

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
สารบัญตาราง	๓
สารบัญภาพ	ณ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ด
สารบัญตารางภาคผนวก	ถ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.2 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา	2
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	3
2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	3
2.2 สถานการณ์ถั่วเหลืองในประเทศไทย	4
2.3 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	8
2.4 การใช้เปลือกถั่วเหลืองเป็นอาหาร โคนม	9
2.5 การย่อยอาหารที่ตำแหน่งต่างๆ ของระบบทางเดินอาหาร โคนม	11
2.5.1 การย่อยอาหารในกระเพาะหมัก	12
2.5.1.1 การย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะหมัก	13
2.5.1.2 การย่อยสลายโปรตีนในกระเพาะหมัก	14
2.5.1.3 การย่อยและการดูดซึมในลำไส้	16
2.5.1.4 ประโยชน์จากการทราบตำแหน่งของการย่อยอาหาร	18
2.6 การศึกษาการย่อยได้ในโคนม	18
2.6.1 การศึกษาการสลายตัวของโภชนะภายในกระเพาะหมัก โดยวิธีใช้ถุงไนลอน	19
2.6.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของโภชนะในกระเพาะหมัก โดยวิธีการใช้ถุงไนลอน	21
2.6.1.2 การทำนายปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง ปริมาณวัตถุแห้ง ย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ อัตราการเจริญเติบโต และดัชนีบ่งชี้คุณภาพ	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.2 การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงาน โดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	25
2.6.3 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์โดยวิธีการแบบดั้งเดิม	27
2.6.4 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้	28
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	30
3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	30
3.2 การศึกษาการสลายตัวของโภชนะภายในกระเพาะหมักโดยวิธีใช้ถุงในลอน	31
3.2.1 วิธีการทดลอง	31
3.2.2 สัตว์ทดลอง	33
3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	34
3.3 การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงาน โดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	34
3.3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	35
3.3.2 วิธีการทดลอง	36
3.3.3 สัตว์ทดลอง	38
3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	39
3.4 การศึกษาการย่อยได้ในสัตว์	39
3.4.1 การหาค่าการย่อยได้วิธีดั้งเดิม	39
3.4.2 การหาค่าการย่อยได้วิธีการใช้สารบ่งชี้	41
3.4.3 การศึกษาสภาพภายในกระเพาะหมัก	41
3.4.4 สัตว์ทดลอง	42
3.4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	42
3.5 สถานที่ในการดำเนินการศึกษาวิจัย	42
3.6 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย	43
บทที่ 4 ผลการทดลอง	44
4.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนา	44
4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	44
4.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ	44
4.2 การสลายตัวของโภชนะภายในกระเพาะหมักโดยวิธีใช้ถุงในลอน	45
4.2.1 การสลายตัวของเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองภายในกระเพาะหมัก	45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.2	การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	46
4.2.3	การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	49
4.2.4	การสลายตัวของโปรตีนรวมในอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	51
4.2.5	ค่าทำนายวัตถุแห้งกินได้ วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ อัตราการเจริญเติบโตและค่าดัชนีบ่งชี้ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุณในล่อน	54
4.3	การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงานโดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	55
4.3.1	การย่อยได้และพลังงานของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ โดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	55
4.3.2	ค่าทำนายการย่อยได้อินทรีย์วัตถุ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์และค่าพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ โดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	57
4.3.3	ค่าทำนายวัตถุแห้งกินได้ วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ อัตราการเจริญเติบโตและค่าดัชนีบ่งชี้ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	58
4.3.4	การเปรียบเทียบค่าทำนาย ปริมาณวัตถุแห้งกินได้ วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ อัตราการเจริญเติบโตและค่าดัชนีบ่งชี้ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการทั้ง 2 วิธี	59
4.4	การย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์	60
4.4.1	การย่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีดั้งเดิมของสัตว์ทดลอง เมื่อได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ	60
4.4.1.1	โภชนะรวมย่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม เมื่อได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ	61
4.4.2	การย่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ของสัตว์ทดลอง เมื่อได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.2.1 ปริมาณที่วัตถุแห้งตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหาร	63
4.4.2.2 ปริมาณที่อินทรียวัตถุที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหาร	64
4.4.2.3 ปริมาณที่โปรตีนรวมที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหาร	65
4.5 สภาพภายในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลอง เมื่อได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ	67
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง	72
5.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนา	72
5.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	72
5.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	72
5.2 การสลายตัวของโภชนาภายในกระเพาะหมักโดยวิธีใช้ถุงในล่อน	73
5.2.1 การสลายตัวของเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองภายในกระเพาะหมัก	73
5.2.2 การสลายตัวของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุและ โปรตีนรวมในอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	74
5.3 การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงาน โดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	75
5.3.1 การย่อยได้และพลังงานของอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ โดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	75
5.3.2 ค่าทำนายการย่อยได้อินทรียวัตถุ พลังงานใช้ประโยชน์และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ โดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	76
5.3.3 ค่าทำนายวัตถุแห้งกินได้ วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ อัตราการเจริญเติบโตและค่าดัชนีบ่งชี้ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ ที่จากวิธีการใช้ถุงในล่อนและวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	77
5.4 การย่อยได้ในตัวสัตว์	78
5.4.1 การย่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีดั้งเดิมของสัตว์ทดลอง เมื่อได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ	78
5.4.2 โภชนาธรรมย่อยได้ พลังงานรวม พลังงานใช้ประโยชน์ได้และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมอาหาร เมื่อได้รับทดลองทั้ง 4 ระดับ	79
5.4.3 การย่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ของสัตว์ทดลอง เมื่อได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ	80

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.4.4 ปริมาณที่วัตถุแห้งตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหาร	81
5.4.5 ปริมาณที่อินทรีย์วัตถุที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหาร	82
5.4.6 ปริมาณที่โปรตีนรวมที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหาร	82
5.5 สภาพภายในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลอง เมื่อได้รับทดลองทั้ง 4 ระดับ	83
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	86
6.1 สรุปผลการทดลอง	86
6.2 ข้อเสนอแนะ	89
เอกสารอ้างอิง	91
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ	99
ภาคผนวก ข ข้อมูลการวิเคราะห์ผลทางสถิติ	105
ประวัติผู้เขียน	127

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1. พื้นที่เพาะปลูกถั่วเหลือง ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยไร่ ปีเพาะปลูก 2540/2541-2546/2544	5
2. องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง (ร้อยละของวัตถุแห้ง)	8
3. องค์ประกอบทางโภชนาของกากถั่วเหลืองและเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	8
4. การย่อยได้ของเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในโคและแกะ	11
5. สัดส่วนของอาหารชั้นต่ออาหารหยาบที่มีผลต่อกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะหมักโคนม	14
6. ส่วนประกอบของวัตถุดิบ ต้นทุนต่อกิโลกรัม ร้อยละของโปรตีนรวม (%CP) จากการคำนวณของอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	31
7. ส่วนประกอบของ rumen medium buffer ที่ใช้ในการศึกษาด้วยวิธีการวัดปริมาณแก๊ส	36
8. ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างจากลำไส้เล็กของการทดลองหาค่าการย่อยได้โดยวิธีใช้สารบ่งชี้ 41	
9. องค์ประกอบทางเคมีอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ (โภชนาคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง)	45
10. ร้อยละของวัตถุแห้งที่สลายตัวไปของอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ ที่ชั่วโมงบ่มต่างๆ กัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	47
11. ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของวัตถุแห้งที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ของอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	48
12. ร้อยละของอินทรีย์วัตถุที่สลายตัวไปของอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ ที่ชั่วโมงบ่มต่างๆ กัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	49
13. ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของอินทรีย์วัตถุที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ของอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	50
14. ร้อยละของโปรตีนรวมที่สลายตัวไปของอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ ที่ชั่วโมงบ่มต่างๆ กัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	52
15. ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของโปรตีนรวมที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ของอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	53
16. วัตถุแห้งกินได้ วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ อัตราการเจริญเติบโต และค่าดัชนีบ่งชี้ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับที่คำนวณจากวิธีการใช้ถุงไนลอน	54
17. ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆ ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ	55
18. ค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY โดยใช้ข้อมูลการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นของอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	57

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
19. ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น 24 ชั่วโมง อินทรีย์วัตถุย่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับจากวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	58
20. วัตถุแห้งกินได้ วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ อัตราการเจริญเติบโตและค่าดัชนีบ่งชี้ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ ทำนายจากวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	58
21. เปรียบเทียบค่าทำนายวัตถุแห้งกินได้ วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ อัตราการเจริญเติบโตและค่าดัชนีบ่งชี้ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการทั้ง 2 วิธี	59
22. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และโภชนะของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ	61
23. โภชนะรวมย่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ได้และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	62
24. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ในลำไส้เล็กของโคนมที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง	63
25. ปริมาณวัตถุแห้งที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหารในตัวสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	64
26. ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหารในตัวสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	65
27. ปริมาณโปรตีนรวมที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหารในตัวสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	66
28. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	67
29. ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจน ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) ภายในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	69
30. กรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) ภายในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	70

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1. การใช้ประโยชน์ของถั่วเหลืองในประเทศไทย	6
2. กระบวนการผลิตของโรงงานสกัดน้ำมันพืช	7
3. แผนภาพแสดงทางเดินอาหารของโคนม	12
4. การย่อยสลายโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะหมัก	13
5. การสลายตัวของโภชนะของอาหารชั้นในกระเพาะหมัก	20
6. เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง (soybean hulls)	30
7. กุญแจในสื่อที่ใช้ในการศึกษาการสลายตัวของโภชนะในกระเพาะหมักโคนม	34
8. อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาการย่อยได้และพลังงานโดยวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	39
9. การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในกระเพาะหมักโคนมและการวัดปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนโดยวิธีการ conway method	43
10. สัตว์ทดลองที่ใช้ในการศึกษาการย่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีดั้งเดิมและการใช้สารบ่งชี้	43
11. ปริมาณวัตถุแห้งที่สลายตัวที่ชั่วโมงบ่มต่างกันของเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	46
12. ปริมาณวัตถุแห้งที่สลายตัวที่ชั่วโมงบ่มต่างกันของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ	47
13. ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สลายตัวที่ชั่วโมงบ่มต่างกันของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ	50
14. ปริมาณโปรตีนรวมที่สลายตัวที่ชั่วโมงบ่มต่างกันของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ	52
15. ปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆ ของเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	56
16. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	68
17. ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจน ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) ภายในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	69
18. ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid) ภายในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารที่ผสมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ	71



### อักษรย่อและสัญลักษณ์

A	=	Solubility, washing loss
ADF	=	Acid detergent fiber
ADFD	=	Acid detergent fiber digestibility
ADL	=	Acid detergent lignin
ADP	=	Adenosine diphosphate
ANOVA	=	Analysis of variance
ATP	=	Adenosine triphosphate
B	=	Insoluble potentially fermentable nutrient
c	=	Degradation rate
C <sub>2</sub>	=	Acetic acid
C <sub>3</sub>	=	Propionic acid
C <sub>4</sub>	=	Butyric acid
CF	=	Crude fiber
CH <sub>4</sub>	=	Methane
CP	=	Crude protein
CPD	=	Crude protein digestibility
CRD	=	Completely randomized design
C.V.	=	Coefficient of variation
DDM	=	Digestible dry matter
DDMI	=	Digestible dry matter intake
DE	=	Digestible energy
df	=	Degree of freedom
DM	=	Dry matter
DMD	=	Dry matter digestibility
DMI	=	Dry matter intake
EE	=	Ether extract
EED	=	Ether extract digestibility
GE	=	Gross energy

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright © by Chiang Mai University  
 All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

g/kgDM	=	Gram per kilogram dry matter
L	=	Lag time
LSD	=	Latin square design
IVOMD	=	<i>In vitro</i> dry matter digestibility
Mcal/kgDM	=	Megacalory per kilogram dry matter
MJ/kgDM	=	Megajoule per kilogram dry matter
ME	=	Metabolizable energy
MS	=	Mean square
N	=	Nitrogen
NADN	=	Nicotinamide adenine dinucleotid
NDF	=	Neutral detergent fiber
NDFD	=	Neutral detergent fiber digestibility
NE	=	Net energy
NEL	=	Net energy for lactation
NFC	=	Non fiber carbohydrate
NFCD	=	Non fiber carbohydrate digestibility
NFE	=	Nitrogen free extract
NH <sub>3</sub> -N	=	Ammonia nitrogen
OM	=	Organic matter
OMD	=	Organic matter digestibility
P	=	Potential degradability
RCBD	=	Randomized complete block design
SD	=	Standard deviation
SCFA	=	Short chain fatty acid
TDN	=	Total digestible nutrient
UIP	=	Undegradable intake protein
VFA	=	Volatile fatty acids

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก	หน้า
1. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณวัตถุแห้งในอาหารทดลอง 4 ระดับ	106
2. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรีย์วัตถุในอาหารทดลอง 4 ระดับ	106
3. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนรวมในอาหารทดลอง 4 ระดับ	106
4. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเชื้อยีสที่ละลายในค่างในอาหารทดลอง 4 ระดับ	106
5. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไขมันรวมในอาหารทดลอง 4 ระดับ	106
6. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเชื้อยีสที่ละลายในกรดในอาหารทดลอง 4 ระดับ	107
7. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเชื้อยีสรวมในอาหารทดลอง 4 ระดับ	107
8. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกในอาหารทดลอง 4 ระดับ	107
9. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเฮมิเซลลูโลสในอาหารทดลอง 4 ระดับ	107
10. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเซลลูโลสในอาหารทดลอง 4 ระดับ	107
11. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณลิกนินในอาหารทดลอง 4 ระดับ	108
12. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณส่วนประกอบภายในเซลล์ในอาหารทดลอง 4 ระดับ	108
13. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ c ของวัตถุแห้งในอาหารทดลอง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	108
14. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ A ของวัตถุแห้งในอาหารทดลอง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	108
15. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ B ของวัตถุแห้งในอาหารทดลอง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	109
16. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ A+B ของวัตถุแห้งในอาหารทดลอง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	109
17. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ lag time ของวัตถุแห้งในอาหารทดลอง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	109
18. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ $ED_{0.05}$ ของวัตถุแห้งในอาหารทดลอง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	109
19. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ c ของอินทรีย์วัตถุในอาหารทดลอง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	110
20. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ A ของอินทรีย์วัตถุในอาหารทดลอง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	110

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวก	หน้า
21. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ B ของอินทรียัตถุในอาหารทดลอง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	110
22. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ A+B ของอินทรียัตถุในอาหารทดลอง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	110
23. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ lag time ของอินทรียัตถุในอาหารทดลอง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	111
24. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ $ED_{0.05}$ ของอินทรียัตถุในอาหารทดลอง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	111
25. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ c ของโปรตีนรวมในอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	111
26. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ A ของโปรตีนรวมในอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	111
27. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ B ของโปรตีนรวมในอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	112
28. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ A+B ของโปรตีนรวมในอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	112
29. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ lag time ของโปรตีนรวมในอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	112
30. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของ $ED_{0.05}$ ของโปรตีนรวมในอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	112
31. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าวัดดูเหยงที่สัตว์กินได้ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการใช้ถุงไนลอน	113
32. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณวัดดูเหยงที่ย่อยได้ที่สัตว์ได้ของอาหารทดลอง ทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการใช้ถุงไนลอน	113
33. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโตของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการใช้ถุงไนลอน	113
34. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีบ่งชี้ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการใช้ถุงไนลอน	113

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวก	หน้า
35. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมง ของอาหารทดลอง ทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส	114
36. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าทำนายอินทรีย์วัตถุย่อยได้ ของอาหารทดลอง ทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส	114
37. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานใช้ประโยชน์ ของอาหารทดลอง ทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส	114
38. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมของอาหารทดลอง ทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส	114
39. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส	115
40. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า b ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส	115
41. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a+b ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส	115
42. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า c ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส	115
43. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าวัตถุแห้งที่สัตว์กินได้ของอาหารทดลอง ทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	116
44. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณวัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับของอาหารทดลอง ทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	116
45. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	116
46. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีบ่งชี้ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	116
47. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหาร ทดลอง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้แบบดั้งเดิม	117
48. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของอาหาร ทดลอง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้แบบดั้งเดิม	117

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวก	หน้า
49. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมของอาหารทดลอง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้แบบดั้งเดิม	117
50. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันรวมของอาหารทดลอง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้แบบดั้งเดิม	117
51. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยรวมของอาหารทดลอง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้แบบดั้งเดิม	118
52. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในค่างของอาหารทดลอง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้แบบดั้งเดิม	118
53. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในกรดของอาหารทดลอง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้แบบดั้งเดิม	118
54. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของโกชนะย่อยได้รวมของอาหารทดลอง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้แบบดั้งเดิม	118
55. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานรวมของอาหารทดลอง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้แบบดั้งเดิม	119
56. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารทดลอง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้แบบดั้งเดิม	119
57. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมของอาหารทดลอง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้แบบดั้งเดิม	119
58. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบแห่งของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ จากวิธีการย่อยได้ในลำไส้เล็ก	119
59. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้ในลำไส้เล็ก	120
60. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้ในลำไส้เล็ก	120
61. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันรวมของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้ในลำไส้เล็ก	120
62. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในค่างของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับจากวิธีการย่อยได้ในลำไส้เล็ก	120



### สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวก	หน้า
77. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ โปรตีนรวมที่ถูกขับออกมากับมูลของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลอง 4 ระดับ	124
78. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเป็นกรด-ด่าง ภายในกระเพาะหมักที่ 1 ชั่วโมง ก่อนสัตว์ได้รับอาหารทดลอง 4 ระดับ	124
79. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเป็นกรด-ด่าง ภายในกระเพาะหมักที่ 1 ชั่วโมง หลังสัตว์ได้รับอาหารทดลอง 4 ระดับ	125
80. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของแอมโมเนียใน ไตรเจนภายในกระเพาะหมักที่ 1 ชั่วโมง ก่อนสัตว์ได้รับอาหารทดลอง 4 ระดับ	125
81. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของแอมโมเนียใน ไตรเจนภายในกระเพาะหมักที่ 1 ชั่วโมง หลังสัตว์ได้รับอาหารทดลอง 4 ระดับ	125
82. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของกรดอะซิดิกที่เกิดขึ้นภายในกระเพาะหมักของสัตว์ที่ได้รับอาหารทดลอง 4 ระดับ	125
83. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของกรดโพรพิโอนิกที่เกิดขึ้นภายในกระเพาะหมักของสัตว์ที่ได้รับอาหารทดลอง 4 ระดับ	126
84. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของกรดบิวทีริกที่เกิดขึ้นภายในกระเพาะหมักของสัตว์ที่ได้รับอาหารทดลอง 4 ระดับ	126
85. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของกรดอะซิดิกต่อกรดโพรพิโอนิกที่เกิดขึ้นภายในกระเพาะหมักของสัตว์ที่ได้รับอาหารทดลอง 4 ระดับ	126
86. ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของกรดไขมันระเหยได้รวมที่เกิดขึ้นภายในกระเพาะหมักของสัตว์ที่ได้รับอาหารทดลอง 4 ระดับ	126