

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ฐ
สารบัญภาพ	ฒ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ด
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.2 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา	2
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	3
มันสำปะหลัง (Cassava)	3
2.1 แหล่งกำเนิดและนิเวศวิทยา	3
2.2 แหล่งปลูก	5
2.3 พันธุ์	8
2.4 การใช้ประโยชน์	9
2.5 องค์ประกอบของมันสำปะหลังที่ใช้เป็นอาหารสัตว์	9
2.6 มันแฮย์ (Cassava Hay)	9
2.6.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของมันแฮย์	10
2.6.2 การปลูก การเก็บเกี่ยวและการจัดทำมันแฮย์	11
2.6.3 มันแฮย์เป็นแหล่งของโปรตีนและสารประกอบคอนเด็นท์แทนนินส์	12
2.6.4 การใช้มันแฮย์เป็นอาหารสัตว์	13
2.7 การย่อยอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	15
2.7.1 การย่อยโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	16
2.7.1.1 การย่อยโปรตีนในกระเพาะรูเมน	16
2.7.1.2 การย่อยโปรตีนในลำไส้เล็ก	17
2.7.1.3 การย่อยโปรตีนในลำไส้ใหญ่และไส้ติ่ง	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8 การย่อยคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	19
2.8.1 การย่อยคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน	19
2.8.2 การย่อยคาร์โบไฮเดรตในลำไส้เล็ก	19
2.8.3 การย่อยคาร์โบไฮเดรตในลำไส้ใหญ่และไส้ติ่ง	22
2.9 ความเป็นกรด – ด่างในกระเพาะรูเมน	22
2.9.1 แอมโมเนียในโตรเจนในกระเพาะรูเมน	23
2.9.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด – ด่างและแอมโมเนียในโตรเจน ในกระเพาะรูเมน	23
2.10 การศึกษาการย่อยได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	24
2.10.1 การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงานโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส	25
2.10.2 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์โดยวิธีการแบบดั้งเดิม	26
2.10.3 การศึกษาการย่อยได้โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้	27
2.10.4 การศึกษาการย่อยได้ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหาร	28
2.10.5 ประโยชน์จากการทราบตำแหน่งของการย่อยอาหาร	29
2.11 การเปิดทางเดินอาหารโคทดลองสำหรับการใช้ในการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะ	30
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	31
3.1 การศึกษารูปแบบการปลูกและผลผลิตของมันสำปะหลังเพื่อผลิตมันเฮย์	31
3.2 สัตว์ทดลองและอาหารทดลอง	31
3.2.1 สัตว์ทดลอง	31
3.2.2 อาหารทดลอง	32
3.3 การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี	32
3.3.1 วิธีวิเคราะห์แบบ proximate analysis	33
3.4 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะและค่าพลังงานโดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส	33
3.4.1 วิธีการทดลอง	33
3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 การศึกษาปริมาณ โภชนะที่ข่อยได้ในตัวสัตว์	35
3.5.1 การหาค่าการข่อยได้โดยวิธีการแบบดั้งเดิม	35
3.5.2 การหาค่าการข่อยได้โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้	36
3.5.3 การศึกษาสภาพภายในกระเพาะรูเมน	37
3.5.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ	38
3.6 สถานที่ทำการทดลอง	38
3.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานทดลอง	38
บทที่ 4 ผลการทดลอง	39
4.1 การศึกษารูปแบบการปลูกและผลผลิตของมันสำปะหลังเพื่อผลิตมันเฮย์	39
4.2 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนา	40
4.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของมันเฮย์	40
4.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ และหญ้ารัฐสด	40
4.3 ประสิทธิภาพการศึกษาการข่อยได้ของ โภชนะและค่าพลังงานของ อาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ โดยเทคนิคการวัดปริมาณแก๊ส	41
4.3.1 ผลของปริมาณแก๊ส (ml) ที่เกิดขึ้นของอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ ทั้ง 4 ระดับ	
4.3.2 ประสิทธิภาพการข่อยได้ของอินทรียวัตถุและพลังงาน (ME, NE _L) ของอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ ทั้ง 4 ระดับ	43
4.4 การศึกษาปริมาณ โภชนะที่ข่อยได้ของทั้งอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ ทั้ง 4 ระดับ ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารในตัวสัตว์	44
4.4.1 การข่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีดั้งเดิม ของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับ อาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ	44
4.4.2 โภชนะรวมข่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับ อาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ	45

ลิขสิทธิ์ในสิ่งพิมพ์นี้สงวนไว้โดย
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.3. การย่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับ อาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ	46
4.4.3.1 ปริมาณวัตถุแห้งที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหาร	46
4.4.3.2 ปริมาณโปรตีนหยาบที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหาร	48
4.4.4 สภาพภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับ อาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ	49
4.4.4.1 ค่าความเป็นกรด – ด่างในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลอง	49
4.4.4.2 ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลอง	51
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง	53
5.1 การศึกษารูปแบบการปลูกและผลผลิตของมันสำปะหลังเพื่อผลิตมันเฮย์	53
5.2 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนา	53
5.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของมันเฮย์	53
5.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ	54
5.3 การประเมินค่าของการย่อยได้ และพลังงาน โดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น	55
5.4 ประสิทธิภาพของการย่อยได้ในตัวสัตว์	56
5.4.1 ประสิทธิภาพของการย่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีดั้งเดิมของโคทดลอง เมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ 4 ระดับ	56
5.4.2 การศึกษาหา โภชนาหารรวมย่อยได้ พลังงานรวม พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมของโคทดลอง เมื่อได้รับอาหารทดลอง ที่ผสมมันเฮย์ 4 ระดับ	56
5.5 การย่อยได้ในตัวสัตว์ที่ศึกษาโดยวิธีการใช้สารบ่งชี้	57
5.5.1 ปริมาณวัตถุแห้งที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหาร	57
5.5.2 ปริมาณโปรตีนหยาบที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหาร	58

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.6 สภาพภายในกระเพาะหมักเมื่อสัตว์ทดลองเมื่อได้รับ อาหารทดลองที่ผสมมันแฮย์ทั้ง 4 ระดับ	59
5.6.1 ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก	59
5.6.2 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมัก	60
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	62
6.1 สรุปผลการทดลอง	62
6.2 ข้อเสนอแนะ	64
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ	73
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	81
ประวัติผู้เขียน	95

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1. เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตรวม และเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลัง ในแหล่งปลูกสำคัญของโลกในปี 2543	6
2. แหล่งปลูก เนื้อที่ปลูก และผลผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทย ปี พ.ศ.2543	7
3. ลักษณะมันสำปะหลังพันธุ์ที่นิยมปลูก	8
4. องค์ประกอบทางเคมีของใบมันแห้ง และมันเฮย์	11
5. ผลของระดับมันเฮย์ต่อเนื้อวิทยารูเมนและผลผลิตน้ำนมในโคนม	14
6. ส่วนประกอบของวัตถุดิบ ต้นทุนของอาหารทดลองต่อกิโลกรัม และร้อยละของโปรตีน จากการคำนวณ ของอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ	32
7. ส่วนประกอบของ Rumen liquor buffer ที่ใช้ในการศึกษาด้วยวิธีการวัดแก๊ส	34
8. ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างจากลำไส้เล็กของการทดลองหาค่าการย่อยได้โดยวิธีใช้สารบ่งชี้	36
9. ผลผลิตมันเฮย์ครั้งแรก (3 เดือนหลังปลูก)	39
10. องค์ประกอบทางเคมีอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ และหญ้าที่ตัด	41
11. ผลของปริมาณแก๊ส (ml) ที่เกิดขึ้นของอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ ทั้ง 4 ระดับ	42
12. การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิ เพื่อการให้นม (NE _L) ของอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ ทั้ง 4 ระดับ	43
13. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และ โภชนะของอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ ทั้ง 4 ระดับ	45
14. โภชนะรวมย่อยได้ (TDN) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิ เพื่อการให้นม (NE _L) ของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ	46
15. ปริมาณวัตถุแห้งที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหารในสัตว์ทดลองเมื่อได้รับ อาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ	47
17. ปริมาณ โปรตีนหายับที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหารในสัตว์ทดลอง เมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ	49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
18. ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ	50
19. ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ในกระเพาะรูเมนของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ	52



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1. การแพร่กระจายของไขมันสำปะหลังจากแหล่งกำเนิด	4
2. ทางเดินอาหารของโคนม	15
3. การย่อยโปรตีนในกระเพาะรูเมน	18
4. การย่อย polysaccharide เป็น monosaccharide และเปลี่ยนเป็น pyruvate	20
5. การสังเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมน	21
6. ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองจากการย่อยสลายที่ชั่วโมงต่างๆ	42
7. ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลองที่ได้รับ อาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ	50
8. ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (NH ₃ -N) ที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆ ของอาหารทดลองที่ผสมมันเฮย์ทั้ง 4 ระดับ	51

สารบัญภาพ ภาคผนวก

ภาพ	หน้า
1. การวิเคราะห์โปรตีน	74
2. การวิเคราะห์เยื่อใย	74
3. การวิเคราะห์ไขมัน	74
4. การหาค่าพลังงานในอาหาร โดยวิธี <i>in vitro</i> gas production technique	74
5. ขวดรูปชมพู่มีฝาปิดพร้อมแกงที่มีกระเปาะแก้วที่ปลายแกง	75
6. การวัดแอมโมเนียในโตรเจนด้วยวิธี Conway method	75
7. การวัด pH ใน rumen fluid	75
8. ตัวอย่างอาหารที่เก็บจาก duodenum และ ileum	75
9. ตู้อบตัวอย่าง	75
10. ตัวอย่างที่นำมาอบในตู้อบ	75
11. โคททดลองที่ได้รับการเจาะกระเพาะฝิ่ง rumen fistula	76
12. โคททดลองที่ได้รับการสอดฝิ่งท่อที่บริเวณ duodenum และ ileum	76
13. รางอาหารที่ใช้ในการทดลอง	76
14. สภาพของโคททดลองภายในคอกสัตว์ทดลอง	76

อักษรย่อและสัญลักษณ์

ADP	=	Adenosine diphosphate
ATP	=	Adenosine triphosphate
CH ₄	=	Methane
CP	=	Crude protein
CPD	=	Crude protein digestibility
CRD	=	Completely randomized design
C.V.	=	Coefficient of variation
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
g/kgDM	=	Gram per kilogram dry matter
LSD	=	Latin square design
MJ/kgDM	=	Megajoule per kilogram dry matter
ME	=	Metabolizable energy
MS	=	Mean square
N	=	Nitrogen
NE	=	Net energy
NE _L	=	Net energy for lactation
NFE	=	Nitrogen free extract
NH ₃ - N	=	Ammonia nitrogen
TDN	=	Total digestible nutrient
OMD	=	Organic matter digestibility
SE	=	Standard error of a mean