

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญตารางภาคผนวก	ฅ
สารบัญภาพ	ท
อักษรย่อ	ธ
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
2.1 ข้าวโพดหมัก	4
2.1.2 ลักษณะของข้าวโพดหมักคุณภาพดี	4
2.1.2 คุณค่าทางอาหารของข้าวโพดหมัก	5
2.1.3 การใช้ข้าวโพดหมักเป็นอาหารโค	7
2.2 อาหารผสมครบส่วน	8
2.2.1 ข้อควรพิจารณาการใช้อาหารผสมครบส่วน	9
2.2.1.1 เปรียบเทียบการให้อาหารแบบแยกส่วนกับ	
การให้อาหารผสมครบส่วน	9
2.2.1.2 ความถี่ในการให้อาหาร	10

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.2 การประกอบสูตรอาหารและการเตรียมอาหารผสมครบส่วน	11
2.2.2.1 สัดส่วนของอาหารหยابและอาหารชั้น	11
2.2.2.2 การจัดส่วนประกอบของอาหารผสมครบส่วน ที่เหมาะสม	12
2.2.3 ข้อดีของอาหารผสมครบส่วน	12
2.2.4 ลักษณะของอาหารผสมครบส่วนที่ดี	13
2.3 ความต้องการโภชนาของโครีดนมลูกผสมขาวดำ	13
2.4 ผลของพลังงานและโปรตีนในอาหารต่อผลผลิตน้ำนมและ ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนม	15
2.5 ผลของโปรตีนในอาหารต่อยูเรียไนโตรเจนในเลือดและในนม	17
2.6 การตรวจหายูเรียไนโตรเจนในน้ำนม	19
2.7 การใช้อาหารผสมครบส่วนโดยใช้ข้าวโพดหมักเป็นฐานเลี้ยงโคนม	20
2.7.1 ผลต่อปริมาณการกินอาหาร	21
2.7.2 ผลต่อการย่อยได้	22
2.7.3 ผลต่อการผลิตนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม	22
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	23
การทดลองที่ 1. องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางอาหารของข้าวโพดหมัก	23
การทดลองที่ 2. ศึกษาการย่อยได้และค่าพลังงานของข้าวโพดหมัก	23
2.1 การหาการย่อยได้และค่าพลังงานโดยทดลองกับตัวสัตว์ (<i>in vivo</i>)	23
2.1.1 สัตว์ทดลอง	23
2.1.2 อาหารทดลอง	24
2.1.3 ระยะเวลาในการทดลอง	24
2.1.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2 การหาค่าการย่อยสลายโดยใช้เทคนิคถุงไนลอน (nylon bag technique)	26
2.2.1 การเตรียมตัวอย่าง	26
2.2.2 สัตว์ทดลอง	26
2.2.3 วิธีการทดลอง	26
2.3 การหาค่าการย่อยสลายโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส	27
2.3.1 การเตรียมตัวอย่าง	27
2.3.2 การเตรียม	27
2.3.3 วิธีการทดลอง	28
การทดลองที่ 3 ศึกษาผลการใช้ข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบหลักในอาหาร ผสมครบถ้วนเลี้ยงโคให้นมสูง	30
3.1 สัตว์ทดลอง	30
3.2 คอกทดลอง	30
3.3 อาหารทดลอง	30
3.4 การให้อาหาร	32
3.5 แผนและวิธีการทดลอง	32
3.6 การบันทึกข้อมูลและเก็บตัวอย่าง	33
3.7 การวิเคราะห์ทางเคมี	33
3.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ	33
สถานที่ทำวิจัย	34
ระยะเวลาในการทำวิจัย	34
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	35
4.1 การทดลองที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของข้าวโพดหมัก	35
4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหมัก	35
4.1.2 ปริมาณกรดอินทรีย์ของข้าวโพดหมัก	36

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การทดลองที่ 2 การหาการย่อยได้และพลังงานของข้าวโพดหมัก	37
4.2.1 ปริมาณข้าวโพดหมักที่โคกินได้	37
4.2.2 การย่อยได้ของโภชนะและพลังงานของข้าวโพดหมัก	38
4.2.3 ค่าพลังงาน De, ME และ NEL ของข้าวโพดหมัก	39
4.2.4 การย่อยสลายของข้าวโพดหมักในกระเพาะรูเมน	40
4.2.5 การประเมินค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและค่าพลังงานของ ข้าวโพดหมักโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส	43
4.2.6 สรุปค่าพลังงานของข้าวโพดหมัก	45
4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการใช้ข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบหลักในอาหาร ผสมครบส่วนเลี้ยงโคให้นมสูง	45
4.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์	45
4.3.2 สูตรอาหารผสมครบส่วน	47
4.3.3 ปริมาณการกินอาหาร และโภชนะที่โคได้รับ	48
4.3.4 ผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนม	50
4.3.5 ระดับของพลังงานและโปรตีนต่อปริมาณและผลผลิตนม	53
4.3.4.1 ระดับพลังงาน	53
4.3.4.2 ระดับโปรตีน	56
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	59
เอกสารอ้างอิง	61
ภาคผนวก	72
ประวัติผู้เขียน	121

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1. องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหมัก Chemical composition of corn silage	6
2. ส่วนประกอบแร่ธาตุของข้าวโพดหมัก Mineral content of corn silage	6
3. การย่อยได้ของโภชนะของข้าวโพดหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง Nutrient digestibility of corn silage by ruminant	7
4. พลังงานของข้าวโพดหมัก Energy content of corn silage	8
5. ส่วนประกอบของอาหารผสมครบส่วน Component of Total Mixed Ration (TMR)	31
6. ส่วนประกอบของแร่ธาตุผสม (กรัม/กิโลกรัม) Component of mineral mixture (g/kg)	31
7. องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหมักที่ใช้ในการทดลองที่ 1 และ 2 Chemical composition of corn silage in experiment 1 and 2	35
8. ปริมาณกรดอินทรีย์ และคะแนนคุณภาพของข้าวโพดหมักในการทดลองที่ 1 Organic acid and quality score of corn silage in experiment 1	37
9. น้ำหนักตัวและปริมาณวัตถุดิบแห้งของข้าวโพดหมักที่โคกินได้ Body weight and corn silage dry matter intake of cows	38
10. การย่อยได้ของโภชนะและพลังงานของข้าวโพดหมัก Nutrient digestibility and energy content of corn silage	39
11. พลังงานย่อยได้ พลังงานเมแทบอลิซ และพลังงานสุทธิของข้าวโพดหมักที่คำนวณ จาก TDN และจาก DE Digestible energy, metabolizable energy and net energy of corn silage as calculated from TDN and from DE	40

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
12. ค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุที่หายไปที่ชั่วโมงต่าง ๆ ของข้าวโพดหมัก วัดโดยใช้เทคนิคถุงไนลอน Dry matter and organic matter disappearance (%) at various incubation time	41
13. ค่าการย่อยสลายของข้าวโพดหมักที่วัดโดยใช้ถุงไนลอน Degradation characteristic of corn silage incubated <i>in sacco</i>	42
14. ความสามารถในการย่อยสลายของข้าวโพดหมักที่อัตราการไหลผ่าน ระดับต่าง ๆ Effective degradation of corn silage at various outflow rate	42
15. ปริมาตรแก๊สที่ 24 ชั่วโมง การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และพลังงานที่ได้ จากการคำนวณ Gas volume at 24 hours, organic matter digestibility (OMD) and calculated energy value	43
16. ปริมาตรแก๊ส (ml/200mgDM) จากการบ่มข้าวโพดหมักที่ชั่วโมงต่างๆ Gas volume (ml/200mgDM) from incubation of corn silage at various incubation time	44
17. ค่าเฉลี่ยของโภชนะย่อยได้รวม พลังงานย่อยได้ พลังงานเมแทบอลิซึม และ พลังงานสุทธิของข้าวโพดหมักในโคนมที่คำนวณจากค่าการย่อยได้ และวิธีวัดปริมาณแก๊ส Average TDN, DE, ME and NEL of corn silage determined <i>in vivo</i> and <i>in vitro</i> gas production technique	45
18. องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์ Chemical composition of feed stuff	46
19. ปริมาณกรดอินทรีย์และคะแนนคุณภาพของข้าวโพดหมักในการทดลองที่ 3 Organic acid and quality score of corn silage in experiment 3	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
20. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วน Chemical composition of total mixed ration	48
21. ปริมาณการกินวัตถุแห้ง, โปรตีน และพลังงานของโคทดลอง ที่ได้รับ TMR สูตรต่าง ๆ Dry matter, protein and energy intake of the cows in different TMR	49
22. ผลผลิตน้ำนม, ยูเรียไนโตรเจนในนม และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมของ โคทดลองที่ได้รับ TMR สูตรต่าง ๆ Milk yield , MUN and milk composition of the cows in different TMR	51
23. ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร, ต้นทุนค่าอาหาร และรายได้หักค่าอาหาร ของโคที่ได้รับ TMR สูตรต่าง ๆ Feed conversion ratio, feed cost and income over feed of cows fed with different TMR	52
24. ผลของระดับ TDN และ CP ต่อปริมาณการกินอาหาร, โภชนะที่โคได้รับ, ผลผลิตน้ำนม, ยูเรียไนโตรเจนในนม และอัตราการผลิตอาหาร Effect of TDN and CP level in the diets on dry matter and nutrients intake, milk yield, MUN and FCR	54
25. ผลของระดับ TDN และ CP ต่อส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนม Effect of TDN and CP level in the diets on milk composition	56

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก	หน้า
1. ค่าเฉลี่ยปริมาณการกินข้าวโพดหมัก คิดเป็นวัตถุแห้ง ตลอดระยะเวลา 14 วัน Average voluntary corn silage intake of cows (DM) in the duration 14 days	73
2. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารเหลือ, มูล และปัสสาวะของโค Chemical composition of ort, feces and urine of cows	73
3. ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของข้าวโพดหมัก Dry matter digestibility (DMD) of corn silage	74
4. ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของข้าวโพดหมัก Organic matter digestibility (OMD) of corn silage	75
5. ค่าการย่อยได้ของโปรตีนของข้าวโพดหมัก Crude protein digestibility (CPD) of corn silage	76
6. ค่าการย่อยได้ของไขมันของข้าวโพดหมัก Ether extract digestibility (EED) of corn silage	77
7. ค่าการย่อยได้ของ ADF ของข้าวโพดหมัก Acid detergent fiber digestibility (ADFD) of corn silage	78
8. ค่าการย่อยได้ของ NDF ของข้าวโพดหมัก Neutral detergent fiber digestibility (NDFD) of corn silage	79
9. ค่าการย่อยได้ของ NFC ของข้าวโพดหมัก Non fiber carbohydrate digestibility (NFC D) of corn silage	80
10. ค่าโภชนะย่อยได้รวมของข้าวโพดหมัก Total digestible nutrient (TDN) of corn silage	81
11. ค่าพลังงานย่อยได้ของข้าวโพดหมัก Digestible energy (Mcal/kgDM) of corn silage	82

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวก	หน้า
12. ค่าสมดุลไนโตรเจนของโคที่ได้รับข้าวโพดหมักเพียงอย่างเดียว Nitrogen balance of cows fed corn silage as a single feed	83
13. ค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งที่หายไปในช่วงเวลาต่าง ๆ Dry matter disappearance (%) at various incubation time	84
14. ค่าเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุที่หายไปในช่วงเวลาต่าง ๆ Organic matter disappearance (%) at various incubation time	84
15. ค่าปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ Gas volume at various incubation time	85
16. ANOVA : ผลผลิตน้ำนม (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Milk yield (kg/day) in experiment 3	86
17. ANOVA : ปริมาณไขมันในน้ำนม (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Milk fat (kg/day) in experiment 3	86
18. ANOVA : ปริมาณโปรตีนในน้ำนม (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Milk protein (kg/day) in experiment 3	87
19. ANOVA : ปริมาณแลคโตสในน้ำนม (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Lactose in milk (kg/day) in experiment 3	87
20. ANOVA : ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนม (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Total solid in milk (kg/day) in experiment 3	88
21. ANOVA : ปริมาณของแข็งที่ไม่รวมไขมันในน้ำนม (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Solid not fat in milk (kg/day) in experiment 3	88
22. ANOVA : ปริมาณไขมันในน้ำนม (%) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Milk fat (%) in experiment 3	89
23. ANOVA : ปริมาณโปรตีนในน้ำนม (%) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Milk protein (%) in experiment 3	89

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวก	หน้า
24. ANOVA : ปริมาณแลคโตสในน้ำนม (%) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Lactose in milk (%) in experiment 3	90
25. ANOVA : ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนม (%) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Total solid in milk (%) in experiment 3	90
26. ANOVA : ปริมาณของแข็งที่ปราศจากไขมันในน้ำนม (%) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Solid not fat in milk (%) in experiment 3	91
27. ANOVA : ผลผลิตน้ำนมที่ปรับไขมันที่ระดับ 4% ในการทดลองที่ 3 ANOVA : 4% fat corrected milk in experiment 3	91
28. ANOVA : ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Dry matter intake (kgDM/day) in experiment 3	92
29. ANOVA : ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Dry matter intake (%BW) in experiment 3	92
30. ANOVA : ปริมาณโปรตีนที่ได้รับ (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Protein intake (kg/day) in experiment 3	93
31. ANOVA : ปริมาณพลังงานที่ได้รับ (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Energy intake (kg/day) in experiment 3	93
32. ANOVA : อัตราการเปลี่ยนอาหาร (กิโลกรัมวัตถุแห้งที่กิน/ผลผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัม) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Feed conversion ratio (FCR) (kgDMI/kgmilk) in experiment 3	94
33. ANOVA : ผลผลิตน้ำนม (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Milk yield (kg/day) in experiment 3	94
34. ANOVA : ผลผลิตน้ำนมที่ปรับไขมันที่ระดับ 4% (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : 4% fat corrected milk (kg/day) in experiment 3	95

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวก	หน้า
35. ANOVA : ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (กิโลกรัมวัตถุแห้ง/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Dry matter intake (kgDM/day) in experiment 3	95
36. ANOVA : ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Dry matter intake (%BW) in experiment 3	96
37. ANOVA : ปริมาณโปรตีนที่ได้รับ (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Protein intake (kg/day) in experiment 3	96
38. ANOVA : ปริมาณพลังงานที่ได้รับ (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Energy intake (kg/day) in experiment 3	97
39. ANOVA : ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (กิโลกรัมวัตถุแห้งที่กิน/ผลผลิต น้ำนม 1 กิโลกรัม) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Feed conversion ratio (kgDMI/kgmilk) in experiment 3	97
40. ANOVA : ปริมาณไขมันในน้ำนม (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Milk fat (kg/day) in experiment 3	98
41. ANOVA : ปริมาณโปรตีนในน้ำนม (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Milk protein (kg/day) in experiment 3	98
42. ANOVA : แลคโตสในน้ำนม (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Lactose in milk (kg/day) in experiment 3	99
43. ANOVA : ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนม(กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Total solid in milk (kg/day) in experiment 3	99
44. ANOVA : ปริมาณของแข็งที่ปราศจากไขมันในน้ำนม (กิโลกรัม/วัน) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Solid not fat in milk (kg/day) in experiment 3	100
45. ANOVA : ปริมาณไขมันในน้ำนม (%) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Milk fat (%) in experiment 3	100

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวก	หน้า
46. ANOVA : ปริมาณโปรตีนในน้ำนม (%) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Milk protein (%) in experiment 3	101
47. ANOVA : ปริมาณแลคโตสในน้ำนม (%) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Lactose in milk (%) in experiment 3	101
48. ANOVA : ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนม (%) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Total solid in milk (%) in experiment 3	102
49. ANOVA : ปริมาณของแข็งที่ปราศจากไขมันในน้ำนม (%) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Solid not fat in milk (%) in experiment 3	102
50. ANOVA : ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในน้ำนม (mg/dl) ในการทดลองที่ 3 ANOVA : Milk urea nitrogen (%) in experiment 3	103
• การวิเคราะห์หาปริมาณยูเรียไนโตรเจนในน้ำนม	103
• การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชหมัก	105
• การวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนของข้าวโพดหมัก	105
• การวัดปริมาณกรดอินทรีย์โดยวิธีการกลั่น	105

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1. เปรี่เซ็นต์การสลายของวัตถุแห้งในข้าวโพดหมักที่ชั่วโมงต่าง ๆ กัน Dry matter disappearance (%) at various incubation time	41
2. ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายที่ชั่วโมงต่าง ๆ Gas volume from incubation at various incubation time	44
3. โคทดลองและอุปกรณ์ในการเก็บมูลและปัสสาวะ Experimental cows with urine and feces collector	107
4. โคเจาะกระเพาะรูเมน และถุงไนลอนที่ใช้หาการย่อยได้ Fistulated cow and nylon bags used for feed degradation in rumen	107
5. เครื่องมือการบ่มพร้อม glass-syringe ที่ใช้ในการศึกษาการวัดปริมาณแก๊ส Incubation apparatus with glass-syringe using in gas production technique	108
6. เครื่อง Milkoscan ที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม Milkoscan 133 V 3.9 GB using for milk composition analysis	108

อักษรย่อ

ADF	=	acid detergent fiber
ADL	=	acid detergent lignin
BUN	=	blood urea nitrogen
BW	=	body weight
BW ^{0.75}	=	metabolic body weight
CF	=	crude fiber
CP	=	crude protein
DE	=	digestible energy
DM	=	dry matter
EE	=	ether extract
FCM	=	fat corrected milk
FCR	=	feed conversion ratio
g	=	gram
GE	=	gross energy
h	=	hour
kg	=	kilogram
ME	=	metabolizable energy
ml	=	milliliter
MUN	=	milk urea nitrogen
NDF	=	neutral detergent fiber
NEL	=	net energy for lactation
NFC	=	non fiber carbohydrate
NFE	=	nitrogen free extract
OM	=	organic matter

อักษรย่อ (ต่อ)

OMD = organic matter digestibility

PUN = plasma urea nitrogen

TDN = total digestible nutrient

TMR = total mixed ration

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University