สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(10)
รายการตารางภาคผนวก	(12)
รายการภาพ	(14)
รายการภาพภาคผนวก	(15)
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 ตรวจเอกสาร	3
1.2.1 ปลากดเหลือง	3
1.2.2 ระบบการย่อยอาหารของปลา	9
1.2.3 เอนไซม์ย่อยโปรตีน	12
1.2.4 การศึกษาระดับการย่อยโปรตีนในวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลา ด้วยเอนไซม์โปรติเอสสกัดจากอวัยวะย่อยอาหารของสัตว์น้ำ	**13**
1.2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนในวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ โดยเอนไซม์โปรติเอสจากสัตว์น้ำ	18
1.2.6 การใช้ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลา	19
กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน	20
เมล็ดถั่วเหลือง	21
1.2.7 ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร 22	
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	27
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	
2.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาระดับการย่อยโปรตีนในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองชนิดต่าง ๆ ด้วยเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดจากกระเพาะอาหารปลากดเหลือง	28
2.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาการนำผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ ในอาหารปลากดเหลือง	38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. ผลการทดลอง
3.1 การทดลองที่ 1
3.1.1 ระดับ pH ในกระเพาะอาหารของปลากดเหลือง 46
3.1.2 ปริมาณเอนไซม์โปรติเอสจากกระเพาะอาหารปลากดเหลือง 47
3.1.3 กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส 48
3.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ 48
3.1.5 การย่อยสลายโปรตีนในวัตถุดิบโดยใช้เอนไซม์สกัด 49
3.2 การทดลองที่ 2
3.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง 53
3.2.2 การเจริญเติบโต 54
3.2.3 น้ำหนักอาหารที่ปลากิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร
ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ 59
3.2.4 องค์ประกอบทางเคมีของปลากดเหลือง 64
3.2.5 ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลากดเหลือง 68
3.2.6 ราคาอาหารและต้นทุนการผลิต 70
3.2.7 คุณภาพน้ำ 71
4. วิจารณ์ผลการทดลอง 72
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 81
เอกสารอ้างอิง **83**
ภาคผนวก 91
ก. วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารและปลาทดลอง 92
ข. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 104
ค. การวิเคราะห์ทางสถิติของผลการทดลอง 105
ประวัติผู้เขียน 113

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ระดับความต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายของปลากดเหลือง เมื่อเปรียบเทียบกับปลากดอเมริกัน 7
2. ระดับการย่อยสลายโปรตีนของวัตถุดิบชนิดต่างๆ หลังการทดสอบด้วยเอนไซม์สกัด 16
3. ระดับการย่อยสลายโปรตีนในอาหารที่มีการแทนที่ปลาป่นด้วยวัตถุดิบพืช หลังการทดสอบด้วยเอนไซม์สกัด 17
4. องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง 20
5. องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองทั้งเมล็ด 21
6. **ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและไขมันของปลาเมื่อใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลปลาด้วยวิธีการต่าง ๆ** **26**
7. องค์ประกอบของอาหารทดลอง (% as fed basis) 42
8. พฤติกรรมการตอบสนองของปลากดเหลืองที่ได้รับการกระตุ้นโดยตะกอนโปรตีนไฮโดรไลเสตในปริมาณและระยะเวลาต่าง ๆ 46
9. ระดับ pH ในกระเพาะอาหารปลากดเหลืองหลังกระตุ้นด้วยตะกอนโปรตีนไฮโดรไลเสตที่ระยะเวลาต่าง ๆ 47
10. ค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอส และค่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์สกัดจำนวน 2 ซ้ำ 48
11. องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ (% as fed basis) 49
12. ปริมาณโปรตีนที่เหลือ เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่เหลือ และระดับการย่อยสลายโปรตีนในวัตถุดิบหลังการย่อยสลายโดยเอนไซม์ 51
13. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (% as fed basis) 53
14. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตายของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 57
15. การแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่ระดับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการรอดตายของปลากดเหลือง
ที่เลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ 59

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

16 น้ำหนักอาหารที่ปลากิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน
โปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจาก
ถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ
เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 62

17. การแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่ระดับต่าง ๆ
ต่อน้ำหนักอาหารที่ปลากิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน
และโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ของปลากดเหลืองที่เลี้ยง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 64

18. องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีการใช้
โปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น
ที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด) 67

19. ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารทดลองที่มี
การใช้ถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น
ที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 69

20. ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มี
การใช้ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 2 ชนิดแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ
เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 70

21. ราคาค่าอาหารและต้นทุนการผลิตต่อหน่วยการผลิตปลากดเหลืองที่ได้รับอาหาร
ทดลองที่มีการใช้ถั่วเหลืองต้ม และกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่น
ที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 71

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

ข. คุณภาพน้ำตลอดการทดลอง 8 สัปดาห์ 104
ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระดับ pH ในกระเพาะอาหาร ปลากดเหลืองหลังกระตุ้นด้วยตะกอนโปรตีนไฮโดรไลเสตที่ระดับต่าง ๆ 105
ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่เหลือในวัตถุดิบหลังการย่อยสลายโปรตีนโดยเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดจากกระเพาะอาหารปลากดเหลือง 105
ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ระดับการย่อยสลายโปรตีนในวัตถุดิบหลังการย่อยสลายโปรตีนโดยเอนไซม์โปรติเอสที่สกัดจากกระเพาะอาหารปลากดเหลือง 106
ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 106
ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 107
ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการรอดตายของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 107
ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) น้ำหนักอาหารที่ปลากินของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 108
ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 108
ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 109

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 109

ค.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 110

ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณโปรตีนโปรตีนของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 110

ค.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณไขมันของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 111

ค.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณเถ้าของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 111

ค.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณความชื้นของปลากดเหลืองหลังได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 112

รายการภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1. ระบบทางเดินอาหารของปลาชนิดต่าง ๆ 10
2. การทำงานของเอนไซม์โปรติเอสในการย่อยสลายโปรตีน 11
3. ลักษณะการทำงานของเอนไซม์ในการย่อยสลายสับสเทรท 13
4. ขั้นตอนการสกัดเอนไซม์จากกระเพาะอาหารของปลากดเหลือง 33
5. ขั้นตอนการหาค่ากิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส 35
6. การทดสอบระดับการย่อยสลายโปรตีนในวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนโดยใช้เอนไซม์สกัดจากกระเพาะอาหารปลากดเหลือง 37
7. เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ละลายน้ำในวัตถุดิบแต่ละชนิด 52
8. การเจริญเติบโตของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารที่มีผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองแทนที่โปรตีนจากปลาป่นที่ระดับต่าง ๆ ทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 54
9. น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ 58
10. น้ำหนักอาหารที่ปลากินเฉลี่ย และโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์เฉลี่ยของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ 63
11. ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนเฉลี่ยของปลากดเหลืองที่ได้รับอาหารที่มีการแทนที่โปรตีนจากปลาป่นด้วยถั่วเหลืองต้มและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ 63

รายการภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่	**หน้า**
ก.1 กราฟมาตรฐานไทโรซีน	101
ก.2 กราฟมาตรฐาน (BSA)	103