บทที่ 3

ผลการทดลอง

1. ผลการทดลองที่ 1

1.1 สัมประสิทธิ์การย่อยสารอาหารของวัตถุดิบพืช 5 ชนิด

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้ง โปรตีน ฟอสฟอรัส และพลังงานของวัตถุดิบพืชทั้ง 5 ชนิด แสดงไว้ในตารางที่ 21 พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างการเสริมเอนไซม์ไฟเตสกับชนิดของวัตถุดิบพืชที่ใช้ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

ผลจากการเสริมเอนไซม์ไฟเตสลงในอาหารที่ระดับ 750 FYT/อาหาร 1 กิโลกรัม ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีน และฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้นในทุกๆ วัตถุดิบทดลอง อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้งและพลังงาน การเสริมเอนไซม์ไฟเตสไม่ทำให้มีความแตกต่างทางสถิติในทุกวัตถุดิบทดลอง (ตารางที่ 21) และพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้ง โปรตีน ฟอสฟอรัส และพลังงานมีค่าที่แตกต่างทางสถิติตามชนิดของวัตถุดิบ (p<0.05) (ตารางที่ 21) ดังมีรายละเอียดคือ

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้ง พบว่ากากถั่วเหลืองมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้งสูงสุดเท่ากับข้าวโพด และมันสำปะหลัง คือ กากถั่วเหลืองมีค่าประมาณ 60.36±1.72 และ 58.94±6.53 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส ข้าวโพดมีค่าประมาณ 55.94±3.99 และ 62.22±2.88 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส และมันสำปะหลังมีค่าประมาณ 50.60±2.73 และ 58.41±5.61 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส ส่วนรำละเอียดมีค่ารองลงมาคือมีค่าประมาณ 48.68±9.52 และ 47.00±0.55 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้งน้อยที่สุด คือ 42.9±0.26 และ 44.88±2.07 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีนของกากถั่วเหลือง มีค่าสูงสุดคือ 92.50±0.39 และ 95.40±0.05 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส ข้าวโพด กับมันสำปะหลังมีค่ารองลงมาไม่แตกต่างกันคือ ข้าวโพดมีค่าประมาณ 71.57±0.81 และ 72.30±0.22 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส มันสำปะหลังมีค่าประมาณ 70.57±1.44 และ 73.00±0.25เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ ไฟเตส ส่วนรำละเอียดมีค่าเป็นลำดับรองสุดท้ายคือ60.60±0.82 และ62.77±0.97เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส

เปอร์เซ็นต์ และลำดับสุดท้ายคือ กากเนื้อในเม็ดปาล์มน้ำมัน มีค่าเท่ากับ 58.90±2.15 และ 59.01±1.57เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัสของมันสำปะหลังมากที่สุดคือ 72.36±1.57 และ 92.62±2.22 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส รองลงมาคือกากถั่วเหลือง รำละเอียด และข้าวโพดตามลำดับ กากถั่วเหลืองมีค่าประมาณ 47.85±1.21 และ76.95±1.18 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส รำละเอียดมีค่าประมาณ 35.18±0.99 และ59.54±0.16เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส และข้าวโพดมีค่าประมาณ 23.60±0.69 และ 58.25±0.99เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส ส่วนกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีค่าน้อยที่สุดคือ 25.45±1.33 และ 50.44±1.05 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส และพบว่าผลการเสริมเอนไซม์ไฟเตสทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัสของวัตถุดิบเพิ่มขึ้น ในทุกวัตถุดิบทดลองอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) แต่มีปริมาณการเพิ่มที่ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยพลังงานของกากถั่วเหลืองมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยพลังงานสูงสุด คือ 70.46± 3.01 กับ 70.31 ± 3.70 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส รองลงมาคือรำละเอียด ข้าวโพด และมันสำปะหลังมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยรำละเอียดมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยพลังงาน 59.10± 2.46 และ 60.33 ± 2.39 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส ข้าวโพดมีค่าประมาณ 57.59 ± 1.51 และ 59.72 ±3.16 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส มันสำปะหลังมีค่าประมาณ 58.17±3.32 และ 60.29± 3.21 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส และลำดับสุดท้ายคือกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยพลังงาน 35.94 ± 2.69 กับ 36.13±5.41 เปอร์เซ็นต์เมื่อเสริมเอนไซม์ไฟเตส

ตารางที่ 21 ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสารอาหารของวัตถุดิบพืช ทั้งที่มีการเสริม และไม่เสริมเอนไซม์ไฟเตส (%)

อาหารทดลอง	เอนไซม์ไฟเตส (FYT/kg diet)	วัตถุแห้ง	โปรตีน	ฟอสฟอรัส	พลังงาน
สตรอ้างอิง	0	59.09 ±0.59	88.13±5.25	44.50±0.99	67.45±0.13
สูตรอ้างอิง	750	56.48 ±4.77	88.86±2.02	52.38±0.85	65.17±2.27
กากถั่วเหลือง	0	60.36 ±1.72^{cx}	92.50±0.39^{dx}	47.85±1.21^{dx}	70.46±3.01^{cx}
กากถั่วเหลือง	750	58.94 ±6.53^{cx}	95.40±0.05^{dy}	76.95±1.18^{dy}	70.31±3.70^{cx}
กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน	0	42.90 ±0.26^{ax}	58.90±2.15^{ax}	25.45±1.33^{ax}	35.94±2.69^{ax}
กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน	750	44.88 ±2.07^{ax}	59.01±1.57^{ax}	50.44±1.05^{ay}	36.13±5.41^{ax}
รำละเอียด	0	48.68 ±9.52^{bx}	60.60±0.82^{bx}	35.18±0.99^{cx}	59.10±2.46^{bx}
รำละเอียด	750	47.00 ±0.55^{bx}	62.77±0.97^{by}	59.54±0.16^{cy}	60.33±2.39^{bx}
ข้าวโพด	0	55.94 ±3.99^{cx}	71.57±0.81^{cx}	23.60±0.69^{bx}	57.59±1.51^{bx}
ข้าวโพด	750	62.22±2.88^{cx}	72.30±0.22^{cx}	58.25±0.99^{by}	59.72±3.16^{bx}
มันสำปะหลัง	0	50.60 ±2.73^{cx}	70.57±1.44^{cx}	72.36±1.57^{ex}	58.17±3.32^{bx}
มันสำปะหลัง	750	58.41 ±5.61^{cx}	73.00±0.25^{cy}	92.62±2.22^{ey}	60.29±3.21^{bx}
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน		15.681	1.179	47.707	22.322
ไฟเตส		NS	p <0.05	p<0.05	NS
วัตถุดิบพืช		p <0.05	p <0.05	p <0.05	p<0.05
ไฟเตส * วัตถุดิบพืช		p <0.05	p <0.05	P<0.05	p<0.05

[1]ทำการวิเคราะห์ทางสถิติเฉพาะวัตถุดิบทดสอบ และตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยที่อักษร a, b, c, d, e แสดงถึงความแตกต่างของวัตถุดิบทดสอบ และอักษร x, y แสดงถึงความแตกต่างของเอนไซม์ไฟเตส

1.2 ค่าฮีมาโตคริต และฮีโมโกลบิน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเลือดของปลานิลแดงแปลงเพศ ที่ได้รับอาหารที่มีวัตถุดิบทดสอบ และการเสริมเอนไซม์ไฟเตส พบว่าการเสริมเอนไซม์ไฟเตสกับชนิดของวัตถุดิบมีปฏิสัมพันธ์กัน (p<0.05) ดังตารางที่ 22 ชนิดของวัตถุดิบทดสอบไม่มีผลทำให้ค่าฮีมาโตคริต แตกต่างกัน และผลการเสริมเอนไซม์ไฟเตสทำให้ค่าฮีมาโตคริตสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยอาหารที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสมีค่าอยู่ระหว่าง 28.77 ± 2.88 ถึง 35.50 ±7.07 เปอร์เซ็นต์ และอาหารที่ไม่เสริมเอนไซม์ไฟเตสมีค่าอยู่ระหว่าง 24.29 ± 2.72 ถึง 25.97 ± 3.04 เปอร์เซ็นต์

ค่าฮีโมโกลบินของปลานิลแดงแปลงเพศ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเสริมเอนไซม์ไฟเตสกับชนิดของวัตถุดิบ โดยอาหารที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสมีค่าฮีโมโกลบินสูงกว่าอาหารที่ไม่เสริมเอนไซม์ไฟเตส (p<0.05) ในทุก ๆ วัตถุดิบทดสอบ และค่าฮีโมโกลบินมีความแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบทดสอบ โดยกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน รำละเอียด ข้าวโพด และมันสำปะหลังมี ค่าฮีโมโกลบินสูงสุดไม่แตกต่างกันทั้งที่ไม่เสริมและเสริมเอนไซม์ไฟเตส มีค่าอยู่ระหว่าง 6.06 ±0.47 และ 8.03 ± 0.41 กรัม/เดซิลิตร และกากถั่วเหลืองมีมีค่าฮีโมโกลบินต่ำสุดทั้งที่ไม่เสริมและเสริมเอนไซม์ไฟเตส คือ 6.08 ± 0.42 และ 6.46 ± 0.39 กรัม/เดซิลิตร

ตารางที่ 22 ค่าฮีมาโตคริต และฮีโมโกลบิน ของปลานิลแดงแปลงเพศที่ได้รับอาหารทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์[1]

อาหารทดลอง	เอนไซม์ไฟเตส (FYT/kg feed)	ฮีมาโตคริต (%)	ฮีโมโกลบิน (g/dl)
สูตรอ้างอิง	0	24.61 ±2.27	6.44±0.47
สูตรอ้างอิง	750	29.82 ±1.78	7.61±0.72
กากถั่วเหลือง	0	25.24 ±1.56^{ax}	6.08±0.42^{ax}
กากถั่วเหลือง	750	28.77 ±2.88^{ay}	6.46±0.39^{ay}
กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน	0	24.88 ±2.14^{ax}	7.06±0.49^{bx}
กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน	750	29.94 ±1.84^{ay}	7.15±0.61^{by}
รำละเอียด	0	24.29 ±2.72^{ax}	6.06±0.47^{bx}
รำละเอียด	750	35.50 ±7.07^{ay}	7.85±0.99^{by}
ข้าวโพด	0	25.29 ±2.05^{ax}	6.89±0.53^{bx}
ข้าวโพด	750	31.81 ±3.59^{ay}	7.38±0.68^{by}
มันสำปะหลัง	0	25.97 ±3.04^{ax}	6.89±0.52^{bx}
มันสำปะหลัง	750	31.27 ±2.01^{ay}	8.03±0.41^{by}
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน		10.648	0.334
เอนไซม์ไฟเตส		P <0.05	P<0.05
วัตถุดิบพืช		NS	P <0.05
เอนไซม์ไฟเตส*วัตถุดิบพืช		P <0.05	P <0.05

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จาก ปลา 10 ตัวต่อชุดการทดลอง ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยที่อักษร a และ b แสดงถึงความแตกต่างของวัตถุดิบทดสอบ และอักษร x และ y แสดงถึงความแตกต่างของเอนไซม์ไฟเตส

2. ผลการทดลองที่ 2

2.1 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

เมื่อเริ่มการทดลองปลานิลแดงแปลงเพศมีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นอยู่ระหว่าง14.65± 0.11 ถึง14.78±0.04 กรัม น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เลี้ยง 8 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าน้ำหนักปลาทดลองมีความแตกต่างกัน และไม่มีความแตกต่างของน้ำหนักเฉลี่ยของปลาที่ได้รับอาหารเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต อาหารเสริมเอนไซม์ไฟเตส และอาหารเสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับไดแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 3 สูตรนี้มีน้ำหนักเฉลี่ยเป็น 60.17±1.10, 60.46±0.93 และ60.34±1.59 กรัม ตามลำดับ ส่วนปลาที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐาน(ไม่เสริมเอนไซม์ไฟเตส และไดแคลเซียมฟอสเฟต) มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 57.49 ± 1.07 กรัม แตกต่างจากสูตรอาหารอื่น (p<0.05) (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลานิลแดงแปลงเพศที่ได้รับอาหารทดลอง 4 สูตร ระยะเวลา 8 สัปดาห์[1](กรัม)

อาหารทดลอง	ระยะเวลา(สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
1 สูตรพื้นฐาน	14.72±0.10	22.10±1.37	31.92±1.90	43.62±2.48	57.49±1.07[a]
2 เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต	14.78±0.04	21.92±0.81	32.20±2.18	45.71±1.34	60.17±1.10[b]
3 เสริมเอนไซม์ไฟเตส	14.65±0.11	21.97±2.35	33.87±0.39	44.99±0.24	60.46±0.93[b]
4 เสริมเอนไซม์ไฟเตส +ไดแคลเซียมฟอสเฟต	14.74±0.05	21.84±0.61	32.12±1.99	45.01±1.61	60.34±1.59[b]

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

2.2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหาร และอัตราการรอดตาย

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหาร และอัตราการรอดตาย ของปลานิลแดงแปลงเพศแสดงไว้ในตารางที่ 24 โดยพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างการเสริมเอนไซม์ไฟเตสกับการเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลานิลแดงแปลงเพศ พบว่าที่ได้รับอาหารเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต อาหารเสริมเอนไซม์ไฟเตส และอาหารเสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับไดแคลเซียมฟอสเฟต มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐาน และปลามีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเรียงตามลำดับดังนี้ 307.21±2.13, 312.74±5.65, 309.46±11.68 และ 290.68±8.56 เปอร์เซ็นต์

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ของปลานิลแดงแปลงเพศพบว่ามีค่าสอดคล้องกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในปลาที่ได้รับการเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตลงในอาหาร ซึ่งปลานิลแดงแปลงเพศที่ได้รับอาหารเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต อาหารเสริมเอนไซม์ไฟเตส และอาหารเสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับไดแคลเซียมฟอสเฟต มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่าปลาที่ไดรับอาหารสูตรพื้นฐาน และมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาเรียงตามลำดับดังนี้ 2.51±0.01, 2.53±0.02, 2.51±0.05 และ 2.43±0.04 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน

อัตราการกินอาหารของปลานิลแดงแปลงเพศ พบว่าไม่มีความแตกต่างของอัตราการกินอาหารในทุกชุดการทดลอง โดยปลาทดลองมีอัตราการกินอาหารอยู่ระหว่าง 3.03 ±0.28 ถึง 3.32 ±0.19 เปอร์เซ็นต์ต่อตัวต่อวัน

อัตราการรอดตายของปลานิลแดงแปลงเพศ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าปลาทดลองมีอัตราการรอดตายไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 91.67 ± 5.77 ถึง 96.67 ± 2.89 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 24 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหาร และอัตราการรอดตายของปลานิลแดงแปลงเพศที่ได้รับอาหารทดลอง 4 สูตร ระยะเวลา 8 สัปดาห์[1]

อาหารทดลอง	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (%/วัน)	อัตราการกินอาหาร (% ต่อ ตัว ต่อ วัน)	อัตราการรอด (%)
1 สูตรพื้นฐาน	290.68±8.56[a]	2.43±0.04[a]	3.32±0.19	93.33±2.89
2 เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต	307.21±2.13[b]	2.51±0.01[b]	3.14±0.21	95.00±5.00
3 เสริมเอนไซม์ไฟเตส	312.74±5.65[b]	2.53±0.02[b]	3.03±0.28	91.67±5.77
4 เสริมเอนไซม์ไฟเตส+ไดแคลเซียมฟอสเฟต	309.46±11.68[b]	2.51±0.05[b]	3.08±0.27	96.67±2.89

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

2.3 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ

ไม่พบว่าการเสริมเอนไซม์ไฟเตสลงในอาหารและการเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตลงในอาหารมีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (ตารางที่ 25) ปลาที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตรมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้ออยู่ระหว่าง 1.44±0.15 ถึง 1.66± 0.08 และมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนอยู่ระหว่าง 1.97±0.09 ถึง 2.31±0.24

การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ พบว่าปลาที่ได้รับการเสริมเอนไซม์ไฟเตสลงในอาหารมีผลทำให้การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิของปลาเพิ่มขึ้นแตกต่างทางสถิติกับอาหารที่ไม่มีการเสริมเอนไซม์ไฟเตส (p<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างของการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิในปลาที่ได้รับการเสริมและไม่เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต โดยที่ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่เสริมเอนไซม์ไฟเตส มีค่าการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิสูงที่สุด (38.08±3.89 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับปลาที่ได้รับอาหารเสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับไดแคลเซียมฟอสเฟต (34.08±2.61เปอร์เซ็นต์) ส่วนปลาที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐาน กับอาหารเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต มีค่าการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ คือ 31.37±1.48 และ 32.00±2.07 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 25 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ และโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ ของปลานิลแดงแปลงเพศที่ได้รับอาหารทดลอง 4 สูตร ระยะเวลา 8 สัปดาห์[1]

อาหารทดลอง	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ (%)
1 สูตรพื้นฐาน	1.66±0.08	1.97±0.09	31.37±1.48[a]
2 เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต	1.55±0.10	2.04±0.13	32.00±2.07[a]
3 เสริมเอนไซม์ไฟเตส	1.44±0.15	2.31±0.24	38.08±3.89[b]
4 เสริมเอนไซม์ไฟเตส+ ไดแคลเซียมฟอสเฟต	1.54±0.12	2.13±0.16	34.08±2.61[ab]

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p<0.05)

2.4 ฟอสฟอรัสในซีรัม กิจกรรมเอนไซม์อัลคาไลด์ฟอสฟาเตส ฟอสฟอรัสในกระดูก และเถ้าในกระดูก

ฟอสฟอรัสในซีรัมของปลานิลแดงแปลงเพศ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในซีรัมของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่เสริมเอนไซม์ไฟเตส อาหารสูตรที่เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต และอาหารสูตรที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับไดแคลเซียมฟอสเฟตมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสในซีรัมเท่ากับ 25.2±0.42, 27.9±0.57 และ 27.9±0.14 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และสูงกว่าอาหารสูตรพื้นฐานที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในซีรัมเป็น 19.0±0.41 มิลลิกรัม/ลิตร (ตารางที่ 26)

กิจกรรมเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตสของปลานิลแดงแปลงเพศ ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ทางสถิติ เนื่องจากเป็นข้อมูลวิเคราะห์ตัวอย่างแบบรวมตัวอย่าง โดยได้ค่าออกมาชุดการทดลองละ 2 ค่า เท่ากัน คืออาหารสูตรพื้นฐานมีค่าเท่ากับ17 ยูนิต/ลิตร อาหารสูตรเสริมเอนไซม์ไฟเตสมีค่าเท่ากับ 19 ยูนิต/ลิตร อาหารสูตรที่เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตมีค่าเท่ากับ 19 ยูนิต/ลิตร และอาหารสูตรที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับไดแคลเซียมฟอสเฟตมีค่าเท่ากับ 26 ยูนิต/ลิตร

ฟอสฟอรัสในกระดูกของปลานิลแดงแปลงเพศ พบว่าปลาที่รับอาหารทั้ง 4 สูตรมีฟอสฟอรัสในกระดูกแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตมีฟอสฟอรัสในกระดูกสูงสุด คือ 8.82±0.28 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับไดแคลเซียมฟอสเฟต 8.37±0.64 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกับปลาที่ได้รับอาหารเสริมเอนไซม์ไฟเตส 8.10±0.21 เปอร์เซ็นต์ และปลาที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐานมีฟอสฟอรัสในกระดูกน้อยที่สุด 7.85±0.24 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 26)

เถ้าในกระดูกปลานิลแดงแปลงเพศ พบว่าการเสริมและไม่เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตลงในอาหารไม่มีผลต่อปริมาณเถ้าในกระดูกของปลา เช่นเดียวกับการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์ไฟเตสลงในอาหารก็ไม่มีผลต่อปริมาณเถ้าในกระดูกปลา โดยพบว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐานมีปริมาณเถ้าในกระดูก 45.58±0.67 เปอร์เซ็นต์ อาหารสูตรที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสมีปริมาณเถ้าในกระดูก 48.83±1.56 เปอร์เซ็นต์ อาหารสูตรที่เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตมีปริมาณเถ้าในกระดูก 51.31±2.63 เปอร์เซ็นต์ และอาหารสูตรที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับไดแคลเซียมฟอสเฟตมีปริมาณเถ้าในกระดูก 49.55±2.60 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 ฟอสฟอรัสในซีรัม กิจกรรมเอนไซม์อัลคาไลด์ฟอฟาเตส ฟอสฟอรัสในกระดูก และเถ้าในกระดูกของปลานิลแดงแปลงเพศที่ได้รับอาหารทดลอง 4 สูตร ระยะเวลา 8 สัปดาห์[1]

อาหารทดลอง	ฟอสฟอรัสในซีรัม (mg/l)	กิจกรรมเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอฟาเตส (U/l)[2]	ฟอสฟอรัสในกระดูก(%)	เถ้าในกระดูก (%)
สูตรที่ 1 สูตรพื้นฐาน	19.0±0.41[a]	17	7.85±0.24[a]	45.58± 0.67
สูตรที่ 2 เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต	25.2±0.42[b]	19	8.82±0.28[c]	51.31± 2.63
สูตรที่ 3 เสริมเอนไซม์ไฟเตส	27.9±0.57[b]	19	8.10±0.21[ab]	48.83+1. 56
สูตรที่ 4 เสริมเอนไซม์ไฟเตส +ไดแคลเซียมฟอสเฟต	27.9±0.14[b]	26	8.37±0.64[b]	49.55± 2.60

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ

[2]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 2 ซ้ำ

* ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p<0.05)

2.5 ส่วนประกอบทางโภชนาการของซากปลา

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนาการของซากปลานิลแดงแปลงเพศ แสดงไว้ในตารางที่ 27 พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างการเสริมเอนไซม์ไฟเตสลงในอาหารกับการเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตลงในอาหารต่อเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง โปรตีน และไขมันในซากปลา ส่วนปริมาณเถ้าและฟอสฟอรัสในซากพบว่ามีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการเสริมเอนไซม์ไฟเตสลงในอาหารกับการเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตลงในอาหาร ($p<0.05$)

น้ำหนักแห้งของซาก โปรตีนในซาก และไขมันในซากของปลานิลแดงแปลงเพศไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างปลาที่ได้รับอาหารต่างชนิดกันโดยพบว่าน้ำหนักแห้งของซากปลาอยู่ระหว่าง 24.02±0.63-25.78±1.83 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนอยู่ระหว่าง 59.22±1.08 ถึง 59.94±0.01 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 20.87±1.12 ถึง 24.52±0.83 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณเถ้าในซากปลานิลแดงแปลงเพศ พบว่าปลาที่รับอาหารทั้ง 4 สูตรพบว่าซากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต และอาหารสูตรที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับไดแคลเซียมฟอสเฟตมีปริมาณเถ้าสูงสุดเท่ากัน คือ 15.86±0.43 และ 15.40±0.51 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือซากของปลาที่ได้รับอาหารสูตรเสริมเอนไซม์ไฟเตส คือ 14.50±0.29 เปอร์เซ็นต์ และซากของปลาที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐานมีปริมาณเถ้าต่ำสุด คือ 12.69±0.42 เปอร์เซ็นต์

ฟอสฟอรัสในซากปลานิแดงแปลงเพศ พบว่าปลาที่รับอาหารทั้ง 4 สูตรมีค่าแตกต่างกันโดยปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตปริมาณฟอสฟอรัสในซากสูงสุด คือ 2.55±0.11 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับฟอสฟอรัสในซากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับ ไดแคลเซียมฟอสเฟต คือ 2.39±0.09 เปอร์เซ็นต์ และใกล้เคียงกับอาหารสูตรที่มีการเสริมเอนไซม์ไฟเตส คือ 2.18±0.19เปอร์เซ็นต์ และอาหารสูตรพื้นฐานมีปริมาณฟอสฟอรัสในซากต่ำที่สุดคือ 1.84±0.18เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 27 ส่วนประกอบทางโภชนาการของซากปลานิลแดงแปลงเพศที่ได้รับอาหารทดลอง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ (%บนฐานน้ำหนักแห้ง)[1]

อาหารทดลอง	น้ำหนักแห้ง	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ฟอสฟอรัส
สูตรที่ 1 สูตรพื้นฐาน	24.67±0.68	59.34±0.14	20.87±1.12	12.69±0.42[a]	1.84±0.176[a]
สูตรที่ 2 เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต	24.10±0.93	59.73±0.88	21.12±0.73	15.86±0.43[c]	2.55±0.109[c]
สูตรที่ 3 เสริมเอนไซม์ไฟเตส	25.78±1.83	59.22±1.08	24.52±0.83	14.50±0.29[b]	2.18±0.190[b]
สูตรที่ 4 เสริมเอนไซม์ไฟเตส+ไดแคลเซียมฟอสเฟต	24.02±0.63	59.94±0.01	23.04±4.15	15.40±0.51[c]	2.39±0.089[bc]

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในสดม์ที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

คุณค่าทางโภชนาการของตัวปลานิลแดงแปลงเพศก่อนการทดลอง น้ำหนักแห้ง 26.62เปอร์เซ็นต์ มีฟอสฟอรัส 2.93เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 50.63เปอร์เซ็นต์

2.6 ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสารอาหาร

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้ง และฟอสฟอรัสของสูตรอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร แสดงในตารางที่ 28

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้งของอาหารทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้งในปลาที่ได้รับอาหารเสริมและไม่เสริมเอนไซม์ไฟเตส และไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้งในปลาที่ได้รับการเสริมและไม่เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตลงในอาหาร โดยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้งของอาหารสูตรพื้นฐาน อาหารสูตรเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต อาหารสูตรเสริมเอนไซม์ไฟเตส และอาหารเสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับไดแคลเซียมฟอสเฟตมีค่าเป็น 62.64±1.30, 61.57±0.30, 62.41±0.47 และ 62.11±1.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัสของอาหารทดลองพบว่าปลาที่รับอาหารทั้ง 4 สูตรมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัสของอาหารแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งปลาที่ได้รับอาหารสูตรเสริมเอนไซม์ไฟเตส กับอาหารสูตรเสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับไดแคลเซียมฟอสเฟตมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัสสูงสุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 62.91±0.99 และ 63.50±1.25 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือปลาที่ได้รับอาหารเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตมีค่าเป็น 49.89 ±2.40 เปอร์เซ็นต์ และอาหารสูตรพื้นฐานมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัสน้อยที่สุด คือ 41.19±1.11 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 28 ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารของปลานิลแดงแปลงเพศที่ได้รับอาหารทดลอง 4 สูตร (เปอร์เซ็นต์)[1]

อาหารทดลอง	วัตถุแห้ง	ฟอสฟอรัส
สูตรที่ 1 สูตรพื้นฐาน	62.64±1.30	41.19±1.11[a]
สูตรที่ 2 เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต	61.57±0.30	49.89±2.40[b]
สูตรที่ 3 เสริมเอนไซม์ไฟเตส	62.41±0.47	62.91±0.99[c]
สูตรที่ 4 เสริมเอนไซม์ไฟเตส+ไดแคลเซียมฟอสเฟต	62.11±1.02	63.50±1.25[c]

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p<0.05)

2.7 การเก็บสะสมฟอสฟอรัสในร่างกายและฟอสฟอรัสที่ถูกขับทิ้ง

การเก็บสะสมฟอสฟอรัสในร่างกายในปลานิลแดงแปลงเพศพบว่ามีความแตกต่างระหว่างการเสริมเอนไซม์ไฟเตสลงในอาหารกับการเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตลงในอาหาร (P <0.05) ดังตารางที่ 29 โดยปลาที่รับอาหารทั้ง 4 สูตรมีการเก็บสะสมฟอสฟอรัสในร่างกายแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05) และปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสและอาหารสูตรเสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับไดแคลเซียมฟอสเฟตมีค่าการเก็บสะสมฟอสฟอรัสในร่างกายสูงสุดไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 43.07±4.34 และ 40.86±2.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือ ปลาที่ได้รับอาหารสูตรเสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต 34.94±2.24 เปอร์เซ็นต์ และปลาที่ได้รับอาหารสูตรพื้นฐานมีค่าน้อยที่สุดคือ 27.43±1.11 เปอร์เซ็นต์

ฟอสฟอรัสที่ถูกขับทิ้งจากปลานิลแดงแปลงเพศแสดงในตารางที่ 29 พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์ไฟเตสลงในอาหารทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกขับทิ้งแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05) และการเสริมและไม่เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟตทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกขับทิ้งแตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05) เช่นกัน โดยพบว่าอาหารสูตรที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสมีฟอสฟอรัสที่ถูกขับทิ้งน้อยที่สุดคือ 3.73±1.17 กรัมฟอสฟอรัส/กิโลกรัมของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับอาหารสูตรที่เสริมเอนไซม์ไฟเตสร่วมกับไดแคลเซียมฟอสเฟต มีค่า 4.86±0.99กรัมฟอสฟอรัส/กิโลกรัมของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น รองลงมาคืออาหารสูตรพื้นฐาน 6.34±0.63 กรัมฟอสฟอรัส/กิโลกรัมของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่แตกต่างกับอาหารสูตรที่เสริม ไดแคลเซียมฟอสเฟต 7.93 ±1.03 กรัมฟอสฟอรัส/กิโลกรัมของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 29 การเก็บสะสมของฟอสฟอรัส และฟอสฟอรัสที่ถูกขับทิ้งของปลานิลแดงแปลงเพศที่ได้รับอาหารทดลอง 4 สูตร เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ [1]

อาหารทดลอง	การเก็บสะสมของฟอสฟอรัส(%)	ฟอสฟอรัสที่ถูกขับทิ้ง (กรัมฟอสฟอรัส/ กิโลกรัมของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น)
สูตรที่ 1 สูตรพื้นฐาน	27.43±1.11[a]	6.34±0.63[bc]
สูตรที่ 2 เสริมไดแคลเซียมฟอสเฟต	34.94±2.24[b]	7.93±1.03[c]
สูตรที่ 3 เสริมเอนไซม์ไฟเตส	43.07±4.34[c]	3.73±1.17[a]
สูตรที่ 4 เสริมเอนไซม์ไฟเตส+ไดแคลเซียมฟอสเฟต	40.86±2.97[c]	4.86±0.99[ab]

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากข้อมูล 3 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)