>a</sup>	19.14±1.02 <sup>a</sup>	39.88±1.01 <sup>a</sup>
	4	58.04±1.97 <sup>a</sup>	19.57±1.24 <sup>a</sup>	39.74±1.56 <sup>a</sup>
	5	57.69±1.35 <sup>a</sup>	19.38±1.50 <sup>a</sup>	39.46±1.84 <sup>a</sup>
	6	58.63±2.06 <sup>a</sup>	18.59±1.25 <sup>a</sup>	39.32±1.92 <sup>a</sup>
2	1	56.53±2.57 <sup>a</sup>	19.57±2.16 <sup>a</sup>	40.34±1.60 <sup>a</sup>
	2	55.87±1.60 <sup>a</sup>	20.29±1.06 <sup>a</sup>	40.07±1.90 <sup>a</sup>
	3	56.15±2.67 <sup>a</sup>	20.48±1.33 <sup>a</sup>	40.70±2.04 <sup>a</sup>
	4	55.37±2.43 <sup>a</sup>	21.23±1.29 <sup>a</sup>	40.58±1.91 <sup>a</sup>
	5	55.62±2.80 <sup>a</sup>	20.69±0.67 <sup>a</sup>	40.78±1.90 <sup>a</sup>
	6	55.09±1.36 <sup>a</sup>	21.58±0.63 <sup>a</sup>	41.13±1.74 <sup>a</sup>
4	1	54.43±2.19 <sup>a</sup>	21.74±1.54 <sup>a</sup>	42.24±0.99 <sup>a</sup>
	2	53.59±1.18 <sup>a</sup>	23.18±1.24 <sup>a</sup>	42.61±1.54 <sup>a</sup>
	3	53.21±2.34 <sup>a</sup>	24.25±1.62 <sup>a</sup>	42.69±1.71 <sup>a</sup>
	4	52.95±2.03 <sup>a</sup>	23.85±1.56 <sup>a</sup>	43.24±1.96 <sup>a</sup>
	5	52.62±2.07 <sup>a</sup>	23.89±1.36 <sup>a</sup>	42.57±0.75 <sup>a</sup>
	6	53.28±0.34 <sup>a</sup>	24.30±1.14 <sup>a</sup>	43.13±2.16 <sup>a</sup>
6	1	52.13±1.29 <sup>c</sup>	23.74±1.40 <sup>a</sup>	41.42±1.90 <sup>b</sup>
	2	50.40±1.07 <sup>bc</sup>	25.81±0.85 <sup>ab</sup>	39.11±1.76 <sup>ab</sup>
	3	48.30±1.64 <sup>ab</sup>	26.60±1.80 <sup>b</sup>	39.37±1.59 <sup>ab</sup>
	4	48.65±0.77 <sup>ab</sup>	26.97±1.71 <sup>b</sup>	39.00±1.22 <sup>ab</sup>
	5	47.36±1.29 <sup>a</sup>	26.95±1.79 <sup>b</sup>	38.53±1.39 <sup>a</sup>
	6	47.95±1.66 <sup>ab</sup>	27.16±1.35 <sup>b</sup>	38.51±0.64 <sup>a</sup>
8	1	50.60±1.67 <sup>b</sup>	23.87±1.63 <sup>a</sup>	40.69±1.32 <sup>b</sup>
	2	48.79±0.92 <sup>ab</sup>	26.51±1.31 <sup>ab</sup>	38.66±1.73 <sup>ab</sup>
	3	47.61±1.19 <sup>a</sup>	27.27±1.42 <sup>b</sup>	37.82±1.51 <sup>a</sup>
	4	47.13±1.02 <sup>a</sup>	27.92±1.92 <sup>b</sup>	37.90±0.73 <sup>a</sup>
	5	47.36±1.61 <sup>a</sup>	28.08±1.61 <sup>b</sup>	37.23±1.65 <sup>a</sup>
	6	46.91±1.68 <sup>a</sup>	28.51±1.85 <sup>b</sup>	36.99±1.01 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละสัปดาห์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

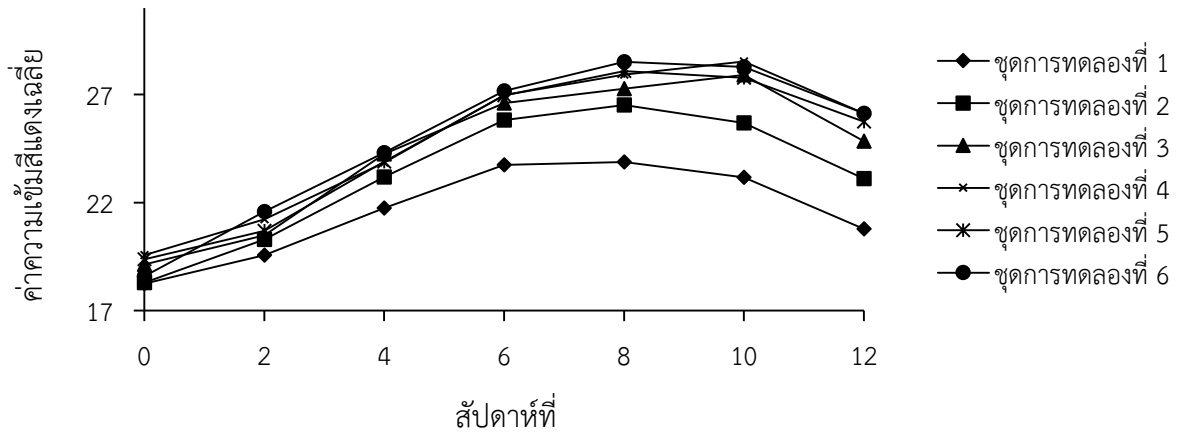
ตารางที่ 4 ค่าความเข้มสีเฉลี่ย (Means±SD) ของผิวลำตัวปลาทองหลังจากที่เลี้ยงต่อด้วยอาหารที่ไม่มีไลโซเลซิดินและแอสตาแซนทินเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

สัปดาห์	ชุดการทดลอง	ค่าความเข้มสี		
		L* value	a* value	b* value
2 (สัปดาห์ที่ 10 ของการทดลอง)	1	52.22±1.96 <sup>b</sup>	23.17±1.16 <sup>a</sup>	43.67±2.41 <sup>b</sup>
	2	49.79±1.07 <sup>ab</sup>	25.68±1.96 <sup>b</sup>	41.15±2.43 <sup>ab</sup>
	3	47.43±1.57 <sup>a</sup>	27.90±1.50 <sup>bc</sup>	39.58±1.91 <sup>a</sup>
	4	47.37±2.21 <sup>a</sup>	28.52±0.98 <sup>c</sup>	39.81±0.62 <sup>a</sup>
	5	47.66±1.07 <sup>a</sup>	27.76±1.01 <sup>bc</sup>	38.91±2.11 <sup>a</sup>
	6	46.68±2.09 <sup>a</sup>	28.27±1.02 <sup>c</sup>	39.28±1.39 <sup>a</sup>
4 (สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง)	1	53.90±1.18 <sup>c</sup>	20.78±1.17 <sup>a</sup>	43.75±1.45 <sup>b</sup>
	2	50.47±1.05 <sup>b</sup>	23.10±1.04 <sup>b</sup>	41.61±1.83 <sup>ab</sup>
	3	48.81±1.51 <sup>ab</sup>	24.83±0.52 <sup>bc</sup>	39.74±0.77 <sup>a</sup>
	4	47.80±1.51 <sup>a</sup>	26.13±2.15 <sup>c</sup>	39.94±1.62 <sup>a</sup>
	5	47.73±1.27 <sup>a</sup>	25.74±1.13 <sup>c</sup>	39.26±1.58 <sup>a</sup>
	6	47.42±1.28 <sup>a</sup>	26.12±0.53 <sup>c</sup>	39.51±1.59 <sup>a</sup>

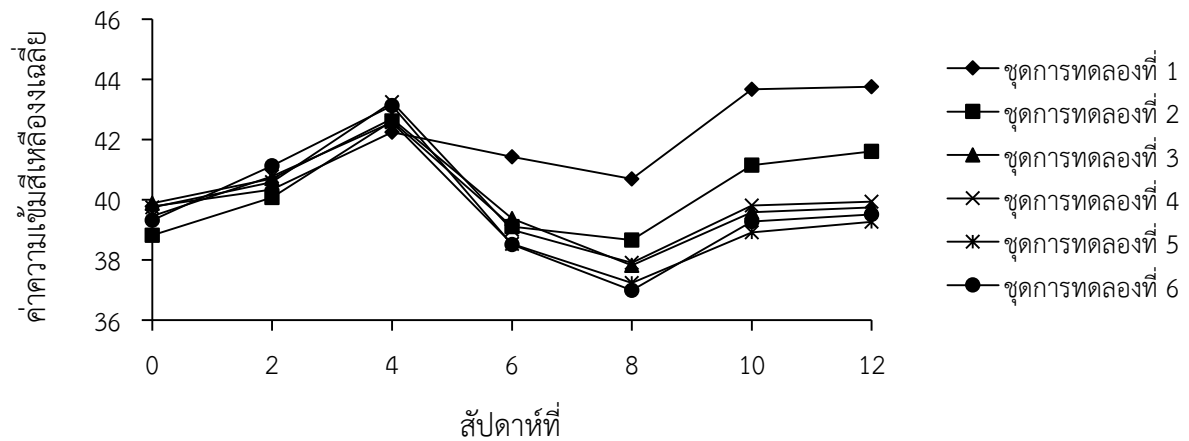
หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละสัปดาห์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 4 ค่าความสว่างเฉลี่ย (L\* value) ของผิวลำตัวปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในแต่ละสัปดาห์



ภาพที่ 5 ค่าความเข้มสีแดงเฉลี่ย (a\* value) ของพืพลำตัวปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในแต่ละสัปดาห์



ภาพที่ 6 ค่าความเข้มสีเหลืองเฉลี่ย (b\* value) ของพืพลำตัวปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในแต่ละสัปดาห์

## 2.2 ผลของการใช้ไลโซเลซิทินต่อค่าความเข้มสีทางปลาทอง

### 2.2.1 ค่าความสว่างเฉลี่ย (L\* value)

ค่าความสว่างเฉลี่ยของทางปลาทองเริ่มต้น เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $47.16 \pm 2.13$ ,  $46.71 \pm 1.86$ ,  $47.02 \pm 2.09$ ,  $47.79 \pm 2.13$ ,  $46.91 \pm 1.74$  และ  $47.56 \pm 2.02$  ซึ่งค่าดังกล่าวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) เมื่อปลาทองได้รับอาหารทดลองที่มีระดับของไลโซเลซิทินต่างกันครบ 8 สัปดาห์ ค่าความสว่างเฉลี่ยของทางปลาทอง เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $41.71 \pm 1.24$ ,  $41.05 \pm 1.42$ ,  $38.56 \pm 1.25$ ,  $38.33 \pm 1.60$ ,  $38.28 \pm 1.71$  และ  $38.40 \pm 1.30$  เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าความสว่างแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) (ตารางที่ 5 และภาพที่ 7)

สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง ค่าความสว่างเฉลี่ยของทางปลาทอง เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $45.17 \pm 1.34$ ,  $44.00 \pm 1.61$ ,  $42.38 \pm 1.70$ ,  $42.47 \pm 1.52$ ,  $42.07 \pm 1.57$  และ  $41.74 \pm 1.76$  เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าความสว่างแตกต่างกัน

อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แต่ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าความสว่างแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 6 และภาพที่ 7)

### 2.2.2 ค่าความเข้มสีแดงเฉลี่ย ( $a^*$ value)

ค่าความเข้มสีแดงเฉลี่ยของหางปลาทองเริ่มต้น เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $26.26\pm 2.19$ ,  $25.13\pm 1.01$ ,  $26.64\pm 1.87$ ,  $26.56\pm 2.04$ ,  $25.48\pm 1.02$  และ  $25.12\pm 1.44$  ซึ่งค่าดังกล่าวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) เมื่อปลาทองได้รับอาหารทดลองที่มีระดับของไลโซเลซิดินต่างกันครบ 8 สัปดาห์ ค่าความเข้มสีแดงเฉลี่ยของหางปลาทอง เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $31.58\pm 1.87$ ,  $32.55\pm 1.48$ ,  $34.59\pm 1.11$ ,  $34.80\pm 1.45$ ,  $35.20\pm 1.10$  และ  $35.01\pm 2.01$  เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเข้มสีแดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเข้มสีแดงแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ขณะที่ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าความเข้มสีแดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 5 และภาพที่ 8)

สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง ค่าความเข้มสีแดงเฉลี่ยของหางปลาทอง เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $27.66\pm 0.98$ ,  $28.48\pm 1.44$ ,  $30.62\pm 1.78$ ,  $30.79\pm 1.68$ ,  $31.05\pm 1.39$  และ  $31.26\pm 1.95$  เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเข้มสีแดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเข้มสีแดงแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ขณะที่ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าความเข้มสีแดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 6 และภาพที่ 8)

### 2.2.3 ค่าความเข้มสีเหลืองเฉลี่ย ( $b^*$ value)

ค่าความเข้มสีเหลืองเฉลี่ยของหางปลาทองเริ่มต้น เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $32.70\pm 1.66$ ,  $32.71\pm 1.57$ ,  $31.12\pm 1.52$ ,  $31.31\pm 2.19$ ,  $31.11\pm 1.78$  และ  $32.61\pm 1.90$  ซึ่งค่าดังกล่าวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) เมื่อปลาทองได้รับอาหารทดลองที่มีระดับของไลโซเลซิดินต่างกันครบ 8 สัปดาห์ ค่าความเข้มสีเหลืองเฉลี่ยของหางปลาทอง เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $33.14\pm 2.12$ ,  $33.93\pm 0.94$ ,  $35.95\pm 1.05$ ,  $36.80\pm 1.93$ ,  $36.45\pm 1.67$  และ  $35.57\pm 1.74$  เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเข้มสีเหลืองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 4 และ 5 มีค่าความเข้มสีเหลืองแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ขณะที่ชุดการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 6 มีค่าความเข้มสีเหลืองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 5 และภาพที่ 9)

สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง ค่าความเข้มสีเหลืองเฉลี่ยของหางปลาทอง เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $32.39\pm 1.82$ ,  $33.71\pm 1.15$ ,  $35.26\pm 1.53$ ,  $35.70\pm 1.10$ ,  $35.98\pm 1.32$  และ  $35.69\pm 1.12$  เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเข้มสีเหลืองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 มีค่าความเข้มสีเหลืองแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) ขณะที่ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าความเข้มสีเหลืองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 6 และภาพที่ 9)

ตารางที่ 5 ค่าความเข้มสีเฉลี่ย (Means±SD) ของหางปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองโดยมีระดับไลโซเลซิดิน ในอาหารต่างกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

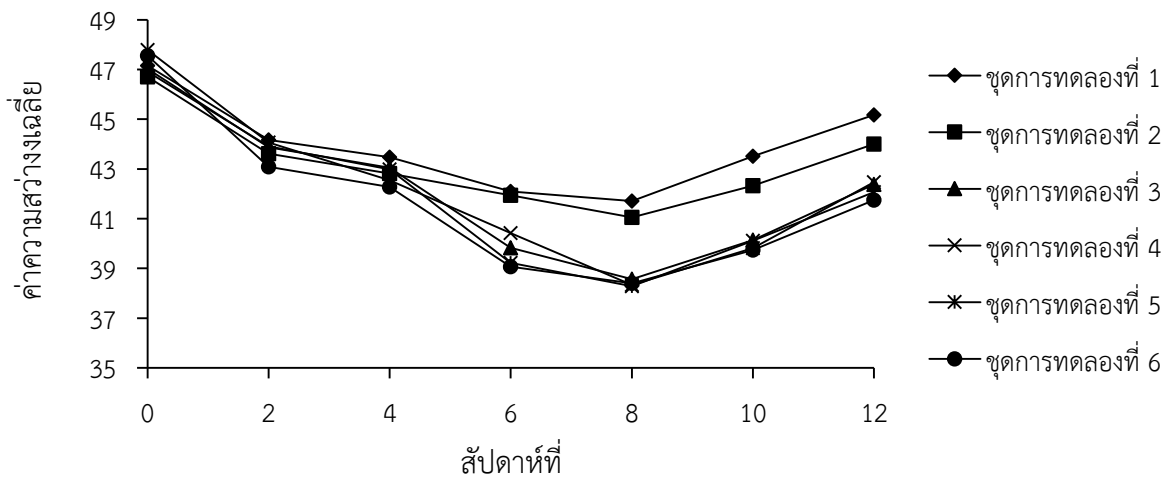
สัปดาห์	ชุดการทดลอง	ค่าความเข้มสี		
		L* value	a* value	b* value
เริ่มต้น	1	47.16±2.13 <sup>a</sup>	26.26±2.19 <sup>a</sup>	32.70±1.66 <sup>a</sup>
	2	46.71±1.86 <sup>a</sup>	25.13±1.01 <sup>a</sup>	32.71±1.57 <sup>a</sup>
	3	47.02±2.09 <sup>a</sup>	26.64±1.87 <sup>a</sup>	31.12±1.52 <sup>a</sup>
	4	47.79±2.13 <sup>a</sup>	26.56±2.04 <sup>a</sup>	31.31±2.19 <sup>a</sup>
	5	46.91±1.74 <sup>a</sup>	25.48±1.02 <sup>a</sup>	31.11±1.78 <sup>a</sup>
	6	47.56±2.02 <sup>a</sup>	25.12±1.44 <sup>a</sup>	32.61±1.90 <sup>a</sup>
2	1	44.17±1.45 <sup>a</sup>	27.13±2.19 <sup>a</sup>	33.63±2.19 <sup>a</sup>
	2	43.61±1.11 <sup>a</sup>	27.53±1.63 <sup>a</sup>	34.25±1.32 <sup>a</sup>
	3	43.87±2.31 <sup>a</sup>	27.44±1.31 <sup>a</sup>	33.75±1.28 <sup>a</sup>
	4	44.07±1.52 <sup>a</sup>	28.99±1.46 <sup>a</sup>	33.92±1.59 <sup>a</sup>
	5	43.91±2.23 <sup>a</sup>	28.23±1.55 <sup>a</sup>	34.77±1.77 <sup>a</sup>
	6	43.09±1.41 <sup>a</sup>	28.55±1.98 <sup>a</sup>	34.05±1.59 <sup>a</sup>
4	1	43.47±1.70 <sup>a</sup>	29.22±1.43 <sup>a</sup>	34.56±1.71 <sup>a</sup>
	2	42.82±1.57 <sup>a</sup>	30.39±1.56 <sup>a</sup>	35.70±2.88 <sup>a</sup>
	3	43.05±1.90 <sup>a</sup>	29.94±1.77 <sup>a</sup>	36.02±1.34 <sup>a</sup>
	4	42.54±1.58 <sup>a</sup>	30.93±1.61 <sup>a</sup>	36.07±1.59 <sup>a</sup>
	5	42.98±2.18 <sup>a</sup>	31.80±2.25 <sup>a</sup>	36.30±1.58 <sup>a</sup>
	6	42.28±1.91 <sup>a</sup>	31.20±1.46 <sup>a</sup>	35.89±1.53 <sup>a</sup>
6	1	42.09±1.34 <sup>b</sup>	30.97±1.34 <sup>a</sup>	35.16±2.05 <sup>a</sup>
	2	41.94±1.47 <sup>b</sup>	31.32±1.51 <sup>ab</sup>	36.87±0.91 <sup>ab</sup>
	3	39.83±2.06 <sup>ab</sup>	32.36±1.82 <sup>ab</sup>	38.45±0.84 <sup>b</sup>
	4	40.42±0.83 <sup>ab</sup>	32.79±1.82 <sup>ab</sup>	38.17±1.95 <sup>b</sup>
	5	39.22±1.09 <sup>a</sup>	34.23±1.22 <sup>b</sup>	38.46±1.79 <sup>b</sup>
	6	39.07±1.14 <sup>a</sup>	34.03±1.35 <sup>b</sup>	39.03±1.04 <sup>b</sup>
8	1	41.71±1.24 <sup>b</sup>	31.58±1.87 <sup>a</sup>	33.14±2.12 <sup>a</sup>
	2	41.05±1.42 <sup>ab</sup>	32.55±1.48 <sup>ab</sup>	33.93±0.94 <sup>ab</sup>
	3	38.56±1.25 <sup>a</sup>	34.59±1.11 <sup>b</sup>	35.95±1.05 <sup>ab</sup>
	4	38.33±1.60 <sup>a</sup>	34.80±1.45 <sup>b</sup>	36.80±1.93 <sup>b</sup>
	5	38.28±1.71 <sup>a</sup>	35.20±1.10 <sup>b</sup>	36.45±1.67 <sup>b</sup>
	6	38.40±1.30 <sup>a</sup>	35.01±2.01 <sup>b</sup>	35.57±1.74 <sup>ab</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวตั้งในแต่ละสัปดาห์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

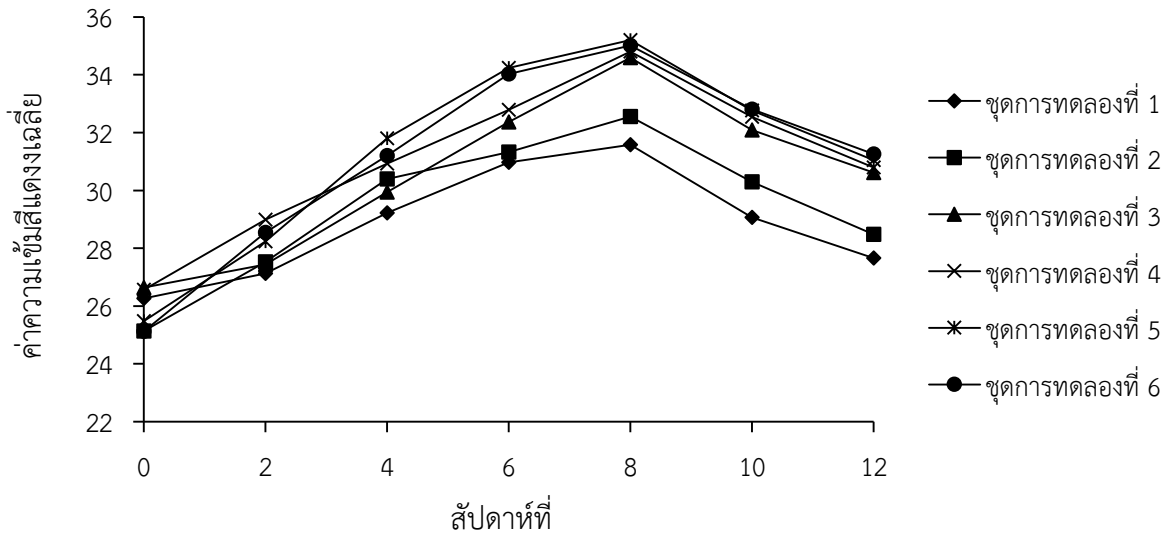
ตารางที่ 6 ค่าความเข้มสีเฉลี่ย (Means±SD) ของหางปลาทองหลังจากที่เลี้ยงต่อด้วยอาหารที่ไม่มีไลโซเลซิดิน และแอสตาแซนทินเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

สัปดาห์	ชุดการทดลอง	ค่าความเข้มสี		
		L* value	a* value	b* value
2 (สัปดาห์ที่ 10 ของการทดลอง)	1	43.51±1.17 <sup>b</sup>	29.07±1.42 <sup>a</sup>	34.10±1.75 <sup>a</sup>
	2	42.33±1.79 <sup>ab</sup>	30.29±0.98 <sup>ab</sup>	35.34±1.58 <sup>ab</sup>
	3	40.14±2.10 <sup>a</sup>	32.09±1.61 <sup>b</sup>	36.54±1.57 <sup>ab</sup>
	4	39.82±2.08 <sup>a</sup>	32.54±1.12 <sup>b</sup>	37.49±0.82 <sup>b</sup>
	5	40.11±1.27 <sup>a</sup>	32.76±1.51 <sup>b</sup>	37.27±1.74 <sup>b</sup>
	6	39.74±1.86 <sup>a</sup>	32.81±1.78 <sup>b</sup>	37.20±1.57 <sup>b</sup>
4 (สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง)	1	45.17±1.34 <sup>b</sup>	27.66±0.98 <sup>a</sup>	32.39±1.82 <sup>a</sup>
	2	44.00±1.61 <sup>ab</sup>	28.48±1.44 <sup>ab</sup>	33.71±1.15 <sup>ab</sup>
	3	42.38±1.70 <sup>a</sup>	30.62±1.78 <sup>b</sup>	35.26±1.53 <sup>b</sup>
	4	42.47±1.52 <sup>a</sup>	30.79±1.68 <sup>b</sup>	35.70±1.10 <sup>b</sup>
	5	42.07±1.57 <sup>a</sup>	31.05±1.39 <sup>b</sup>	35.98±1.32 <sup>b</sup>
	6	41.74±1.76 <sup>a</sup>	31.26±1.95 <sup>b</sup>	35.69±1.12 <sup>b</sup>

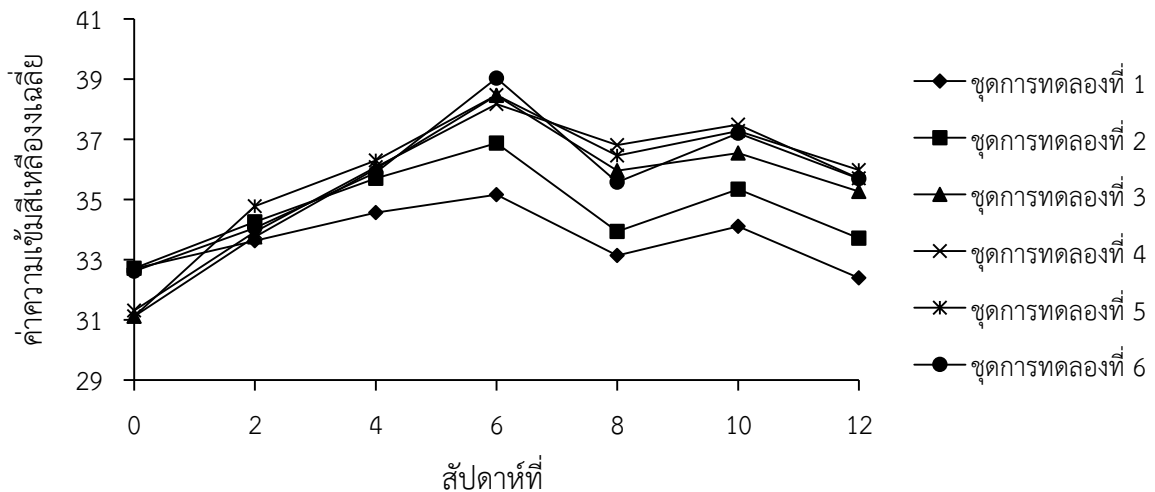
หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละสัปดาห์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 7 ค่าความสว่างเฉลี่ย (L\* value) ของหางปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในแต่ละสัปดาห์



ภาพที่ 8 ค่าความเข้มสีแดงเฉลี่ย (a\* value) ของหางปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในแต่ละสัปดาห์



ภาพที่ 9 ค่าความเข้มสีเหลืองเฉลี่ย (b\* value) ของหางปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในแต่ละสัปดาห์

### 3. ผลของการใช้ไลโซเลซตินต่อกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้ของปลาทอง

กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสเฉลี่ยในลำไส้ของปลาทองเริ่มต้นเท่ากับ  $7.50 \pm 0.96$  unit/mg protein เมื่อปลาทองได้รับอาหารทดลองที่มีระดับของไลโซเลซตินต่างกันครบ 8 สัปดาห์ กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสเฉลี่ยในลำไส้ เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $8.51 \pm 1.71$ ,  $9.67 \pm 1.86$ ,  $12.04 \pm 0.91$ ,  $11.36 \pm 1.13$ ,  $10.88 \pm 1.50$  และ  $11.05 \pm 1.62$  unit/mg protein เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนชุดการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 มีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสแตกต่างจากชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ขณะที่ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) (ตารางที่ 7 และภาพที่ 10)

สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง มีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสเฉลี่ยในลำไส้เรียงตามชุดการทดลองเท่ากับ  $9.11 \pm 1.04$ ,  $8.12 \pm 1.17$ ,  $8.88 \pm 0.92$ ,  $9.88 \pm 1.35$ ,  $9.57 \pm 0.98$  และ  $8.67 \pm 1.48$  unit/mg protein เมื่อเปรียบเทียบ

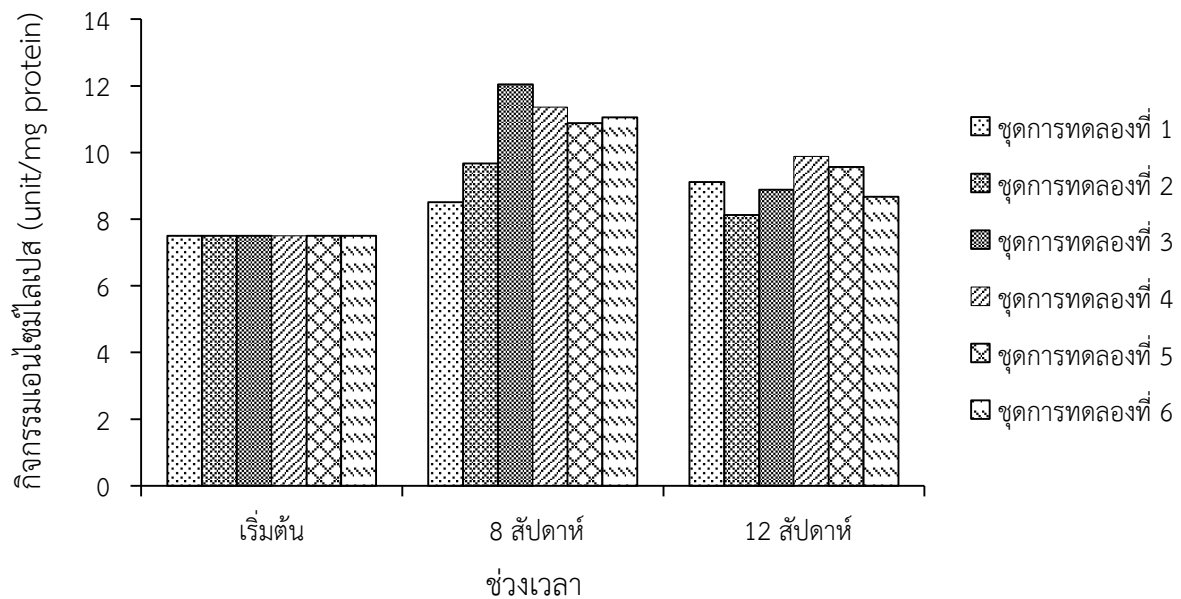


ค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองพบว่า ทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) (ตารางที่ 7 และภาพที่ 10)

**ตารางที่ 7** กิจกรรมเอนไซม์ไลเปส (unit/mg protein) ในลำไส้ของปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงเวลาต่างกัน

สัปดาห์	ชุดการทดลอง					
	1	2	3	4	5	6
เริ่มต้น	7.50±0.96 <sup>a</sup>	7.50±0.96 <sup>a</sup>	7.50±0.96 <sup>a</sup>	7.50±0.96 <sup>a</sup>	7.50±0.96 <sup>a</sup>	7.50±0.96 <sup>a</sup>
8	8.51±1.71 <sup>a</sup>	9.67±1.86 <sup>ab</sup>	12.04±0.91 <sup>b</sup>	11.36±1.13 <sup>b</sup>	10.88±1.50 <sup>b</sup>	11.05±1.62 <sup>b</sup>
12	9.11±1.04 <sup>a</sup>	8.12±1.17 <sup>a</sup>	8.88±0.92 <sup>a</sup>	9.88±1.35 <sup>a</sup>	9.57±0.98 <sup>a</sup>	8.67±1.48 <sup>a</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ )



**ภาพที่ 10** กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้ปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองในช่วงเวลาต่างกัน

#### 4. คุณสมบัติของน้ำ

คุณสมบัติของน้ำระหว่างการทดลอง อุณหภูมิน้ำมีค่าระหว่าง 26-28 องศาเซลเซียส ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าระหว่าง 5.5-5.9 mg/l ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าระหว่าง 8.0-8.5 ค่าความเป็นด่างมีค่าระหว่าง 105-119 mg/l as CaCO<sub>3</sub> ค่าความกระด้างมีค่าระหว่าง 133-148 mg/l as CaCO<sub>3</sub> ค่าแอมโมเนียรวมมีค่าระหว่าง 0.005-0.524 mg-N/l และค่าไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.012-0.254 mg-N/l (ตารางที่ 8)

**ตารางที่ 8** คุณสมบัติของน้ำบางประการระหว่างการเลี้ยงปลาทองในแต่ละชุดการทดลองเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

คุณสมบัติของน้ำ	ชุดการทดลอง					
	1 (ชุดควบคุม)	2	3	4	5	6
- อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	26-28	26-28	26-28	26-28	26-28	26-28
- ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l)	5.6-5.8	5.7-5.9	5.5-5.9	5.6-5.8	5.6-5.7	5.6-5.8
- ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.0-8.3	8.2-8.4	8.1-8.4	8.0-8.5	8.2-8.4	8.0-8.4
- ความเป็นด่าง (mg/l as CaCO <sub>3</sub> )	108-117	106-115	109-119	105-117	106-119	109-118
- ความกระด้าง (mg/l as CaCO <sub>3</sub> )	133-145	135-145	135-147	134-148	135-146	136-148
- ปริมาณแอมโมเนียรวม (mg-N/l)	0.005-0.440	0.006-0.436	0.005-0.522	0.007-0.524	0.008-0.486	0.010-0.463
- ปริมาณไนโตรท์ (mg-N/l)	0.020-0.155	0.012-0.254	0.020-0.186	0.022-0.235	0.012-0.242	0.020-0.135

### วิจารณ์ผลการศึกษา

จากผลการศึกษาเลี้ยงปลาทองด้วยอาหารทดลองที่มีระดับของไลโซเลซิดินต่างกัน 6 ระดับ คือ 0, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ผสมแอสตาแซนทินสังเคราะห์ 150 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ในทุกชุดการทดลอง ผลการศึกษาพบว่า เมื่อปลาทองได้รับอาหารทดลองครบ 8 สัปดาห์ ปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ในหนังรวมเกล็ด และหางของปลาทองที่ได้รับอาหารที่ผสมไลโซเลซิดินที่ระดับ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าปลาทองที่ได้รับอาหารที่ผสมไลโซเลซิดินที่ระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ และไม่ผสมไลโซเลซิดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) สอดคล้องกับค่าความเข้มสีแดงบริเวณลำตัว และหางของปลาทองที่ได้รับอาหารที่ผสมไลโซเลซิดินที่ระดับ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าปลาทองที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสมไลโซเลซิดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แต่มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) จากปลาทองที่ได้รับอาหารที่ผสมไลโซเลซิดินที่ระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ ( $p > 0.05$ ) และปลาทองที่ได้รับอาหารที่ผสมไลโซเลซิดินที่ระดับ 0.10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเข้มสีแดงบริเวณลำตัว และหางแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) จากปลาทองที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสมไลโซเลซิดิน จะเห็นได้ว่า ระดับไลโซเลซิดินในอาหารมีผลต่อการสะสมของแอสตาแซนทินในปลาทอง ให้ผลไปทางเดียวกันกับการศึกษาการใช้ไลโซเลซิดินในไก่ พบว่าไข่แดงจากไก่ที่ได้รับอาหารที่ผสมไลโซเลซิดินในอาหารพร้อมกับสารสีแซนโทฟิลล์ มีปริมาณเบต้าแคโรทีนและค่าความเข้มสีแดงสูงกว่าไข่แดงของไก่ที่ได้รับอาหารไม่ผสมไลโซเลซิดิน (David *et al.*, 1999) โดยไลโซเลซิดินมีความเป็นสาร emulsify มากกว่าเลซิดินประมาณ 5 เท่า (Zhang *et al.*, 2010) ไลโซเลซิดินทำให้เกิดกระบวนการ emulsification สูง ทำให้ไขมันมีการกระจายตัวได้ดี (Khan *et al.*, 2018) กระบวนการ emulsification ช่วยทำให้ไขมันมีขนาดเล็กลง แยกตัวเป็นหยดน้ำมันขนาดเล็ก (Dobiasova and Faltova, 1975); (Casals *et al.*, 1984) และกระบวนการ emulsification เป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวของไขมันให้สัมผัสกับเอนไซม์ไลเปสได้มากขึ้น (Lennox *et al.*, 1968) ซึ่งการศึกษา

ในครั้งนี้ ปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าปลาทองที่ได้รับอาหารที่ผสมไลโซเลซิดิน 0.25, 0.50, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ มีกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้มากกว่าปลาทองที่ได้รับอาหารไม่ผสมไลโซเลซิดิน ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสมีค่าสูงขึ้น เพื่อตอบสนองต่อการย่อยไขมัน หลังจากที่ยังไขมันผ่านกระบวนการ emulsification (Singh and Home, 2009) ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ให้ผลไปในทางเดียวกับการใช้ไลโซเลซิดินในปลา Turbot ระยะ Juvenile พบว่า กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในซีรัมของปลาที่ได้รับอาหารที่ผสมไลโซเลซิดินมีค่ามากกว่าปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมไลโซเลซิดิน โดยไลโซเลซิดินในอาหารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการนำไขมันไปใช้ (Li *et al.*, 2019) และสอดคล้องกับการศึกษาการใช้ไลโซเลซิดินในปลากดอเมริกัน โดยปลากดอเมริกันที่ได้รับอาหารที่ผสมไลโซเลซิดิน ให้ค่ากิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้มากกว่าปลาที่ได้รับอาหารไม่ผสมไลโซเลซิดิน (Liu *et al.*, 2019) ซึ่งประสิทธิภาพการย่อยไขมันได้ดีในสัตว์น้ำ สามารถทำให้เพิ่มการใช้ประโยชน์จากไขมันได้มากขึ้น (เวียง, 2542) ที่ผ่านมามีการศึกษาคำสารเสริมในอาหารสัตว์น้ำเพื่อเป็นสาร emulsifier ในปลาสวยงาม เช่น การศึกษาของ Yang *et al.* (2012) ใช้โซเดียมทอโรโคเลท ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น bile salt เพื่อเพิ่มสีในปลานกแก้ว โดยทุกชุดการทดลองให้อาหารที่มีระดับแอสตาแซนทินเท่ากัน แต่ระดับของโซเดียมทอโรโคเลทต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า ปลานกแก้วที่ได้รับอาหารที่ผสมโซเดียมทอโรโคเลท 0.04, 0.12 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคโรทีนอยด์ในผิวหนังและครีบหางมากกว่าปลานกแก้วที่ได้รับอาหารที่ผสมแอสตาแซนทินแต่ไม่ผสมโซเดียมทอโรโคเลท นอกเหนือจากนี้ ระดับไขมันในอาหารปลามีผลต่อการนำแอสตาแซนทินไปใช้ ดังการศึกษาของ กฤษณา และคณะ (2559) พบว่า ปลาทองที่ได้รับอาหารที่ผสมแอสตาแซนทิน 150 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ที่มีระดับไขมันในอาหาร 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ มีการสะสมแคโรทีนอยด์รวมในหนัง เกล็ด และให้ค่าความเข้มสีแดงบริเวณผิวหนังลำตัวมากกว่าปลาทองที่ได้รับอาหารที่ผสมแอสตาแซนทิน 150 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ที่มีระดับไขมัน 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์

ค่าความสว่างและค่าความเข้มสีเหลืองบริเวณลำตัวและหางปลาทองที่ได้รับอาหารทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ มีค่าแปรผกผันกับค่าความเข้มของสีแดง เนื่องจากผิวหนังและหางมีการสะสมของแอสตาแซนทินมากขึ้นตามระยะเวลาที่ปลาได้รับ ทำให้ค่าความเข้มสีแดงมากขึ้น ผิวลำตัวและหางมีการสะสมของแอสตาแซนทิน ทำให้มีความทึบแสงมากขึ้น ส่วนค่าความเข้มสีเหลืองลดลงอาจเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของเซลล์เม็ดสีแดงที่อยู่ใน erythrophore ทำให้เห็นเซลล์เม็ดสีแดงมากกว่าเซลล์เม็ดสีเหลืองที่อยู่ใน xanthophore ตามที่ Paripatananont *et al.* (1999) รายงานว่า เมื่อเสริมแอสตาแซนทินในอาหารปลาทอง ปลาทองจะมีการสร้างเม็ดสีเพิ่มขึ้น ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ สอดคล้องกับการศึกษาการใช้แอสตาแซนทินในปลาหมอสีครอสบริด โดยปลาได้รับอาหารทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ปลาหมอสีครอสบริดที่ได้รับอาหารที่ผสมแอสตาแซนทินให้ค่าความเข้มสีแดงสูง ซึ่งเมื่อค่าความเข้มสีแดงสูง ค่าความสว่างและค่าความเข้มสีเหลืองบริเวณผิวหนังลำตัวลดลง (อรุณี และคณะ, 2561)

หลังจากทดลองอาหารที่มีปริมาณไลโซเลซิดินระดับความเข้มข้นต่างกัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ แล้วเลี้ยงปลาทองต่อเนื่องอีกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยได้รับอาหารไม่ผสมไลโซเลซิดินและแอสตาแซนทิน พบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ในหนังรวมเกล็ด และหาง ค่าความเข้มสีแดงบริเวณลำตัวและหางของปลาทองมีค่าลดลง ส่วนหนึ่งเกิดจากการหยุดให้แอสตาแซนทิน ซึ่งเป็นแหล่งของสารสี โดยปลาไม่สามารถสังเคราะห์สารสีเองได้ ต้องได้รับจากอาหาร (Büyükcapar *et al.*, 2007); (Yanar *et al.*, 2007) แต่ทั้งนี้ ปลาทองที่เคยได้รับอาหารที่ผสมไลโซเลซิดินระดับ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ยังคงมีปริมาณแอสตาแซนทินในหนังรวมเกล็ดและหาง ค่าความเข้มสีแดงบริเวณลำตัวและหางมากกว่าชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่า ในทุกชุดการทดลองปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์และค่า

ความเข้มข้นแสงลดลงในสัดส่วนที่เหมือนกัน เนื่องจากค่าความแตกต่างทางสถิติในแต่ละชุดการทดลอง ยังคงสอดคล้องกับในช่วง 8 สัปดาห์ โดยค่าความเข้มข้นแสงผิวลำตัวแปรผกผันกับค่าความสว่างและค่าความเข้มข้นแสง

เมื่อปลาทองได้รับอาหารไม่ผสมไลโซเลซิดินและแอสตาแซนทินเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้ในชุดการทดลองที่ 2-6 มีค่าลดลงจากช่วงที่ปลาทองได้รับอาหารทดลองครบ 8 สัปดาห์ แต่ในทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากปลาทองได้รับปัจจัยที่เหมือนกันในทุกชุดการทดลอง มีผลทำให้กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้ ซึ่งทำหน้าที่ย่อยไขมันจึงไม่แตกต่างกัน แต่ทั้งนี้ ทุกชุดการทดลอง กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสมีค่ามากกว่าค่าเริ่มต้นทดลอง อาจเนื่องจากการพัฒนาระบบทางเดินอาหารของปลาที่มากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษากิจกรรมเอนไซม์ในทางเดินอาหารของปลาทองที่มีอายุต่างกัน พบว่า กิจกรรมเอนไซม์ไลเปสเพิ่มขึ้นตามอายุของปลาทอง (มิถิลา และคณะ, 2548) และการศึกษาของ อัญชลี (2531) พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ในปลากะพงมีค่าสูงขึ้นเมื่อปลามีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น

คุณภาพน้ำระหว่างการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันทุกชุดการทดลอง ซึ่งค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงที่สัตว์น้ำเจริญเติบโตได้ตามปกติ (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528)

### สรุปผลการศึกษา

ไลโซเลซิดินมีผลต่อการสะสมปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ในหนังรวมเกล็ด หาง และสีบริเวณลำตัว หาง และกิจกรรมเอนไซม์ไลเปสในลำไส้ปลาทอง โดยอาหารที่มีระดับไลโซเลซิดิน 0.25 เปอร์เซ็นต์เหมาะสมในการพัฒนาปลาทองให้มีสีแดง เนื่องจากในหนังรวมเกล็ด หาง มีปริมาณแอสตาแซนทินที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ปริมาณมาก และบริเวณผิวลำตัว หาง ให้ค่าความเข้มข้นแสงมาก โดยที่ระดับของการใช้ไลโซเลซิดินในอาหารน้อยที่สุด

### ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาการใช้ไลโซเลซิดินเพื่อพัฒนาคุณภาพด้านสีสันปลาสวยงามชนิดอื่น ๆ และควรศึกษาการใช้ไลโซเลซิดินในการลดต้นทุนการผลิตอาหารปลาสวยงามและกลุ่มปลาบริโภคต่อไป

### คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของกลุ่มวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลืองานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอขอบคุณกองวิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์คุณค่าทางเคมีของอาหารปลาทดลอง

## เอกสารอ้างอิง

- กฤษณา เตบสัน, อรุณี รอดลอย, อรพินท์ จินตสถาพร, อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล และ รีนา โพธิ์สา. 2559. ผลของแอสตาแซนทินในอาหารที่มีระดับไขมันต่างกันต่อค่าความเข้มของสีผิวปลาทอง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2559. กองวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 28 หน้า.
- ด้านตรวจสัตว์น้ำท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ กรมประมง. แหล่งที่มา <https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/site2/fishquarantine-suvarnabhumi>). 12 มกราคม 2563.
- ดาราวรรณ ยุทธยงค์, จูอะดี พงศ์มณีรัตน์ และ สนธิพันธ์ ผาสุชาติ. 2547. ผลของแอสตาแซนทินในอาหารต่อสีปลากระแห. เอกสารวิชาการฉบับที่ 69/2547. สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 17 หน้า.
- ทิพวรรณ บริพัฒนานนท์, จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์, อัจฉริยา ไสละสุต และ นันทริกา ชันชื้อ. 2541. ผลของแอสตาแซนทินต่อสีของปลาทอง. รายงานผลงานวิจัยเสนอต่อมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ประจำปี 2541. 16 หน้า.
- พวัน เฟ่งเซ็ง และ ทิพวรรณ บริพัฒนานนท์. 2546. ระดับความต้องการของโปรตีนและปริมาณสารแอสตาแซนทิน (astaxanthin) ในอาหารปลาสวยงาม: ปลาทองและปลาสด. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี 10: 230-243.
- พอพงศ์ กาบเกษร และ บัณฑิต ยวงสร้อย. 2559. ผลของไลโซเลซิดินในอาหารต่อประสิทธิภาพการย่อยสารอาหารและการเจริญเติบโตของปลานิล. วารสารเกษตรพระวรุณ 13 (2): 177-186. อ้างตาม R. Kussaibati, J. Guillaume and B. Leclercq. 1982. The effects of age, dietary fat and bile salts and feeding rate on apparent and true metabolisable energy values in chickens. *British Poultry Science* 23 (5): 393-403.
- มิถิลา ปราณศิลป์, อรพินท์ จินตสถาพร และ ส่องศรี มหาสวัสดิ์. 2548. การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ในทางเดินอาหารปลาทอง (*Carassius auratus*). ใน: รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาประมง สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. หน้า 201-209.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อม, สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง. 115 หน้า.
- เวียง เชื้อโพธิ์หัก. 2542. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์น้ำ. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 255 หน้า.
- อรุณี รอดลอย, ณัฐพัฒน์ อินวิเชียร, กฤษณา เตบสัน และ รีนา โพธิ์สา. 2561. ผลของสาหร่ายสไปรูลินาและแอสตาแซนทินต่อสีและการเจริญเติบโตของปลาหมอสีครอสบริด (*Cichlasoma* sp.). เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2561. กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 42 หน้า.

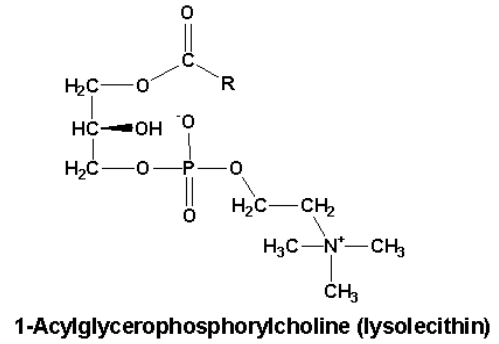
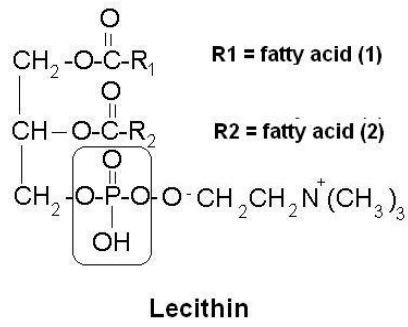
- อัญชลี คงสมบุญ. 2531. รูปแบบเอนไซม์ในทางเดินอาหารของลูกปลากะพงขาว *Lates calcarifer* (Bloch) ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารต่างชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 136 หน้า.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International, 20<sup>th</sup> edition. Gaithersburg, MD. 3172 pp.
- Britton, G., S. Liaaen-Jensen and H. Pfander. 1995a. Carotenoids Vol. 1A. Isolation and analysis. Birkhauser Verlag, Basel, Switzerland. 261 pp.
- Britton, G., S. Liaaen-Jensen and H. Pfander. 1995b. Carotenoids Vol. 1B. Spectroscopy. Birkhauser Verlag, Basel, Switzerland. 360 pp.
- Büyükçapar, H. M., M. Yanar and Y. Yanar. 2007. Pigmentation of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) with carotenoids from Marigold Flower (*Tagetes erecta*) and Red Pepper (*Capsicum annum*). *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 31 (1): 7-12.
- Casals, C., C. Acebal, J. Pérez-Gil and R. Arche. 1984. Effect of lipids on activity and conformation of lysolecithin : lysolecithin acyltransferase from rabbit lung. *Molecular and Cellular Biochemistry* 63: 13-20.
- Choubert, G., M. M. Mendes-Pinto and R. Morais. 2006. Pigmenting efficacy of astaxanthin fed to Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*: Effect of dietary astaxanthin and lipid sources. *Aquaculture* 257 (1-4): 429-436.
- Dan, D. Y., 2008. Effects of Lysolecithin on Growth Performance, Lipid Metabolism and Immune Function in Broiler Chickens. Master's thesis, Nanjing Agricultural College. แหล่งที่มา <http://www.dissertationtopic.net/doc/482168>. 20 กุมภาพันธ์ 2560.
- David J. S., E. C. Brice and R. L. Ausich. 1999. Increased bioavailability of lutein and zeaxanthin in humans and poultry using lysolecithin and lecithin. แหล่งที่มา <https://www.google.ch/patents/WO1999047001A1?cl=en.september23,1999>. 20 กุมภาพันธ์ 2560.
- Dobiasova, M. and E. Faltova. 1975. Effect of lysolecithin on the transport of plasma cholesterol to tissues: Developmental aspects. Cell impairment in aging and development part of the advances in experimental medicine and biology, 1<sup>st</sup> edition Berlin Heidelberg, Springer. 459-467.
- Gu, X. and D. Li. 2003. Fat nutrition and metabolism in piglets: A review. *Anim. Feed Sci. Tech.* 109 (1-4): 151-170.
- Hata, M. and M. Hata. 1971. Carotenoid pigments in Goldfish (*Carassius auratus*): I. Composition and distribution of carotenoids. *International Journal of Biochemistry* 2 (7): 11-19.

- Hata, M. and M. Hata. 1972. Carotenoid pigments in Goldfish, IV. Carotenoid metabolism. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 38 (4): 331-338.
- Khan, H. I., S. J. Dayal, K. Ambasankar, P. E. Madhubabu, R. Jannathulla and V. Rajaram. 2018. Enhancing the dietary value of palm oil in the presence of lysolecithin in Tiger Shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquacult. Int.* 26 (4): 509-522.
- Kini, R. M. 1997. Phospholipase A2 - a complex multifunctional protein puzzle. In *Venom Phospholipase A2 Enzymes: Structure, Function and Mechanism* (ed. R. M. Kini), Chichester, UK: Wiley. 1-28.
- Lennox, A. M., K. A. Lough and A. G. Garton. 1968. Observations on the nature and origin of lipids in the small intestine of the sheep. *British Journal of nutrition* 22 (2): 237-246.
- Li, B., Z. Li, Y. Sun, S. Wang, B. Huang and J. Wang. 2019. Effects of dietary lysolecithin (LPC) on growth, apparent digestibility of nutrient and lipid metabolism in juvenile turbot *Scophthalmus maximus* L.. *Aquaculture and Fisheries* 4 (2): 61-66.
- Liu, G., S. Ma, F. Chen, W. Gao, W. Zhang and K. Mai. 2019. Effects of dietary lysolecithin on growth performance, feed utilization, intestinal morphology and metabolic responses of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture Nutrition* 26 (2): 456-465.
- Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A. L. Farr and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193: 265-275.
- Markweg, H., M. S. Lang and F. Wagner. 1995. Dodecanoic acid inhibition of lipase from *Acinetobacter* sp. OPA 55. *Enz. Microb. Tech.* 17 (6): 512-516.
- Matsuno, T., H. Matsutaka and S. Nagata. 1981. Metabolism of lutein and zeaxanthin to ketocarotenoids in Goldfish, *Carassius auratus*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 47: 605-611.
- Paripatananont, T., J. Tangtrongpaioj, A. Sailasuta and N. Chansue. 1999. Effect of astaxanthin on pigmentation of Goldfish (*Carrassius auratus*). *J. World Aqua. Soc.* 30 (4): 454-460.
- Polin, D. 1980. Increased absorption of lecithin with tallow. *Poultry Sci.* 59: 1652.
- Price, C. A., C. J. Weadick, J. Shim and F. H. Rodd. 2008. Pigments, Patterns and Fish Behavior. *Zebrafish* 5 (4): 297-307.
- Reynier, M. O., H. Lafont, C. Crotte, P. Sauve and A. Gerolami. 1985. Intestinal cholesterol uptake: comparison between mixed micelles containing lecithin or lysolecithin. *Lipids* 20 (3): 145-150.
- Singh, H., A. Ye, and D. Horne. 2009. Structuring food emulsions in the gastrointestinal tract to modify lipid digestion. *Prog. Lipid Res.* 48 (2): 92-100.

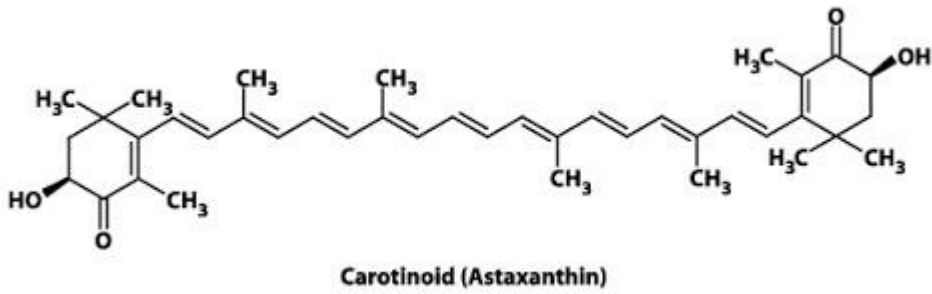
- Skrede, J. and T. Storebakken. 1987. Characteristics of colour in raw, baked and smoked wild and pen-reared Atlantic Salmon. *J. Food Sci. Technol.* 51: 123-134.
- Soares, M. and C. J. Lopez-Bote. 2002. Effects of dietary lecithin and fat unsaturation on nutrition utilization in weaned piglets. *Anim. Feed Sci. Tech.* 95 (3): 169-177.
- Torrissen, O. J. 1985. Pigmentation of salmonids: factor affecting carotenoids deposition in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 46 (2): 133-142.
- Torrissen, O. J. 1989. Pigmentation of salmonids: Interactions of astaxanthin and canthaxanthin on pigment deposition in Rainbow Trout. *Aquaculture* 79 (1-4): 363-374.
- Villasante, V. F., I. Fernandez, R. M. Preciado, M. Oliva, D. T. Ramirez and H. Nolasco. 1999. The activity of digestive enzyme during the molting stages of the arched swimming *Callinectes arcuatus* Ordway, 1863. (Crustacea: decapoda: portunidae). *Bulletin of Marine Science* 65 (1): 1-9.
- Xing, J. J., E. van Heugten, D. F. Li, K. J. Touchette, J. A. Coalson, R. L. Odgaardsand and J. Odle. 2004. Effects of emulsification, fat encapsulation, and pelleting on weanling pig performance and nutrient digestibility. *Journal of Animal Science* 82 (9): 2601-2609.
- Yanar, Y., H. Büyükçapar, M. Yanar and M. Göcer. 2007. Effect of carotenoids from Red Pepper and Marigold flower on pigmentation, sensory properties and fatty acid composition of Rainbow Trout. *Food Chemistry* 100 (1): 326-330.
- Yang, H., X. Mu, D. Luo, Y. Hu, H. Song, C. Liu and J. Luo. 2012. Sodium taurocholate, a novel effective feed-additive for promoting absorption and pigmentation of astaxanthin in Blood Parrot (*Cichlasoma synspilum* ♀ x *Cichlasoma citrinellum* ♂). *Aquaculture* 350-353: 42-45.
- Zhang, B, K., T. H. Li, Q. D. Zhao and M. Y. Guo. 2010. Lysophosphatidylcholine increased apparent digestibility of poultry fat in broiler chicken diet. *Chinese journal of animal nutrition* 33 (3): 662-669.



ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 สูตรโครงสร้างทางเคมีของเลซิทินและไลโซเลซิทิน



ภาพผนวกที่ 2 สูตรโครงสร้างทางเคมีของแอสตาแซนทิน

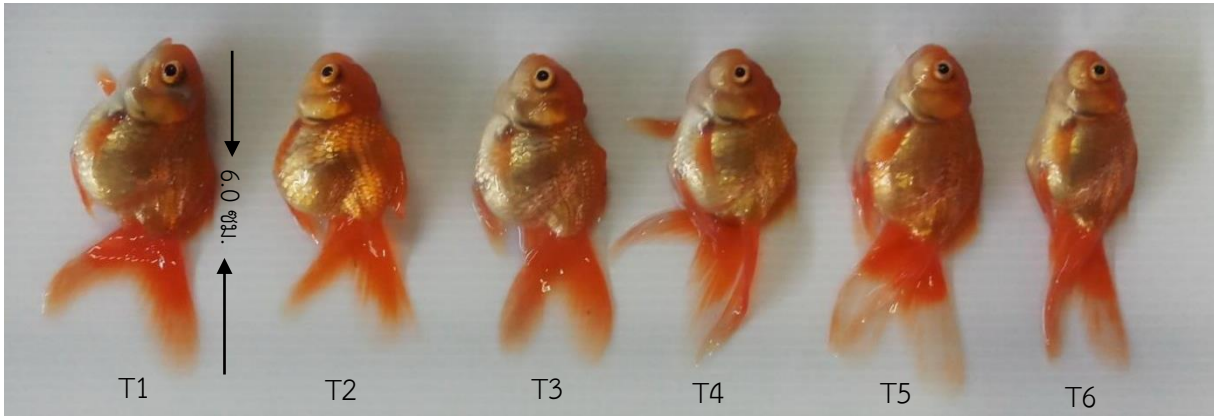


เครื่องมือวัดสีด้านหน้า

เครื่องมือวัดสีด้านหลัง

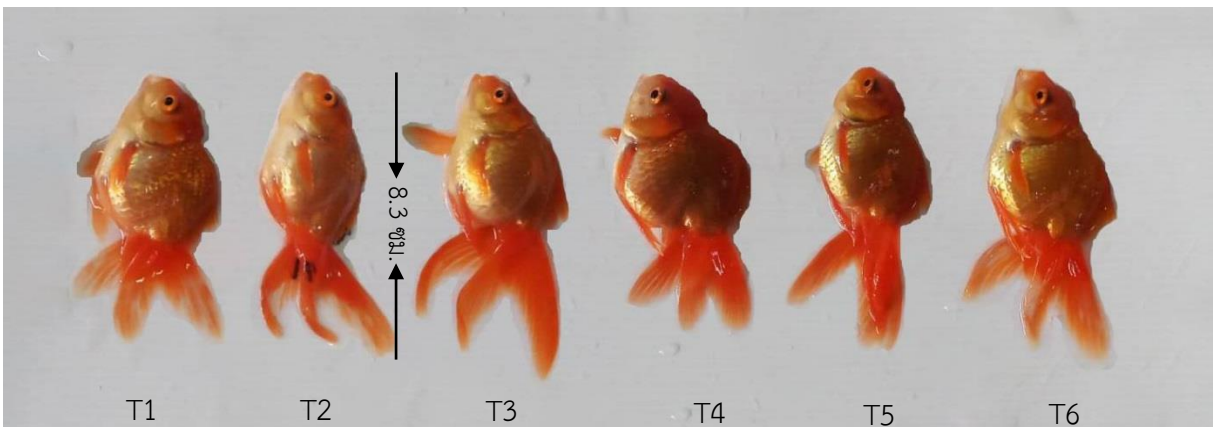
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูวัดสีเท่ากับ 5 มิลลิเมตร

ภาพผนวกที่ 3 เครื่องมือวัดสี colorimeter



ภาพผนวกที่ 4 ปลาทองเริ่มต้นทดลอง

หมายเหตุ T1 หมายถึงชุดการทดลองที่ 1, T2 หมายถึงชุดการทดลองที่ 2, T3 หมายถึงชุดการทดลองที่ 3, T4 หมายถึงชุดการทดลองที่ 4, T5 หมายถึงชุดการทดลองที่ 5 และ T6 หมายถึงชุดการทดลองที่ 6



ภาพผนวกที่ 5 ปลาทองที่ได้รับอาหารที่ผสมไลโซเลซิดินในระดับต่างกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์



ภาพผนวกที่ 6 ปลาทองที่ได้รับอาหารที่ไม่ผสมไลโซเลซิดินและแอสตาแซนทินเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง)