บทที่ 3

ผลการทดลอง

1. ลักษณะภายนอกและพฤติกรรมของปลาที่ได้รับอาหารทดลองสูตรต่างๆ

จากการสังเกตลักษณะภายนอก และ พฤติกรรมระหว่างการทดลอง พบว่าปลาดุกพันธุ์ผสมที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนาทุกระดับ ไม่มีความผิดปรกติเมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม (สาหร่ายสไปรูไลนา 0%, สูตรที่ 1)

2. การเจริญเติบโต

2.1 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

เมื่อเริ่มต้นทดลองน้ำหนักเฉลี่ยของปลาอยู่ในช่วง 6.97±0.04 - 7.15±0.15 กรัม (ตารางที่ 5) น้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เลี้ยง และ เริ่มมีความแตกต่างทางสถิติตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ($p<0.05$) ของการเลี้ยง โดยปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 5-25% มีการเจริญเติบโตดีไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ส่วนปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 30% มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ส่วนสัปดาห์ที่ 4-6 ปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 5 และ 10% มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ($p<0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 10% มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสูงที่สุด ในขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 30 % มีค่าดังกล่าวต่ำที่สุด ($p<0.05$) ส่วนปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนาในระดับอื่นๆ (5%, 15%, 20%, 25%) และชุดควบคุม(0%) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลาดุกพันธุ์ผสม ที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนาต่างกัน 7 ระดับ (กรัม) *

ชุดการทดลอง	สาหร่ายสไปรูไลนา	สัปดาห์				
	(%)	0	2	4	6	8
1	0	7.02±0.05	10.08±1.10^{bc}	14.63±2.11^{bc}	19.09±3.35^{bc}	22.70±1.20^{b}
2	5	7.15±0.15	10.60±0.86^{bc}	15.13±1.14^{cd}	20.60±0.38^{cd}	28.91±1.72^{b}
3	10	7.08±0.11	11.54±1.35^{c}	16.22±2.09^{d}	23.09±3.73^{d}	33.47±4.26^{c}
4	15	7.04±0.08	10.11±0.76^{bc}	13.20±0.90^{bc}	17.23±1.11^{bc}	22.12±2.71^{b}
5	20	6.97±0.04	9.82±0.18^{b}	11.86±1.61^{b}	16.34±1.69^{b}	23.50±0.03^{b}
6	25	7.02±0.09	9.73±0.41^{b}	12.97±0.42^{bc}	17.58±1.55^{bc}	22.77±1.49^{b}
7	30	7.08±0.14	8.16±0.41^{a}	9.96±0.74^{a}	11.71±1.10^{a}	13.71±0.91^{a}

*ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากข้อมูล 3 ซ้ำ)

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ **ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น** 95% ($p>0.05$)

2.2 น้ำหนักเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหาร และการรอดตาย

ปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 10% มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงที่สุด ($p<0.05$) ต่างจากชุดควบคุม (สูตรที่ 1) รองลงมา คือ ปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 5% (สูตรที่ 2) แต่ไม่แตกต่างกับปลาในชุดควบคุม (สูตรที่1) ชุดการทดลองที่ 4 ถึง 6 (แทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 15, 20 และ 25 %) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาที่ได้รับอาหารทดลองโดยแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 5-10% มีค่าสูงที่สุด($p<0.05$) รองลงมา คือปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 15-25% ($p>0.05$) และปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 30% มีค่าดังกล่าวต่ำที่สุด ($p<0.05$) (ตารางที่ 6)

อัตราการกินอาหารของปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 5% มีค่าไม่ต่างจากชุดควบคุม และมีค่าสูงที่สุด ($p<0.05$) รองลงมาคือปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 10 และ 30% ตามลำดับ ($p<0.05$) และปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 15%, 20% และ 25% มีอัตราการกินอาหารต่ำที่สุด โดยไม่แตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองดังกล่าว ($p<0.05$)(ตารางที่ 6)

การรอดตายของปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตร อยู่ในช่วง 80.00±8.66-98.33±2.89 % และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 6)

3. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ, ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และ การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 10-25% มีค่าอยู่ในช่วงเกณฑ์ดีกว่าชุดการทดลองอื่นๆ โดยไม่แตกต่างระหว่างชุดการทดลอง ($p<0.05$) รองลงมาคือปลาที่ได้รับอาหารในชุดควบคุม และ ปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 5% ส่วนปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 30% มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงที่สุด (ตารางที่ 7)

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม โดยปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 10-25% สูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ (ดีที่สุด) รองลงมาคือปลาที่ได้รับอาหารชุดควบคุม และปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 5% ขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 30% มีต่ำที่สุด ($p<0.05$) (ตารางที่ 7)

การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1-6 (ชุดควบคุมและชุดที่แทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 5-25% ตามลำดับ) มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิของปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 30% มีค่าต่ำที่สุด และแตกต่างจากปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 5-15% ($p<0.05$) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น, อัตราการกินอาหาร, อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตายของปลาดุกพันธุ์ผสม ที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนาต่างกัน 7 ระดับ*

ชุดการทดลอง	สาหร่ายสไปรูไลนา (%)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (% / ตัว/วัน)	อัตราการกินอาหาร (% / ตัว/วัน)	การรอดตาย** (%)
1	0	248.72±48.04^{bc}	2.07 ±0.22^{bc}	3.48±0.18^{d}	88.33±12.58^{a}
2	5	300.10±27.11^{c}	2.31±0.11^{cd}	3.57±0.03^{d}	80.00±8.66^{a}
3	10	371.22±50.13^{d}	2.58±0.18^{d}	3.14±1.56^{c}	80.00±18.03^{a}
4	15	210.34±24.46^{b}	1.88±0.13^{b}	2.59±0.13^{a}	93.33±5.77^{a}
5	20	214.43±40.63^{b}	1.90±0.22^{b}	2.58±0.05^{a}	91.67±5.77^{a}
6	25	224.40±24.14^{b}	1.96±0.12^{b}	2.66±0.07^{a}	98.33±2.89^{a}
7	30	93.61±11.46^{a}	1.10±0.10^{a}	2.92±0.05^{b}	91.67±5.77^{a}

*ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากข้อมูล 3 ซ้ำ)

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ **ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น** 95% ($p>0.05$)

** ไม่แตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p>0.05$)

ตารางที่ 7 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ, ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และ การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ ของปลาดุกพันธุ์ผสม ที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนาต่างกัน 7 ระดับ*

ชุดการทดลอง	สาหร่ายสไปรูไลนา (%)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ(%)
1	0	2.04 ± 0.21^{b}	1.58 ± 0.15^{b}	26.29 ± 2.77^{ab}
2	5	2.02 ± 0.08^{b}	1.57 ± 0.07^{b}	33.99 ± 13.81^{b}
3	10	1.57 ± 0.01^{a}	2.06 ± 0.04^{c}	35.35 ± 3.77^{b}
4	15	1.58 ± 0.16^{a}	2.06 ± 0.22^{c}	39.28 ± 13.27^{b}
5	20	1.59 ± 0.13^{a}	2.09 ± 0.17^{c}	29.79 ± 3.46^{ab}
6	25	1.53 ± 0.80^{a}	2.06 ± 0.08^{c}	31.98 ± 2.57^{ab}
7	30	2.19 ± 0.38^{c}	1.12 ± 0.15^{a}	17.05 ± 5.32^{a}

*ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ข้อมูล 3 ซ้ำ)

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มี ตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p>0.05$)

4. องค์ประกอบทางโภชนาการของปลาทั้งตัว

องค์ประกอบทางโภชนาการของปลาทั้งตัวก่อนทดลอง และปลาที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 8 โดยพบว่าระดับของโปรตีนในปลาทั้งตัวที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 30% มีค่าต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 25% ($p>0.05$) ขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 0-20% มีค่าดังกล่าวสูงกว่า และ ไม่แตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง ($p>0.05$)

ไขมันในปลาทั้งตัวที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 25% และ 30% มีค่าต่ำที่สุด คือ 11.93± 0.04 และ 12.64 ±0.24 %โดยแตกต่างจากปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ ($p<0.05$) ขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 0% มีไขมันในปลาทั้งตัวสูงที่สุดและแตกต่างกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ ($p<0.05$) ส่วนปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 5, 10, 15 และ20% มีค่าไขมันในปลาทั้งตัวค่อนข้างสูงแต่ไม่แตกต่างระหว่างชุดการทดลองดังกล่าว ($p>0.05$) (ตารางที่ 8)

เถ้าในปลาทั้งตัวที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 25 และ30 % มีค่าสูงที่สุดแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นๆ($p>0.05$) รองลงมาคือปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 10% ส่วนปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 0, 5, 15 และ 20 % มีค่าเถ้าในปลาทั้งตัวต่ำที่สุด ($p>0.05$) (ตารางที่ 8)

ไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ในปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 20, 25 และ 30% มีค่าสูงที่สุด ($p>0.05$) รองลงมาคือปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 5, 10 และ 15% ส่วนคือปลาที่ได้รับอาหารทดลองในชุดควบคุม(0%) มีค่าไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ต่ำที่สุด ($p>0.05$) (ตารางที่ 8)

5. ปริมาณคาโรทีนอยด์ในตัวปลาทดลอง

ปริมาณคาโรทีนอยด์ในปลาทั้งตัวที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนาแต่ละระดับมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของสไปรูไลนาที่เพิ่มขึ้นในอาหารทดลอง โดยพบว่าการแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนามีการสะสมคาโรทีนอยด์ในปลาทั้งตัวเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยปลาทั้งตัวที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 0% มีค่าต่ำกว่าทุกชุดการทดลอง ($p<0.05$) และปลาทั้งตัวที่ได้รับอาหารที่แทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 5, 10 และ 15 % มีปริมาณคาโรทีนอยด์ไม่แตกต่างกัน ส่วนปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 20, 25 และ 30% พบว่ามีปริมาณคาโรทีนอยด์ ในปลาทั้งตัวสูงที่สุด ($p<0.05$)(ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีของซากปลาดุกพันธุ์ผสมที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนาต่างกัน 7 ระดับ เป็นเวลา 8 สัปดาห์*(บนฐานน้ำหนักแห้ง)

ชุดการทดลอง	สาหร่ายสไปรูไลนา (%)	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)	ไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรกซ์ (%)
ปลาก่อนทดลอง		79.95±0.81	61.62±0.59	14.37±0.04	18.33±0.66	5.55±1.36
1	0	74.75±1.48	60.91±0.37^{c}	17.66±0.28^{d}	20.44±0.17^{a}	0.79±0.29^{a}
2	5	72.82±3.54	60.59±0.41^{c}	15.83±0.22^{c}	20.53±0.23^{a}	3.06±0.04^{ab}
3	10	73.16±2.55	58.34±0.88^{bc}	14.42±0.09^{bc}	22.51±0.21^{abc}	5.27±0.26^{bc}
4	15	75.22±1.97	60.08±0.34^{c}	15.36±0.44^{c}	21.45±3.45^{ab}	3.10±3.16^{ab}
5	20	76.55±0.82	58.12±1.04^{bc}	13.55±0.36^{b}	20.28±0.72^{a}	8.27±2.54^{c}
6	25	74.17±1.48	56.38±0.40^{ab}	11.93±0.04^{a}	23.78±0.37^{bc}	7.91±0.21^{c}
7	30	72.71±1.22	55.15±0.89^{a}	12.64±0.24^{a}	25.17±0.40^{c}	7.04±1.16^{c}

*ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากข้อมูล 3 ซ้ำ)

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p>0.05$)

ตารางที่ 9 ปริมาณคาโรทีนอยด์ในปลาดุกพันธุ์ผสมที่ได้รับอาหารทดลองที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 7 ระดับ* (บนฐานน้ำหนักแห้ง)

ชุดการทดลอง	สาหร่ายสไปรูไลนา	ปริมาณคาโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม/ปลา 1 กรัม)
1	0	0.30 ± 0.12^{a}
2	5	4.37 ± 0.18^{b}
3	10	5.80 ± 0.91^{bc}
4	15	6.07 ± 1.20^{bc}
5	20	8.22 ± 0.05^{cd}
6	25	8.75 ± 2.11^{d}
7	30	9.28 ± 0.29^{d}

*ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากข้อมูล 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p>0.05$)

6. องค์ประกอบเลือดปลา

องค์ประกอบเลือดปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 7 สูตร แสดงไว้ในตารางที่ 10 โดยพบว่าปริมาณฮีโมโกลบินรวม ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง ($p>0.05$)

ค่าฮีมาโตคริตของปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 30% มีค่าต่ำที่สุดไม่แตกต่างจากชุดควบคุม(0%) และปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 10 และ 20% มีค่าฮีมาโตรคริตสูงที่สุด($p<0.05$)

ปริมาณเม็ดเลือดขาวพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 5, 10, 15 และ 20% มีค่าต่ำไม่แตกต่างจากชุดควบคุม(0%)และพบว่าปริมาณเม็ดเลือดขาวของปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 25 และ30% มีค่าสูงที่สุด($p<0.05$)

ปริมาณเม็ดเลือดแดง มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง โดยเม็ดเลือดแดงของปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 15% มีค่าสูงที่สุด ($p<0.05$)ส่วนปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 5, 25 และ 30% มีปริมาณเม็ดเลือดแดงต่ำที่สุดไม่แตกต่างจากชุดควบคุม(0%)

ส่วนค่าพลาสมาโปรตีนพบว่า ปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 10 และ 15 % มีค่าพลาสมาโปรตีนต่ำที่สุด($p<0.05$) ส่วนปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 5, 20, 25 และ 30% มีค่าพลาสมาโปรตีนสูงไม่แตกต่างจากชุดควบคุม(0%) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ปริมาณฮีโมโกลบินรวม, ฮีมาโตคริต, เม็ดเลือดขาว, เม็ดเลือดแดง และ พลาสมาโปรตีน ของปลาดุกพันธุ์ผสมที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา ต่างกัน 7 ระดับ เป็นเวลา 8 สัปดาห์*

ชุดการทดลอง	สาหร่ายสไปรูไลนา (%)	ฮีโมโกลบิน** (g/dl)	ฮีมาโตคริต (%)	เม็ดเลือดขาว (cellx10^4)	เม็ดเลือดแดง (cellx10^4)	พลาสมาโปรตีน (μg/ml)
1	0	5.55±0.55	34.07±3.42^{ab}	7.60±0.98^{ab}	2.50±0.31^{ab}	114.55±10.25^{b}
2	5	5.22±0.48	32.25±4.55^{ab}	5.80±1.37^{a}	2.14±0.48^{ab}	118.53±8.71^{b}
3	10	5.58±0.34	35.76±2.29^{b}	8.68±1.54^{ab}	2.87±0.52^{bc}	101.86±4.50^{a}
4	15	5.47±0.32	34.71±3.27^{ab}	8.01±1.76^{ab}	3.41±0.41^{c}	100.37±11.0^{a}
5	20	5.32±0.34	35.76±1.55^{b}	7.19±2.64^{ab}	2.44±0.68^{ab}	118.67±15.74^{b}
6	25	5.18±0.47	32.14±3.24^{ab}	10.05±4.67^{b}	2.08±0.59^{a}	108.79±5.40^{ab}
7	30	5.57±0.93	30.99±3.01^{a}	9.55±3.24^{b}	2.47±0.29^{ab}	115.62±8.81^{b}

*ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากข้อมูล 3 ซ้ำ)

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p>0.05$)

** ไม่แตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p>0.05$)

7. ค่าไตเตอร์แอคติวิตี (titer activity)

จากการศึกษาค่าไตเตอร์แอคติวิตี ซึ่งเป็นค่าการจับตัวและเกิดตะกอนระหว่างแอนติบอดีและแอนติเจน พบว่าปลาดุกพันธุ์ผสมที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนาทุกระดับ มีแนวโน้มสูงขึ้น จากการหาค่าสหสัมพันธ์ ระหว่างระดับสไปรูไลนาในอาหารและระดับไตเตอร์แอคติวิตี พบว่าให้ผลเป็นไปในเชิงบวก คือ เมื่อเพิ่มระดับการแทนที่สไปรูไลนาในอาหารค่าไตเตอร์แอคติวิตีในซีรัมโปรตีนจากเลือดปลาที่ได้รับอาหารทดลองจะมีค่าสูงขึ้น(ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ค่าไตเตอร์ แอคติวิตี (titer activity) ในปลาดุกพันธุ์ผสมทั้งตัวที่ได้รับอาหารทดลองที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนา 7 ระดับ*

ชุดการทดลอง	สาหร่ายสไปรูไลนา	ค่าไตเตอร์ แอคติวิตี (unit/ml plasma)*
1	0	320 ± 0
2	5	640 ± 0
3	10	1,280 ± 0
4	15	1,280 ± 0
5	20	1,280 ± 0
6	25	1,280 ± 0
7	30	2,560 ± 0

*R= 0.424 ; $p<0.05$

สมการเชิงเส้นของความสัมพันธ์ ระหว่างระดับสาหร่ายสไปรูไลนา กับ ค่าไตเตอร์ คือ

$$Y = 9.473+0.99X$$

โดย Y = ค่าไตเตอร์

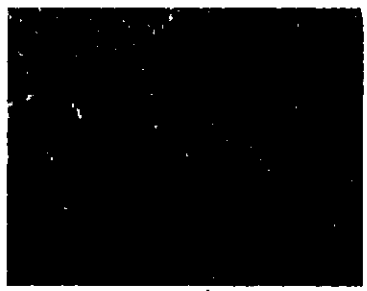
X = ระดับสาหร่ายสไปรูไลนา

$$\text{ไตเตอร์ แอคติวิตี (unit/ml plasma)} = \frac{\text{titer x 1000 (µl)}}{\text{A (µl)}}$$

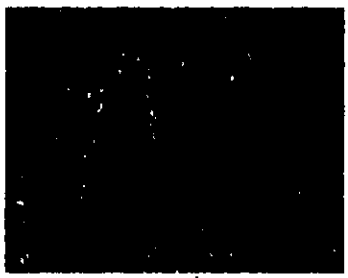
โดย A (µl) = ปริมาตรซีรัม

8. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อวิทยา

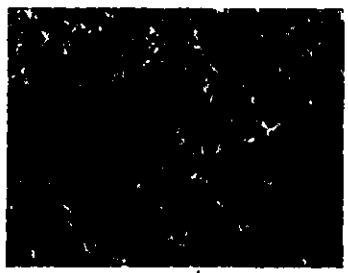
จากการศึกษาพยาธิสภาพบริเวณตับ พบว่าเนื้อเยื่อบริเวณตับของปลาคุกพันธุ์ผสมที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนาทุกระดับมีลักษณะปกติ (ภาพที่ 3 -8) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม(สาหร่ายสไปรูไลนา 0%) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แสดงเนื้อเยื่อตับปกติของปลาคุกพันธุ์ผสมที่ได้รับอาหารในชุดควบคุม (สไปรูไลนา 0%) (H&E, Bar = 50 μm)



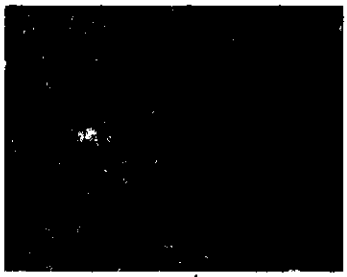
ภาพที่ 3



ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6



ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

ภาพที่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 แสดงเนื้อเยื่อตับปกติของปลาที่ได้รับอาหารแทนที่ปลาป่นด้วยสไปรูไลนา 5% ถึง 30 % ตามลำดับ (H&E, Bar = 50 μm)