บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาระดับการย่อยสลายโปรตีนในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองชนิดต่างๆ ด้วยเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดจากกระเพาะอาหารของปลากดเหลือง

3.1.1 ระดับ pH ในกระเพาะอาหารของปลากดเหลือง

ผลการศึกษาพฤติกรรมของปลากดเหลืองหลังการใส่ตะกอนโปรตีนไฮโดรไลเสตในปริมาณและระยะเวลาต่าง ๆ กันดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 พฤติกรรมการตอบสนองของปลากดเหลืองที่ได้รับการกระตุ้นโดยตะกอนโปรตีนไฮโดรไลเสตในปริมาณ และระยะเวลาต่าง ๆ

ปริมาณตะกอนโปรตีนไฮโดรไลเสต (มิลลิลิตร) ต่อน้ำ 20 ลิตร	ระยะเวลา (นาที)	พฤติกรรม
0 (ชุดควบคุม)	10	ว่ายน้ำปกติ ไม่มีอาการตอบสนอง
	20	ว่ายน้ำปกติ ไม่มีอาการตอบสนอง
	30	ว่ายน้ำปกติ ไม่มีอาการตอบสนอง
200	10	ว่ายน้ำปกติ ไม่มีอาการตอบสนอง
	20	ว่ายน้ำปกติ ไม่มีอาการตอบสนอง
	30	ว่ายน้ำปกติ ไม่มีอาการตอบสนอง
400	10	ฮุบน้ำเป็นระยะ ๆ มีอาการตอบสนอง
	20	ฮุบน้ำเป็นระยะ ๆ มีอาการตอบสนอง
	30	ฮุบน้ำเป็นระยะ ๆ มีอาการตอบสนอง
600	10	มีอาการขาดอากาศ ลอยหัว
	20	ลอยหัว สีลำตัวเริ่มซีด
	30	สีลำตัวซีดมากขึ้น และอาจตายได้

พบว่าปริมาณความเข้มข้นของการใช้ตะกอนโปรตีนไฮโดรไลเสตที่เหมาะสมที่สุด คือที่ระดับ 400 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร หรือ ตะกอนโปรตีนไฮโดรไลเสต 2 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

ผลการศึกษาระดับ pH ในกระเพาะอาหารปลากดเหลืองขนาดน้ำหนัก 250–300 กรัม หลังการใช้ตะกอนโปรตีนไฮโดรไลเสตของเครื่องในปลาทูน่า เป็นสารกระตุ้นให้ปลามีความอยากกินและหลั่งน้ำย่อยที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่า ระดับ pH ในกระเพาะอาหารทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 9 โดยมีระดับ pH เฉลี่ยเท่ากับ 3.06 ± 0.75

ตารางที่ 9 ระดับ pH ในกระเพาะอาหารปลากดเหลืองหลังกระตุ้นด้วยตะกอนโปรตีนไฮโดรไลเสตที่ระยะ เวลาต่าง ๆ[1]

ระยะเวลา (นาที)	น้ำหนักปลา (กรัม/ตัว)	ระดับ pH ในกระเพาะอาหาร[2]
0	256.18 ± 18.08	3.16 ± 0.98
10	274.12 ± 19.18	2.80 ± 0.50
20	282.05 ± 19.77	3.12 ± 1.08
30	265.10 ± 35.34	3.19 ± 0.45
เฉลี่ย		3.06 ± 0.75

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 5 ยกเว้นชุดการทดลองที่ 3 และ 4 N = 4)

[2]ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \geq 0.05$)

3.1.2 ปริมาณเอนไซม์โปรติเอสจากกระเพาะอาหารปลากดเหลือง

ปลากดเหลืองซ้ำที่ 1 จำนวน 5 ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 311.37 ± 40.38 กรัม ได้น้ำหนักกระเพาะอาหารรวมเท่ากับ 12.21 กรัม และสกัดเอนไซม์โปรติเอสได้ เท่ากับ 35 มิลลิลิตร

สำหรับปลากดเหลืองซ้ำที่ 2 จำนวน 5 ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 290.66 ± 26.82 กรัม ได้น้ำหนักกระเพาะอาหารรวมเท่ากับ 10.92 กรัม และได้ปริมาณเอนไซม์โปรติเอส เท่ากับ 30 มิลลิลิตร

3.1.3 กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส

ตัวอย่างเอนไซม์สกัดจากกระเพาะอาหารปลากดเหลือง ซ้ำที่ 1 มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 7.31±0.06 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยมีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสเท่ากับ 193.77 ยูนิตต่อมิลลิลิตร และมีค่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์เปบซินเท่ากับ 26.50 ยูนิตต่อมิลลิกรัม

สำหรับตัวอย่างเอนไซม์สกัดจากกระเพาะอาหารปลากดเหลืองซ้ำที่ 2 มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 11.29±0.02 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสเท่ากับ 188.67 ยูนิตต่อมิลลิลิตร และมีค่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์เปบซินเท่ากับ 16.71 ยูนิตต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ โดยค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอส และค่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์เปบซิน จำนวน 2 ซ้ำ ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอส และค่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์สกัด จำนวน 2 ซ้ำ

ซ้ำที่	ปริมาณโปรตีน (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่ากิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส (ยูนิตต่อมิลลิลิตร)	ค่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์เปบซิน (ยูนิตต่อมิลลิกรัม)
1	7.31±0.06	193.77	26.50
2	11.29±0.02	188.67	16.71

3.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ ปลาป่น เมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน และเมล็ดถั่วเหลืองดิบ ดังแสดงในตารางที่ 11 (วิเคราะห์โปรตีน, ไขมัน, เถ้า และความชื้น ที่ภาควิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และวิเคราะห์เยื่อใย ที่ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่นำมาทดสอบระดับการย่อยโปรตีนในหลอดทดลอง (% as fed basis)

วัตถุดิบ	องค์ประกอบทางเคมี[1]					
	โปรตีน	ไขมัน	NFE	เถ้า	เยื่อใย	ความชื้น
ปลาป่น	65.49±0.07	12.67±0.18	-	13.72±0.13	-	7.33±0.09
ถั่วเหลืองต้ม[2]	44.56±0.24	16.20±0.19	22.68±0.81	4.81±0.02	4.16±0.35	7.67±0.27
กากถั่วเหลือง[3]	39.62±0.05	2.68±0.09	35.02±0.11	7.59±0.10	6.09±0.20	9.00±0.10
ถั่วเหลืองดิบ	42.27±0.16	19.69±0.30	22.63±0.69	5.56±0.09	3.82±0.10	4.06±0.11

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 3)

[2]เมล็ดถั่วเหลืองต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที และอบแห้ง

[3]กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน

3.1.5 การย่อยสลายโปรตีนในวัตถุดิบโดยใช้เอนไซม์สกัด

1) โปรตีนที่ละลายน้ำ

จากการบ่มตัวอย่างวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ กับบัฟเฟอร์โดยไม่มีการเติมเอนไซม์เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่เหลือ จากนั้นนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่เหลือ (ตารางที่ 12) เปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีนในตัวอย่างก่อนบ่ม เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนที่ละลายได้ พบว่า ถั่วเหลืองดิบมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ละลายได้สูงที่สุดรองลงมาได้แก่ ปลาป่น เมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.18±0.86, 17.85±0.60, 8.34±0.65 และ 7.07±0.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ภาพที่ 7)

2) ระดับการย่อยสลายโปรตีนในวัตถุดิบ

ปริมาณโปรตีนที่เหลือ และเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่เหลือของปลาป่น เมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน และถั่ว

เหลืองดิบ หลังการบ่มกับเอนไซม์สกัดจากกระเพาะอาหารปลากดเหลืองจำนวน 2 ซ้ำ และเมื่อนำโปรตีนที่เหลือของแต่ละตัวอย่างเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ใส่เอนไซม์สกัดเพื่อหาค่าระดับการย่อยสลายโปรตีน (ตารางที่ 12) พบว่า ปลาป่นมีค่าระดับการย่อยโปรตีนเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ เมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที กาก ถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน และถั่วเหลืองดิบ ($P \leq 0.05$) โดยมีระดับการย่อยสลายโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 10.21 ± 0.42, 9.08 ± 0.79, 7.76 ± 0.77 และ 5.63 ± 0.82 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

จากการศึกษาระดับการย่อยโปรตีนในวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ โดยการใช้เอนไซม์โปรติเอสที่สกัดจากกระเพาะอาหารปลากดเหลืองเป็นเอนไซม์ทดสอบ จึงสรุปได้ว่าระดับการย่อยโปรตีนในปลาป่นมีค่าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ เมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน และถั่วเหลืองดิบ เป็นชุดการทดลองที่มีระดับการย่อยโปรตีนต่ำที่สุด ดังนั้นเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที และ กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน เป็นผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่มีระดับการย่อยโปรตีนเป็นอันดับ 1 และ 2 ตามลำดับ จึงนำมาใช้ในการทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารในการทดลองที่ 2 ต่อไป

ตารางที่ 12 ปริมาณโปรตีนที่เหลือ เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่เหลือ และระดับการย่อยสลายโปรตีนในวัตถุดิบหลังการย่อยสลายโปรตีนโดยเอนไซม์[1]

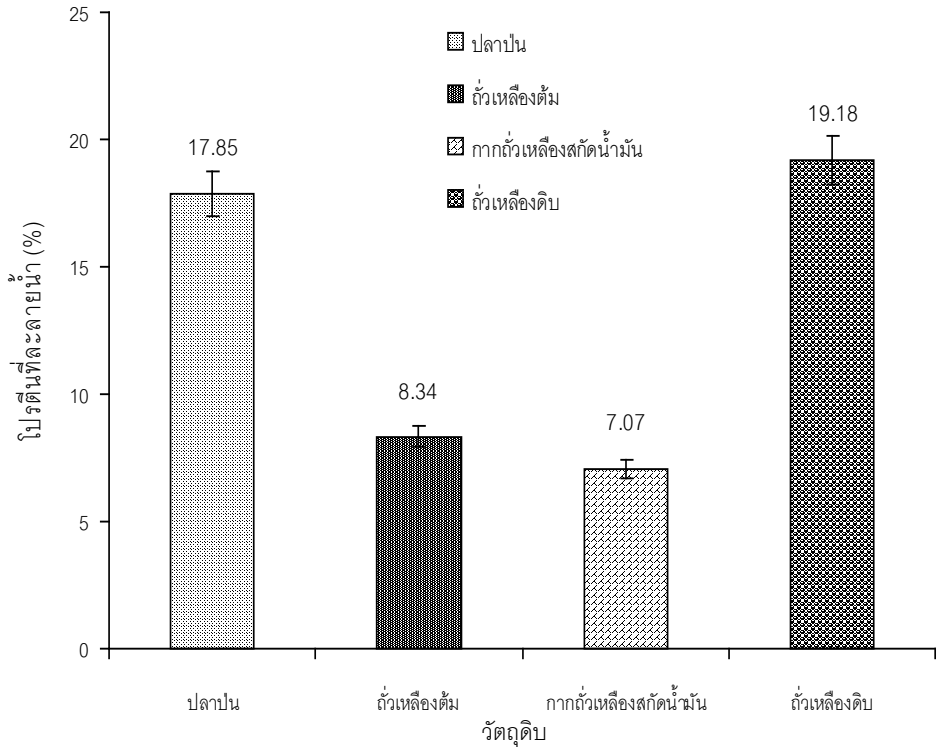
วัตถุดิบ[2]	ปริมาณโปรตีนที่เหลือ (เปอร์เซ็นต์)		เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่เหลือ		ระดับการย่อยสลาย (เปอร์เซ็นต์)
	ไม่ใส่เอนไซม์	หลังบ่มด้วยเอนไซม์	ไม่ใส่เอนไซม์	หลังบ่มด้วยเอนไซม์	
ปลาป่น	53.76±0.39	47.12±0.27	82.14±0.60	71.99±0.42[a]	10.21±0.42[a]
ถั่วเหลืองต้ม[3]	40.84±0.28	36.79±0.34	91.65±0.65	82.57±0.79[b]	9.08±0.79[b]
กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน	36.89±0.23	33.73±0.30	92.92±0.52	85.16±0.77[c]	7.76±0.77[c]
ถั่วเหลืองดิบ	33.96±0.36	31.49±0.34	80.82±0.86	74.94±0.82[d]	5.63±0.82[d]

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 2)

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P≥0.05))

[2] ระดับโปรตีนของวัตถุดิบ (% as fed basis) : ปลาป่น 65.49; ถั่วเหลืองต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 44.56; กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน 39.62; ถั่วเหลืองดิบ 42.27 ตามลำดับ

[3] ถั่วเหลืองต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที



ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ละลายน้ำในวัตถุดิบแต่ละชนิด
ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 2)

3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาการนำผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นที่ระดับต่างๆ ในอาหารปลากดเหลือง

3.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

อาหารทดลองที่ใช้ในการศึกษามีองค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 13) โดยมีระดับโปรตีนร้อยละ 36.73±0.46 ถึง 39.64±0.21 ไขมันร้อยละ 11.62±0.20 ถึง 16.00±0.79 เถ้าร้อยละ

8.70±0.01 ถึง 10.97±0.12 ความชื้นร้อยละ 3.78±0.12 ถึง 5.96±0.03 และเยื่อใยร้อยละ 5.38±0.11 ถึง 7.18±0.21 ของน้ำหนักอาหารเปียก

ตารางที่ 13 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (% as fed basis)[1]

สูตรอาหาร	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เยื่อใย	ความชื้น	พลังงานรวม (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)
1 และ 8 (0%)	38.69±0.19	12.51±0.32	10.97±0.12	5.38±0.11	4.22±0.14	4522±1.43
2 (10%)[2]	38.70±0.21	12.91±0.10	10.36±0.05	5.73±0.14	4.28±0.11	4551±1.69
3 (20%)	37.73±0.47	13.47±0.35	9.97±0.05	6.48±0.01	5.96±0.03	4476±1.12
4 (30%)	37.87±0.98	12.92±1.18	9.49±0.04	6.57±0.22	5.04±0.06	4486±8.78
5 (40%)	37.74±0.40	15.10±0.37	9.05±0.05	6.16±0.11	4.51±0.03	4666±1.73
6 (50%)	36.73±0.46	14.67±0.29	8.97±0.05	6.47±0.01	4.08±0.09	4650±2.30
7 (60%)	37.84±0.24	16.00±0.79	8.70±0.01	5.55±0.11	3.86±0.28	4767±1.04
9 (10%)[3]	38.84±0.40	12.11±0.80	10.57±0.07	5.38±0.03	3.78±0.12	4557±1.75
10 (20%)	39.36±0.09	12.33±0.46	10.27±0.09	6.21±0.12	3.95±0.10	4533±2.29
11 (30%)	39.33±0.04	12.27±0.12	10.07±0.02	6.17±0.00	3.70±0.11	4547±0.34
12 (40%)	38.47±0.74	11.83±0.27	9.95±0.01	6.81±0.06	3.96±0.02	4488±1.20

13 (50%)	39.64±0.21	11.62±0.20	9.49±0.06	7.18±0.21	4.10±0.03	4487±1.06
14 (60%)	38.98±0.10	11.88±0.12	9.20±0.05	7.16±0.04	4.85±0.16	4468±0.41

[1] ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 3)

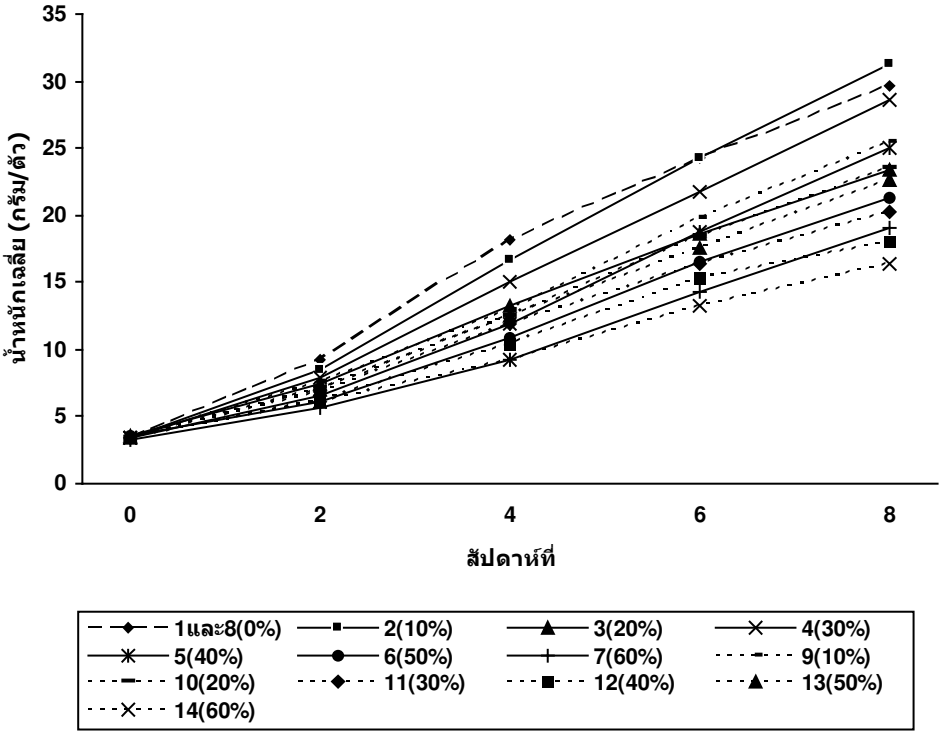
[2]อาหารสูตรที่ 2–7 มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และอบแห้ง ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

[3]อาหารสูตรที่ 9–14 มีโปรตีนจากกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

3.2.2 การเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของปลากดเหลือง

ปลากดเหลืองขนาดเฉลี่ย 3.45 กรัม หลังได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ เมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ60 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มปลาที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 31.30±1.84 กรัม รองลงมาได้แก่ชุดควบคุม ซึ่งมีน้ำหนักสุดท้ายเท่ากับ 29.70±1.59 กรัม ในขณะที่กลุ่มปลาที่ได้รับอาหารที่โปรตีนจากถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตสูงเป็นอันดับ 3 โดยมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 28.56±2.89 กรัม ส่วนกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารที่โปรตีนจากกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ เป็นชุดการทดลองที่มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.42±2.38 กรัม ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การเจริญเติบโตของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารที่มีผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ ทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิด ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 14 พบว่าชนิดผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง และระดับของการทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (no interaction) ต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ($P \geq 0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิดที่นำมาใช้ในอาหารทดลองให้ผลน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของปลาแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) คือ กลุ่มของปลาที่ได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่นมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าปลาในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่ปลาป่น โดยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.83 ± 2.82 และ 18.49 ± 2.70 กรัมต่อตัวตามลำดับ (ภาพที่ 9) นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลา

ป่นที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 15) มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับชุดควบคุมที่ใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนแต่เพียงอย่างเดียว ($P \geq 0.05$) โดยมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย เท่ากับ 25.04$\pm$4.28 กรัมต่อตัว ขณะที่ชุดควบคุมมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 26.15$\pm$1.71 กรัมต่อตัวสำหรับชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 20 , 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน ($P \geq 0.05$) โดยมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 20.00$\pm$2.17, 20.96$\pm$2.72, 18.09$\pm$2.80, 18.55$\pm$3.20 กรัมต่อตัวตามลำดับ ขณะที่ชุดการทดลองที่มีถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 14.3$\pm$1.80 กรัมต่อตัว และมีความแตกต่างทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง ($P \leq 0.05$) ยกเว้นชุดการทดลองที่มีการใช้ โปรตีนจากถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาที่ได้รับอาหารสูตรต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 14 พบว่าชนิด และระดับของการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองในสูตรอาหารไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ($P \geq 0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิดที่นำมาใช้ในอาหารทดลองมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาต่างกัน ($P \leq 0.05$) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น คือ กลุ่มปลาที่ได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่นมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่าปลาในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่ปลาป่น โดยอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.53$\pm$0.21 และ 3.25$\pm$0.24 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ (ภาพที่ 9) นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่มปลาที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะใกล้เคียงกับชุดควบคุม ($P \geq 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.78$\pm$0.29 และ 3.81$\pm$0.21 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ สำหรับชุดการทดลองที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 20 , 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะใกล้เคียงกัน ($P \geq 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.39$\pm$0.20, 3.44$\pm$0.23, 3.24$\pm$0.24 และ 3.28$\pm$0.28 เปอร์เซ็นต์ต่อวันตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่มีถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยต่ำที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับเท่ากับ 2.94$\pm$0.18 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับทุกชุดการทดลองและในทุกระดับการแทนที่ ยกเว้นชุดการทดลองในกลุ่มที่มีการใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 15)

การรอดตาย

พบว่าอัตราการรอดตายของปลาในทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 91.66–100

เปอร์เซ็นต์ โดยชนิด และระดับของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่ใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารไม่มีผลต่ออัตราการรอดตายของปลา ($P \geq 0.05$) (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 14 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และการรอดตายของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์[1]

ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง	ระดับการแทนที่ (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัมต่อตัว)[4]	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)[5]	การรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)[6]
ถั่วเหลืองต้ม[2]	0	26.15±2.41	3.81±0.21	100.00±0.00
	10	27.97±1.79	4.00±0.08	97.22±4.80
	20	19.90±3.47	3.38±0.26	88.88±9.62
	30	25.07±2.96	3.74±0.22	94.44±4.80
	40	21.60±4.47	3.55±0.34	94.44±4.80
	50	17.86±3.38	3.21±0.26	100.00±0.00
	60	15.73±1.30	3.10±0.14	100.00±0.00
กากถั่วเหลือง[3]	0	26.15±2.41	3.81±0.21	100.00±0.00
	10	22.12±6.75	3.55±0.50	86.11±17.34
	20	20.10±0.87	3.41±0.13	100.00±0.00
	30	16.85±2.47	3.15±0.24	100.00±0.00
	40	14.59±1.13	2.93±0.13	97.22±4.80
	50	19.23±3.03	3.34±0.29	83.33±28.86

	60	12.98±2.29	2.78±0.22	91.60±0.00
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Pr>F)				
ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง		**	**	ns
ระดับการแทนที่		**	**	ns
ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง x ระดับการแทนที่		ns	ns	ns

[1] ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 3)

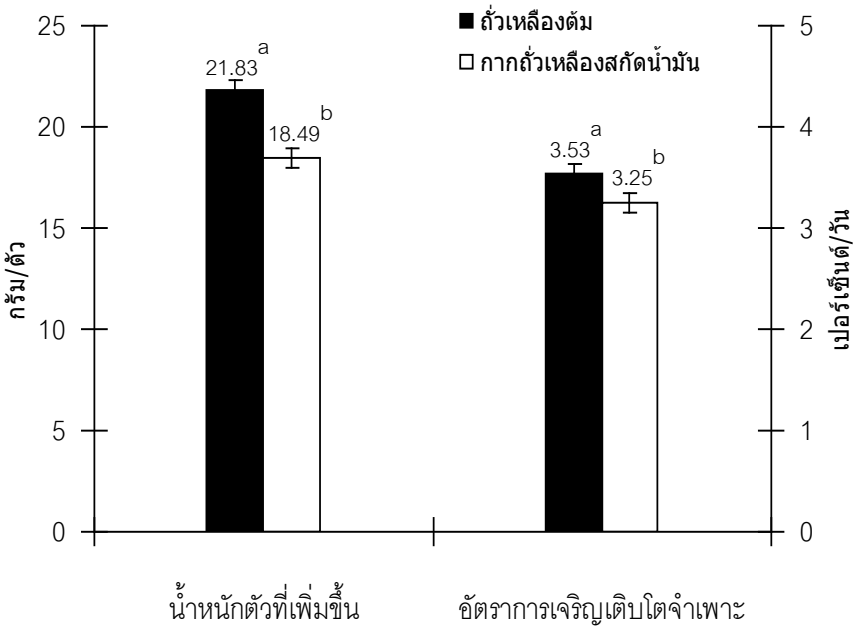
[2] ถั่วเหลืองต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และอบแห้ง

[3] กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน

[4] น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น = น้ำหนักปลาสุดท้าย (กรัม/ตัว) – น้ำหนักปลาเริ่มต้น (กรัม/ตัว)

[5] อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ = $(\ln w_2 - \ln w_1) \times 100 / t_2 - t_1$

[6] การรอดตาย = จำนวนปลาที่เหลือ x 100 / จำนวนปลาเริ่มต้น



ภาพที่ 9 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \geq 0.05$)

ตารางที่ 15 การแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่ระดับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และการรอดตายของปลากดเหลืองที่เลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์[1]

ระดับการแทนที่ (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัมต่อตัว)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)	การรอดตาย[2] (เปอร์เซ็นต์)
0	26.15±2.41 [a]	3.81±0.16 [a]	100.00±0.00
10	25.04±4.27 [a]	3.78±0.29 [a]	91.66 ±11.08
20	20.00±2.17 [b]	3.39±0.20 [b]	94.44±2.40
30	20.96±2.72 [b]	3.44±0.23 [b]	97.22±2.40
40	18.09±2.80 [b c]	3.24±0.24 [bc]	95.83±4.81
50	18.55±3.20 [b]	3.28±0.28 [b]	91.66±14.43
60	14.35±1.80 [c]	2.94±0.18 [c]	95.83±0.00

[1] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 6) ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความ แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \geq 0.05$)

[2] อัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

3.2.3 น้ำหนักอาหารที่ปลากิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์

น้ำหนักอาหารที่ปลากิน

น้ำหนักอาหารที่กินของปลาที่ได้รับอาหารสูตรต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 16 พบว่าชนิด และระดับของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองมาใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (no interaction) ต่อน้ำหนักอาหารที่ปลากิน ($P \geq 0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิด ที่นำมาใช้ในอาหารทดลองให้ผลน้ำหนักอาหารที่ปลากินแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) คือ ในกลุ่มของปลาที่ได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่นมีค่าน้ำหนักอาหารที่ปลากินสูงกว่าปลาในกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น โดยน้ำหนักอาหารที่ปลากินของปลาทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.68±2.88 และ 21.01±2.83 กรัมต่อตัว

(ภาพที่ 10) นอกจากนี้ พบว่า ชุดควบคุม และชุดการทดลองที่มีการใช้ โปรตีนจากถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักอาหารที่ปลากินใกล้เคียงกัน โดยมีน้ำหนักอาหารที่ปลากินเฉลี่ยเท่ากับ 32.79±3.85 และ 28.89±4.47 กรัมต่อตัวตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ ($P\geq0.05$) สำหรับชุดการทดลองที่มีการใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 20 , 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าน้ำหนักอาหารที่ปลากินเฉลี่ยเท่ากับ 23.66±2.75, 23.62±2.17, 21.11±3.03 และ 21.42±2.82 กรัมต่อตัวตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ ($P\geq0.05$) ส่วนชุดการทดลองที่มีการใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอาหารที่กินน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 16.66±1.63 กรัมต่อตัว และมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ ($P\leq0.05$) กับทุกชุดการทดลอง และในทุกระดับการแทนที่ (ตารางที่ 17)

ประสิทธิภาพการใช้อาหาร

สำหรับประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 16 พบว่าชนิด และระดับของการนำผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองมาใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (no interaction) ต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร ($P\geq0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิด ที่นำมาใช้ในอาหารทดลองมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลา ($P\leq0.05$) คือ ปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่นมีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่าปลาในกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น โดยประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.87±0.02 และ 0.83±0.04 ตามลำดับ (ภาพที่ 11) สำหรับปลาที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ พบว่ามีประสิทธิภาพการใช้อาหารใกล้เคียงกัน ($P\geq0.05$) ขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม มีประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำที่สุดเท่ากับ 0.79±0.02 (ตารางที่ 17)

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน

เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลาหลังได้รับอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 16 พบว่ามีความสอดคล้องกับประสิทธิภาพการใช้อาหาร คือ ชนิด และระดับของการนำผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองมาใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (no interaction) ต่อประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลา ($P\geq0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิด ที่นำมาใช้ในอาหารทดลองมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลา ($P\leq0.05$) คือ ปลาที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่นมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนสูงกว่าปลาในกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น โดยประสิทธิ

ภาพการใช้โปรตีนของปลาทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.31±0.07 และ 2.13±0.11 ตามลำดับ (ภาพที่ 11) ปลาที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ พบว่ามีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนใกล้เคียงกัน (P≥0.05) ขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมมีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนต่ำที่สุด เท่ากับ 2.06±0.05 (ตารางที่ 17)

โปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์

โปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ของปลาหลังได้รับอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 16 พบว่าชนิด และระดับของการนำผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองมาใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (no interaction) ต่อโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ (P≥0.05) แต่ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิด ที่นำมาใช้ในอาหารทดลองมีผลต่อโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ของปลา (P≤0.05) คือ ปลาที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่นมีค่าโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์สูงกว่าปลาในกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น โดยโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ของปลาทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.41±2.10 และ 31.12±2.16 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ภาพที่ 10) สำหรับปลาที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 30, 10, 40, 20 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ใกล้เคียงกันเฉลี่ยเท่ากับ 34.89±2.63, 33.39±1.63, 33.00±1.36, 32.82±1.98 และ 32.33±1.36 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (P≥0.05) ขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุม มีค่าโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์เฉลี่ยเท่ากับ 31.65±0.96 และ 30.52±4.18 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ (P≥0.05) กับทุกชุดการทดลอง (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 16 น้ำหนักอาหารที่ปลากิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน โปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ ของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์[1]

ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง	ระดับการแทนที่ (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักอาหารที่กิน (กรัมต่อตัว)	ประสิทธิภาพการใช้อาหาร[4]	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน[5]	โปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ (เปอร์เซ็นต์)[6]
ถั่วเหลืองต้ม[2]	0	32.79±3.14	0.79±0.02	2.06±0.05	30.52±4.18
	10	31.35±1.71	0.89±0.01	2.30±0.02	35.82±0.86
	20	23.64±3.38	0.84±0.04	2.22±0.11	33.72±1.39
	30	27.78±2.33	0.90±0.06	2.38±0.16	37.34±4.51
	40	24.13±4.82	0.89±0.01	2.37±0.03	34.51±1.25
	50	20.76±3.23	0.85±0.03	2.33±0.08	33.47±2.11
	60	16.99±1.55	0.92±0.03	2.46±0.07	34.17±0.40
กากถั่วเหลือง[3]	0	32.79±3.14	0.79±0.02	2.06±0.05	30.52±4.18
	10	23.43±7.24	0.83±0.03	2.14±0.07	30.95±2.40
	20	23.68±2.12	0.85±0.04	2.16±0.10	31.93±2.57
	30	19.46±2.00	0.86±0.04	2.19±0.10	32.45±0.74
	40	18.10±1.23	0.80±0.05	2.09±0.12	31.49±1.47
	50	22.07±2.41	0.87±0.06	2.19±0.16	31.19±2.26
	60	16.33±1.71	0.79±0.07	2.02±0.18	29.13±1.50
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Pr>F)					
ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง		**	**	**	**
ระดับการแทนที่		**	ns	ns	ns
ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง x ระดับการแทนที่		ns	ns	ns	ns

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 3)

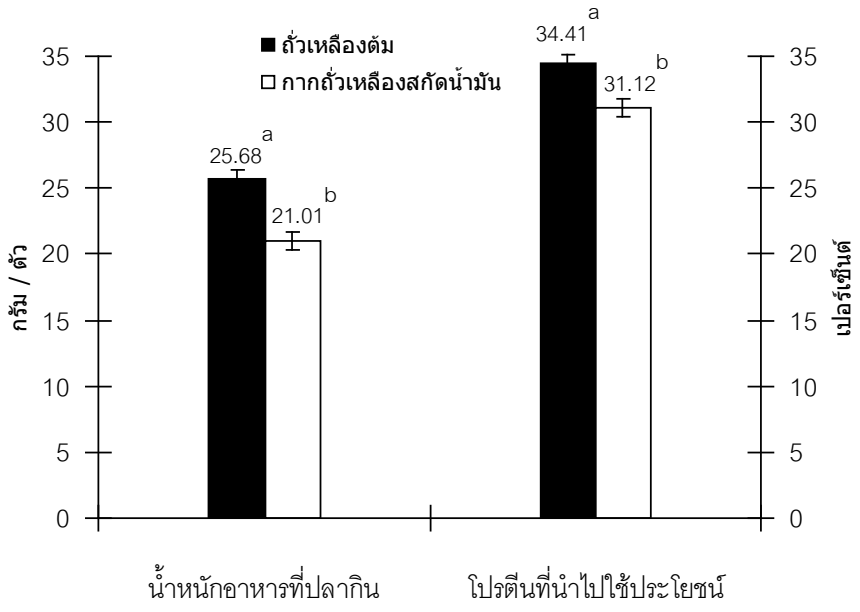
[2]ถั่วเหลืองต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที และอบแห้ง

[3]กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน

[4]ประสิทธิภาพการใช้อาหาร = น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม) / น้ำหนักอาหารที่ปลากิน (กรัม)

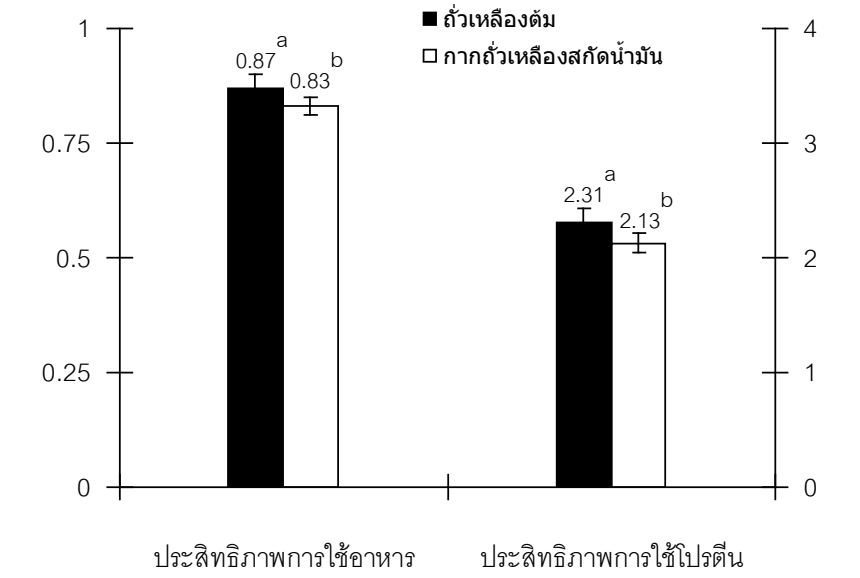
[5]ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน = น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม) / น้ำหนักโปรตีนที่ปลากิน (กรัม)

[6]โปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ = โปรตีนของตัวปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)x 100 / น้ำหนักโปรตีนที่ปลากินตลอดการทดลอง (กรัม)



ภาพที่ 10 น้ำหนักอาหารที่ปลากินเฉลี่ย และโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์เฉลี่ยของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารที่มี การแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันเป็นเวลา 8 สัปดาห์

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ ($P \geq 0.05$)



ภาพที่ 11 ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเฉลี่ยของปลากดเหลืองที่ได้

รับอาหารที่มีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ (P≥0.05)

ตารางที่ 17 การแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่ระดับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ของปลากดเหลืองที่เลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์[1]

ระดับการแทนที่ (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักอาหารที่ปลากิน (กรัมต่อตัว)	ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน	โปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ (เปอร์เซ็นต์)
0	32.79±3.85[a]	0.79±0.02	2.06±0.05	30.52±4.18
10	28.89±4.47[a]	0.86±0.02	2.22±0.05	33.39±1.63
20	23.66±2.75[b]	0.84±0.04	2.19±0.11	32.82±1.98
30	23.62±2.17[b]	0.88±0.05	2.28±0.13	34.89±2.63
40	21.11±3.03[b]	0.85±0.03	2.23±0.08	33.00±1.36
50	21.42±2.82[b]	0.86±0.04	2.26±0.12	32.33±1.36
60	16.66±1.63[c]	0.85±0.05	2.24±0.13	31.65± 0.96

[1] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 6) ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P≥0.05) สำหรับประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างระดับของการแทนที่ (P≥0.05)

3.2.4 องค์ประกอบทางเคมีของปลากดเหลือง

โปรตีน

โปรตีนในปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ พบว่าชนิด และระดับการนำผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองมาใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (P≥

0.05) ต่อระดับโปรตีนในเนื้อปลา (ตารางที่ 18) นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิด ที่นำมาใช้ในอาหารทดลอง ไม่มีผลต่อระดับโปรตีนในเนื้อปลา (P≥0.05) เช่นกัน โดยระดับโปรตีนในเนื้อ กลุ่มปลาที่ได้รับอาหารทดลองที่มีถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่นมีค่าเท่ากับ 14.88±0.88

เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กลุ่มปลาที่ได้รับอาหารทดลองที่มีกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นมีโปรตีนในเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 14.78±0.71 เปอร์เซ็นต์

ไขมัน

ไขมันในปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ พบว่าชนิด และระดับการนำผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองมาใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารมีอิทธิพลร่วมกัน (P≤0.05) ต่อระดับไขมันในเนื้อปลา (ตารางที่ 18) และผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิด ที่นำมาใช้ในอาหารทดลองมีผลต่อระดับไขมันในเนื้อปลา (P≤0.05) โดยระดับไขมันในเนื้อปลา กลุ่มปลาที่ได้รับอาหารทดลองที่มีถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่นมีระดับไขมันสูงกว่าปลาในกลุ่มที่ได้รับอาหารทดลองที่มีกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น โดยไขมันในเนื้อปลาทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.05±0.41 และ 9.78±0.74 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า กลุ่มปลาที่ได้รับอาหารที่มีกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันที่ระดับการแทนที่ 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไขมันในตัวต่ำที่สุดใกล้เคียงกัน (P≥0.05) เท่ากับ 7.80±0.38 และ 7.83±0.21 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่าง (P≥0.05) กับกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้มที่ระดับการแทนที่ 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันที่ระดับการแทนที่ 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณไขมันเท่ากับ 9.52±0.58, 10.15, 9.16±0.61 และ 9.46±0.85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมมีปริมาณไขมันในตัวสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่าง (P≥0.05) กับกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้มที่ระดับการแทนที่ 10, 20, 30, 40 เปอร์เซ็นต์ และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันที่ระดับการแทนที่ 10, 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณไขมันเท่ากับ 12.78±0.21, 12.17±0.56, 10.68±0.35, 11.10±0.40, 11.59±0.50, 11.90±1.98 และ 10.55±0.96 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

เถ้า

ปริมาณเถ้าในตัวปลาหลังได้รับอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ พบว่าชนิด และระดับการนำผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองมาใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารมีอิทธิพลร่วมกัน ต่อปริมาณเถ้าในเนื้อปลา (P≤0.05) (ตารางที่ 18) และผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิด ที่นำมาใช้ในอาหาร

ทดลองมีผลต่อปริมาณเถ้าในเนื้อปลาเช่นกัน ($P \leq 0.05$) โดยปริมาณเถ้า กลุ่มปลาที่ได้รับอาหารที่มีกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นมีค่าสูงกว่ากลุ่มปลาที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่น ปริมาณเถ้าในเนื้อปลาทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

3.44 ± 0.13 และ 3.17 ± 0.83 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ กลุ่มปลาที่ได้รับอาหารทดลองที่มีถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดเท่ากับ 2.97 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง

ความชื้น

ระดับความชื้นของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ พบว่าชนิดและระดับของการนำผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองมาใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหารไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อระดับความชื้นในเนื้อปลา ($P \geq 0.05$) (ตารางที่ 18) แต่ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิด ที่นำมาใช้ในอาหารทดลองมีผลต่อระดับความชื้นในเนื้อปลา ($P \leq 0.05$) โดยระดับความชื้นกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารที่มีกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น มีค่าสูงกว่ากลุ่มปลาที่ได้รับอาหารทดลองที่มีถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่น ระดับความชื้นของปลาทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 71.10 ± 0.61 และ 69.71 ± 0.14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และทุกชุดการทดลองมีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 68.19 ± 0.01 ถึง 73.25 ± 0.31 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 18 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีการใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์[1] (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด)

ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง	ระดับการแทนที่	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด)			
		โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ความชื้น
ปลาก่อนทดลอง		14.11±0.34	4.24±0.14	3.22±0.29	78.40±0.24
ถั่วเหลืองต้ม[2]	0	14.84±1.48^{a}	12.78± 0.21^{a}	3.46±0.16^{a}	68.19± 0.02^{c}
	10	15.72±0.35^{a}	12.17±0.56^{ab}	3.34±0.07^{a}	68.88±0.75^{c}
	20	15.07±1.21^{a}	10.68±0.35^{abcd}	3.22±0.04^{a}	69.97±0.68^{b}
	30	15.54±0.86^{a}	11.10±0.40^{abcd}	3.27±0.18^{a}	68.80±0.60^{ab}
	40	14.69±0.77^{a}	11.59±0.50^{abc}	3.11±0.13^{a}	69.91±0.92^{ab}
	50	14.40±0.86^{a}	9.52±0.58^{cde}	2.97±0.23^{a}	70.91±0.28^{a}
	60	14.17±0.54^{a}	10.15±0.29^{bcde}	2.99±0.11^{a}	70.37±0.79^{a}
กากถั่วเหลือง[3]	0	14.84±1.48^{a}	12.78±1.48^{a}	3.46±0.16^{a}	68.19±0.02^{c}
	10	14.43±0.74^{a}	11.90±1.98^{ab}	3.22±0.24^{a}	68.95±2.22^{c}
	20	14.78±0.79^{a}	10.55±0.96^{abcd}	3.16±0.13^{a}	70.58±0.74^{b}
	30	14.95±0.44^{a}	9.16±0.61^{de}	3.63±0.35^{a}	71.83±0.85^{ab}
	40	15.09±0.18^{a}	9.46±0.85^{cde}	3.69±0.23^{a}	71.31±0.31^{ab}
	50	14.94±0.60^{a}	7.80±0.38^{e}	3.47±0.31^{a}	73.69±1.09^{a}
	60	14.53±0.74^{a}	7.83±0.21^{e}	3.44±0.27^{a}	73.26±0.32^{a}
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Pr>F)					
ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง		ns	**	**	**
ระดับการแทนที่		ns	**	ns	**
ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง x ระดับการแทนที่		ns	**	**	ns

[1] ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 3) ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (P≥0.05)

[2] ถั่วเหลืองต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และอบแห้ง

[3] กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน

3.2.5 ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลากดเหลือง

ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ ดังในตารางที่ 19 พบว่าชนิดของผลิตภัณฑ์ และระดับการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (no interaction) ต่อประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน ($P \geq 0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิด ที่นำมาใช้ในอาหารทดลองมีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน ($P \leq 0.05$) คือ ปลาที่ได้รับอาหารที่มีถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่น มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนสูงกว่ากลุ่มปลาที่ได้รับอาหารที่มีกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 87.83$\pm$1.07 และ 83.35$\pm$3.83 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สำหรับกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม และอาหารที่มีถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีระดับการย่อยโปรตีนสูงใกล้เคียงกัน ($P \geq 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 89.77$\pm$0.52, 88.17$\pm$0.64 และ 88.46$\pm$0.64 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สำหรับกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารทดลองที่มีถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนใกล้เคียงกันรองลงมา ขณะที่กลุ่มปลาที่ได้รับอาหารทดลองที่มีถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนต่ำที่สุดเท่ากับ 77.58 เปอร์เซ็นต์ และมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ ($P \leq 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง ยกเว้นกลุ่มปลาที่ได้รับอาหารทดลองที่มีถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 19 ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารทดลองที่มีการใช้ถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่างๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์[1]

ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง	ระดับการแทนที่ (%)[2]	ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	ค่าเฉลี่ย
ถั่วเหลืองต้ม[3]	0	89.77±0.52	
	10	89.57±0.52	
	20	88.35±0.97	
	30	88.43±0.25	87.83±1.07[a]
	40	86.79±0.99	
	50	88.00±2.45	
	60	84.55±1.76	
กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน	0	89.77±0.52	
	10	86.77±3.05	
	20	88.58±0.30	
	30	86.23±1.78	83.35±3.83[b]
	40	78.28±11.60	
	50	85.36±1.24	
	60	70.60±8.31	
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Pr>F)			
ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง		**	
ระดับการแทนที่		**	
ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง xระดับการแทนที่		ns	

[1]ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 3)

[2] ระดับการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน

[3] ถั่วเหลืองต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 20 ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิด แทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่างๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์[1]

ระดับการแทนที่ (%)[2]	ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน (%)
0	89.77[a]
10	88.17[a]
20	88.46[a]
30	87.33[ab]
40	82.54[bc]
50	86.68[ab]
60	77.58[c]

[1] ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N = 6)
ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันกำกับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ ($P \geq 0.05$)

[2] ระดับการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน

3.2.6 ราคาอาหารและต้นทุนการผลิต

จากการคำนวณราคาอาหารในส่วนของวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตอาหารทดลองแต่ละสูตร พบว่า สูตรควบคุมมีราคาอาหารสูงที่สุดเท่ากับ 28.58 บาทต่อ 1 กิโลกรัม สำหรับอาหารสูตรอื่น ๆ มีราคาอาหารลดลงตามสัดส่วนการเพิ่มระดับการใช้ถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นในสูตรอาหาร โดยสูตรอาหารที่ใช้ถั่วเหลืองต้มแทนที่โปรตีนจากปลาป่น มีราคาระหว่าง 24.93 - 27.96 บาทต่อ 1 กิโลกรัม ส่วนสูตรอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นมีราคาระหว่าง 22.11 - 27.52 บาทต่อ 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 21) และจากการวิเคราะห์ต้นทุนค่าอาหารสูตรต่าง ๆ ต่อการผลิตปลากดเหลือง 1 กิโลกรัม พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมมีต้นทุนการผลิตปลาต่อหน่วยสูงที่สุด เท่ากับ 35.92±0.63 บาทต่อผลผลิตปลา 1 กิโลกรัม สำหรับสูตรที่มีการแทนที่ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปลามีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม พบว่าสูตรที่ใช้ถั่วเหลืองต้มมีต้นทุนการผลิตปลาต่อหน่วยเท่ากับ 31.15±0.75 บาทต่อผลผลิตปลา 1 กิโลกรัม ในขณะที่สูตรที่ใช้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันมีต้นทุนการผลิตปลาต่อหน่วยเท่ากับ 33.22±1.47 บาทต่อผลผลิตปลา 1 กิโลกรัม และเมื่อมีการเพิ่มระดับการแทนที่ถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันในสูตรอาหารตั้งแต่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป พบว่าต้นทุนการผลิตต่อผล

ผลิตปลา 1 กิโลกรัม ลดลงเป็นลำดับ แต่ปลามีการเจริญเติบโตช้ากว่าสูตรควบคุมและสูตรอาหารที่ใช้ถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 ราคาค่าอาหาร และต้นทุนค่าอาหารต่อหน่วยการผลิตปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารทดลองที่มีการใช้ถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่างๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง	ระดับการแทนที่ (%)	ราคาอาหาร[1] (บาทต่อกิโลกรัมอาหาร)	ต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตปลา[2] (บาทต่อกิโลกรัม)
ถั่วเหลืองต้ม	0	28.58	35.92±0.63
	10	27.96	31.15±0.75
	20	27.35	31.03±0.23
	30	26.73	29.01±2.13
	40	26.23	29.26±1.30
	50	25.50	29.56±1.11
	60	24.93	26.78±0.16
กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน	0	28.58	35.92±0.52
	10	27.52	33.22±1.47
	20	26.36	30.71±0.10
	30	25.34	30.29±1.14
	40	24.36	27.01±2.35
	50	23.20	29.35±7.80
	60	22.11	28.88±3.20

[1]คิดเฉพาะค่าวัตถุดิบอาหาร โดยไม่รวมค่า โครมิกออกไซด์ และ BHT (บาทต่อกิโลกรัมอาหาร)

[2]ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย = น้ำหนักอาหารที่กิน (กิโลกรัม) X ราคาอาหาร (บาท) / น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม

3.2.7 คุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลอง (ตารางภาคผนวก ข) พบว่าอุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 27.60 – 27.80 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่าง 6.89 – 7.15 ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ 5.00 – 5.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนไตรท์ 0.03 – 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าไนเตรท 1.02 – 1.50 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าแอมโมเนียรวมอยู่ระหว่าง 0.06 – 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่ปลากดเหลืองสามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ