สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบาญ	ซ
สารบาญตาราง	ฌ
สารบาญภาพ	ต
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ท
สารบาญตารางภาคผนวก	น
สารบาญภาพภาคผนวก	ฝ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.2 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	4
2.1 ฝ้ายและการผลิตฝ้าย	4
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผลและเมล็ดฝ้าย	4
2.1.2 สถานการณ์การผลิตฝ้ายของโลกและประเทศไทย	5
2.1.3 การใช้ประโยชน์และความสำคัญของฝ้าย	6
2.1.4 กระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย	7
2.2 กากเมล็ดฝ้าย	9
2.2.1 องค์ประกอบทางโภชนะของกากเมล็ดฝ้าย	9
2.2.2 สารกอสซิปอลในกากเมล็ดฝ้าย	10
2.2.3 อาการเป็นพิษเนื่องจากสารกอสซิปอลอิสระ	12
2.2.4 การลดปริมาณสารกอสซิปอลอิสระ	13
2.2.5 องค์ประกอบทางโภชนะกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลือง	13
2.3 การใช้กากเมล็ดฝ้ายในอาหารสัตว์	16
2.3.1 การใช้กากเมล็ดฝ้ายในอาหารสุกร	16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หน้า

2.3.2 การใช้กากเมล็ดฝ้ายในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง 17

2.4 การย่อยอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง 20

2.4.1 การย่อยโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง 20

2.4.1.1 การย่อยโปรตีนในกระเพาะรูเมน 20

2.4.1.2 การย่อยโปรตีนในลำไส้เล็ก 22

2.4.1.3 การย่อยโปรตีนในลำไส้ใหญ่ 22

2.4.2 การย่อยคาร์โบไฮเดรทในสัตว์เคี้ยวเอื้อง 23

2.4.2.1 การย่อยคาร์โบไฮเดรทในกระเพาะรูเมน 23

2.4.2.2 การย่อยคาร์โบไฮเดรทในลำไส้เล็ก 23

2.4.2.3 การย่อยคาร์โบไฮเดรทในลำไส้ใหญ่ 24

2.4.3 ความเป็นกรด–ด่างในกระเพาะรูเมน 26

2.4.4 แอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน 26

2.4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด–ด่างและแอมโมเนียไนโตรเจน ในกระเพาะรูเมน 27

2.5 การศึกษาการย่อยได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง 28

2.5.1 การศึกษาการย่อยได้ในตัวสัตว์ทดลอง 28

2.5.1.1 การศึกษาการย่อยได้แบบดั้งเดิม 28

2.5.1.2 การศึกษาการย่อยได้โดยใช้สารบ่งชี้ 29

2.5.1.3 การศึกษาการย่อยได้ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหาร 30

2.5.2 การศึกษาการย่อยได้นอกตัวสัตว์ทดลอง 30

2.5.2.1 การศึกษาการย่อยได้โดยวิธี Cellulase technique 31

2.5.2.2 การศึกษาการย่อยได้โดยวิธี Nylon bag technique 31

2.5.2.3 การศึกษาการย่อยได้โดยวิธี Gas production technique 31

2.5.2.4 การศึกษาการย่อยได้โดยวิธี Two stage technique 32

2.6 การผลิตและการผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างอาหาร 32

2.6.1 การผลิตท่อเก็บตัวอย่างอาหาร (cannulae) 32

2.6.2 การผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างอาหารบริเวณกระเพาะรูเมน 32

2.6.3 การผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างบริเวณลำไส้เล็กส่วนต้นและส่วนปลาย 33

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 35

3.1 องค์ประกอบทางโภชนะและปริมาณสารกอสซิปอลอิสระ 35

3.1.1 องค์ประกอบทางโภชนะ 35

3.1.2 ปริมาณสารกอสซิปอลอิสระ 35

3.2 การศึกษาการย่อยได้โดยวิธี Cellulase technique 36

3.2.1 วิธีการทดลอง 36

3.2.2 การคำนวณหาการย่อยได้ 37

3.2.3 การคำนวณหาค่าพลังงานเมทาบอไลซ์ (ME) และค่าพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) 37

3.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ 37

3.3 การศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนโดยวิธี Nylon bag technique 38

3.3.1 สัตว์ทดลอง 38

3.3.2 วิธีการทดลอง 38

3.3.3 การคำนวณหาปริมาณโภชนะที่สลายตัวในกระเพาะรูเมน 39

3.3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ 40

3.4 การศึกษาการย่อยได้ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารในตัวสัตว์ทดลองโดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ (Indicator method) 41

3.4.1 สัตว์ทดลอง 41

3.4.2 อาหารและการให้อาหาร 41

3.4.3 วิธีการทดลอง 41

3.4.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ 42

3.5 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย 43

3.6 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย 43

บทที่ 4 ผลการทดลอง 44

4.1 องค์ประกอบทางโภชนะและปริมาณสารกอสซิปอลอิสระ 44

4.1.1 องค์ประกอบทางโภชนะของวัตถุดิบ 44

4.1.2 องค์ประกอบทางโภชนะของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ 44

4.1.3 ปริมาณสารกอสซิปอลอิสระ 45

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หน้า

4.2 การศึกษาการย่อยได้โดยวิธี Cellulase technique 47
4.2.1 การย่อยได้ของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลือง โดยวิธี Cellulase technique (De Boever *et al.*, 1986) 47
4.2.2 การย่อยได้ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Cellulase technique (De Boever *et al.*, 1986) 47
4.2.3 ค่าพลังงานเมทาบอไลซ์ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) 48
4.3 การศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนโดยวิธี Nylon bag technique 50
4.3.1 การย่อยได้ของวัตถุแห้งของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลืองโดย Nylon bag technique (Ørskov and McDonald, 1979) 50
4.3.2 การย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Nylon bag technique (Ørskov and McDonald, 1979) 52
4.3.3 การย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Nylon bag technique (Ørskov and McDonald, 1979) 54
4.3.4 การย่อยได้ของโปรตีนรวมของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Nylon bag technique (Ørskov and McDonald, 1979) 57
4.3.5 การย่อยได้ของโปรตีนแท้ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Nylon bag technique (Ørskov and McDonald, 1979) 60
4.4 การศึกษาการย่อยได้ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโค (*In vivo* digestibility) โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ (Indicator method) 64
4.4.1 ปริมาณวัตถุแห้งที่กิน เข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ขับออกทางมูล และการย่อยได้ของวัตถุแห้งในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ 64

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หน้า

4.4.2 ปริมาณอินทรียวัตถุที่กิน เข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ขับออกทางมูล และการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ 67

4.4.3 ปริมาณโปรตีนรวมที่กิน เพิ่มขึ้นในกระเพาะรูเมน เข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ขับออกทางมูล และการย่อยได้ของโปรตีนรวมในลำไส้เล็กของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ 70

4.4.4 ปริมาณโปรตีนแท้ที่กิน เข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ขับออกทางมูล และการย่อยได้ของโปรตีนแท้ในลำไส้เล็กของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ 71

4.4.5 สภาพภายในกระเพาะรูเมน 73

4.4.5.1 ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน 73

4.4.5.2 แอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน 73

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง 76

5.1 องค์ประกอบทางโภชนะและปริมาณสารกอสซิปอลอิสระ 76

5.1.1 องค์ประกอบทางโภชนะของวัตถุดิบ 76

5.1.2 องค์ประกอบทางโภชนะของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ 76

5.1.3 ปริมาณสารกอสซิปอลอิสระ 77

5.2 การศึกษาการย่อยได้โดยวิธี Cellulase technique 78

5.2.1 การย่อยได้ของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลืองโดยวิธี Cellulase technique (De Boever *et al.*, 1986) 78

5.2.2 การย่อยได้ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Cellulase technique (De Boever *et al.*, 1986) 79

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หน้า

5.2.3 ค่าพลังงานเมทาบอไลซ์ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) 80
5.3 การศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนโดยวิธี Nylon bag technique 81
5.3.1 การย่อยได้ของวัตถุแห้งของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลืองโดยวิธี Nylon bag technique (Ørskov and McDonald, 1979) 81
5.3.2 การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Nylon bag technique (Ørskov and McDonald, 1979) 83
5.3.3 การย่อยได้ของโปรตีนรวมและโปรตีนแท้ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Nylon bag technique (Ørskov and McDonald, 1979) 85
5.4 การศึกษาการย่อยได้ ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโค (*In vivo* digestibility) โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ (Indicator method) 86
5.4.1 ปริมาณวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ ที่กิน เข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ขับออกทางมูล และการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ 86
5.4.2 ปริมาณโปรตีนรวม ที่กิน เพิ่มขึ้นในกระเพาะรูเมน เข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ขับออกทางมูล และการย่อยได้ของโปรตีนรวมในลำไส้เล็กของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ 90
5.4.3 ปริมาณโปรตีนแท้ ที่กิน เข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ขับออกทางมูล และการย่อยได้ของโปรตีนแท้ในลำไส้เล็กของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ 91
5.4.4 สภาพภายในกระเพาะรูเมน 92
5.4.4.1 ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน 92
5.4.4.2 แอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน 93

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

	หน้า
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	95
6.1 องค์ประกอบทางโภชนะและปริมาณสารกอสซิปอลอิสระ	95
6.2 การศึกษาการย่อยโดยวิธี Cellulase technique	95
6.3 การศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนโดยวิธี Nylon bag technique	96
6.4 การศึกษาการย่อยได้ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโค (*in vivo* digestibility) โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ (Indicator method)	97
เอกสารอ้างอิง	98
ภาคผนวก	108
ประวัติผู้เขียน	148

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
1	เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของฝ้าย ของประเทศผู้ผลิตฝ้ายที่สำคัญและรวมทั้งโลก ในปี 2541	5
2	เนื้อที่ปลูกและผลผลิตฝ้ายของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2539/40–2541/42	6
3	เนื้อที่เพาะปลูกและผลผลิตฝ้าย 10 จังหวัดที่มีการเพาะปลูกมาก ปีเพาะปลูก 2541/42	6
4	องค์ประกอบทางโภชนะของกากเมล็ดฝ้าย	10
5	การย่อยได้ของกากเมล็ดฝ้ายในแกะ	10
6	ปริมาณสารกอสซิปอลในกากเมล็ดฝ้าย	12
7	องค์ประกอบทางโภชนะและพลังงานของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลือง	14
8	กรดอะมิโนในกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลือง	15
9	แร่ธาตุในกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลือง	16
10	แสดงส่วนประกอบของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์	36
11	แสดงวันและเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างอาหาร	42
12	องค์ประกอบทางโภชนะของกากเมล็ดฝ้าย กากถั่วเหลือง มันเส้น และฟางข้าว (% DM)	45
13	องค์ประกอบทางโภชนะของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (% DM)	46
14	ปริมาณสารกอสซิปอลอิสระในกากเมล็ดฝ้ายในอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (% วัตถุแห้ง)	46
15	การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลือง โดยวิธี Cellulase technique (De Boever *et al.*, 1986)	47
16	การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Cellulase technique (De Boever *et al.*, 1986)	48
17	พลังงานเมทาบอไลซ์ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลือง	49

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง **หน้า**

18 พลังงานเมทาบอไลซ์ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ 49

19 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของวัตถุแห้ง (DM) ของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลืองที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen, 1997) 51

20 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของวัตถุแห้ง (DM) ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen, 1997) 54

21 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุ (OM) ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen, 1997) 57

22 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของโปรตีนรวม (CP) ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen, 1997) 60

23 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของโปรตีนแท้ (TP) ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen, 1997) 63

24 ปริมาณวัตถุแห้งที่กิน เข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ และขับออกทางมูล ของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ 65

25 การย่อยได้ของวัตถุแห้งในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ 66

26 ปริมาณอินทรียวัตถุที่กินเข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ และขับออกทางมูลของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ 68

27 การย่อยได้ของอินทรียวัตถุในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ 69

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง **หน้า**

28 ปริมาณโปรตีนรวมที่กิน เพิ่มขึ้นในกระเพาะรูเมน เข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ขับออกทางมูล และการย่อยได้ของโปรตีนรวมที่ลำไส้เล็กของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ 71

29 ปริมาณโปรตีนแท้ที่กินเข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ขับออกทางมูล และการย่อยได้ของโปรตีนแท้ที่ลำไส้เล็กของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ 72

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
1	สมอฝ้ายที่แก่เต็มที่และปุยฝ้าย	4
2	แสดงกรรมวิธีการสกัดน้ำมันฝ้าย	8
3	โครงสร้างของสารกอสซิปอลอิสระ	11
4	สารกอสซิปอลในเม็ดสีเหลืองในเมล็ดฝ้าย	11
5	การย่อยโปรตีนในกระเพาะรูเมน	21
6	การย่อย polysaccharide เป็น monosaccharide และเปลี่ยนเป็น pyruvate	24
7	การสังเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมน	25
8	ท่อเก็บตัวอย่างอาหารบริเวณกระเพาะรูเมนและลำไส้	34
9	โคที่ได้รับการผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างอาหารบริเวณกระเพาะรูเมน	34
10	โคที่ได้รับการผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างอาหารบริเวณลำไส้เล็กส่วนต้นและส่วนปลาย	34
11	การศึกษาการย่อยได้โดยวิธี Cellulase technique	40
12	การศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนโดยวิธี Nylon bag technique	40
13	ปริมาณวัตถุแห้งที่ถูกย่อยสลายที่ชั่วโมงต่าง ๆ ในกระเพาะรูเมนของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลือง	51
14	ปริมาณวัตถุแห้งของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ถูกย่อยสลายที่ชั่วโมงต่าง ๆ	52
15	ปริมาณอินทรียวัตถุของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ถูกย่อยสลายที่ชั่วโมงต่าง ๆ	55
16	ปริมาณโปรตีนรวมของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ถูกย่อยสลายที่ชั่วโมงต่าง ๆ	58
17	ปริมาณโปรตีนแท้ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ถูกย่อยสลายที่ชั่วโมงต่าง ๆ	61
18	ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน (ruminal pH) หลังจากที่โคได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ชั่วโมงต่าง ๆ	74

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ **หน้า**

19 แอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน (ruminal ammonia-nitrogen) หลังจากที่โค ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ชั่วโมงต่าง ๆ 75

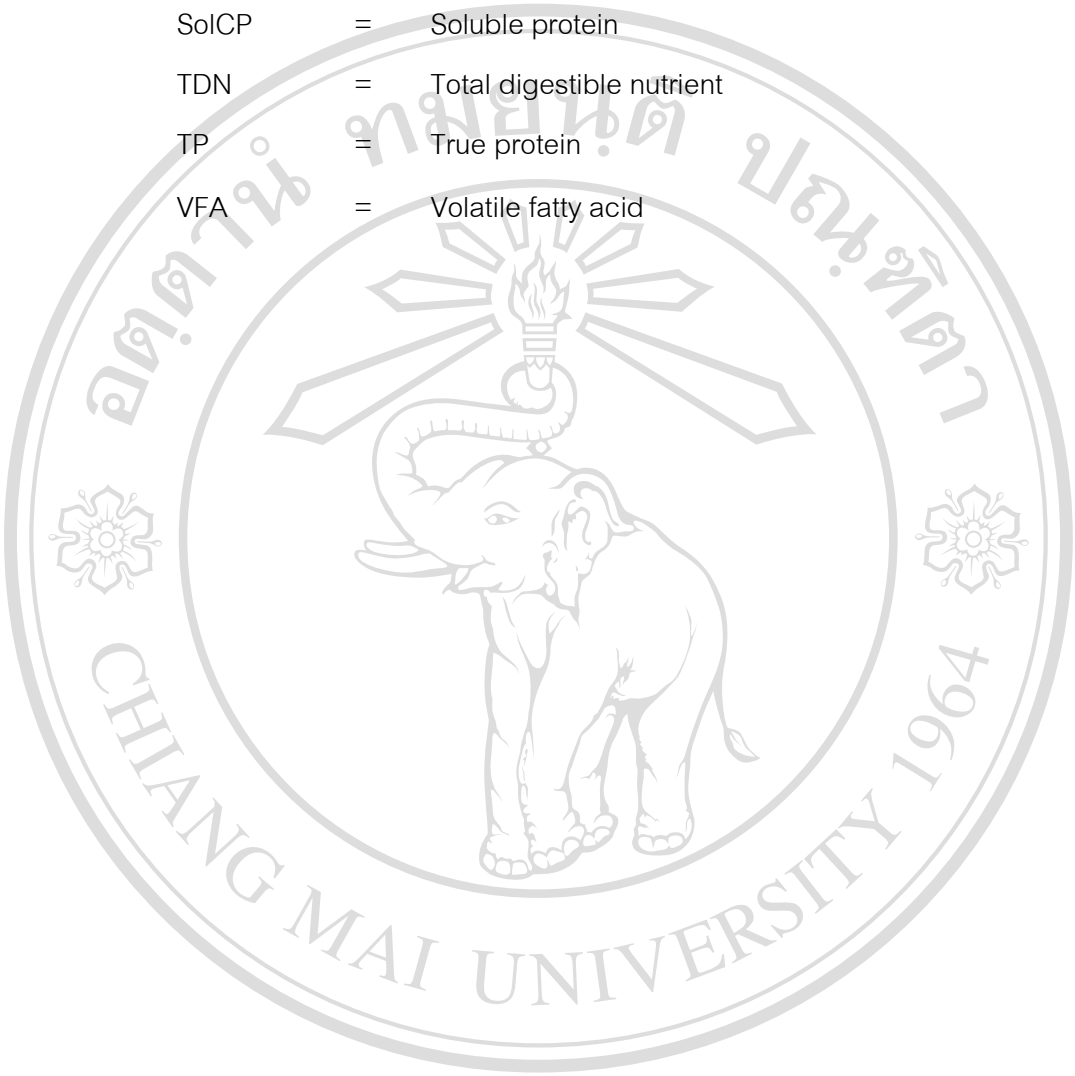
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์

a	=	Immediately soluble fraction
a + b	=	Potential dagradability
ADF	=	Acid detergent fiber
AIA	=	Acid insoluble ash
b	=	Degradability of insoluble fraction
c	=	Degradation rate
CF	=	Crude fiber
CP	=	Crude protein
CRD	=	Completely randomized design
CSM	=	Cottonseed meal
CSV	=	Casava
DM	=	Dry matter
ED	=	Effective degradability
EE	=	Ether extract
L	=	Lag time
ME	=	Metabolizable energy
N	=	Nitrogen
NE_G	=	Net energy for gain
NE_L	=	Net energy for lactation
NE_M	=	Net energy for maintenance
NFE	=	Nitrogen free extract
NH_3-N	=	Ammonia nitrogen
NPN	=	Non-protein nitrogen
NSC	=	Non-structural carbohydrate
OMD	=	Organic matter digestibility
RDP	=	Rumen degradable protein
RS	=	Rice straw

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

RUP	=	Rumen undegradable protein
SBM	=	Soybean meal
SolCP	=	Soluble protein
TDN	=	Total digestible nutrient
TP	=	True protein
VFA	=	Volatile fatty acid



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก		หน้า
1	ปริมาณวัตถุแห้งของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลืองที่ถูกย่อยสลายที่ชั่วโมงต่าง ๆ	118
2	ปริมาณวัตถุแห้งของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ถูกย่อยสลายที่ชั่วโมงต่าง ๆ	119
3	ปริมาณอินทรียวัตถุของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ถูกย่อยสลายที่ชั่วโมงต่าง ๆ	120
4	ปริมาณโปรตีนรวมของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ถูกย่อยสลายที่ชั่วโมงต่าง ๆ	121
5	ปริมาณโปรตีนแท้ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ถูกย่อยสลายที่ชั่วโมงต่าง ๆ	122
6	ความเป็นกรด–ด่างในกระเพาะรูเมน (ruminal pH) หลังจากที่โคได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ที่ชั่วโมงต่าง ๆ	123
7	แอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน (ruminal ammonia-nitrogen) ความเป็นหลังจากที่โคได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ที่ชั่วโมงต่าง ๆ	124
8	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่าง (Two sample t-test) ของการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลืองโดยวิธี cellulase technique	124
9	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี cellulase technique	125
10	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่าง (Two sample t-test) ของค่าพลังงานเมทาบอไลซ์ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลือง	125
11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าพลังงานเมทาบอไลซ์ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี cellulase technique	126

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก **หน้า**

12 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่าง (Two sample t-test) ของค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของวัตถุแห้ง (DM) ของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลืองที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen, 1997) 126

13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของวัตถุแห้ง (DM) ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen, 1997) 127

14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุ (OM) ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen, 1997) 128

15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของโปรตีนรวม (CP) ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen, 1997) 129

16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของโปรตีนแท้ (TP) ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen, 1997) 130

17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของปริมาณวัตถุแห้ง ที่กิน เข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ และขับออกทางมูล ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100เปอร์เซ็นต์ 131

18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของวัตถุแห้งในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (Digestible DM) 132

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก **หน้า**

19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของวัตถุแห้งในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (DM digestibility based on DM intake) 133

20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของวัตถุแห้งในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (DM digestibility based on digested DM) 134

21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของวัตถุแห้งในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (DM digestibility based on DM entering of each section) 135

22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ปริมาณอินทรียวัตถุ ที่กิน เข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ และขับออกทางมูล ของอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ 136

23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้าย เป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (Digestible OM) 137

24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้าย เป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (OM digestibility based on OM intake) 138

25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (OM digestibility based on digested OM) 139

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก **หน้า**

26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (OM digestibility based on OM entering of each section) 140

27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของปริมาณรวม ที่กิน เพิ่มขึ้นในกระเพาะรูเมน เข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ขับออกทางมูล และการย่อยได้ของโปรตีนรวมที่ลำไส้เล็กของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ 141

28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของปริมาณแท้ ที่กิน เข้าสู่ลำไส้เล็ก เข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ขับออกทางมูล และการย่อยได้ของโปรตีนแท้ที่ลำไส้เล็กของโคที่ได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ 142

29 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่าง (Two sample t-test) ของการสลายตัวของวัตถุแห้ง (DM) ในกระเพาะรูเมนของกากเมล็ดฝ้ายและกากถั่วเหลือง 143

30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของความเป็นกรด–ด่างในกระเพาะรูเมน (ruminal pH) หลังจากที่โคได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50,75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ชั่วโมงต่าง ๆ 144

31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน (ruminal ammonia-nitrogen) หลังจากที่โคได้รับอาหารทดลองที่ใช้กากเมล็ดฝ้ายเป็นแหล่งโปรตีนแทนที่กากถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ชั่วโมงต่าง ๆ 146

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวก		หน้า
1	การเปิดฝาท่อเก็บตัวอย่างที่กระเพาะรูเมนเพื่อเก็บตัวอย่าง	109
2	การวัดความเป็นกรด–ด่าง ในกระเพาะรูเมนด้วย pH meter	109
3	การเก็บตัวอย่างอาหารจากท่อเก็บตัวอย่างอาหารที่ลำไส้เล็กส่วนต้นและส่วนปลาย	110
4	โรงเรือน รางอาหาร และโคทดลองที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้	110

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved