



การใช้เปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้ากินนี
เป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโคนม

ปณัท สุขสร้อย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

ชื่อเรื่อง

การใช้เปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้ากินนี

เป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโคนม

โดย

ปณัฏ สุขสร้อย

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรรวมศิริ)

วันที่ 25 เดือน 5.พ. พ.ศ. 2558

กรรมการที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)

วันที่ 25 เดือน 5.พ. พ.ศ. 2558

กรรมการที่ปรึกษา

(ดร.อำพล วรวิชิธรรม)

วันที่ 25 เดือน 5.พ. พ.ศ. 2558

ประธานอาจารย์ประจำหลักสูตร

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรรวมศิริ)

วันที่ 25 เดือน 5.พ. พ.ศ. 2558

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จาดูพงศ์ วาฤทธิ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 29 เดือน 5.พ. พ.ศ. 2558

ชื่อเรื่อง	การใช้เปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้ากีนีเป็นแหล่งอาหารหยาบ เลี้ยงโคนม
ชื่อผู้เขียน	นายปัทม สุขสร้อย
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรวมศิริ

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางอาหาร การย่อยได้ของโภชนะ และการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมน เมื่อใช้เปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้ากีนีเป็นแหล่งอาหารหยาบ แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางอาหาร และการสลายตัวของโภชนะโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียม *in vitro* true digestibility (ANKOM Daisy^{II}) วางแผนการทดลองแบบ 4×2 Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ระดับของเปลือกลำไย (100, 80, 60 และ 40 %) และปัจจัยที่ 2 คือ การเสริมและไม่เสริมกากน้ำตาล (2% โดยน้ำหนัก) ผลการทดลองพบว่า พืชหมักทุกกลุ่มมีคุณค่าทางอาหารเพียงพอสำหรับใช้เป็นอาหารโคได้ โดยการเพิ่มระดับหญ้ากีนีในพืชหมัก มีผลให้เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง (DM) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ค่าเฉลี่ยเชื้อใยรวม (CF) เชื้อใยผนังเซลล์ (NDF) และ ลิกโนเซลลูโลส (ADF) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่าเฉลี่ยโปรตีน (CP) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และกลุ่มที่มีเปลือกลำไยและหญ้ากีนีหมัก (40:60) เสริมกากน้ำตาล 2% มีคุณค่าทางอาหารและการสลายตัวของโภชนะสูงที่สุด

การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์ทดลอง และการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนของโคนมที่ได้รับพืชหมักจากเปลือกลำไยร่วมกับหญ้ากีนี วางแผนการทดลองแบบ 3 × 3 ลาตินสแควส์ (3 × 3 Latin Squares Design) ใช้โคนมลูกผสม (พื้นเมือง × โฮลสไตน์ฟรีเชียน) เพศผู้ตอน อายุ 4-5 ปี น้ำหนัก 400±30 กิโลกรัม ที่ผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างอาหารที่กระเพาะรูเมน จำนวน 3 ตัว กลุ่มทดลองมี 3 กลุ่ม ตามกลุ่มอาหารหยาบ ได้แก่ 1) หญ้ากีนีหมัก (กลุ่มควบคุม, G), 2) หญ้ากีนีหมัก 50% และเปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้ากีนี (40:60) เสริมกากน้ำตาล 50% (G+GL) และ 3) เปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้ากีนี (40:60) เสริมกากน้ำตาล (GL) ผลการทดลองพบว่า ค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง โปรตีน และเชื้อใยผนังเซลล์ โดย

วิธีใช้สารบ่งชี้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยลิกโนเซลลูโลสของกลุ่ม G มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การศึกษาโดยวิธีใช้ถุงไนลอน พบว่า การเพิ่มระดับของเปลือกกล้วยในพืชหมัก มีผลให้ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง ในชั่วโมงที่ 8, 12, 72 และ 96 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้พบว่า ศักยภาพในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (P) และประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ของกลุ่ม G มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยผลจะลดลงตามสัดส่วนของเปลือกกล้วยที่เพิ่มขึ้น

ด้านการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมน พบว่า กลุ่มทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในชั่วโมงที่ 6 กลุ่ม G มีค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนในกระเพาะรูเมนและปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวมสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวม จะลดลงตามสัดส่วนของเปลือกกล้วยที่เพิ่มขึ้น

Title	The Use of Ensiled Longan Peel with Guinea Grass as Roughage Sources for Dairy Cattle
Author	Mr. Panut Sooksoi
Degree of	Master of Science in Animal Science
Advisory Committee Chairperson	Associate Professor Dr. Sompong Srumsiri

ABSTRACT

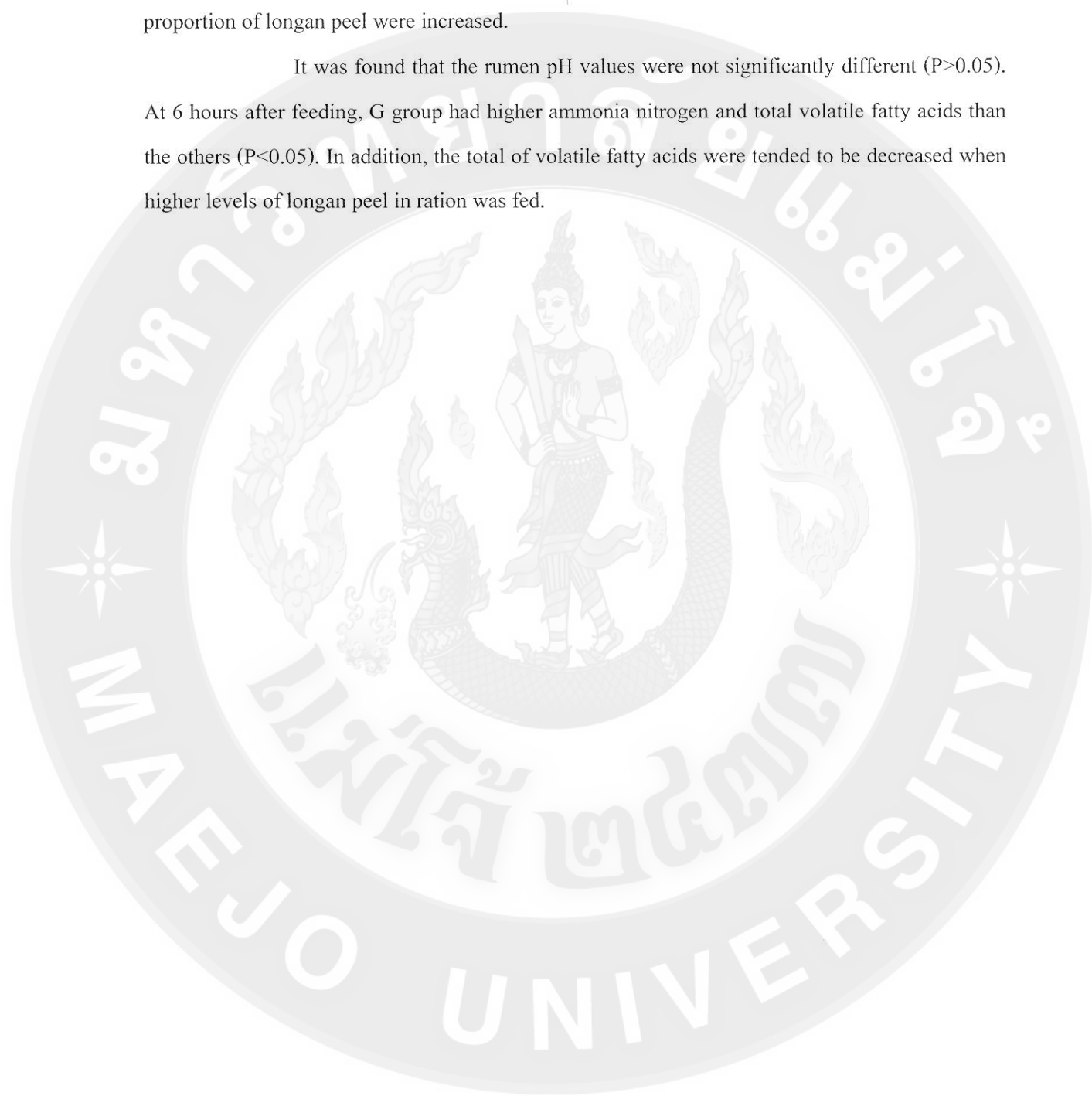
The objectives of this study were to determine physical characteristics, nutritive value, nutrient digestibility, and rumen fermentation products of ensiled longan peel with guinea grass as roughage sources. Two experiments were conducted as;

Experiment 1 Physical characteristics, nutritive values and nutrient degradability of ensiled longan peel with guinea grass were studied using *in vitro* true digestibility (ANKOM DaisyII). There were 8 treatments combinations in 4×2 Factorial in CRD, factor 1 = levels of longan peel (100, 80, 60 and 40%), factor 2 = silage additive (0 and 2% molasses). The results revealed that all the silages had nutritive values, which could be used as cattle feed. As the guinea grass levels increased in silages, the DM was decreased ($P<0.05$) but the average of CF, NDF and ADF were increased ($P<0.05$). It was found that the average of CP in all treatments were not different ($P>0.05$). Moreover, the silage of longan peel and guinea grass (40:60) with 2% molasses additive had the highest nutritive values and nutrient degradability.

Experiment 2 Nutrient digestibility and rumen fermentation products were studied by using three dairy cattle (crossbred native × Holstein-Friesian) with an initial live weight of 400 ± 30 kg and 4-5 years of age in 3×3 Latin Squares design. The experimental diets were divided into 3 groups as follows; guinea grass silage (control group, G), guinea grass silage + ensiled longan peel with guinea grass (40:60) with 2% molasses additive in the ratio of 50:50 (G+GL), and ensiled longan peel and guinea grass (40:60) with 2% molasses additive (GL). The results revealed that digestibilities of DM, CP and NDF were not significantly different ($P>0.05$), but the ADF digestibility in G was significantly higher than other groups ($P<0.05$). It was found that as longan peel levels increased in the silage, the degradability of DM were decreased at 8, 12, 72 and 96 hours of incubation by using the nylon bag technique ($P<0.05$). In addition, the result

of potential degradability (P) and effective degradability ($ED_{0.05}$) in guinea grass silage was significantly higher than other groups ($P < 0.05$). However, P and $ED_{0.05}$ decreased as the proportion of longan peel were increased.

It was found that the rumen pH values were not significantly different ($P > 0.05$). At 6 hours after feeding, G group had higher ammonia nitrogen and total volatile fatty acids than the others ($P < 0.05$). In addition, the total of volatile fatty acids were tended to be decreased when higher levels of longan peel in ration was fed.



กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดขึ้นจากความกรุณาและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรวมศิริ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ และ ดร.อำพล วรทิตธรรม กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ วิธีการทำงานและแนวทางในการวิจัย ตลอดจนให้ความสนใจใส่เกล้าใจจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ อาจารย์เผ่าพงษ์ ปุณณพงษ์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้ความรู้คำแนะนำและความช่วยเหลือในห้องปฏิบัติการ คุณอภิชาติ หมนัวิชา นักวิชาการสัตวบาล คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ ตลอดจนอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ทำการทดลอง

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี นักศึกษาปริญญาตรีสาขาวิชาโคนมและโคเนื้อ และสัตว์ทดลองทุกตัวที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อชัยศรี คุณแม่พรธิดา สุขสร้อย ที่ให้ความรัก ความอบอุ่น คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอด

ปณัฏ สุขสร้อย

มิถุนายน 2558

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(13)
สารบัญตารางภาคผนวก	(14)
สารบัญภาพภาคผนวก	(16)
อักษรย่อ	(17)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
ลำไย	4
เศษเหลือจากการผลิตลำไย	7
หญ้ากีนี่	26
หญ้าหมัก	30
การย่อยอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	31
ค่าความเป็นกรด – ด่างในกระเพาะรูเมน	36
การผลิตกรดไขมันระเหยได้ง่ายและการใช้ประโยชน์ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง	37
การประเมินคุณค่าทางอาหารสัตว์และวิธีหาการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	41

บทที่ 3 วิธีการวิจัย	48
ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	48
สถานที่ทำการวิจัย	48
อุปกรณ์การดำเนินงาน	48
วิธีการดำเนินการวิจัย	49
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	56
การทดลองที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางอาหาร และการสลายตัวของ	
โกษณะของพืชหมักจากเปลือกลำไยร่วมกับหญ้ากิมนี้ในระดับต่างๆ ใน	
ห้องปฏิบัติการ	56
การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของโกษณะและการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตที่	
เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนของโคนม	65
วิจารณ์ผลการทดลอง	76
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	87
สรุปผลการทดลอง	87
ข้อเสนอแนะ	89
บรรณานุกรม	90
ภาคผนวก	98
ภาคผนวก ก ภาพภาคผนวก	99
ภาคผนวก ข ตารางภาคผนวก	104
ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย	118

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แหล่งผลิตลำไยปี พ.ศ. 2557 แยกเป็นจังหวัด	5
2	ความต้องการใช้ลำไย (ตัน)	5
3	เศษเหลือจากการผลิตลำไยและการใช้ประโยชน์	7
4	คุณค่าทางอาหารของเศษเหลือจากการผลิตลำไย	8
5	ผลของการใช้เมล็ดลำไยที่มีและไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ดในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต	10
6	การย่อยได้ของโภชนะที่แท้จริง และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แท้จริงของเมล็ดลำไยและเนื้อในเมล็ดลำไย	11
7	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกและเมล็ดลำไยหมักร่วมกับฟางข้าว	12
8	ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ตรวจพบในเปลือกและเมล็ดลำไยหมักร่วมกับฟางข้าว	13
9	ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดลำไยแห้ง ข้าวโพด และมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลอง	14
10	ผลของเมล็ดลำไยที่ระดับต่างๆ ในอาหารขึ้นต่อผลผลิตน้ำนม	14
11	ค่าการย่อยได้ของโภชนะของอาหารผสมสำเร็จด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้	16
12	ปริมาณน้ำนมที่ได้ ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนมจากโคนม	17
13	ปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนมและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมจากการทดลองที่ใช้อาหารหยาดต่างกันเลี้ยงแม่โครีดนม	19
14	แสดงการย่อยสลายวัตถุแห้งในกระเพาะหมัก	20
15	วัตถุดิบของอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนมที่มีกากแอปเปิ้ลหมักระดับต่างๆ	21
16	ปริมาณการให้นม และการกินได้ของอาหารผสมสำเร็จที่มีกากแอปเปิ้ลหมักปริมาณ 0, 15 และ 30 %	21
17	วัตถุดิบของอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนมที่มีกากแอปเปิ้ลและกากมะเขือเทศหมักผสมกัน (EMTAP) ในระดับต่างๆ	22
18	ปริมาณการให้นม และการกินได้ของอาหารผสมสำเร็จที่มีกากแอปเปิ้ลและกากมะเขือเทศหมักผสมกัน (EMTAP) ปริมาณ 0, 15 และ 30 %	22

ตาราง	หน้า	
19	วัตถุดิบของอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนมที่มีกากมะเขือเทศและข้าวโพดหมัก	23
20	ปริมาณการให้นม และการกินได้ของอาหารผสมสำเร็จที่มีกากมะเขือเทศและข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาด	24
21	วัตถุดิบของอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนมที่มีเปลือกอัลมอนต์ระดับต่างๆ	24
22	ปริมาณการให้นม และการกินได้ของอาหารผสมสำเร็จที่มีเปลือกอัลมอนต์ระดับต่างๆ	25
23	วัตถุดิบของอาหารผสมสำเร็จสำหรับแพะนมที่มีเปลือกอัลมอนต์ระดับต่างๆ	25
24	ปริมาณการให้นม และการกินได้ของอาหารผสมสำเร็จที่มีเปลือกอัลมอนต์ระดับต่างๆ	26
25	ส่วนประกอบทางเคมีและพลังงานของหญ้ากินนีสีม่วง	28
26	น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักหญ้าที่เคี้ยว และมูลของแพะที่ได้รับหญ้ากินนีแห้งที่มีอายุการตัดต่างกัน	29
27	การย่อยได้ของโภชนะในหญ้ากินนีในอายุการตัดต่าง ๆ กันในกระทดลอง	29
28	สัดส่วนอาหารหยาดต่ออาหารข้นที่มีผลต่อกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนโค	38
29	สัดส่วนอาหารหยาดต่ออาหารข้นที่มีผลต่อกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนแพะ	39
30	ส่วนประกอบของสารละลายที่ใช้ในการทดลอง	52
31	ลักษณะทางกายภาพของเปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้ากินนีในระดับต่างๆ	57
32	ค่า pH และองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้ากินนีในระดับต่างๆ	59
33	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่า pH และขององค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้ากินนี	60
34	ค่าการสลายตัวของโภชนะในชั่วโมงที่ 24 และ 48 ของพีชหมักด้วยวิธี IVTD (%)	63
35	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโภชนะในชั่วโมงที่ 24 และ 48 ของพีชหมักด้วยวิธี IVTD	64
36	คุณค่าทางโภชนะของพีชหมัก	65

ตาราง		หน้า
37	ค่าการย่อยได้ของโภชนะของกลุ่มทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้	66
38	เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมน	67
39	ค่าพารามิเตอร์การสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมน	68
40	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนที่เกิดจากการหมักพืชหมักชนิดต่างๆ	70
41	ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน	70
42	ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อปริมาณค่าเฉลี่ยของยูเรียไนโตรเจนในเลือด	71
43	ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวมทั้งหมด	72
44	ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดอะซิติกในกระเพาะรูเมน	73
45	ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดโปรปีโอนิกในกระเพาะรูเมน	74
46	ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมน	75
47	ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของกรดไขมันระเหยง่าย	75

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ขั้นตอนการทำลำไยอบแห้งทั้งเปลือกและลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อ	6
2	การย่อยสลายโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	34
3	การหมักย่อยคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน	36
4	การสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายในกระเพาะรูเมน	40
5	การย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนในช่วงเวลาต่างๆ	68

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก	หน้า
1 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของค่า pH ของพืชหมัก	105
2 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของปริมาณวัตถุแห้งของพืชหมัก	105
3 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของปริมาณเถ้าของพืชหมัก	105
4 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของปริมาณโปรตีนของพืชหมัก	106
5 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของปริมาณเยื่อใยรวมของพืชหมัก	106
6 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของปริมาณเยื่อใย NDF ของพืชหมัก	106
7 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของปริมาณเยื่อใย ADF ของพืชหมัก	107
8 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) ของพืชหมัก ที่ 24 ชั่วโมง	107
9 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) ของพืชหมัก ที่ 48 ชั่วโมง	108
10 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของค่าการย่อยได้ของโปรตีน (CP) ของพืชหมัก ที่ 24 ชั่วโมง	108
11 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของค่าการย่อยได้ของโปรตีน (CP) ของพืชหมัก ที่ 48 ชั่วโมง	109
12 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของค่าการย่อยได้ของเยื่อใย ADF ของพืชหมัก ที่ 24 ชั่วโมง	109
13 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของค่าการย่อยได้ของเยื่อใย ADF ของพืชหมัก ที่ 48 ชั่วโมง	109
14 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของการย่อยได้ของวัตถุแห้งของกลุ่มทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้	110
15 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของการย่อยได้ของโปรตีนของกลุ่มทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้	110
16 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของการย่อยได้ของ NDF ของกลุ่มทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้	111

ตารางผนวก	หน้า
17 การวิเคราะห์แนวโน้มของการย่อยได้ของ ADF ของกลุ่มทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้	111
18 การวิเคราะห์แนวโน้มของการย่อยสลายของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 4 ด้วยวิธีใช้ถุงไนลอน	112
19 การวิเคราะห์แนวโน้มของการย่อยสลายของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 8 ด้วยวิธีใช้ถุงไนลอน	112
20 การวิเคราะห์แนวโน้มของการย่อยสลายของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 12 ด้วยวิธีใช้ถุงไนลอน	113
21 การวิเคราะห์แนวโน้มของการย่อยสลายของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 24 ด้วยวิธีใช้ถุงไนลอน	113
22 การวิเคราะห์แนวโน้มของการย่อยสลายของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 48 ด้วยวิธีใช้ถุงไนลอน	114
23 การวิเคราะห์แนวโน้มของการย่อยสลายของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 72 ด้วยวิธีใช้ถุงไนลอน	114
24 การวิเคราะห์แนวโน้มของการย่อยสลายของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 96 ด้วยวิธีใช้ถุงไนลอน	115
25 การวิเคราะห์แนวโน้มของวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันที (a) ของพีชหมัก	115
26 การวิเคราะห์แนวโน้มของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ของพีชหมัก	116
27 การวิเคราะห์แนวโน้มของอัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (c)	116
28 การวิเคราะห์แนวโน้มของศักยภาพในการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (P)	116
29 การวิเคราะห์แนวโน้มของประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$)	117

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1	เปลือกและเมล็ดลำไยจากโรงงานแกะเนื้อลำไย ที่นำมาใช้ในการทดลอง	100
2	เปลือกและเมล็ดลำไยจากโรงงานอบลำไยเนื้อสีทองที่ถูกทิ้งจนเกิดปัญหามลภาวะ	100
3	คัดแยกเปลือกลำไยออกจากเมล็ด	101
4	การทำฟัซหมักจากเปลือกลำไยร่วมกับหญ้ากีนนี่	101
5	การทดลองด้วยวิธี <i>in vitro</i> true digestibility	102
6	การทดลองด้วยวิธีใช้ถุงไนลอน	102
7	นำของเหลวจากกระเพาะรูเมนมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge	103
8	ของเหลวใสที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงนำไปวิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจน และกรดไขมันระเหยได้ง่าย	103

อักษรย่อ

อักษรย่อ	ย่อมาจาก	ความหมาย
ADF	acid detergent fiber	ลิกโนเซลลูโลส
AIA	acid insoluble ash	เถ้าที่ไม่ละลายในกรด
CF	crude fiber	เยื่อใยรวม
CP	crude protein	โปรตีนรวม
DM	dry matter	วัตถุแห้ง
GC	gas chromatography	เครื่องแยกสารผสมที่เป็นแก๊ส
GE	gross energy	พลังงานรวม
IVTD	<i>in vitro</i> true digestibility	การย่อยได้ในชุดหมักกระเพาะเทียม
Mcal/kgDM	megacalory per kilogram dry matter	เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง
mg/dl	milligrams per deciliter	มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร
mM/L	milimol per litter	มิลลิโมลต่อลิตร
NDF	neutral detergent fiber	เยื่อใยผนังเซลล์
OM	organic matter	อินทรีย์วัตถุ
TDN	total digestible nutrient	โภชนะย่อยได้ทั้งหมด
TMR	total mixed ration	อาหารผสมสำเร็จ อาหารครบส่วน
VFA	volatile fatty acid	กรดไขมันระเหยได้ง่าย

บทที่ 1

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการผลิตพืชและสัตว์ควบคู่กันไป โดยการผลิตพืชในแต่ละปีจะมีเศษเหลือทางการเกษตรและเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรจำนวนมากที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งสามารถสังเคราะห์โปรตีนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตได้ การใช้เศษเหลือทางการเกษตรและเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรเป็นอาหารสัตว์นอกจากจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตแล้ว ยังเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย เศษเหลือทางการเกษตรส่วนใหญ่มีคุณค่าทางอาหารต่ำกว่าเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร เนื่องจากมีส่วนประกอบคือ ลำต้นและใบ ที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต เช่น ฟางข้าว ฟางถั่วเหลือง และเปลือกฝักถั่ว เป็นต้น ส่วนเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร เป็นเศษเหลือที่มีคุณค่าทางอาหารสูง แต่มีความชื้นสูง ทำให้เน่าเสียได้ง่าย เช่น เปลือกสับปะรด กากมะเขือเทศ และเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน เป็นต้น ดังนั้นการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพและการเก็บรักษา โดยวิธีการหมักนับว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร เพราะทำให้คุณค่าทางอาหารไม่สูญเสียและสามารถเก็บไว้ใช้ได้นาน

ลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจหลักชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีแหล่งผลิตที่สำคัญคือพื้นที่ทางภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย พะเยา น่าน ลำปาง ตาก และแพร่ เนื่องจากผลผลิตลำไยทั้งประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี จากการรายงานของ สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2558) รายงานว่าในปี 2557 มีปริมาณผลผลิต 981,347 ตัน ซึ่งเป็นผลผลิตที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับหลายปีที่ผ่านมา เนื่องจากลำไยสดเน่าเสียได้ง่าย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำลำไยสดมาผ่านกระบวนการเป็นผลิตภัณฑ์ลำไย เช่น ลำไยอบแห้งทั้งเปลือก ลำไยเนื้อสีทอง ลำไยกระป๋อง ลำไยแช่แข็ง น้ำลำไย ไวน์ลำไย และกาแฟลำไย เป็นต้น เพื่อเป็นการถนอมอาหารและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของลำไยสดได้ แต่จากการแปรรูปก็ทำให้ได้เปลือกลำไยและเมล็ดเป็นผลพลอยได้ไม่น้อยกว่าหมื่นตันต่อปี ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาในการจัดการวัสดุเศษเหลือที่ได้จากการแปรรูปลำไยและปัญหามลภาวะกับสิ่งแวดล้อม จากรายงานผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเปลือกลำไยโดย Srumsiri and Silman (2012) พบว่า เปลือกลำไยมีคุณค่าทางอาหารเพียงพอที่จะใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบได้ โดยมีเชื้อใยสูงกว่า 18% และแม้ว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนของเปลือกลำไยจะต่ำกว่า 8% (6.52%) แต่ก็มีคุณค่าทางโภชนาที่สูงกว่าฟางข้าว และฟางถั่วเหลืองที่นิยมใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในช่วงหน้าแล้ง

สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเปลือกกล้วย จากห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พบว่าเปลือกกล้วยมีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้งเท่ากับ 38.49 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเยื่อใย NDF เยื่อใย ADF และ โปรตีนรวม เท่ากับ 54.69, 41.28 และ 7.62 เปอร์เซ็นต์ในวัตถุแห้งตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเปลือกกล้วยยังมีคุณค่าทางอาหารเพียงพอที่จะใช้เป็นอาหารโคได้ เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนที่สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารที่มีคุณภาพต่ำได้ดี แต่ต้องพิจารณาการใช้ในระดับที่เหมาะสม หรือนำมาแปรรูปด้วยวิธีการหมักร่วมกับพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่นเพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การศึกษาในครั้งนี้ จึงเป็นการศึกษาการใช้เปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ เป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโคนม โดยศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของเปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ ลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนาและและการศึกษาการสลายตัวของโภชนะในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) และการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารหยาบที่มีเปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้ากีนีในสัตว์ทดลอง ด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้ (ถ้าที่ไม่ละลายในกรด) วิธีใช้ถุงไนลอน (Nylon bag technique) และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมน ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากเปลือกกล้วย เป็นแหล่งอาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดีขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางอาหารของพืชหมักจากเปลือกกล้วยร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ
2. เพื่อศึกษาการสลายตัวของโภชนะของพืชหมักจากเปลือกกล้วยร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy II) ด้วยวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD)
3. เพื่อศึกษาการย่อยได้ของโภชนะของพืชหมักจากเปลือกกล้วยร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ ในสัตว์ทดลอง โดยวิธีใช้สารบ่งชี้ (indicator method) วิธีใช้ถุงไนลอน (Nylon bag technique) และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนของโคนม คือค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid, VFA) และแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสัดส่วนที่เหมาะสมของพืชหมักจากเปลือกกล้วยร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ
2. ลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางอาหาร และการสลายตัวของโภชนะของพืชหมักจากเปลือกกล้วยร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ
3. การย่อยได้และการเปลี่ยนแปลงผลผลิตที่เกิดขึ้นในกระเพาะหมักของโคที่ได้รับพืชหมักจากเปลือกกล้วยร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ

ขอบเขตการวิจัย

1. ประเมินลักษณะทางกายภาพและวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของพืชหมักจากเปลือกกล้วยร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ
2. ศึกษาการสลายตัวของโภชนะของพืชหมักจากเปลือกกล้วยร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธี in vitro true digestibility (IVTD)
3. ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะของพืชหมักจากเปลือกกล้วยร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ ในสัตว์ทดลอง ด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้ (indicator method) วิธีใช้ถุงไนลอน (Nylon bag technique) และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมน คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง, แอมโมเนียไนโตรเจน และกรดไขมันระเหยง่าย

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลำไย

ลำไยเป็นไม้ไม่ผลัดใบ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Euporia longana Lamk* ผลใช้รับประทานได้ โดยใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารทั้งอาหารคาวและอาหารหวาน ผลมีลักษณะกลม มีเปลือกบางสีน้ำตาลห่อหุ้ม เนื้อในผลมีสีขาวฉ่ำน้ำและอ่อนนุ่ม ส่วนในสุดเป็นเมล็ดขนาดใหญ่สีดำ แต่ส่วนเนื้อที่รับประทานนั้นจริงๆ ไม่ใช่ผลแต่เป็น Seed coat ชนิดหนึ่งเรียกว่า เยื่อหุ้มเมล็ด (Aril) จากรายงานของ พาวิน (2543) พบว่า ในลำไยสด 1 ผลประกอบด้วย เปลือกประมาณ 6.7% เมล็ดประมาณ 26.7% และเนื้อประมาณ 66.6% โดยเนื้อลำไยมีองค์ประกอบหลักคือ soluble substances 79-77% ซึ่งประกอบด้วย กลูโคส 26.91% ซูโครส 0.22% กรดทาทาริก 1.26% สารประกอบไนโตรเจน 6.31% โปรตีน 5.6% ไขมัน 0.5% และธาตุอาหารชนิดอื่น ๆ เช่น Ca, Fe, P, Na, K และวิตามิน (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

แหล่งผลิตลำไย

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2558) ได้รายงานผลผลิตลำไยตลอดทั้งปี 2557 พบว่า มีปริมาณเท่ากับ 981,347 ตัน ผลผลิตลำไยส่วนใหญ่ได้จาก 8 จังหวัดภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย ลำปาง ตาก พะเยา แพร่ และน่าน ซึ่งมีปริมาณ 688,143 ตัน หรือคิดเป็นปริมาณ 80% ของผลผลิตทั้งหมดในประเทศ โดย จังหวัดเชียงใหม่ (293,221 ตัน) ลำพูน (225,859 ตัน) และเชียงราย (77,005 ตัน) เป็นจังหวัดที่ให้ผลผลิตมากที่สุดเป็น 3 อันดับแรก ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 แหล่งผลิตลำไยปี พ.ศ. 2557 แยกเป็นจังหวัด

จังหวัด	ผลผลิต(ตัน)
เชียงใหม่	293,221
ลำพูน	225,859
เชียงราย	77,005
รวม	596,085

ที่มา: คัดแปลงจากสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2558)

ความต้องการใช้ลำไยส่วนใหญ่ต้องการเพื่อการส่งออก รองลงมา คือ การแปรรูป และการบริโภคสด ตามลำดับ ผลผลิตลำไยในแต่ละปีจะแบ่งเป็นผลผลิตในฤดูกาลร้อยละ 75 และผลผลิตนอกฤดูกาลร้อยละ 25 โดยทั่วไปช่วงเวลาที่ผลผลิตลำไยออกสู่ตลาดมากที่สุดระหว่างเดือน กรกฎาคม – สิงหาคม ทั้งนี้ผลผลิตลำไยในแต่ละปีสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ 3 รูปแบบ คือ ใช้บริโภคสด นำไปแปรรูปเป็นลำไยอบแห้ง ลำไยกระป๋อง และส่งออกเป็นสินค้าในรูปลำไยสด เป็นต้น

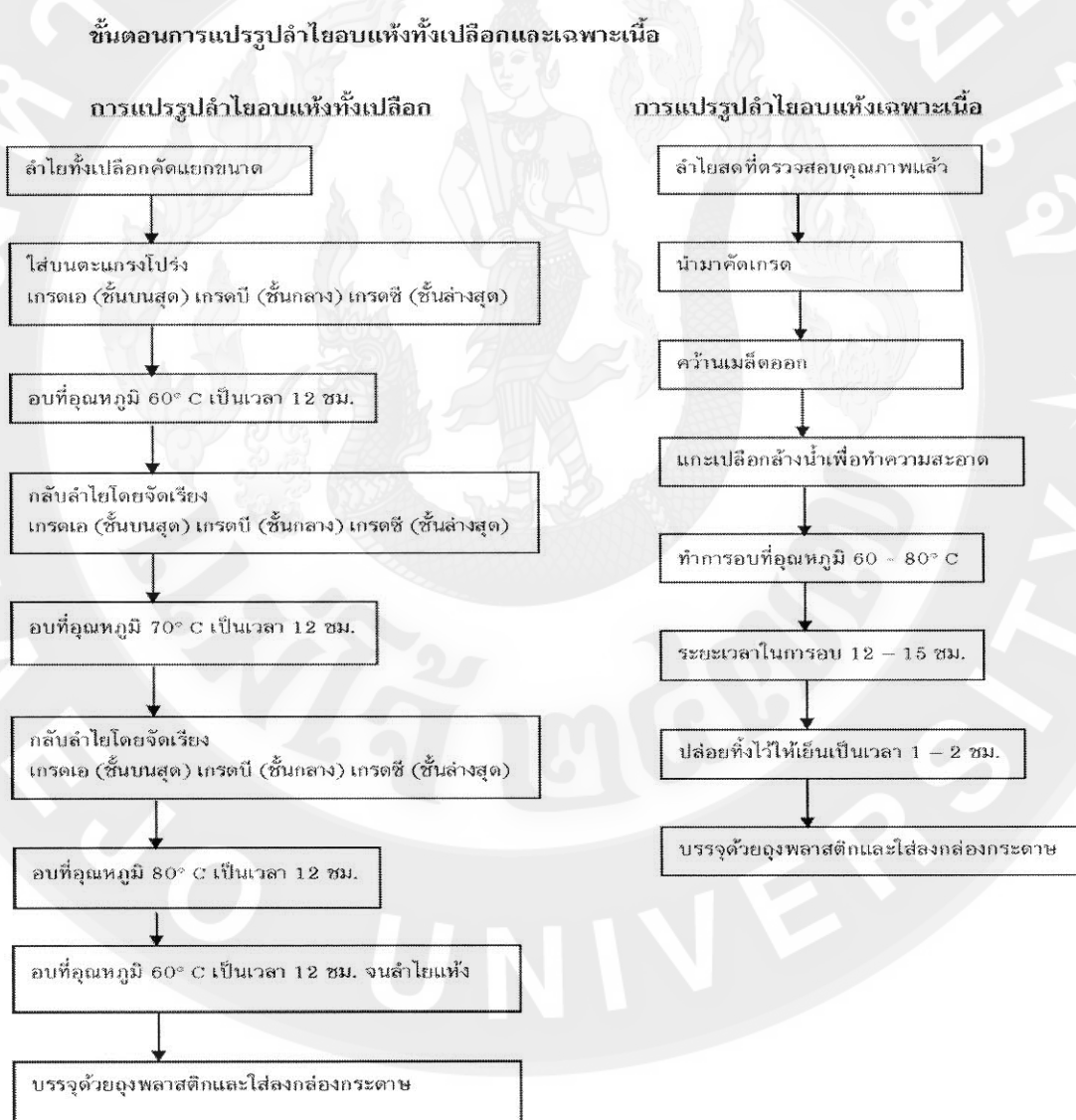
ตาราง 2 ความต้องการใช้ลำไย (ตัน)

การใช้ประโยชน์	ผลผลิตลำไย		
	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2555	พ.ศ. 2556
การบริโภค			
- การบริโภคสด	20,000	50,000	45,000
การแปรรูป			
- ลำไยอบแห้ง	162,441	129,255	140,232
- ลำไยกระป๋อง	12,146	11,472	12,274
ส่งออกสด			
- ปริมาณ (ตัน)	382,013	455,663	413,400
- มูลค่า (ล้านบาท)	6,209	8,454	8,503

ที่มา: คัดแปลงจากสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร (2558)

การแปรรูปลำไย

ผลผลิตลำไยสามารถแปรรูปได้หลายแบบได้แก่ ลำไยอบแห้ง ลำไยกระป๋อง ลำไยกวน เป็นต้น ส่วนมากเกษตรกรนิยมจะแปรรูปเป็นลำไยอบแห้ง รองลงมาเป็นลำไยกระป๋อง สำหรับการแปรรูปลำไยอบแห้งมี 2 ประเภทคือ ลำไยอบแห้งทั้งเปลือก (ลำไยสด 3.33 กก. ได้ ลำไยอบแห้งทั้งเปลือก 1 กก.) และ ลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อ (ลำไยสด 10 กก. อบแล้วได้ลำไยเนื้ออบแห้ง 1 กก.) โดยมีวิธีการขั้นตอนการแปรรูป ดังแสดงในภาพ 1



ภาพ 1 ขั้นตอนการแปรรูปลำไยอบแห้งทั้งเปลือกและลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อ
ที่มา: สายสวาท (2547)

เศษเหลือจากการผลิตลำไย

สมปอง และ ไพโรจน์ (2558) รายงานว่า ในการผลิตลำไยจะมีเศษเหลือจาก 3 แหล่ง คือ

1. เศษเหลือจากการเก็บเกี่ยว และการตัดแต่งทรงพุ่ม ในสวนลำไย ประกอบด้วย ใบลำไย กิ่งลำไย ก้านช่อผล ผลลำไยที่ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ผลดิบและผลเน่า
 2. เศษเหลือ ณ จุดรับซื้อผลลำไยสด ได้แก่ ผลลำไยตกเกรด (ลำไยเกรด C) และ ลำไยใต้ตะแกรงร่อน
 3. เศษเหลือจากโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลำไยเกรด C และลำไยใต้ตะแกรงร่อน รวมทั้งเศษเหลือในขั้นตอนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ คือ เปลือกลำไย และเมล็ดลำไย
- ทั้งนี้เกษตรกรยังมีการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือจากการผลิตลำไยเพื่อเป็นอาหารสัตว์น้อยมาก ซึ่งโดยทั่วไปมักนิยมใช้ทำปุ๋ยพืชสด ถ่านไม้ลำไย และทิ้งในที่สาธารณะ ซึ่งอาจมีผลต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังตาราง 3

ตาราง 3 เศษเหลือจากการผลิตลำไยและการใช้ประโยชน์

แหล่งผลิตลำไย	เศษเหลือ	การใช้ประโยชน์
ในสวนลำไย		
-ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว	-ใบลำไย	-ใบใช้คลุมผลสดลำไย
	-กิ่งลำไย	ระหว่างการขนส่ง
	-ก้านช่อผล	-ปุ๋ย
	-ผลลำไยที่ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ผลดิบและผลเน่า	
-การเตรียมการเพื่อขายลำไยสด	-กิ่งลำไย	-กิ่งขนาดใหญ่ใช้ผลิตเป็นถ่าน
ณ จุดรับซื้อผลลำไยสด	-ลำไยเกรด C	-ปุ๋ย
	- ลำไยใต้ตะแกรงร่อน	
	- ใบลำไย	

ตาราง 3 (ต่อ)

แหล่งผลิตลำไย	เศษเหลือ	การใช้ประโยชน์
โรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์		
- จุ้บรับซื้อลำไยสดหน้าโรงงานแปรรูป	- ลำไยเกรด C - ลำไยได้ตะแกรงร่อน - ใบลำไย	- ปุ๋ย
- ขั้นตอนการแปรรูป	- เปลือกลำไย - เมล็ดลำไย	- ปุ๋ย - ทิ้งในที่สาธารณะ เช่น ในป่าชุมชน

ที่มา: คัดแปลงจากสมปอง และ ไพโรจน์ (2558)

คุณค่าทางอาหารของเศษเหลือจากการผลิตลำไย

สมปอง และ ไพโรจน์ (2558) รายงานจากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเศษเหลือจากการผลิตลำไย คือ ใบลำไย เปลือกลำไย เมล็ดลำไย ลำไยเกรด C ลำไยได้ตะแกรงร่อน และเปลือกและเมล็ดลำไย (ตาราง 4) พบว่าเศษเหลือจากผลิตลำไยทุกชนิดมีคุณค่าทางอาหารเพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ โดยเฉลี่ยมีโปรตีนอยู่ระหว่าง 6.52-11.69 % ของวัตถุดิบแห้ง และเศษเหลือส่วนใหญ่ควรจัดไว้ในกลุ่มอาหารหยาบ เนื่องจากมีเยื่อใยสูงกว่า 18 %

ตาราง 4 คุณค่าทางอาหารของเศษเหลือจากการผลิตลำไย

เศษเหลือจากการผลิตลำไย	วัตถุดิบแห้ง	% ของวัตถุดิบแห้ง					
		โปรตีน	เยื่อใย	ไขมัน	NFE	NDF	ADF
ใบ	37.35	11.69	30.78	3.92	38.30	54.94	41.86
ลำไยเกรด C	30.43	7.62	22.45	1.40	54.74	58.12	38.65
ลำไยได้ตะแกรงร่อน	38.03	9.69	43.57	3.01	30.91	52.35	45.67
เปลือก	37.36	6.98	33.43	0.93	45.84	54.24	41.86

ตาราง 4 (ต่อ)

เศษเหลือจากการผลิตลำไย	วัตถุแห้ง	% ของวัตถุแห้ง					
		โปรตีน	เยื่อใย	ไขมัน	NFE	NDF	ADF
เมล็ดที่มีเปลือกหุ้ม	93.52	7.69	8.18	3.26	80.01	50.05	9.01
เมล็ดที่ไม่มีเปลือกหุ้ม	93.64	9.34	3.58	2.44	83.65	-	-
เปลือกและเมล็ด	48.87	8.76	28.12	1.64	52.39	48.86	39.68

ที่มา: คัดแปลงจากสมปอง และไพโรจน์ (2558)

การใช้เศษเหลือจากการผลิตลำไยเป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดียว

อรวรรณ (2547) และ วสันต์ (2547) ศึกษาผลของการใช้เมล็ดลำไยที่มี และไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ดในสูตรอาหารไก่เนื้อ พบว่าการใช้เมล็ดลำไยในอาหารไก่เนื้อมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโต และปริมาณการกินอาหารของไก่เนื้อลดลง อีกทั้งยังส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มควบคุม สำหรับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเมล็ดลำไยที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดส่งผลให้ไก่เนื้อมีปริมาณการกินอาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเมล็ดลำไยที่ไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ด จึงส่งผลให้ค่าการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มที่มีเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) อย่างไรก็ตามสามารถใช้เมล็ดลำไยที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารไก่เนื้อได้ ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ผลของการใช้เมล็ดลำไยที่มีและไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ดในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต

		เมล็ดลำไย(%)					
กลุ่มควบคุม		มีเปลือกหุ้มเมล็ด			ไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ด		
		10	15	20	10	15	20
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/สัปดาห์)							
0-3 สัปดาห์	1,042.82	936.27	1,037.85	945.47	983.16	957.53	1,002.72
4-6 สัปดาห์	851.99	818.14	833.54	769.54	837.98	840.22	818.79
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/สัปดาห์)							
0-3 สัปดาห์	552.03 ^a	475.07 ^{abc}	516.20 ^{ab}	492.60 ^{abc}	477.82 ^{abc}	408.89 ^c	429.39 ^{bc}
4-6 สัปดาห์	403.16	452.56	412.18	439.05	392.16	378.06	402.30
การเปลี่ยนอาหาร เป็นน้ำหนักตัว							
0-3 สัปดาห์	1.90 ^b	1.89 ^b	2.04 ^{ab}	1.92 ^b	2.06 ^{ab}	2.34 ^a	2.34 ^a
4-6 สัปดาห์	2.42 ^a	2.02 ^{bc}	2.11 ^{abc}	1.90 ^c	2.28 ^{ab}	2.26 ^{ab}	2.22 ^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษร (a,b,c) ที่อยู่แถวเดียวกันที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ที่มา: คัดแปลงจากอรรณ (2547) ; วสันต์ (2547)

ด้านการศึกษการย่อยได้ ของโภชนะและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของเมล็ดลำไยและเนื้อในเมล็ดลำไยในไก่พื้นเมือง ซึ่งรายงานโดย บัวเรียม และคณะ (2554) พบว่าเมล็ดลำไยมีการย่อยได้ที่แท้จริง (true digestibility) ของวัตถุแห้ง เถ้า และเยื่อใยรวมต่ำกว่าเนื้อในเมล็ดลำไย ส่วนค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แท้จริงของเมล็ดลำไยนั้นมีค่าต่ำกว่าเนื้อในเมล็ดลำไย คือ 3,365 และ 3,721 Kcal/kg ตามลำดับ (ตาราง 6)

ตาราง 6 การย่อยได้ของโภชนะที่แท้จริง และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แท้จริงของเมล็ดลำไย และเนื้อในเมล็ดลำไย

การย่อยได้ของโภชนะที่แท้จริง (%)	เมล็ดลำไย	เนื้อในเมล็ดลำไย
วัตถุแห้ง	87.45	95.31
เถ้า	67.92	74.56
เยื่อใยรวม	66.32	75.50
พลังงานรวม (Kcal/kg)	3,365	3,721

ที่มา: คัดแปลงจากบัวเรียม และคณะ (2554)

การใช้เศษเหลือจากการผลิตลำไยเป็นอาหารสัตว์กระเพาะรวม

จักรี (2555) รายงานจากการศึกษาการใช้เปลือกลำไยแห้งบดรวมกับกากน้ำตาล้าหัว และใบกระถินแห้งในระดับต่างๆ เป็นแหล่งอาหารขึ้นในอาหารผสมสำเร็จเลี้ยงโคนม เพื่อศึกษาการย่อยได้ของโภชนะของอาหารผสมสำเร็จด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้ (indicator method) คือ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash ; AIA) ตามแผนการทดลองแบบ 4×4 Latin Squares Design โดยอาหารผสมสำเร็จทุกสูตรมีหญ้ากีนีหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ ในสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารขึ้นเท่ากับ 50 : 50 อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทดลองมี 4 สูตร คือ TMR 1 = อาหารผสมสำเร็จสูตรควบคุม (ไม่มีเปลือกลำไยบดผสมกับกากน้ำตาล้าหัวเป็นส่วนประกอบ) TMR 2 = อาหารผสมสำเร็จที่มีอาหารขึ้นจากเปลือกลำไยบดผสมกับกากน้ำตาล้าหัว 11 % (สัดส่วนในอาหารขึ้น 78 : 22) TMR 3 = อาหารผสมสำเร็จที่มีอาหารขึ้นจากเปลือกลำไยบดผสมกับกากน้ำตาล้าหัว 12 % (สัดส่วนในอาหารขึ้น 76 : 24) และ TMR 4 = อาหารผสมสำเร็จที่มีอาหารขึ้นจากเปลือกลำไยบดผสมกับกากน้ำตาล้าหัว 13 % (สัดส่วนในอาหารขึ้น 74 : 26) ผลการศึกษาพบว่าอาหารผสมสำเร็จ TMR1 มีค่าการย่อยได้ของ อินทรีย์วัตถุ โปรตีน เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF สูงที่สุดคือ 66.42, 73.73, 51.91 และ 46.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอาหารผสมสำเร็จ TMR4 มีค่าการย่อยได้ของโภชนะต่ำที่สุดคือ 61.86, 69.20, 47.59 และ 42.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าการย่อยได้ของโภชนะมีแนวโน้มลดลงเมื่ออาหารขึ้นทดลองมีสัดส่วนของเปลือกลำไยบดรวมกับกากน้ำตาล้าหัว และใบกระถินแห้ง (50:50:0) เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ เทอดชัย (2548) ที่รายงานว่าลิกนินส่วนใหญ่จะพบในส่วนที่แข็งของพืช เช่นเปลือก ชัง หรือส่วนที่เป็นเยื่อใยของลำต้น ลิกนินเป็นสารที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต

สามารถทนทานต่อการย่อยของกรด และไม่มีเอนไซม์ของสัตว์ชนิดใดที่สามารถย่อยได้ การเสริมอาหารชั้นที่มีเปลือกลำไยเป็นส่วนประกอบจึงน่าจะส่งผลให้การย่อยได้ของโภชนาคลลดลงได้

ชานนท์ และคณะ (2555) รายงานจากการศึกษาการหมักเปลือกและเมล็ดลำไยร่วมกับฟางข้าวโดยใช้และไม่ใช้สารเสริมช่วยหมักต่อปริมาณกรดอินทรีย์และองค์ประกอบทางเคมีพบว่า การเสริมสารช่วยหมัก (กากน้ำตาล 2% โดยน้ำหนัก) ทำให้พืชหมักจากเปลือกและเมล็ดลำไยร่วมกับฟางข้าวมีคะแนนการประเมินลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก นอกจากนี้การเสริมกากน้ำตาลในเปลือกและเมล็ดลำไยหมักยังมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีน (CP) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกรดอินทรีย์ที่ตรวจพบในพืชหมัก คือกรดแลคติก (Lactic acid) และกรดอะซิติก (Acetic acid) ปริมาณกรดแลคติกที่ตรวจพบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ปริมาณกรดอะซิติกพบว่า ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ในกลุ่มที่ได้กากน้ำตาลมีกรดอะซิติกสูงกว่า ดังตาราง 8

ตาราง 7 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกและเมล็ดลำไยหมักร่วมกับฟางข้าว

พืชหมัก	ฟางข้าว	%	GE	%DM		
	%	DM	(Mcal/kgDM)	CP	NDF	ADF
ไม่เสริม	0.00	44.31	4.28	8.48	43.89	31.64
กากน้ำตาล	5.00	47.82	4.22	8.35	46.15	32.46
	7.50	49.28	4.26	8.33	47.43	34.18
	10.00	51.38	4.22	8.26	50.11	35.76
เสริม	0.00	45.35	4.28	8.70	45.49	31.11
กากน้ำตาล	5.00	46.63	4.33	8.67	47.91	33.45
	7.50	48.53	4.24	8.55	48.50	35.89
	10.00	52.22	4.24	8.36	51.81	36.72

ที่มา: ดัดแปลงจากชานนท์ และคณะ (2555)

ตาราง 8 ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ตรวจพบในเปลือกและเมล็ดลำไยหมักร่วมกับฟางข้าว

พืชหมัก	%	%	
	ระดับฟางข้าว	Lactic acid	Acetic acid
ไม่เสริม	0.00	1.23	0.29
	5.00	1.64	0.24
	7.50	1.65	0.26
	10.00	1.69	0.46
เสริมกากน้ำตาล	0.00	1.47	0.27
	5.00	1.52	0.26
	7.50	1.51	0.37
	10.00	1.54	0.49

ที่มา: คัดแปลงจากชานนท์ และคณะ (2555)

Tran et al. (2005) รายงานผลจากการศึกษาผลของการใช้เมล็ดลำไย ข้าวโพด และมันสำปะหลังเป็นอาหารแพะนมในช่วงฤดูหนาวที่ประเทศเวียดนาม โดยทำการทดลองในแพะนมลูกผสมพันธุ์ (Bachthao และ Barbary) ที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 51.5 -54.5 กิโลกรัม และอยู่ในช่วงการให้นมที่ 3-4 โดยให้อาหารข้นที่มีเมล็ดลำไยในระดับ 0, 15 และ 20% จากการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า การให้เมล็ดลำไยในระดับสูงทำให้ปริมาณอาหารที่กินและผลผลิตน้ำนมลดลงโดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของน้ำนม (ตาราง 9 และ 10)

ตาราง 9 ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดลำไยแห้ง ข้าวโพด และมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลอง (% วัตถุแห้ง)

	CP	EE	CF	Ash	NDF	ADF	Ca	P
ข้าวโพด	9.45	4.67	2.61	1.61	12.8	3.77	0.14	0.35
เมล็ดลำไย	9.06	4.32	6.96	2.22	36.78	8.71	0.37	0.28
กากมันสำปะหลัง	3.18	0.73	2.66	2.25	9.42	8.71	0.16	0.13

ที่มา: คัดแปลงจาก Tran et al. (2005)

ตาราง 10 ผลของเมล็ดลำไยที่ระดับต่างๆ ในอาหารขึ้นต่อผลผลิตน้ำนม

	เมล็ดลำไย (%)		
	0	15	20
น้ำหนักเริ่มทดลอง (กิโลกรัม)	53.30	51.50	54.50
น้ำหนักหลังทดลอง (กิโลกรัม)	50.80	49.10	51.30
ผลผลิตน้ำนม (กรัมต่อตัวต่อวัน)	2,689 ^a	2,601 ^a	2,314 ^b
ของแข็งทั้งหมด (%)	28.60	29.00	28.00
โปรตีน (%)	3.20	3.25	3.20
ไขมัน (%)	4.55	4.47	4.49

หมายเหตุ ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันมีอักษรต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05)

ที่มา: คัดแปลงจาก Tran et al. (2005)

การใช้เศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตรเลี้ยงโค

เศษเหลือจากการผลิตสับปะรด

ในการผลิตสับปะรดมีเศษเหลือจาก 2 แหล่ง คือ เศษเหลือจากแปลงปลูก ได้แก่ ใบสับปะรด และต้นสับปะรด ส่วนเศษเหลือจากโรงงานแปรรูปสับปะรด ได้แก่ เปลือกด้านข้าง ส่วนหัว ส่วนล่าง ใ้ (แกนกลาง) และเศษเนื้อ เป็นต้น เศษเหลือเหล่านี้มีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปเปลือกสับปะรดจากโรงงานสับปะรดกระป๋องจะมีปริมาณน้ำอยู่สูง มีวัตถุแห้งประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนประมาณ 6-8 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใยรวมประมาณ 16-20 เปอร์เซ็นต์ จากรายงานของ ฐริพงษ์ (2549) ซึ่งศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารผสมสำเร็จที่มีเปลือกสับปะรดหมักและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคนมพันธุ์ลูกผสม (โฮลสไตน์ฟริเซียน x พันเมือง) โดยใช้เล้าที่ไม่ละลายในกรดเป็นสารบ่งชี้ภายใน กลุ่มทดลองเป็นอาหารผสมสำเร็จจำนวน 4 ชนิด คือ อาหารผสมสำเร็จเปลือกสับปะรดหมักและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ ในอัตราส่วน 50:1 (TMR1), 45:5 (TMR2), 40:10 (TMR3) และ 35:15 (TMR4) โดยโคทดลองทุกตัวได้รับอาหารทดลองแต่ละชนิดเป็นระยะเวลา 21 วัน ผลการทดลองพบว่า ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ของอาหารผสมสำเร็จที่มีเปลือกสับปะรดหมักและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ ในอัตราส่วน 50:1 (TMR1) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 75.95, 75.91, 75.87, 67.83 และ 61.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ยกเว้นค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และ โปรตีน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตาราง 11

ตาราง 11 ค่าการย่อยได้ของโภชนะของอาหารผสมสำเร็จด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

อาหารผสมสำเร็จ	ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะ (%)				
	DMD	DOM	DCP	DNDF	DADF
TMR 1	75.95	75.91 ^A	75.87	67.83 ^A	61.32 ^A
TMR 2	74.34	74.22 ^B	75.48	65.75 ^A	61.28 ^A
TMR 3	75.82	74.52 ^B	73.77	61.99 ^B	53.10 ^B
TMR 4	74.03	69.08 ^C	73.55	57.23 ^C	45.15 ^C

หมายเหตุ ^{ABC} ค่าในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ที่มา: ฐริพงษ์ (2549)

โสภณ และคณะ (2553) รายงานผลการศึกษาการใช้เปลือกสับประรดในอาหารผสมสำเร็จเลี้ยงโครีดนม ลูกผสม (ขาว – ดำ) จำนวน 8 ตัว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 4 ตัว กลุ่มที่ 1 ให้กินอาหารผสมสำเร็จที่มีเปลือกสับประรดแห้งเป็นส่วนประกอบ เฉลี่ย วันละ 12 กิโลกรัม/ตัว กลุ่มที่ 2 ให้กินเปลือกสับประรดอย่างเต็มที่ (ad libitum) และเสริมด้วยอาหารข้นโปรตีน 16% ในอัตรา 1 กิโลกรัม ค่อน้ำนมที่รีดได้ 2 กิโลกรัม โดยใช้เวลาทดลอง 120 วัน ผลการทดลองพบว่าสามารถใช้เปลือกสับประรดในอาหารผสมสำเร็จเลี้ยงโครีดนมได้ โดยโคกินอาหารได้มากขึ้น และให้ปริมาณน้ำนมสูงกว่าโคที่ใช้เปลือกสับประรดเสริมด้วยอาหารข้น โดยไม่มีผลกระทบต่อส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนม โคทั้ง 2 กลุ่ม มีปริมาณการกินอาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเท่ากับ 11.49 และ 11.19 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเท่ากับ 0.76 และ 0.95 ตามลำดับ ปริมาณน้ำนมที่ 4 % FCM แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) มีค่าเท่ากับ 15.07 และ 11.68 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ (ตาราง 12)

ตาราง 12 ปริมาณน้ำนมที่ได้ ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และ ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนมจากโคนม

สิ่งที่ศึกษา	กลุ่มที่ 1 อาหารผสมเสร็จ (TMR)	กลุ่มที่ 2 เปลือกสับประรดสด เสริมอาหารขึ้น
จำนวนโคทดลอง, ตัว	4	4
ระยะเวลาทดลอง, วัน	120	120
ปริมาณน้ำนมก่อนทดลอง, กก./ตัว/วัน	15.75	15.50
ปริมาณน้ำนมที่รีดได้, กก./ตัว/วัน	14.40	11.59
ปริมาณน้ำนมที่ไขมัน 4 % FCM, กก./ตัว/วัน	15.07 ^a	11.68 ^b
ปริมาณอาหารทั้งหมดที่กิน (วัตถุดิบ), กก./ตัว/วัน	11.49	11.19
อาหารขึ้น	8.04	5.99
อาหารหยาบ	3.45	5.20
ปริมาณอาหารทั้งหมดที่กิน, %ของน้ำหนักตัว	2.55	2.49
ปริมาณโปรตีนที่โคกิน, กก./ตัว/วัน	1.74	1.29
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นนมที่ไขมัน 4%	0.76	0.95
ส่วนประกอบทางเคมีของนม, %		
Fat	4.31 ^A	4.05 ^B
Protein	3.24 ^A	3.04 ^A
Lactose	4.41 ^A	4.29 ^A
Total solid	12.64 ^A	12.27 ^A

หมายเหตุ อักษร ^{ab} ที่อยู่ในบรรทัดเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)
 อักษร ^{AB} ที่อยู่ในบรรทัดเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ที่มา: ดัดแปลงจาก โสภณ และคณะ (2553)

เศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดหวาน

วารุณี และ วลัยกานต์ (2541) รายงานว่า ประกอบด้วย ต้นข้าวโพด เปลือกข้าวโพด และชังข้าวโพดหวาน โดยต้นข้าวโพดหวานมักจะมีคุณภาพด้อยกว่าต้นข้าวโพดฝักอ่อน เพราะอายุการเก็บเกี่ยวนานกว่า เศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดหวานคุณภาพจะอยู่ในช่วงปานกลาง-ต่ำ มีโปรตีนอยู่ในช่วง 6.5-9.1% เยื่อใย 30.5-36% มีแร่ธาตุ แคลเซียม และฟอสฟอรัสอยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ 0.4% และ 0.3% เปลือกฝักข้าวโพดจะมีโปรตีน 6.5-7.5% ธาตุแคลเซียมมีแนวโน้มค่อนข้างต่ำ คือ 0.09-0.4% ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ ส่วนชังข้าวโพดที่เหลือทิ้งจากโรงงานผลิตชุปข้าวโพด จะมีส่วนของเมล็ดติดหลงเหลืออยู่ มีโปรตีนประมาณ 7-8% เยื่อใยหยาบ 23.5% แคลเซียมต่ำ 0.04-0.11% นอกจากนี้ยังมีเศษเหลือ เช่น ยอด และช่อดอกตัวผู้ของข้าวโพดหวานที่ต้องตัดออกก่อนช่อดอกจะบาน หรือ 7-10 วัน ก่อนเก็บเกี่ยวฝัก เพื่อเร่งให้ฝักโตเร็วขึ้น และลดการแย่งอาหาร ซึ่งส่วนนี้จะมีคุณค่าทางอาหารสูง มีโปรตีนประมาณ 11% เยื่อใย 21%

จากการศึกษาการใช้ชังข้าวโพดหวานสดซึ่งเป็นเศษเหลือจากโรงงานแปรรูปทำชุปข้าวโพดกระป๋องเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมในช่วงฤดูแล้ง ที่รายงานโดย จินดา และคณะ (2553) โดยใช้โครีดนมจำนวน 18 ตัว แบ่งเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 9 ตัว ตามชนิดของอาหารหยาบคือกลุ่มที่ 1 ให้อาสาผสมเปลือกข้าวโพดหวานสด (1: 1) และกลุ่มที่ 2 ชังข้าวโพดหวานสด ให้กินอาหารหยาบเต็มที พบว่าการใช้ชังข้าวโพดหวานเป็นอาหารหยาบเปรียบเทียบกับการให้อาสาผสมเปลือกข้าวโพดหวาน (1:1) ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณน้ำนมที่ 4 % ของไขมันมีค่าเท่ากับ 9.7 และ 9.6 กิโลกรัม/ตัว/วัน ปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมดคิดเป็นวัตถุดิบมีค่าเท่ากับ 6.71 และ 6.36 กิโลกรัม/ตัว/วัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารรวมมีค่าเท่ากับ 0.97 และ 0.94 ตามลำดับ โดยการใช้ชังข้าวโพดหวานเป็นอาหารหยาบไม่มีผลกระทบต่อส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนมแต่อย่างใด ดังตาราง 13

ตาราง 13 ปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมันและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำมันจากการทดลองที่ใช้อาหารหยาบต่างกันเลี้ยงแม่โครีดนม

สิ่งที่ศึกษา	หญ้าสดผสมเปลือก	ซังข้าวโพดหวาน
	ข้าวโพด 1:1	สด
จำนวนสัตว์ทดลอง, ตัว	9	9
ระยะเวลาทดลอง, วัน	90	90
ปริมาณน้ำมันที่รีดได้จริง, กก./ตัว/วัน	9.4±2.68	9.7±0.65
ปริมาณน้ำมันที่ 4 เปอร์เซ็นต์ไขมัน, กก./ตัว/วัน	9.6±2.48	9.7±3.06
ปริมาณอาหารที่กิน (วัตถุดิบ), กก./ตัว/วัน)		
อาหารข้น	2.67	2.67
อาหารหยาบ หญ้าสด	3.0	-
เปลือกข้าวโพดหวาน	3.36	-
ซังข้าวโพดหวาน	-	6.71
รวมอาหารหยาบ	6.36	6.71
รวมอาหารข้นและอาหารหยาบ	9.03	9.38
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารรวม		
เป็นน้ำมัน 1 กก. มีไขมัน 4 %	0.94±0.56	0.97±0.65
ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมัน, %		
ไขมัน (Fat)	4.10±0.50	4.07±0.72
โปรตีน (Protein)	3.33±0.15	3.39±0.22
น้ำตาล (Lactose)	4.87±0.18	4.80±0.27
ของแข็งทั้งหมดในนม (Total solid)	11.74±3.99	11.78±0.76
ของแข็งที่ไม่รวมไขมัน (Solid not fat)	7.64±0.18	7.71±0.23

ที่มา: ดัดแปลงจากจินดา และคณะ (2553)

เศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตรอื่นๆ

พิพัฒน์ (2544) ทำการศึกษาการสลายตัวของโภชนะในซานอ้อย มันสำปะหลัง และกากรำสัคน้ำมัน โดยใช้วิธีถุงไนลอน ทำการทดลองในโคนมเพศเมียลูกผสม (โฮลสไตน์-

ฟรีเซียน x พื้นเมือง) อายุ 38 เดือน น้ำหนัก 333 กิโลกรัม พบว่าผลพลอยได้ทางการเกษตรทุกชนิด มีอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามเวลาแช่บ่ม โดยขานอ้อยเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ย่อยสลายได้ยากจึงมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาลที่ได้จากพืชที่มีอายุมากเพราะใช้เวลานานในการปลูกก่อนเก็บเกี่ยวมากกว่า 10 เดือน จึงทำให้มีการสะสมของเยื่อใยสูง และมันสำปะหลังสามารถย่อยสลายได้วัตถุแห้งดีที่สุด เนื่องจากเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายสูง มีความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูง (77.5 เปอร์เซ็นต์) หรือพลังงาน 3.24 Mcal ต่อ กิโลกรัม

ตาราง 14 แสดงการย่อยสลายวัตถุแห้งในกระเพาะหมัก

วัตถุดิบ	วัตถุแห้ง						
	0	6	12	24	48	72	96
	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง
ขานอ้อย	6.7+0.2	10.1+0.2	13.2+0.8	19.5+1.6	31.0+0.9	35.2+3.2	37.7+2.7
มันสำปะหลัง	64.9+3.7	75.9+1.9	79.2+2.1	82.2+3.6	85.8+2.0	94.4+0.2	95.1+0.5
กากน้ำตาล	34.2+3.4	54.1+3.4	55.7+2.5	58.7+3.2	66.2+5.7	70.4+6.2	76.2+1.9

ที่มา: ดัดแปลงจาก พิพัฒน์ (2544)

Fazlollah-Ghoreishi et al. (2007) รายงานจากการศึกษาการใช้เศษเหลือจากโรงงานผลิตน้ำแอปเปิล โดยใช้กากแอปเปิลหมักระดับต่างๆ ในอาหารผสมสำเร็จ ใช้เลี้ยงแม่โครีดนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ไม่มีการใช้กากแอปเปิลหมักในอาหาร (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 ใช้กากแอปเปิลหมักในอาหาร 15 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 3 ใช้กากแอปเปิลหมักในอาหาร 30 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 15) ผลการทดลองพบว่าปริมาณการให้นมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง แต่พบว่าเมื่อใช้กากแอปเปิลหมักในอาหารผสมสำเร็จ 15 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ปริมาณการกินได้ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตาราง 16)

นอกจากนี้จากผลการทดลองของ Abdollahzadeh et al. (2010) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้กากแอปเปิลและกากมะเขือเทศหมักผสมกัน (EMTAP) ในอัตราส่วน 50:50 โดยใช้ EMTAP ระดับต่างๆ ในอาหารผสมสำเร็จ คือ กลุ่มที่ 1 ไม่มีการใช้ EMTAP ในอาหาร (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่

2 ใช้ EMTAP ในอาหาร 15 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 3 ใช้ EMTAP ในอาหาร 30 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 17) ทดลองในโคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน จำนวน 6 ตัว ผลการทดลองพบว่า กลุ่มที่มีการใช้ EMTAP ในอาหารผสมสำเร็จ ปริมาณการกินได้และปริมาณการให้นมมีแนวโน้มที่สูงกว่ากลุ่มควบคุม (ตาราง 18)

ตาราง 15 วัตถุดิบของอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนมที่มีกากแอปเปิ้ลหมักระดับต่างๆ

วัตถุดิบ(%วัตถุดิบแห้ง)	กากแอปเปิ้ลหมัก (%)		
	0	15	30
อัลฟาฟ่า	46.00	34.30	16.00
บาร์เลย์	38.50	33.48	30.00
กากเมล็ดฝ้ายปั่น	12.00	15.00	20.70
กากแอปเปิ้ลหมัก	-	15.00	30.00
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.40	1.72	1.50
พรีมิกซ์	0.50	0.50	0.50
ไคแคลเซียมฟอสเฟต	0.10	-	-
แคลเซียมคาร์บอเนต	-	-	1.01
เกลือ	1.50	-	0.29

ที่มา : Fazlollah-Ghoreishi et al. (2007)

ตาราง 16 ปริมาณการให้นม และการกินได้ของอาหารผสมสำเร็จที่มีกากแอปเปิ้ลหมักปริมาณ 0, 15 และ 30 %

รายการ	กากแอปเปิ้ลหมัก (%)			P-Value
	0	15	30	
ปริมาณการให้นม(กก/วัน)	25.00	24.80	24.94	>0.05
ปริมาณน้ำหนักแห้งของอาหารที่กิน (กก/วัน)	23.78 ^a	22.61 ^b	23.65 ^a	<0.05
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นนํ้านม	0.95 ^a	0.91 ^b	0.95 ^a	<0.05

ที่มา : ดัดแปลงจาก Fazlollah-Ghoreishi et al. (2007)

ตาราง 17 วัตถุดิบของอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนมที่มีกากแอปเปิลและกากมะเขือเทศหมักผสมกัน (EMTAP) ในระดับต่างๆ

วัตถุดิบ(%วัตถุดิบแห้ง)	EMTAP (%)		
	0	15	30
อัลฟาฟ่า	45.67	33.35	18.41
EMTAP	-	15.00	30.00
กากถั่วเหลืองป่น	10.25	10.23	9.92
บาร์เลย์	37.96	37.99	38.20
ไขมัน(พืช)	-	0.57	0.99
รำข้าวสาลี	5.40	2.09	1.54
แคลเซียมคาร์บอเนต	0.22	0.27	0.44
พรีมิกซ์	0.50	0.50	0.50

ที่มา : Abdollahzadeh et al. (2010)

ตาราง 18 ปริมาณการให้นม และการกินได้ของอาหารผสมสำเร็จที่มีกากแอปเปิลและกากมะเขือเทศหมักผสมกัน (EMTAP) ปริมาณ 0, 15 และ 30 %

รายการ	EMTAP (%)			P-Value
	0	15	30	
ปริมาณการให้นม(กก/วัน)	19.90 ^a	21.90 ^b	20.40 ^{ab}	0.03
ปริมาณน้ำหนักแห้งของอาหารที่กิน (กก/วัน)	21.13 ^b	23.70 ^{ab}	24.50 ^a	0.02
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก/วัน)	0.25	0.25	0.26	0.94
ค่า pH ในกระเพาะรูเมน	6.55 ^a	6.31 ^b	6.01 ^c	<0.01

ที่มา : ดัดแปลงจาก Abdollahzadeh et al. (2010)

Weiss et al. (1997) รายงานจากการใช้กากมะเขือเทศสดหมักร่วมกับข้าวโพดในอาหารผสมสำเร็จ โดยเปรียบเทียบกับการใช้ข้าวโพดหมักอย่างเดียวในอาหารผสมสำเร็จ (ตาราง 19) โดยใช้เลี้ยงโคพันธุ์ไฮลันด์ไคร์ 2 กลุ่ม กลุ่มแรกใช้ข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมสำเร็จ และกลุ่มที่ 2 ใช้กากมะเขือเทศสดหมักร่วมกับข้าวโพดในอาหารผสมสำเร็จ ผลการทดลองพบว่าปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้และปริมาณการให้นมของโคทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 20) แต่กลุ่มที่ใช้ข้าวโพดหมักอย่างเดียวในอาหารผสมสำเร็จมีแนวโน้มของปริมาณการให้นมที่สูงกว่า เนื่องจากแม่โคมีปริมาณการกินอาหารของน้ำนมแห้งสูงกว่า จึงทำให้แม่โคได้รับสารอาหารที่สูงกว่า และสามารถผลิตน้ำนมได้สูงขึ้นด้วย

ตาราง 19 วัตถุดิบของอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนมที่มีกากมะเขือเทศและข้าวโพดหมัก

วัตถุดิบ(%วัตถุแห้ง)	ข้าวโพดหมัก	กากมะเขือเทศสดหมัก ร่วมกับข้าวโพด
ข้าวโพดหมัก	60.00	-
กากมะเขือเทศสดหมักร่วมกับข้าวโพด	-	60.00
กากถั่วเหลือง	13.10	11.30
ซังข้าวโพดบด	9.80	9.80
ข้าวโพดบด	7.20	9.00
อัลฟาฟ่าป่น	5.90	5.90
กากน้ำตาล	0.80	0.80
ยูเรีย	0.50	0.50
โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.50	0.50
พรีมิกซ์	2.20	2.20

ที่มา : Weiss et al. (1997)

ตาราง 20 ปริมาณการให้นม และการกินได้ของอาหารผสมสำเร็จที่มีกากมะเขือเทศและข้าวโพด
หมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ

รายการ	ข้าวโพด	กากมะเขือเทศสด	SE
	หมัก	หมักร่วมกับข้าวโพด	
ปริมาณการให้นม(กก/วัน)	23.40	22.10	1.10
ปริมาณน้ำนมที่กินได้ของอาหารที่กิน (กก/วัน)	35.70	35.20	0.16
น้ำนมที่เพิ่มขึ้น (กก/วัน)	0.50	0.55	0.16

ที่มา : ดัดแปลงจาก Weiss et al. (1997)

Aguilar et al. (1983) รายงานจากการใช้เปลือกอัลมอนต์ระดับต่างๆในอาหารผสมสำเร็จ คือ 0 (กลุ่มควบคุม), 12.5 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 21) ใช้เลี้ยงโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน ผลการทดลองพบว่าปริมาณวัตถุดิบที่กินได้และปริมาณการให้นมของโคทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังตาราง 22

ตาราง 21 วัตถุดิบของอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนมที่มีเปลือกอัลมอนต์ระดับต่างๆ

วัตถุดิบ(%วัตถุดิบ)	เปลือกอัลมอนต์ (%)		
	0	12.5	25
อัลฟาฟ่าแห้ง	61.0	48.0	35.0
บาร์เลย์	27.0	27.0	27.0
กากเมล็ดฝ้ายปน	8.0	8.0	8.0
ไซสตัดว์	3.0	3.0	3.0
เปลือกอัลมอนต์	-	12.5	25.0
ยูเรีย	-	0.5	1.0

ที่มา : Aguilar et al. (1983)

ตาราง 22 ปริมาณการให้นม และการกินได้ของอาหารผสมสำเร็จที่มีเปลือกอัลมอนต์ระดับต่างๆ

รายการ	เปลือกอัลมอนต์ (%)		
	0	12.5	25
ปริมาณการให้นม(กก/วัน)	25.3	25.5	24.8
ปริมาณน้ำหนักแห้งของอาหารที่กิน (กก/วัน)	19.4	20.1	19.8
ไขมันในน้ำมัน (%)	3.2	3.2	3.2
โปรตีนในน้ำมัน (%)	3.2	3.2	3.2
ปริมาณของแข็งที่อยู่ในน้ำมัน (%)	8.8	8.8	8.8

ที่มา : Aguilar et al. (1983)

ซึ่งสอดคล้องกับ Reed and Brown (1987) รายงานจากการใช้เปลือกอัลมอนต์ในอาหารผสมสำเร็จในระดับต่างๆ ได้แก่ 0 (กลุ่มควบคุม), 15, 25 และ 35 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 23) ใช้เลี้ยงแพะนมพันธุ์ Alpine ผลการทดลองพบว่าปริมาณการให้นมของแพะทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าปริมาณการกินได้มีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อใช้เปลือกอัลมอนต์ในอาหารผสมสำเร็จ (ตาราง 24) เนื่องจากเปลือกอัลมอนต์มีความชื้นต่ำ มีกลิ่นหอม มีความน่ากินสูง (Reed and Brown, 1987) จึงอาจจะส่งผลให้แพะกินอาหารที่มีเปลือกอัลมอนต์ได้สูงขึ้น

ตาราง 23 วัตถุดิบของอาหารผสมสำเร็จสำหรับแพะนมที่มีเปลือกอัลมอนต์ระดับต่างๆ

วัตถุดิบ	เปลือกอัลมอนต์ (%)			
	0	15	25	35
อัลฟาฟ่า	58.4	42.5	32.0	22.0
บาร์เลย์	32.3	32.0	32.0	32.0
กากเมล็ดฝ้ายปน	6.1	6.0	6.1	6.0
กากน้ำตาล	3.2	3.5	3.2	3.0
เปลือกอัลมอนต์	-	15.0	25.0	35.0
ยูเรีย	-	0.5	1.0	1.0
หินปูน	-	0.5	0.7	1.0

ที่มา : Reed and Brown (1987)

ตาราง 24 ปริมาณการให้นม และการกินได้ของอาหารผสมสำเร็จที่มีเปลือกอัลมอนต์ระดับต่างๆ

รายการ	เปลือกอัลมอนต์ (%)			
	0	15	25	35
ปริมาณการให้นม(กก/วัน)	3.61	3.68	3.66	3.67
ปริมาณน้ำหนักแห้งของอาหารที่กิน (กก/วัน)	2.55 ^a	2.70 ^{ab}	2.83 ^b	2.85 ^b
ไขมันในน้ำมัน (%)	2.70	2.70	2.74	2.80
โปรตีนในน้ำมัน (%)	2.95	2.95	3.00	2.94

หมายเหตุ ^{a,b} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Reed and Brown (1987)

หญ้ากินนี

หญ้ากินนี (*Panicum maximum*) เป็นหญ้าที่ขึ้นได้ดีในเขตร้อน มีถิ่นกำเนิดในประเทศแอฟริกาเหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบหญ้าประเภทค้างปี ถ้าได้รับการบำรุงรักษาเหมาะสมจะมีอายุการใช้งานอยู่ได้นาน หญ้ากินนีถูกนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยเมื่อปี 2472 นิยมปลูกทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งส่วนใหญ่มีพื้นที่เป็นดินทรายเหมาะสำหรับปลูกเป็นทุ่งหญ้าปล่อยสัตว์แทะเล็มหรือทำเป็นหญ้าแห้งก็ได้ ถ้าตัดเมื่ออายุ 45 วัน ผลผลิตหญ้าสด 14 ตันต่อไร่ มีโปรตีน 8.2 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนจะเพิ่มขึ้นเป็น 10.3 เปอร์เซ็นต์เมื่อตัดอายุ 35 วัน แต่ผลผลิตจะลดเหลือเพียง 11.8 ตันต่อไร่ การตัดเมื่ออายุได้ 45 วัน ต่อครั้งจะให้ปริมาณโปรตีน ต่อไร่และผลผลิตของหญ้ากินนีสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับ การตัดหญ้า มีอายุระดับความถี่ต่าง ๆ กัน (สุรนนท์ และ แพรพรรณ, 2549)

ประวิตร (2545) รายงานสอดคล้องกันว่า หญ้ากินนีประกอบด้วยพันธุ์ที่สำคัญ 5 พันธุ์คือ พันธุ์ Common, Hamil, Gatton, Makueni และ Riversdale ซึ่งพันธุ์ที่นิยมและปลูกมากในประเทศไทยคือพันธุ์ Common และ Hamil

1. หญ้ากินนี (*Panicum maximum* Jacq.) ถูกนำเข้ามาจากประเทศมาเลเซียโดย พระยาสุรวงค์ในปี พ.ศ. 2444 และต่อมาในปี พ.ศ. 2472 นาย R.P. Jones ก็ได้นำเข้ามาปลูกเป็นพืชอาหารสัตว์อีกครั้ง ลำต้นเป็นกอตั้งตรงสูง 150-240 เซนติเมตร ต้นเป็นมันสีเขียวเข้ม ตัวใบและลำ

ต้นมีขนสั้นหยาบปกคลุม ช่อดอกเป็นแบบ open panicle ที่แตกแขนงเป็นช่อดอกย่อยมากมาย จะออกดอกประมาณเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม มีการผลิตเมล็ดดีแต่มีขนาดเล็กมากจำนวน 1.7-3.1 ล้านเมล็ด/กิโลกรัม เมล็ดที่ผลิตได้มักมีความงอกต่ำ และมีการพักตัวสูง หญ้ากีนีเจอร์ญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศร้อนชื้นต้องการดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง และมีการระบายน้ำดี ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี สามารถทนต่อร่มเงาได้ค่อนข้างดี การปลูกใช้เมล็ดหว่านหรือโรยเป็นแถวในอัตรา 0.5-1 กิโลกรัม/ไร่ หรือปลูกโดยการแยกกอนำไปปักดำที่ระยะปลูก 1-2 เมตร สามารถปลูกร่วมกับถั่วลาย และกระถินได้ดี ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยในโตรเจนได้สูง จึงสามารถให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งได้สูงถึง 6-8 ตัน/ไร่ หญ้ากีนีชนิดนี้มีโปรตีน 4-14%

2. หญ้าเฮมิลกีนี (*Panicum maximum* Jacq. Cv Hamil) เป็นพันธุ์หญ้ากีนีที่ได้รับการคัดเลือกปลูกในประเทศออสเตรเลีย และถูกนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2510 โดยกรมปศุสัตว์ มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ทั่วไปคล้ายกับหญ้ากีนี แต่จะมี เหง้าและมีการแตกกอดีกว่า ความสูงของลำต้นมากกว่า (200-300 เซนติเมตร) ใบและลำต้นหยาบกระด้างกว่าหญ้ากีนี แต่การออกดอกและติดเมล็ดดีกว่า เมล็ดที่ได้มีขนาดใหญ่กว่า และมีส่วนของกลีบดอกน้อยกว่า จึงมีเปอร์เซ็นต์การงอกดีกว่า

3. หญ้ากีนีสีม่วง (*Panicum maximum* cv TD 58) นำเข้ามาในประเทศไทยครั้งแรกใน พ.ศ 2518 โดยนำมาจากประเทศไอเวอร์โคสต์ เพื่อปลูกที่จังหวัดสกลนคร ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ทั่วไปคล้ายกับหญ้ากีนี แต่มีลำต้นสูงใหญ่ ใบใหญ่ดก และอ่อนนุ่ม ผลผลิตสูงกว่าหญ้ากีนี ติดเมล็ดง่าย มีอัตราการงอกดีกว่ากีนีทั่วไป ช่อดอกและเมล็ดมีสีม่วงคล้ำ เจริญเติบโตได้ดีในดินทุกชนิด ทนดินเค็ม และสภาพแล้งได้ดีพอสมควร ตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ยสูง

สุรนนท์ และ แพรวพรรณ (2549) รายงานจากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของหญ้ากีนีสีม่วงแห้งที่อายุการตัด 45 วัน พบว่ามีโปรตีน (Crude Protein, CP) 6.7% โดยน้ำหนักแห้ง จัดว่าเป็นอาหารหยาบที่มีคุณภาพปานกลางมีคุณภาพปานกลาง ค่า อินทรีย์วัตถุ, เล้า, ไขมัน, NDF, ADF, และ NFC มีค่าเท่ากับ 88.80, 11.20, 1.50, 73.10, 40.10 และ 7.50, % ตามลำดับ ค่าพลังงานรวม(GE) มีค่าเท่ากับ 4.32 Kcal/g และค่าโภชนาที่ย่อยได้ มีค่าเท่ากับ 48.98 % ดังแสดงในตาราง 25

ตาราง 25 ส่วนประกอบทางเคมีและพลังงานของหญ้างินนิสีม่วง

ส่วนประกอบทางเคมี(%วัตถุแห้ง)	หญ้างินนิสีม่วง
วัตถุแห้ง	91.10
อินทรีย์วัตถุ	88.80
เถา	11.20
โปรตีน	6.70
ไขมัน	1.50
เยื่อใย	33.24
NDF	73.10
ADF	40.10
NFC	7.50
โภชนะที่ย่อยได้	48.98
พลังงาน (Kcal/g)	4.32

ที่มา: คัดแปลงจากสุรนันทน์ และ แพรพรรณ (2549)

การใช้หญ้างินนิเลี้ยงสัตว์

จินดา และคณะ (2539) รายงานจากการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในหญ้างินนิแห้งที่ตัดเมื่ออายุ 30, 35, 40 และ 45 วัน โดยทำการทดลองในแกะเพศผู้จำนวน 16 ตัว ซึ่งได้ทำการถ่ายพยาธิแล้วก่อนนำเข้าทดลองประมาณ 1 เดือน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ตามน้ำหนักตัว นำเข้าขังเดี่ยวในกรงทดลองสำหรับหาสัมประสิทธิ์การย่อยของหญ้า ผลการทดลองพบว่า แกะกินหญ้างินนิแห้งที่ตัดที่อายุ 40 วันได้มากที่สุดคือ 526.81 กรัม/วัน (ตาราง 26) หญ้างินนิแห้งที่อายุการตัด 45 วัน มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนต่ำที่สุด ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับหญ้างินนิกลุ่มอื่นๆ และแกะที่ได้รับหญ้างินนิแห้งอายุการตัดที่ 30 วัน มีค่าการย่อยได้ของไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ (ตาราง 27)

ตาราง 26 น้ำหนักเฉลี่ย น้ำหนักหญ้าที่แกะกิน และมูลของแกะที่ได้รับหญ้างินนี้แห้งที่มีอายุการตัดต่างกัน

	อายุหญ้าที่ตัด (วัน)			
	30	35	40	45
จำนวนแกะ (ตัว)	4	4	4	4
น้ำหนักเริ่มทดลองเฉลี่ยต่อวัน	35.25	35.8	34.1	35.9
น้ำหนักหญ้างินที่แกะกิน กรัม/วัน	425.56	457.64	526.81	417.78
น้ำหนักมูลแกะ กรัม/วัน	183.68	206.26	218.74	195.66

ที่มา : คัดแปลงจากจินดา และคณะ (2539)

ตาราง 27 การย่อยได้ของโภชนะในหญ้างินนี้ในอายุการตัดต่าง ๆ กันในแกะทดลอง

	อายุการตัดของหญ้างินนี้ (วัน)			
	30	35	40	45
วัตถุแห้ง (%)	51.80	49.93	53.10	47.43
เถา	20.44	24.20	22.14	12.85
ไซมัน	59.99 ^a	55.76 ^a	44.14 ^b	36.88 ^c
โปรตีน	41.85 ^a	50.86 ^a	45.23 ^a	30.43 ^b
ADF(Acid detergent Fiber)	45.94	47.83	52.21	48.05
NDF(Nautraldetergent Fiber)	50.07	51.66	58.64	56.84
เยื่อใย	66.62	62.40	68.72	65.99
NFE	52.17	50.13	54.18	49.76

หมายเหตุ ^{ab} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับไม่เหมือนกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

ที่มา : คัดแปลงจากจินดา และคณะ (2539)

หญ้ามัก

กรมปศุสัตว์ (2544) รายงานว่า หญ้ามัก หมายถึง พืชอาหารสัตว์ต่างๆ ที่เก็บรักษาไว้ในสภาพความชื้นสูงในที่ที่ไม่มีอากาศซึ่งการเก็บถนอมในลักษณะหมักนี้ สามารถอยู่ได้เป็นเวลานาน โดยส่วนประกอบต่างๆ และคุณค่าอาหาร ไม่เปลี่ยนแปลงสำหรับไว้ใช้เป็นอาหารสัตว์ในช่วงคาบแคลนหญ้าสด

ประเภทของหญ้ามัก

หญ้ามักสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ตามวิธีการทำ คือ

1. หญ้ามักสด คือ หญ้ามักที่ได้จากการใช้พืชสด มีความชื้นสูง จากการตัดโดยตรงแล้วนำมาหมัก
2. หญ้ามักแห้ง คือ หญ้ามักที่ได้จากการใช้พืชสดนำมาผึ่งแดดระยะสั้น เพื่อไล่ความชื้นออกให้เหลือความชื้น ประมาณ 25-55% แล้วจึงนำมาบรรจุหลุมหมักและต้องสับให้สั้นกว่าชนิดแรกเพื่อให้การอัดแน่นไปด้วยดี เนื่องจากความชื้นต่ำ กิจกรรมจุลินทรีย์จึงค่อนข้างจำกัด อาจจะทำให้ผลิตกรดแลคติกน้อย pH จึงอาจลดลงเพียงเล็กน้อย หญ้ามักชนิดนี้ต้องเก็บในหลุมหมักอย่างดีเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเข้าได้

ลักษณะที่ดีของหญ้ามัก

หญ้ามักที่ดี ควรมีลักษณะดังนี้

1. สี หญ้ามักที่ดีควรมีสีเขียวเข้มแกมเหลือง ถ้าปรากฏเป็นสีน้ำตาลไหม้หรือดำ แสดงว่าเกิดความร้อนมากเกินไปในขณะหมัก ทำให้สารอินทรีย์สลายตัวเป็นการสูญเสีย ซึ่งถ้าหญ้ามักเป็นสีดำไม่ควรนำไปใช้เลี้ยงสัตว์
2. กลิ่น หญ้ามักที่ดีจะมีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆ คล้ายผลไม้ดอง
3. เนื้อหญ้ามัก จะต้องไม่เป็นเมือก ไม่ละ เอมืออุเหนียว ไม่หลุดออก ไม่มีราหรือส่วนที่บูดเน่าถ้ามีสีขาวๆ เป็นเส้นกระจายบนหญ้ามัก แสดงว่าเกิดราทำให้คุณภาพของหญ้ามัก
4. ความชื้น ควรอยู่ระหว่าง 65-70 เปอร์เซ็นต์ หากมีความชื้นสูงกว่านี้พืชหมักจะเปรี้ยวมากและเกิดการสูญเสียโภชนาออกมาจากของเหลว ทดสอบโดยบีบหญ้ามักด้วยมือ ถ้ามีน้ำ

เหลวๆ ไหลออกมาแสดงว่า มีความชื้นมากเกินไป ถ้าความชื้นน้อยเกินไปทำให้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติกลดลง ทำให้หญ้าหมักเสียได้ง่าย

5. ความเป็นกรด ควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.5-4.2 โดยมีกรดแลกติกอยู่มากกรดอะซีติกเป็นส่วนน้อย และไม่ควรมีกรดบิวทีริกหรือให้มันน้อยที่สุด หญ้าที่ดีไม่ควรเปรี้ยวจัดเกินไป หญ้าหมักที่มีคุณภาพดีควรสัดส่วนของกรดต่างๆ ดังนี้ กรดแลกติก 1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซีติก 0.5-0.8 เปอร์เซ็นต์ และกรดบิวทีริก <0.1 เปอร์เซ็นต์

การย่อยอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความสามารถในการใช้อาหารที่แตกต่างจากสัตว์กระเพาะเดี่ยว โดยส่วนใหญ่อาหารที่กินเป็นอาหารที่มีเยื่อใยสูง เช่น เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) เป็นต้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในลำต้นและใบพืช การใช้ประโยชน์จากอาหารจะอาศัยกระบวนการหมักและการย่อยจากเอนไซม์ของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในกระเพาะรูเมน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen; NPN) ได้อีกด้วยกระเพาะอาหารของโคนมเป็นส่วนที่แตกต่างจากกระเพาะของสัตว์กระเพาะเดี่ยว เนื่องจากมีพื้นที่ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของช่องท้องและสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน คือ กระเพาะรูเมน (rumen) มีความจุคิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ของกระเพาะอาหารทั้งหมด และเป็นส่วนสำคัญที่เกิดกระบวนการหมักโดยอาศัยจุลินทรีย์ กระเพาะส่วนที่สอง คือกระเพาะรังผึ้ง (reticulum) มีความจุคิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ กระเพาะสามสิบกลีบ (omasum many plies) มีความจุประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ของกระเพาะทั้งหมด เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ดูดกลับของเหลวในอาหาร กระเพาะส่วนที่สี่คือกระเพาะจริง (abomasum) ทำหน้าที่ผลิตน้ำย่อยออกมาย่อยอาหารเช่นเดียวกับในสัตว์กระเพาะเดี่ยว (ฉลอง, 2541) อาหารที่สัตว์กินเข้าไปจะถูกย่อยสลาย โดยอาศัยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเพื่อเปลี่ยนให้เป็นจุลินทรีย์โปรตีน เมื่อจุลินทรีย์ย่อยอาหารดังกล่าวแล้วผลผลิตที่ได้คือกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid ;VFA) เซลล์จุลินทรีย์ และแก๊ส โดยกรดไขมันระเหยได้ส่วนใหญ่จะซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน ส่วนแก๊สจะถูกขับออกโดยการเรอ และเซลล์จุลินทรีย์กับอาหารที่ไม่ถูกย่อยจะเคลื่อนตัวผ่านไปถึงกระเพาะแท้ (abomasum) และลำไส้เล็ก ทั้งเซลล์จุลินทรีย์และอาหารจะถูกย่อยโดยเอนไซม์จากกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก และถูกดูดซึมบริเวณลำไส้เล็ก ส่วนในลำไส้ใหญ่ก็มีการหมักโดยจุลินทรีย์เช่นกัน และกรดไขมันระเหยได้บางส่วนจะถูกดูดซึมผ่านผนังลำไส้ใหญ่ ส่วนเซลล์จุลินทรีย์จะถูกขับออกทางมูลพร้อมกับอาหารที่ไม่ถูกย่อย (McDonald et al. 1995)

การย่อยอาหารของจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมน เป็นประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องเพราะจุลินทรีย์เข้าย่อยเซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ซึ่งเอนไซม์จากตัวสัตว์ไม่สามารถเข้าย่อย และเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหยได้ ซึ่งทั้งจุลินทรีย์และสัตว์เคี้ยวเอื้องนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่การเข้าย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน อาจทำให้อาหารคุณภาพดีบางส่วนถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ ก่อนที่จะเคลื่อนตัวผ่านไปถึงกระเพาะแท้ และอาจมีผลให้อาหารคุณภาพดีเหล่านี้ เช่น พวกรำไย โปรตีนที่มีคุณภาพดี และกรดไขมันบางชนิด ถูกเปลี่ยนไปในรูปที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ลดลงกว่าเดิม (เทอดชัย, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ บุญล้อม (2541) กล่าวว่าถ้าโปรตีนที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินเข้าไปนั้นมีคุณภาพต่ำ หรือเป็นสารประกอบ ในโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) การย่อยอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนจะมีประโยชน์มาก แต่ถ้าโปรตีนที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินเข้าไปมีคุณภาพสูง การย่อยอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนจะมีประโยชน์ไม่มากนัก เพราะการสลายตัวของโปรตีนไปเป็นแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนมักจะมีการสูญเสีย เนื่องจากจุลินทรีย์ไม่สามารถจับแอมโมเนียไปใช้ได้ทั้งหมด และโปรตีนในเซลล์จุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นอาจจะมีสัดส่วนของกรดอะมิโนที่น้อยกว่าโปรตีนเดิมที่สัตว์กินเข้าไป ดังนั้นถ้าโปรตีนประเภทนี้ถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์จากตัวสัตว์ที่กระเพาะแท้ และลำไส้เล็กก็จะเกิดประโยชน์มากกว่า เพราะได้กรดอะมิโนที่มีสัดส่วนเหมาะสม ซึ่งสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยตรง สามารถป้องกันไม่ให้สารอาหารเหล่านี้ถูกจุลินทรีย์เข้าย่อยในกระเพาะรูเมน ได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้อาหารถูกส่งผ่านไปยังกระเพาะแท้ (by-pass) ได้เช่น by-pass protein, by-pass starch และ protected fat เป็นต้น

ส่วนคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน ถ้าอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมจะเกิดประโยชน์มาก เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานแก่จุลินทรีย์ และยังเป็นโครงสร้างคาร์บอนในการทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเพื่อนำไปใช้สังเคราะห์โปรตีนจุลินทรีย์ด้วย (microbial protein) แต่การย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมนมักมีการสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปในรูปของแก๊สมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูง ซึ่งไม่สามารถย่อยได้ที่ลำไส้เล็ก การย่อยสลายในกระเพาะรูเมนมีประโยชน์มากกว่า ส่วนอาหารข้นซึ่งมีเยื่อใยต่ำสามารถย่อยได้ดีที่ลำไส้เล็ก การย่อยในลำไส้เล็กจะเป็นประโยชน์มากกว่า เพราะจะได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) ซึ่งสัตว์สามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง

การย่อยโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

โปรตีนสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะส่วนประกอบดังนี้ โปรตีนทั้งหมด (total protein) เป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยโปรตีนแท้และไนโตรเจนจากโปรตีนไม่แท้ (NPN) โปรตีนแท้ (true protein) เป็นโปรตีนที่มีกรดอะมิโนจับกันเป็นสายยาว เรียกว่าเปปไทด์ (peptide) ไนโตรเจนจากโปรตีนไม่แท้ (NPN) มีหลายชนิดเช่น ยูเรีย (urea), ไบยูเรต (biuret), กรดอะมิโน (amino acid), เปปไทด์ (peptide), เอมีน (amines), volatile amine, ammonium salt, ไนเตรท, ไนไตรท์ อาหารโปรตีนที่สัตว์ได้รับแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในของเหลวในกระเพาะรูเมน หรือมีการย่อยสลายได้น้อย (insoluble protein) และกลุ่มโปรตีนที่ย่อยสลายได้ง่าย (soluble protein) เช่น serum albumin, oval albumin, chloroplast protein extract และโปรตีนที่ย่อยสลายจากวัตถุดิบอาหาร เช่น กากถั่วเหลือง ประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในพืชอาหารสัตว์จะอยู่ในรูปของโปรตีนแท้ ที่เหลือจะเป็นส่วนของไนโตรเจนจากโปรตีนไม่แท้ที่ย่อยสลายเร็ว (soluble NPN) ซึ่งปริมาณจะแตกต่างกันออกไป (Van Soest, 1982)

การย่อยสลายอาหารโปรตีนในกระเพาะรูเมน

อาหารประเภทโปรตีนประกอบด้วยโปรตีนแท้ (true protein) และไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) โดยโปรตีนแท้บางส่วนถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน เรียกโปรตีนเหล่านี้ว่าโปรตีนที่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen degradable protein, RDP) ซึ่งถูกย่อยเป็นเปปไทด์และกรดอะมิโน และจุลินทรีย์สามารถนำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนเซลล์จุลินทรีย์ได้ (microbial protein) และมีโปรตีนบางส่วนที่มีความทนทานต่อการย่อยของจุลินทรีย์ ทำให้ไม่ถูกย่อยและเคลื่อนตัวผ่านไปถึงกระเพาะแท้ และลำไส้เล็ก เรียกโปรตีนเหล่านี้ว่าโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen undergradable protein, RUP) ส่วนไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) เมื่อเข้าสู่กระเพาะรูเมนแล้วแตกตัวเป็นแอมโมเนีย และถูกจุลินทรีย์นำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนจุลินทรีย์ เมื่อเซลล์จุลินทรีย์และโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยเคลื่อนตัวผ่านไปถึงกระเพาะแท้ และลำไส้เล็ก จะถูกย่อยด้วยเอนไซม์จากกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก ได้เป็นเปปไทด์ และกรดอะมิโน และถูกดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป (McDonald et al. 1995)

โดยทั่วไปภายในผนังลำไส้เล็กจะมีเอนไซม์เปปติเดส (peptidase) ทำหน้าที่ย่อยเปปไทด์สายสั้นๆ ให้เป็นกรดอะมิโน ซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้คือ นำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน หรือถูก oxidation ต่อไป และให้พลังงานในรูปแบบ

ATP ส่วนแอมโมเนียหรือไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) เมื่อถูกดูดซึมจะถูกเปลี่ยนเป็นยูเรีย (urea) ส่วนหนึ่งของยูเรียจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ แต่ส่วนใหญ่ถูกขับออกไปพร้อมกับปัสสาวะ โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในลำไส้เล็ก โปรตีนจากจุลินทรีย์และน้ำย่อยต่าง ๆ จากลำไส้เล็กและตับอ่อน เมื่อผ่านไปยังลำไส้ใหญ่ จะมีการย่อยโปรตีนในลำไส้ใหญ่คล้ายกับในกระเพาะรูเมน คือ ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายส่วนใหญ่ได้เป็นแอมโมเนีย แอมโมเนียส่วนหนึ่งจะถูกดูดซึมเข้าไปในกระแสเลือด ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก และส่วนหนึ่งถูกนำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนโดยจุลินทรีย์ แต่โปรตีนจากจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในลำไส้ใหญ่นี้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และถูกขับออกนอกร่างกายพร้อมกับมูล



ภาพ 2 การย่อยสลายโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

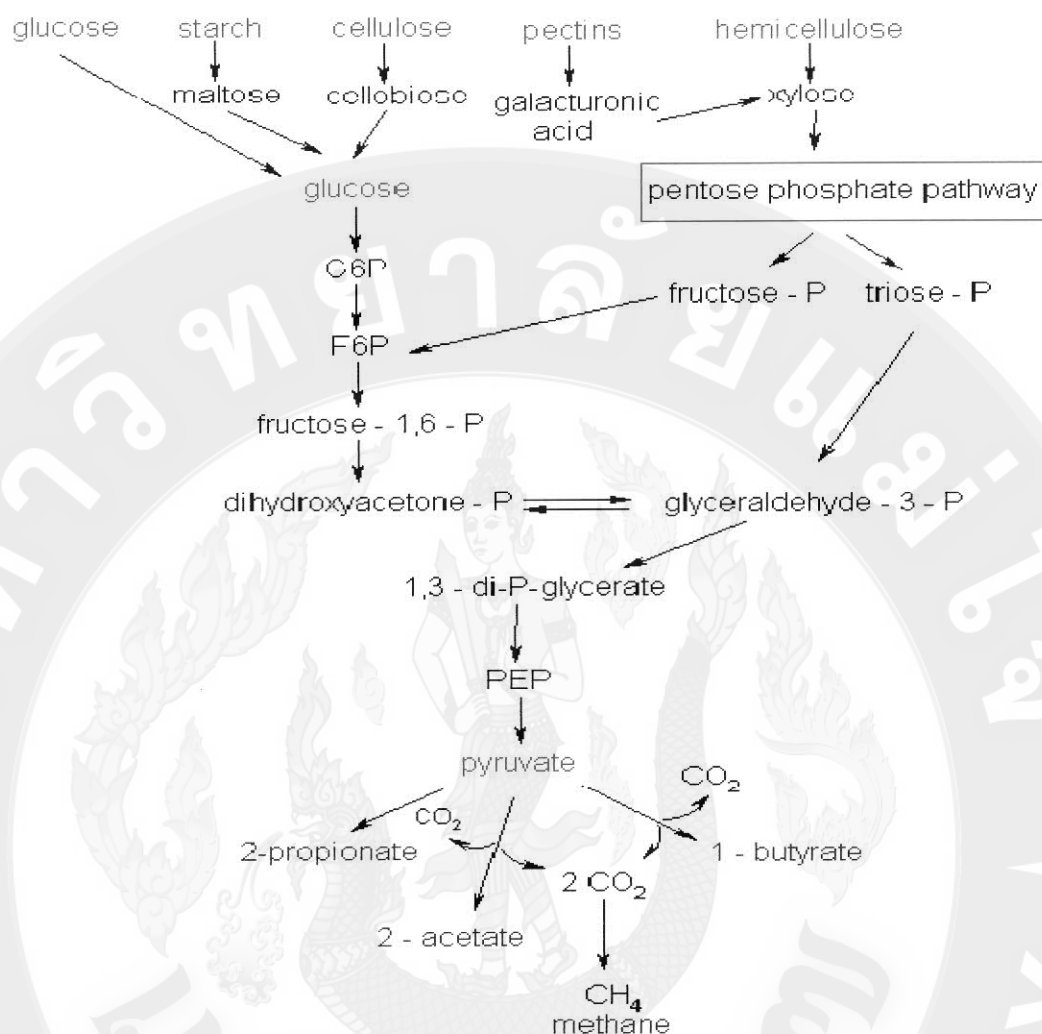
ที่มา: ดัดแปลงจาก สุปรีณา (2552)

การย่อยคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สุวัฒน์ และคณะ (2553) รายงานว่า อาหารพวกแป้ง (starch) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) และคาร์โบไฮเดรตโครงสร้าง (structure carbohydrate) เมื่อถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนได้น้ำตาลเชิงเดี่ยว คือกลูโคส จะมีอัตราการย่อยสลายจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนจะย่อยสลายกลูโคสให้ได้กรดไพรูวิก (pyruvic

acid) โดยผ่านกระบวนการของไกลโคไลซิส (glycolysis) หรือเอมเดน – มายเออซอฟ – พาร์นาส (Empden-Meyerhof-Parnas of glycolysis, EMP) ซึ่งระหว่างกระบวนการเปลี่ยนแปลงและการสังเคราะห์สารประกอบต่างๆ ระหว่างเส้นทางการสังเคราะห์ของ EMP นั้นอาจใช้เป็นสารประกอบในการสังเคราะห์เป็นสารประกอบอื่นๆ เช่นกลีเซอรอล (glycerol) ใช้ในการสังเคราะห์ไขมันหรือการสังเคราะห์กรดอะมิโนบางตัว เช่น ซีรีน (serine) และ ไกลซีน (glycine) แต่ความสำคัญของกระบวนการ EMP นั้นคือการสังเคราะห์กรดไพรูวิก ซึ่งจะใช้ในการสังเคราะห์เป็นกรดไขมันระเหยได้ และ เมธา (2533) กล่าวว่า ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้เกือบทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid; VFA) ภายในกระเพาะรูเมนที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) และกรดบิวทีริก (butyric acid) รวมทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซมีเทน กรดไขมันระเหยง่ายที่ผลิตได้ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ จะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเป็นการดูดซึมแบบการแพร่ (simple diffusion)

เทอดชัย (2548) กล่าวว่า คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะรูเมน และคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสังเคราะห์โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน เมื่อผ่านไปยังลำไส้เล็กคาร์โบไฮเดรตประเภทแป้งถูกย่อยด้วยเอนไซม์จากลำไส้เล็กและตับอ่อนได้เป็นกลูโคส ซึ่งถูกดูดซึมและนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานโดยตรง ส่วนคาร์โบไฮเดรตประเภทเยื่อใยไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์จากลำไส้เล็ก จึงผ่านเข้าไปในลำไส้ใหญ่ การย่อยคาร์โบไฮเดรตในลำไส้ใหญ่เกิดจากการย่อยโดยจุลินทรีย์เหมือนกับการย่อยในกระเพาะรูเมน ผลผลิตที่ได้ คือ กรดไขมันระเหยได้ และโปรตีนจุลินทรีย์ โดยกรดไขมันระเหยได้สัตว์สามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ แต่โปรตีนจากจุลินทรีย์ สัตว์ไม่สามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ ดังภาพ 3



ภาพ 3 การหมักย่อยคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

ที่มา: ดัดแปลงจาก McDonald et al. (1995)

ค่าความเป็นกรด - ด่างในกระเพาะรูเมน

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะรูเมนมีความสำคัญต่อขบวนการย่อยอาหารของโค การควบคุมให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนคงที่ได้ จะสามารถเพิ่มการย่อยอาหารให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วงของค่าความเป็น กรด-ด่างที่เหมาะสมควรเป็น 6.0 - 6.5 ค่าความเป็นกรด-ด่างนี้จะมีผลโดยตรงมาจากอาหาร ถ้าให้โคได้กินอาหารแบบแยกกันระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนจะเปลี่ยนแปลงไปตาม

อาหารที่ให้ตลอดเวลา กล่าวคือ ถ้าให้โคกินอาหารข้นซึ่งมีพลังงานที่น้อยได้สูง สภาพในกระเพาะรูเมนจะเป็นกรดมีความเป็นกรดต่ำลง โอกาสที่กระเพาะรูเมนจะเป็นกรดมีมากขึ้น ถ้าความเป็นกรดต่ำกว่า 5 โคจะมีประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง ในโคนมไขมันในน้ำนมจะต่ำและโคจะแสดงอาการป่วยจากการมีกรดในกระเพาะสูง acidosis และเมื่อโคได้กินหญ้าหรืออาหารหยาบ ความเป็นกรดต่ำในกระเพาะรูเมนจะสูงขึ้น เนื่องจากโคจะมีการเคี้ยวเอื้องทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำลาย ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างไหลกลับเข้าไปในกระเพาะรูเมน จะช่วยปรับสภาพในรูเมนให้ความเป็นกรดต่ำสูงขึ้นได้ (จินดา, 2555)

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า ค่าความเป็นกรด - ด่างในกระเพาะรูเมนมีความสำคัญต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์และการเกิดกรดชนิดต่างๆ พบว่าจุลินทรีย์พวกที่ย่อยเยื่อใย (fiber digester หรือ cellulolytic flora) เจริญเติบโตและทำงานได้ดีเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.2-6.8 และจะลดประสิทธิภาพลงเมื่อความเป็นกรดต่ำต่ำกว่า 6 เป็นผลให้การผลิตกรดอะซิติก (acetic acid) ลดลง ส่วนจุลินทรีย์ที่ย่อยแป้ง (amylolytic flora) จะชอบค่าความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกรดมากกว่า คือประมาณ 5.2-6.0 ทำให้มีสัดส่วนของกรดโพรปิโอนิก (propionic acid) เพิ่มขึ้น ไร่ที่ดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 6 ก็ยังมีผลเสียต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5.5 นอกจากนี้ยังยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้แลกติก ทำให้กรดแลกติกถูกสะสมมากและถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างยิ่งต่ำลง เช่น pH 5.0 จุลินทรีย์ที่ย่อยแป้งจะตายลง การสร้างกรดโพรปิโอนิก (propionic acid) จะลดลงและสัตว์จะเกิดกรดในกระเพาะสูง (acidosis) ดังนั้นจึงควรรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนไว้ให้อยู่ในช่วง 5.8-6.5

การผลิตกรดไขมันระเหยได้ง่ายและการใช้ประโยชน์ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

เชาวฤทธิ์ และ เมธา (2555) กล่าวว่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากกระบวนการหมักอาหารคาร์โบไฮเดรตโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน คือกรดไขมันระเหยได้ง่าย (volatile fatty acid, VFA) ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid, C₂) ประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์, กรดโพรปิโอนิก (propionic acid, C₃) ประมาณ 18-25 เปอร์เซ็นต์ และกรดบิวทีริก (butyric acid, C₄) ประมาณ 12-20 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีการผลิตแก๊ส เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีเทน (CH₄) โดยทั่วไปสัดส่วนของกรดไขมันระเหยได้ง่าย กรดอะซิติก : กรดโพรปิโอนิก : กรดบิวทีริก ประมาณ 65 : 20 : 15 กรดไขมันแต่ละชนิดจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในสัตว์ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดจะถูกดูดซึมที่กระเพาะรูเมน (rumen) โดยที่เหลือจะถูกดูดซึมที่โอดมาซัม และอะโบมาซัม

เทอดชัย (2548) รายงานว่า ความเข้มข้นของกรด อะซิติก กรด โพรปิโอนิก และ กรดบิวทีริก เท่ากับ 62, 22 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับ วิโรจน์ (2546) กล่าวว่าใน อาหารปกติโดยทั่วไป จะมีสัดส่วนของกรดอะซิติก 65 เปอร์เซ็นต์ กรดโพรปิโอนิก 20 เปอร์เซ็นต์ และกรดบิวทีริก 15 เปอร์เซ็นต์ Ishler et al. (1996) และ McDonald et al. (1995) รายงานสอดคล้อง กันว่า สัดส่วนดังกล่าวอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับ การให้อาหาร สัดส่วนของอาหาร ถ้าให้อาหาร ที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตอย่างง่ายมาก และมีปริมาณเยื่อใยน้อย จะมีผลให้การผลิตกรดอะซิติก น้อยลง แต่การผลิตกรดโพรปิโอนิก จะเพิ่มขึ้น (ตาราง 28 และ ตาราง 29)

ตาราง 28 สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่มีผลต่อกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน โค

สัดส่วนของอาหารหยาบ ต่ออาหารข้น	สัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่าย (%)		
	กรดอะซิติก	กรดโพรปิโอนิก	กรดบิวทีริก
100 : 00	71.1	16.0	7.9
75 : 25	68.2	18.1	8.0
50 : 50	65.3	18.4	10.4
40 : 60	59.8	25.9	10.2
20 : 80	53.6	30.6	10.7

ที่มา: Ishler et al. (1996)

ตาราง 29 สัดส่วนอาหารหยาดต่ออาหารข้นที่มีผลต่อกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนแกะ

สัดส่วนของอาหารหยาด ต่ออาหารข้น	กรดไขมันระเหยง่าย รวม(mM/l)	สัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่าย (%)			
		อะซิติก	โพรปีโอนิก	บิวทีริก	อื่นๆ
100 : 00	97	66	22	9	3
80 : 20	80	61	25	11	3
60 : 40	87	61	23	13	2
40 : 60	76	52	34	12	3
20 : 80	70	40	40	15	5

ที่มา: คัดแปลงจาก McDonald et al. (1995)

การใช้ประโยชน์ของกรดไขมันระเหยได้ง่ายในสัตว์เคี้ยวเอื้อง กรดอะซิติกเป็นโภชนะที่มีการผลิตมากที่สุดจากกระเพาะรูเมน ส่วนกรดโพรปีโอนิกและบิวทีริกถูกผลิตในสัดส่วนที่ต่ำกว่า (65 : 20 : 15) โดยจะมีการดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดทางเส้นเลือด (portal blood) ไปสู่ตับ การใช้กรดไขมันระเหยได้ง่ายเป็นแหล่งพลังงาน สามารถที่จะใช้ได้ทั้ง 3 ชนิด โดยกรดอะซิติกจะถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานผ่านทาง acetyl-CoA และบิวทีริกจะถูกเปลี่ยนเป็น β -hydroxybutyrate และถูกเปลี่ยนต่อไปเป็น acetyl-CoA เช่นกัน ต่อจากนั้นเซลล์ของร่างกายจะมีการนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน โดย acetyl-CoA จากทั้งสองแหล่งจะถูกนำเข้าสู่วัฏจักร tricarboxylic acid cycle (TCA cycle) ส่วนกรดโพรปีโอนิกจะถูกนำไปสังเคราะห์เป็นกลูโคส โดยผ่านการเปลี่ยน propionyl-CoA, succinyl-CoA ตามลำดับแล้วเข้าสู่ TCA cycle เปลี่ยนไปเป็น malate จากนั้นจะออกจากไมโทคอนเดรีย ถูกเปลี่ยนเป็น oxaloacetate ที่ไซโทพลาสซึมแล้วเข้าสู่วิถีไกลโคไลซิส (glycolysis) เปลี่ยนเป็นกลูโคสในที่สุด ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์กลูโคสนั้นจะเกิดขึ้นที่ตับเป็นส่วนใหญ่สำหรับพลังงานที่ได้จากกลูโคสของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายทั้งหมดคิดเป็น 21-53 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมด แต่มีกลูโคสที่ร่างกายใช้ประโยชน์ยังได้จากแหล่งอื่นอีก เช่น กรดอะมิโนจากจุลินทรีย์ โดยคิดเป็นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ (ฉลอง, 2541; กฤตพล, 2546) นอกจากนี้กรดโพรปีโอนิกจะถูกออกซิไดซ์ในกระบวนการ TCA cycle กับ acetyl CoA ได้สารพลังงานสูง (adenosine triphosphate, ATP) ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานอีกทางหนึ่ง ดังแสดงในภาพ 4

synthase และมี reducing equivalent substance (NADPH) เพื่อเป็นตัวให้ไฮโดรเจนสำหรับใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ และการใช้ประโยชน์จากกรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย (เมธา, 2533) การควบคุมปริมาณการกินได้ในระยะสั้นของสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นจะมีความเกี่ยวข้องกับความต้องการพลังงาน ซึ่งกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายนั้นจะเป็นแหล่งที่ถูกนำมาเป็นพลังงานคือ กลูโคสและไขมัน Farningham and Whyte (1993) รายงานว่ากลูโคสจะเป็นแหล่งพลังงานแรกที่สัตว์เคี้ยวเอื้องนำมาใช้ ส่วนกรดไขมันจะถูกเก็บสะสมไว้ในเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) เมื่อแหล่งพลังงานจากกลูโคสไม่เพียงพอจึงต้องมีการสลายไขมันที่สะสมไว้มานำมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน จะเห็นได้ว่าระดับกลูโคสอาจมีผลต่อการควบคุมการกินอาหารได้มากกว่าไขมัน ซึ่งในสัตว์เคี้ยวเอื้องกลูโคสจะได้มาจากการเปลี่ยนแปลงของกรดโปรปิโอนิกเป็นส่วนใหญ่

Hurtaud et al. (1993) เสนอข้อคิดเห็นว่า กรดโปรปิโอนิกจัดเป็นปัจจัยที่ควบคุมการกินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (metabolic factors) โดยสัมพันธ์กับระดับพลังงาน การควบคุมการกินอาหารสามารถพิจารณาได้จากการที่สัตว์พยายามจะปรับความสมดุลของพลังงานในร่างกายให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม หรือกล่าวได้ว่าสัตว์ได้พยายามที่จะรักษาความสมดุลของพลังงานในร่างกายโดยการปรับเปลี่ยนปริมาณการกินอาหารในรูปพลังงาน เป็นสัดส่วนกับความต้องการพลังงานของตัวสัตว์เอง

การประเมินคุณค่าทางอาหารสัตว์และวิธีการย่อยได้ของ โภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เป็นการศึกษาให้ทราบถึงปริมาณโภชนะต่างๆ ที่มีอยู่ในอาหาร เมื่อสัตว์กินเข้าไปแล้วถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด ในการประเมินคุณภาพอาหารสัตว์จึงจำเป็นต้องทราบถึงข้อมูลด้านการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ของโภชนะในอาหาร เมื่อนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาพิจารณาร่วมกัน จึงจะสามารถบอกคุณภาพของอาหารสัตว์ได้อย่างสมบูรณ์ (เมธา, 2533)

เทอดชัย (2548) อธิบายว่า การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะเป็นการวัดการปริมาณอาหารหรือวัดโภชนะที่ สูญหายในระบบทางเดินอาหารส่วนต่างๆ เพื่อใช้ในการศึกษาหรือเพื่อประเมินคุณค่าของอาหารชนิดนั้นๆ ว่าสัตว์จะมีความสามารถ หรือมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด ในการจะนำเอาโภชนะนั้นๆ ไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี่ยังเป็นการศึกษาถึงปริมาณ โภชนะที่สามารถย่อยได้ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารได้

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า การประเมินคุณค่าทางอาหารสามารถตรวจสอบได้หลายวิธี แต่ที่นิยมกันโดยทั่วไป คือ วิธีการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารแบบหยาบ (proximate analysis) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนาในอาหารชั้น เพราะวิธีการนี้สามารถบอกร่องค์ประกอบทางเคมีของอาหารได้ระดับหนึ่ง แต่ยังมีจุดอ่อนในเรื่องการวิเคราะห์เยื่อใยขึ้น หากนำมาใช้วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารในอาหารหยาบ จึงได้มีการพัฒนาการวิเคราะห์เยื่อใยขึ้น เรียกว่าวิธีการใช้สารละลาย (detergent method) ซึ่งเป็นวิธีการหาส่วนประกอบของผนังเซลล์โดยเฉพาะการหาปริมาณของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน เป็นต้น ซึ่งมีความสำคัญในการเปรียบเทียบคุณภาพพืชอาหารสัตว์ เนื่องจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถที่จะย่อยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ได้ นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์หาแร่ธาตุต่างๆ ในอาหารสัตว์ที่มีความจำเป็นต้องทราบ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิธีการวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้เครื่องเผาไหม้หาพลังงาน (bomb calorimeter) อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้ยังไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพอาหารสัตว์ เพราะข้อมูลเหล่านี้ไม่สามารถบอกได้ถึงว่า โภชนาต่างๆ ที่มีอยู่ในอาหารถูกย่อยหรือใช้ประโยชน์จริงได้เพียงใด โดยทั่วไปการวัดการย่อยได้สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การทดลองในห้องปฏิบัติการหรือนอกตัวสัตว์ (*in vitro* method) และการทดลองกับตัวสัตว์ (*in vivo* method)

การศึกษาการย่อยได้โดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* method)

ทรงศักดิ์ และ บุทธชัย (2542) กล่าวว่า การวิเคราะห์การย่อยได้ในห้องปฏิบัติการถูกพัฒนาขึ้นมา เนื่องจากการวัดการย่อยได้ในตัวสัตว์ เป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และใช้แรงงานเป็นจำนวนมาก จึงมีการพัฒนาการย่อยได้โดยการเลียนแบบสภาวะภายในทั้งหมดให้เหมือนกับการย่อยที่เกิดขึ้นจริงในตัวสัตว์ ซึ่งมีอยู่หลายวิธีที่นิยมใช้กัน ดังที่ บุญล้อม (2541) ได้นำเสนอไว้คือ

1. วิธีการ 2 ขั้นตอน ของ Tilley and Terry (2-stage *in vitro* method) วิธีนี้ได้รับความนิยมมานาน โดยใช้ตัวอย่างอาหารประมาณ 0.5 กรัม ร่วมกับของเหลวจากกระเพาะรูเมนจำนวน 10 มิลลิลิตร และสารละลายบัฟเฟอร์ จำนวน 40 มิลลิลิตร แช่บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นหยุดปฏิกิริยาด้วย Mercuric chloride จากนั้นทำการปั่นแยกกากตะกอนแล้วย่อยต่อด้วย Acid-Pepsin อีก 48 ชั่วโมง ปั่นแยกเอาตะกอนออก จากนั้นทำให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนักเพื่อแยกผลการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุต่อไป แต่ภายหลังเมื่อมีการ

พัฒนาวิธีอื่นที่สามารถให้ข้อมูลได้มากกว่า และมีความแม่นยำสูงกว่าวิธีนี้จึงได้รับความนิยมน้อยลงไป

2. วิธีการเอนไซม์เปปซิน-เซลลูเลส (pepsin-cellulase technique) ทำได้โดยใช้เอนไซม์ที่สกัดจากจุลินทรีย์มาบ่มกับตัวอย่าง วิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถทำได้รวดเร็ว ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาทั้งคุณภาพของเอนไซม์และวิธีการวิเคราะห์ทำให้ได้ค่าที่แม่นยำขึ้น สะดวกสำหรับห้องปฏิบัติการที่ไม่มีสัตว์เจาะกระเพาะ มีวิธีการอยู่ 3 ขั้นตอนด้วยกัน ได้แก่ ขั้นตอนแรกใช้เอนไซม์ pepsin ใน 0.1 M HCl ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และต่อด้วย starch hydrolysis ด้วยสารละลายเดิมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ก่อนจะล้างด้วยน้ำอุ่นและย่อยผนังเซลล์ด้วยเอนไซม์ cellulase ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (organic matter digestibility; OMD) ที่ได้จากสมการคำนวณและไขมัน (ether extract ; EE) จากการวิเคราะห์ สามารถนำไปคำนวณเป็นค่าพลังงานเมตาบอไลซ์ (metabolizable energy; ME) และค่าพลังงานสุทธิใช้ในการให้นม (net energy for lactation; NE_l) โดยใช้สมการที่ DeBoever *et al.* (1986) ได้เสนอสมการไว้ดังนี้

$$ME \text{ (MJ/kgDM)} = 0.150 \times OMD + 0.214 \times EE - 0.99 \quad (R^2 = 0.96)$$

$$NE_l \text{ (MJ/kgDM)} = 0.112 \times OME + 0.159 \times EE + 2.37 \quad (R^2 = 0.96)$$

3. วิธีวัดปริมาณก๊าซ (gas production technique) ได้รับการพัฒนาขึ้นในประเทศเยอรมันเพื่อให้สามารถทำนายการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และค่าพลังงานในอาหารได้ ต่อมาได้มีการดัดแปลงให้สามารถวัดอัตราการย่อยสลายของอาหารได้ด้วย วิธีการนี้สามารถประเมินการย่อยได้ใกล้เคียงกับการใช้สัตว์ทดลองมากที่สุด การศึกษาตามวิธีการนี้อาศัยความรู้จากการหมักย่อยอาหาร โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในช่องเหลวในกระเพาะรูเมน ผลจากการหมักย่อยอาหารจะทำให้เกิดก๊าซขึ้น ซึ่งได้มีการพัฒนาวิธีการและการคำนวณเพื่อใช้ทำนายคุณค่าทางอาหารได้ ก๊าซที่เกิดขึ้นจากหมักย่อยส่วนใหญ่ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และมีเทน (CH₄) ซึ่งเป็นก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid) ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรปิโอนิก และกรดบิวทีริก โดย Menke and Steingass (1988) พัฒนาวิธีการศึกษาโดยมีหลักการคือ บ่มตัวอย่างอาหารประมาณ 0.2 กรัมกับของเหลวในกระเพาะรูเมนใส่ลงในหลอด glass syringe ขนาด 100 มิลลิลิตรในตูบที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส (ใกล้เคียงกับสภาพภายในรูเมน) แล้วอ่านค่าก๊าซเมื่อบ่มครบ 24 ชั่วโมง นำไปคำนวณตามสมการที่กำหนดไว้

นำค่า โปรตีน ไขมัน และเถ้าไปใช้ในการหาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) และค่าพลังงานสุทธิใช้ในการให้นม (net energy for lactation; NEL)

4. วิธีการย่อยได้โดยวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) การศึกษาการย่อยได้ของโภชนาวิธีนี้ได้ปรับปรุงและพัฒนาจากวิธีการ 2 ขั้นตอนของ Tilley and Terry (1963) โดย Wilman and Adesogan (2000) ซึ่งเป็นการหาค่าการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ การทดลองด้วยวิธีนี้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายและแรงงานในการปฏิบัติการได้ (Adesogan, 2005) มีขั้นตอนการทำโดยการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) ของโคที่ผ่าตัดกระเพาะรูเมนแล้วซึ่งเป็นโคที่ได้รับอาหารชนิดเดียวกันกับอาหารที่ใช้ในการทดลอง 14 วัน ก่อนทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน (Robinson et al. 1999)

ถุงที่ใช้ในการทดลองใช้ถุงโพลีเอสเตอร์ (ANKOM F59) ขนาด 5×5.5 เซนติเมตร มีขนาดรูช่อง (pore size) 25 ไมโครเมตร ซึ่งด้วยตัวอย่างอาหารที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร จำนวน 0.5 กรัม ใส่ลงในถุงแล้วปิดปากถุงด้วยเครื่องทำความร้อน นำถุงอาหารใส่ลงในโถแก้วแล้วเติมสารละลายบัฟเฟอร์ นำมาผสมกับของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ผ่านการปั่น โดยทุกขั้นตอนมีการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา จากนั้นนำโถแก้วเข้าแช่บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ในเครื่องแช่บ่ม ANKOM Daisy[®] เมื่อครบกำหนดเวลานำถุงออกมาล้างด้วยน้ำจนสะอาดแล้วนำถุงเข้าสู่อบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (Robinson et al. 1999) จากนั้นนำมาหาค่าการย่อยได้ด้วยวิธี IVTD จากสูตร

$$\%IVTD = 100 - \frac{(w3 - (w1 \times w4)) \times 100}{w2}$$

โดย $w1$ = น้ำหนักถุงเปล่า

$w2$ = น้ำหนักอาหารทดลอง

$w3$ = น้ำหนักถุงพร้อมอาหารทดลอง

$w4$ = น้ำหนัก blank (น้ำหนัก blank หลังการแช่บ่ม / น้ำหนัก blank)

5. วิธีใช้ถุงไนลอน (nylon bag technique) หรือ *in sacco* วิธีนี้จำเป็นต้องอาศัยสัตว์เจาะกระเพาะรูเมน เป็นวิธีได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เพราะให้ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการย่อยสลายของอาหารซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์มาก นำตัวอย่างอาหารที่ต้องการทดสอบใส่ในถุงที่ทำจากผ้าหรือไนลอน ที่มีขนาดรูของถุง 40-60 ไมโครเมตรซึ่งจุลินทรีย์สามารถเข้าไปย่อยอาหารได้

แต่อาหารออกจากถุงไม่ได้ แห้งถุงไว้ตามระยะเวลาที่ต้องการ เมื่อครบกำหนดเวลา นำถุงทั้งหมด ออกล้างแล้ววัดปริมาณอาหารที่เหลือและวิเคราะห์ทางเคมี (Ørskov and McDonald, 1979)

ถึงแม้การศึกษาการสลายตัวของโภชนะภายในกระเพาะหมักโดยวิธีการใช้ถุง ในลอนจะเป็นวิธีการที่สะดวก ค่าใช้จ่ายถูกกว่าการศึกษาในตัวสัตว์ แต่ก็มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีผล ทำให้แม่นยำและข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ ได้แก่ ลักษณะเฉพาะของถุง ชนิดของถุง ขนาดของ ถุง ลักษณะของตัวอย่างอาหาร การใส่ถุงตัวอย่างในกระเพาะหมัก การล้างถุง การอบถุง รวมทั้งการ ให้อาหารและสัตว์ทดลอง จำเป็นต้องกระทำด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันความผิดพลาดของ ค่าที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีนี้

การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะโดยการทดลองกับตัวสัตว์ (*in vivo* method)

ทรงศักดิ์ และ ยุทธชัย (2542) กล่าวว่า การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะของ อาหารสัตว์ สามารถบ่งบอกได้ถึงเปอร์เซ็นต์ของโภชนะที่มีอยู่ในอาหารชนิดนั้น แต่ก็ไม่ได้ หมายความว่าโภชนะที่มีอยู่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงในตัวสัตว์ เนื่องจากอาหาร ที่กินเข้าไปไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด และจะมีโภชนะบางส่วนที่สูญเสียไปใน ระหว่างกระบวนการย่อย การดูดซึม และการเปลี่ยนแปลงของอาหารภายในร่างกาย ดังนั้น การ ประเมินคุณภาพอาหารจึงนิยมทำโดยวิธีการวัดการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร โดยทดลองกับตัว สัตว์ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. วิธีการชั่งน้ำหนักทั้งหมด (total collection method หรือ conventional method) โดยให้สัตว์กินอาหารทดลอง ชั่งน้ำหนักของอาหารที่สัตว์กินเข้าไป ชั่งน้ำหนักมูลที่ถ่ายออกมา และเก็บตัวอย่างปัสสาวะทั้งหมด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถบ่งบอกได้ถึงความสามารถในการย่อยได้ ของโภชนะแต่ละชนิดได้ หากนำอาหารที่กินและสิ่งที่ขับถ่ายมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร

การศึกษาด้วยวิธีนี้นี้จำเป็นต้องเลือกสัตว์ที่มีความสม่ำเสมอทั้งด้านอายุ น้ำหนัก ตัว และพันธุกรรม เพื่อไม่ให้เกิดความแปรปรวนซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากตัวสัตว์ นอกจากนั้นแล้ว ระยะเวลาในการปรับสัตว์ ซึ่งต้องมีความเหมาะสม โดยทั่วไปจะใช้เวลา 2-4 สัปดาห์ หรือมากกว่า นั้น ก่อนที่ทำการทดลอง จากนั้นเป็นช่วงการทดลองจริง ซึ่งจะใช้เวลาทดลองประมาณ 10-14 วัน เพื่อบันทึกปริมาณอาหารที่กินและมูลที่ถ่ายออกมาในแต่ละวัน และจะนำตัวอย่างอาหารและมูลไป วิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร ในช่วงนี้นิยมให้อาหารแบบจำกัด โดยจะให้ประมาณ 85-90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณอาหารที่สัตว์ทดลองกินแบบเต็มที่ หลังจากนั้นก็นำค่าต่างๆ ที่ได้มาวิเคราะห์หาคำนวณ เพื่อหาค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆต่อไป ตามสูตรนี้ (เมธา, 2533)

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ โภชนะ (\%)} = 100 - \frac{(\text{น้ำหนักโภชนะในมูลปรับแห้ง}) \times 100}{\text{น้ำหนักของโภชนะในอาหารที่กินปรับแห้ง}}$$

2. วิธีการใช้ตัวบ่งชี้ (indicator หรือ marker) เป็นวิธีการทางอ้อม เพราะไม่ต้องเก็บตัวอย่างมูลทั้งหมดของสัตว์ที่ขับถ่ายออกมา เนื่องจากการเก็บมูลทั้งหมด จะเป็นปัญหาในการทดลองสำหรับสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ และปริมาณมูลที่ขับถ่ายออกมามากในแต่ละวัน โดยใช้สารบ่งชี้ร่วมกับอาหารทดลองให้สัตว์กิน เพื่อแสดงถึงปริมาณอาหารที่เคลื่อนผ่านทางเดินอาหารในส่วนต่างๆ โดยทั่วไปสามารถแบ่งสารบ่งชี้ เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือตัวบ่งชี้ภายใน (internal indicator) และตัวบ่งชี้ภายนอก (external indicator) โดยทั่วไป สารบ่งชี้ที่ใช้ในการศึกษาควรมีคุณสมบัติดังนี้

- ต้องไม่มีการย่อยหรือการดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร
- ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้คุณหรือโทษ เมื่อเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินอาหาร
- ผ่านไปในระบบทางเดินอาหารในอัตราความเร็วเดียวกับอาหารทดลอง
- สามารถนำมาวิเคราะห์ทางเคมีได้ง่าย
- มีการกระจายตัวได้อย่างทั่วถึงในอาหารทดลอง (สำหรับตัวบ่งชี้ภายนอก)
- ผสมในอาหารที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารได้เป็นอย่างดี (สำหรับตัวบ่งชี้ภายใน)

ภายใน)

2.1 การใช้ตัวบ่งชี้ภายใน ใช้สารที่กระจายอยู่ในทั่วไปในอาหาร เช่น ลิกนิน (lignin) หรือเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash; AIA) ในการศึกษาจำเป็นต้องวิเคราะห์หาค่า AIA หรือ ลิกนินในอาหารทดลองและต้องทราบปริมาณการกินได้ของสัตว์ที่แน่นอน โดยการสุ่มตัวอย่างมูลจากสัตว์ทดลองเป็นรายตัว หลายๆ วันติดต่อกัน นำมูลที่ได้ในแต่ละวันมาผสมกัน แล้วสุ่มมาประมาณ 500 กรัม นำมาอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจนแห้งจากนั้นนำมาวิเคราะห์หา AIA หรือลิกนิน และโภชนะที่เหลืออยู่ในมูลเพื่อการย่อยได้ของโภชนะตามสูตร

$$\text{การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - \left[100 \times \frac{(\text{เปอร์เซ็นต์ indicator ในอาหาร} \times \text{โภชนะในมูล})}{(\text{เปอร์เซ็นต์ indicator ในมูล} \times \text{โภชนะในอาหาร})} \right]$$

2.2 การใช้ตัวบ่งชี้ภายนอก เป็นการใส่สารเคมีเติมเข้าไปในอาหารทดลองซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้คือสารโครมิกออกไซด์ (chromix oxide; Cr_2O_3) ทำการผสมสารชี้บ่งชี้ภายนอกชนิดที่ต้องการในอาหารที่ใช้ทดลอง เช่น ผสม Cr_2O_3 ลงในอาหารเข้ากันอย่างสม่ำเสมอ แล้ววิเคราะห์หาปริมาณของโครมิกออกไซด์ที่มีในอาหารผสมกับมูลที่ถ่ายออกมาในมูลเพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ ตามสูตร

$$\text{การย่อยได้ (\%)} = \frac{\left[\frac{\text{วัตถุแห้งในอาหาร}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในอาหาร}} \right] - \left[\frac{\text{วัตถุแห้งในมูล}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในมูล}} \right]}{\left[\frac{\text{วัตถุแห้งในอาหาร}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ ในอาหาร}} \right]} \times 100$$

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

เริ่มดำเนินการ
เสร็จสิ้น

เดือน ตุลาคม 2556
เดือน พฤศจิกายน 2557

สถานที่ทำการวิจัย

1. ฟาร์มโคนม สาขาโคนม-โคเนื้อ และห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. ห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

อุปกรณ์การดำเนินงาน

1. โคนมพันธุ์ลูกผสม (โฮลสไตน์ฟรีเชียน x พันเมือง) เพศผู้ตอน ที่ผ่าตัดท้องเก็บตัวอย่างอาหารอย่างถาวรที่กระเพาะรูเมนแล้ว อายุ 4-5 ปี น้ำหนัก 400 ± 30 กิโลกรัม จำนวน 3 ตัว
2. โรงเรือนแบบผูกยืนโรงซึ่งมีบริเวณให้อาหาร และน้ำแยกอิสระต่อกัน
3. เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 7 กิโลกรัม 100 กิโลกรัม และ 1,000 กิโลกรัม
4. ถังไนลอน ขนาด 5×5.5 เซนติเมตร มีขนาดรูช่อง (pore size) 45 ไมโครเมตร
5. อุปกรณ์การให้อาหารโคทดลอง และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะดวก
6. อุปกรณ์และชุดวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์
7. เครื่องมือวัดค่า pH แบบ Hand pH meter รุ่น HI 98107
8. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหารและมูล
9. อุปกรณ์สำหรับการทดลองโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy^{II})

ตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) (Holden, 1999)

10. กระบอเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน
11. ถังก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

12. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายด้วย
เครื่อง gas chromatography รุ่น GC 6890N (Agilent Technologies. USA)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การใช้เปลือกกล้วยหมักร่วมกับเหู้ากินนีในระดับต่างๆเป็นแหล่งอาหารหยาบ
เลี้ยงโคนม ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1

ศึกษาลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางอาหารและการสลายตัวของโภชนะในพีช
หมักจากเปลือกกล้วยหมักร่วมกับเหู้ากินนีในระดับต่างๆ ประกอบด้วย 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1.1

การประเมินลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางอาหาร ใช้แผนการทดลองแบบ
4×2 Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ระดับของเปลือกกล้วย (100, 80, 60 และ
40 %) และปัจจัยที่ 2 คือ การเสริมและไม่เสริมกากน้ำตาลเป็นสารช่วยหมัก (2% โดยน้ำหนัก) กลุ่ม
ทดลองมี 8 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เปลือกกล้วย

กลุ่มที่ 2 เปลือกกล้วยและเหู้ากินนี (80:20)

กลุ่มที่ 3 เปลือกกล้วยและเหู้ากินนี (60:40)

กลุ่มที่ 4 เปลือกกล้วยและเหู้ากินนี (40:60)

กลุ่มที่ 5 เปลือกกล้วย + กากน้ำตาล

กลุ่มที่ 6 เปลือกกล้วยและเหู้ากินนี (80:20) + กากน้ำตาล

กลุ่มที่ 7 เปลือกกล้วยและเหู้ากินนี (60:40) + กากน้ำตาล

กลุ่มที่ 8 เปลือกกล้วยและเหู้ากินนี (40:60) + กากน้ำตาล

การเตรียมอาหารทดลอง มีขั้นตอนการผลิตดังนี้

1. นำเศษเหลือจากการผลิตลำโอบแห้ง (เปลือกและเมล็ดลำโอบ) จากโรงงานแยก
เนื้อลำโอบออกจากเปลือกและเมล็ด อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ มาคัดแยกสิ่งอื่นที่ปนมาด้วยออก จากนั้น

แยกเมล็ดออกจากเปลือกลำไยโดยใช้ตะแกรงร่อน แล้วนำเปลือกลำไยที่ได้มาหมักร่วมกับหญ้ากีนีและ/หรือกากน้ำตาลต่อไป

2. ตัดหญ้ากีนี (*Panicum maximum* Jacq.) ที่มีอายุ 10 สัปดาห์ จากแปลงพืชอาหารสัตว์ของสาขาโคนมและโคเนื้อ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยตัดสูงจากพื้นดินประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นนำมาสับโดยใช้เครื่องสับ ให้เหลือขนาด 2-4 เซนติเมตร

3. คลุกเคล้าเปลือกลำไย หญ้ากีนีและ/หรือกากน้ำตาลตามอัตราส่วนที่กำหนดให้เข้ากันดี จากนั้นบรรจุใส่ถุงดำ ชนิดเหนียว ขนาด 25 x 30 นิ้ว บรรจุถุงละ 20 กิโลกรัม อัดให้แน่น และดูดอากาศออกให้มากที่สุดก่อนมัดด้วยยางรัดให้แน่น สวมทับด้วยถุงดำอีกชั้น แล้วมัดด้วยเชือกหรือยางรัดให้แน่น จัดเก็บไว้ในที่ร่มแสงแดดส่องไม่ถึง เป็นเวลา 21 วัน

4. เมื่อครบกำหนดเวลา 21 วันจึงทำการเปิดถุงหมัก และสุ่มตัวอย่างพืชหมักจากเปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้ากีนี ประมาณ 1,000 กรัม จาก 5 จุดในแต่ละถุง โดยสุ่มจากบริเวณด้านบน กลางและด้านล่างของถุงหมัก คลุกเคล้าตัวอย่างให้เข้ากัน เพื่อประเมินลักษณะทางกายภาพของพืชหมักตามหลักเกณฑ์การประเมินมาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมัก (วารุณี และคณะ, 2547)

5. วัดค่า pH โดยใช้ตัวอย่างพืชหมัก 50 กรัม ใส่ น้ำกลั่น 50 ml ปั่นด้วยเครื่องปั่นผลไม้ เพื่อวัดค่า pH ด้วยเครื่องวัด pH แบบ Hand pH meter รุ่น HI 98107

6. นำตัวอย่างจากแต่ละถุง ไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 3 วัน หรือจนตัวอย่างแห้ง จากนั้นแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารด้วยวิธี Proximate analysis ตามวิธีการของ (AOAC, 1998), NDF และ ADF (Goering and Van Soest, 1970) ตัวอย่างที่เหลือนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. เพื่อศึกษาค่าการสลายตัวของโภชนะตามวิธี *in vitro* true digestibility (Holden, 1999)

การทดลองที่ 1.2

ศึกษาการสลายตัวของโภชนะในพืชหมักโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) โดยชั่งตัวอย่างอาหารทดลองที่บดผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. ประมาณ 2-2.5 กรัม ใส่ถุงไนลอน ขนาด 5 x 5.5 เซนติเมตร มีขนาดรูถุง (pore size) 45 ไมโครเมตร ที่ซึ่งน้ำหนักและเขียนหมายเลขไว้แล้ว จากนั้นมัดปากถุงให้แน่น แล้วนำถุงที่มีอาหารทดลองใส่ลงในโถที่ใช้กับชุดการทดลองโดยใช้เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม ANKOM Daisy^{II} ในหนึ่งโถสามารถใส่ได้ 25 ถุง ในแต่ละกลุ่มการทดลองใช้พืชหมัก 12 ซ้ำ แล้วเติมสารละลาย A จำนวน 1,330 มิลลิลิตร และ สารละลาย B จำนวน 266 มิลลิลิตร ลงในโถ นำโถที่มีตัวอย่างและสารละลาย

ไปแช่บ่มที่อุณหภูมิ 39.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที โดยวางแผนการทดลองแบบ 4×2 Factorial in CRD

เตรียมของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) จากโคนมพันธุ์ลูกผสม (โฮลสไตน์ฟรียีเซียน x พันเมือง) เพศผู้ ที่ได้รับหญ้างินนี้เป็นแหล่งอาหารหยาบ และให้อาหารข้น 1% ของน้ำหนักตัวต่อวัน โดยเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนในช่วงก่อนโคกินอาหาร จากนั้นใส่ลงในกระบอกสุญญากาศจนเต็ม แล้วนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง ตวงให้ได้ปริมาตร 400 มิลลิลิตร จากนั้นนำลงใส่ในโถ พร้อมทั้งเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วนำโถเข้าแช่บ่มในเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม ANKOM DAISY^{II} ตั้งอุณหภูมิ 39.5 องศาเซลเซียส เมื่อครบกำหนดเวลา คือ 24 และ 48 ชั่วโมง นำตุ้งออกมาล้างด้วยน้ำไหลประมาณ 15 นาที แล้วนำตุ้งเข้าอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักตุ้งและตัวอย่าง นำตัวอย่างจากตุ้งรวบรวมเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารคือ วัตถุแห้ง ความชื้น โปรตีน เยื่อใย ADF และ NDF นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปคำนวณค่าการย่อยได้ของโภชนะจากสูตร

$$\%IVTD = 100 - \left[\frac{(w3 - (w1 \times w4)) \times 100}{w2} \right]$$

โดย w1 = น้ำหนักตุ้งเปล่า w2 = น้ำหนักอาหารทดลอง w3 = น้ำหนักตุ้งพร้อมอาหารทดลอง
w4 = น้ำหนัก blank (น้ำหนัก blank หลังการแช่บ่ม / น้ำหนัก blank)

การเตรียมสารละลาย

เตรียมสารละลาย A โดยการผสมสารเคมี KH_2PO_4 จำนวน 10 กรัม สาร $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 0.5 กรัม สาร NaCl จำนวน 0.5 กรัม สาร $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 0.1 กรัม และยูเรีย จำนวน 0.5 กรัม ลงในน้ำกลั่นปราศจากไอออน (deionized water) จำนวน 1 ลิตร เตรียมสารละลาย B โดยการผสมสารเคมี Na_2CO_3 จำนวน 15 กรัม และสาร $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 1.0 กรัม ลงในน้ำกลั่นปราศจากไอออน (deionized water) จำนวน 1 ลิตร ส่วนประกอบของสารละลายแสดงในตาราง 30

ตาราง 30 ส่วนประกอบของสารละลายที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี		กรัม/ลิตร
Buffer Solution A		
Potassium dihydrogen phosphate	(KH_2PO_4)	10.0
Magnesium sulfate-Heptahydrate	($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.5
Sodium chloride	(NaCl)	0.5
Calcium chloride-Dihydrate	($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	0.1
Urea (reagent grade)		0.5
Buffer Solution B		
Sodium Carbonate anhydrous	(Na_2CO_3)	15.0
Sodium sulphide nonahydrate	($\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$)	1.0

ที่มา: Holden (1999)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้วิธีวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (analysis of variance ; ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกลุ่มการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1984) ที่ระดับช่วงความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

การทดลองที่ 2

การย่อยได้ของโภชนะและการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมนของโคนม วางแผนการทดลองแบบ 3×3 Latin Squares Design ประกอบด้วย 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 2.1 การย่อยได้ของโภชนะในโค

ประกอบด้วย 2 การทดลองย่อยดังนี้

การทดลองที่ 2.1.1 การย่อยได้ของโภชนะด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้ (indicator method) คือ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash ; AIA) กลุ่มทดลองมี 3 กลุ่ม ดังนี้คือ

กลุ่มที่ 1 หญ้ากินนีหมัก (กลุ่มควบคุม, G)

กลุ่มที่ 2 หญ้ากินนีหมัก (50%) และเปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้ากินนี 40:60 + กากน้ำตาล 2% (50%) (G+GL)

กลุ่มที่ 3 เปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้ากินนี 40:60 + กากน้ำตาล 2% (GL)

วิธีการทดลอง

1. โคทดลองทุกตัวจะได้รับอาหารหยาบแบบเต็มทีและอาหารข้นเป็นอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีโปรตีน 16% ให้กินตัวละ 2 กิโลกรัมต่อวันๆละ 2 ครั้ง เวลา 8.00 น. และ 17.00 น.
2. ให้โคทดลองทุกตัวได้รับอาหารหยาบทุกชนิด โดยมีระยะการทดลอง 3 ระยะ แต่ละระยะการทดลอง (period) ใช้เวลา 21 วัน โดย 16 วันแรก เป็นช่วงให้โคทดลองได้ปรับตัวให้เข้ากับอาหารทดลองที่ได้รับ (preliminary period) และ 5 วันสุดท้ายสำหรับเก็บข้อมูล (collection period)
3. ในช่วง 5 วันสุดท้ายของแต่ละระยะการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างมูลจำนวน 500 กรัม โดยเก็บตัวอย่างมูลผ่านลำไส้ใหญ่ (grab sample) เก็บติดต่อกันวันละ 2 ครั้ง ในเวลา 8.00 น. และ 17.00 น. ก่อนให้อาหารในแต่ละมื้อ นำมูลที่ได้ในแต่ละวันมาผสมกันแล้วสุ่มมาประมาณ 500 กรัม นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนแห้ง หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์หา AIA รวมทั้งโภชนะที่เหลืออยู่ในมูล (AOAC, 1998) เพื่อคำนวณหาค่าการย่อยได้ของโภชนะ

การทดลองที่ 2.1.2 การย่อยได้ของโภชนะของพืชหมักด้วยวิธี Nylon Bag Technique

วิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่างพืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม มาอบในตู้อบลมร้อนด้วยอุณหภูมิ 60°C นาน 48 ชั่วโมง และบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร มาชั่งประมาณ 3 กรัม บรรจุในถุงไนลอนขนาด 7 x 15 เซนติเมตร ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้วและมีขนาดรูประมาณ 40 ไมโครเมตร
2. ใช้เชือกไนลอนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 1.5 เมตร และมีตุ้มถ่วงที่ปลาย แล้วสอดผ่านสายยางที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ที่เจาะรูไว้ จากนั้นนำถุงไนลอนไปผูกติดกับสายยางที่เจาะรูไว้
3. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วไปแช่ในกระเพาะรูเมน ที่ช่วงเวลาต่างๆ คือ 4, 8, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว นำถุงไนลอนออกจากกระเพาะในเวลาเดียวกัน

แล้วนำไปล้างด้วยน้ำไหล นานประมาณ 15 นาที หรือจนกว่าน้ำจะใส แล้วตัดเชือกในล่อนที่ใช้ผูกปากถุงออก จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

4. นำถุงในล่อนใส่ลงในโถดูความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักถุงและตัวอย่างอาหารที่เหลือ เพื่อคำนวณหาการสลายตัวของวัตถุแห้ง (dry matter degradation) โดยใช้สูตร

$$\% \text{ DM degradation} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไปหลังการหมัก} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งเริ่มต้น}}$$

5. คำนวณค่าตัวแปรจากการย่อยสลายของวัตถุแห้งด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Neway Excel Version 5.0 ตามสมการ $P = a + b(1 - e^{-ct})$ เมื่อ P = อัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่ชั่วโมง (t) ต่าง ๆ (%) a = จุดตัดแกน Y ของกราฟการย่อยสลายเมื่อเวลาเท่ากับศูนย์ชั่วโมงหรือส่วนของวัตถุแห้งที่ละลายได้ (%) b = ส่วนของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่หมักย่อยได้ในกระเพาะหมัก (%) e = ค่าลอการิทึม (natural logarithm) c = ค่าคงที่ของอัตราการย่อยสลาย (degradation rate constant) ของวัตถุแห้งที่ไม่ละลาย b (ต่อชั่วโมงหรือ h^{-1}) t = เวลาที่หมักอาหารไว้ในกระเพาะหมัก (ชั่วโมง) (Orskov and McDonald, 1979) คำนวณค่าอัตราการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งของอาหารที่ไหลผ่านกระเพาะหมัก (effective degradability, ED) ดังสมการ $ED = a + b \{c/(c+k)\}$ เมื่อ k คือค่าอัตราการไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะหมัก มีค่าประมาณ 0.02 ต่อชั่วโมง (Orskov and McDonald, 1979)

การทดลองที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมน

วิธีการทดลอง

1. ระยะเวลาทดลองมี 3 ระยะๆ ละ 21 วัน โดยทำการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนในวันที่ 21 ของแต่ละระยะ โดยสุ่มตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมน (rumen fluid) จากโคทดลองตัวละประมาณ 200 มล. ต่อครั้ง โดยจะสุ่มในชั่วโมงต่าง ๆ คือ ก่อนกินอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) และหลังจากกินอาหาร 4 และ 6 ชั่วโมงตามลำดับ แล้วนำของเหลวจากกระเพาะรูเมนมาวัดค่า pH โดยทันที ด้วยเครื่องวัด pH แบบ Hand pH meter รุ่น HI 98107

2. นำตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนประมาณ 80 มล. มาเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1 มล./ของเหลวจากกระเพาะรูเมน 10 มล. เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ แล้วจึงนำไปเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอา

เฉพาะส่วนใส (supernatant) ปริมาตร 10-15 มล. นำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็ง อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (ammonia nitrogen, $\text{NH}_3\text{-N}$) ตามวิธีของ AOAC (1998) และกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acid; VFA) โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีตามวิธีของ Josefa et al. (1999)

3. ทำการเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำใหญ่ที่คอ (jugular vein) ในช่วงเวลาที่ 0 และ 4 หลังจากที่ได้รับอาหารทดลอง แล้วเก็บส่วนของซีรัม ปริมาตร 1 มล. เก็บรักษาในตู้แช่แข็ง อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลองส่งตัวอย่างไปที่ โรงพยาบาลสัตว์เล็ก คณะสัตวแพทย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อวิเคราะห์หายูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) ด้วยวิธีการ Urea two steps enzymatic colorimetric test (โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Urea Liquicolor ของบริษัท Diagnostic ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางอาหาร และการสลายตัว ของโภชนะของพืชหมักจากเปลือกลำไยร่วมกับหญ้ากีนี ในระดับต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

1.1 ลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางอาหาร

ผลจากการประเมินลักษณะทางกายภาพของเปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้ากีนี โดยการให้คะแนนทางกายภาพ พบว่าทุกกลุ่มมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก (20 – 24 คะแนน) พืชหมักมีลักษณะส่วนประกอบเป็นชิ้นที่สมบูรณ์ ไม่แตกต่างจากลักษณะก่อนนำมาหมัก เปลือกและเมล็ดลำไยมีสีคงเดิม คือสีน้ำตาลทอง และหญ้ากีนีมีสีน้ำตาลปนเขียว พืชหมักมีกลิ่นหอม และรสเปรี้ยว ความฉ่ำน้ำมากขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณของหญ้ากีนี และการเสริมกากน้ำตาล พืชหมักจะมีความฉ่ำน้ำมากขึ้น เมื่อเพิ่มระดับของหญ้ากีนี และเสริมกากน้ำตาล (ตาราง 31)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยค่า pH ของพืชหมักจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับของหญ้ากีนี และค่า pH ของพืชหมักจะลดลงเมื่อเพิ่มเสริมกากน้ำตาล (ตาราง 32) โดยค่า pH ของปัจจัยด้านระดับเปลือกลำไยที่ 100, 80, 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 3.53, 3.68, 3.90 และ 4.08 ตามลำดับ และค่า pH ของปัจจัยด้านการไม่เสริมและเสริมกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 3.83 และ 3.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 33)

ตาราง 31 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกลำไยหมักร่วมกับยูกินินในระดับต่างๆ

กายภาพ	เปลือกลำไย 100%	เปลือกลำไย 80%	เปลือกลำไย 60%	เปลือกลำไย 40%	เปลือกลำไย 100%	เปลือกลำไย 80%	เปลือกลำไย 60%	เปลือกลำไย 40%
สี	เขียวอมเหลือง	เขียวอมเหลือง	เขียวอมเหลือง	เหลืองเขียว	เขียวอมเหลือง	เขียวอมเหลือง	เขียวอมเหลือง	เขียวอมเหลือง
กลิ่น	หอมคล้ายผลไม้	หอมคล้ายผลไม้	หอมคล้ายผลไม้	กลิ่นฉุน	หอมคล้ายผลไม้	หอมคล้ายผลไม้	หอมคล้ายผลไม้	หอมคล้ายผลไม้
เนื้อสัมผัส	ดอง	ดอง	ดอง	แน่น คงสภาพ	แน่น คงสภาพ	แน่น คงสภาพ	แน่น คงสภาพ	ดอง
คะแนนพืช	21.60	24.40	21.90	20.70	23.30	21.30	21.30	20.30
ค่า pH	3.52	3.74	3.98	4.11	3.55	3.63	3.83	4.04
ชั้นคุณภาพ	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก

หมายเหตุ A = ระดับของเปลือกลำไย

B = การเสริมกากน้ำตาล

ด้านผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร จากตาราง 32 พบว่า ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (DM) ของพืชหมักมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเพิ่มระดับหญ้ากีนีในพืชหมัก ซึ่งค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของปัจจัยด้านระดับเปลือกลำไยที่ 100, 80, 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 38.85, 36.43, 35.97 และ 36.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของปัจจัยด้านการไม่เสริมและเสริมกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 36.46 และ 37.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 33)

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใยรวม (CF) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเพิ่มระดับหญ้ากีนีในพืชหมัก โดยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใยรวมของปัจจัยด้านระดับเปลือกลำไยที่ 100, 80, 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 38.88, 39.30, 39.68 และ 40.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใยรวมของปัจจัยด้านการไม่เสริมและเสริมกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 39.48 และ 39.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สำหรับค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใยผนังเซลล์ (NDF) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ลิกโนเซลลูโลส (ADF) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเพิ่มระดับหญ้ากีนีในพืชหมัก โดยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใยผนังเซลล์ของปัจจัยด้านระดับเปลือกลำไยที่ 100, 80, 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 54.72, 55.60, 55.80 และ 56.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใยเยื่อใยผนังเซลล์ของปัจจัยด้านการไม่เสริมและเสริมกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 55.70 และ 55.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ลิกโนเซลลูโลสของปัจจัยด้านระดับเปลือกลำไยที่ 100, 80, 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 41.30, 42.41, 42.69 และ 43.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ลิกโนเซลลูโลสของปัจจัยด้านการไม่เสริมและเสริมกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 42.33 และ 42.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

พืชหมักทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน (CP) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนของปัจจัยด้านระดับเปลือกลำไยที่ 100, 80, 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 7.63, 7.61, 7.58 และ 7.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนของปัจจัยด้านการไม่เสริมและเสริมกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 7.60 และ 7.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตาราง 32 ค่า pH และองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญัากินนรีในระดับต่างๆ

รายการ	ไม่เสริมกากน้ำตาล					เสริมกากน้ำตาล					P value		
	เปลือกกล้วย					เปลือกกล้วย							
	เปลือกกล้วย 100%	80%	60%	40%	เปลือกกล้วย 100%	80%	60%	40%	เปลือกกล้วย 100%	80%	60%	40%	A B A*B
DM	38.49	36.37	35.49	35.48	39.21	36.49	36.45	36.65	39.21	36.49	36.45	36.65	* *
CP	7.62	7.59	7.56	7.64	7.64	7.63	7.66	7.59	7.64	7.63	7.66	7.59	NS NS
CF	38.81	39.12	39.70	40.31	38.95	39.49	39.67	40.64	38.95	39.49	39.67	40.64	* NS NS
NDF	54.69	55.74	55.74	56.65	54.75	55.47	55.86	56.93	54.75	55.47	55.86	56.93	* NS NS
ADF	41.28	42.31	42.73	43.03	41.32	42.51	42.65	43.02	41.32	42.51	42.65	43.02	* NS NS
pH	3.52	3.74	3.98	4.11	3.55	3.63	3.83	4.04	3.55	3.63	3.83	4.04	* * NS

หมายเหตุ

A = ระดับของเปลือกกล้วย

B = การเสริมกากน้ำตาล

ตาราง 33 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้ากีนี

	ระดับเปลือกกล้วย				Sig.	การเสริมกากน้ำตาล		
	100%	80%	60%	40%		ไม่เสริม	เสริม	Sig.
DM	38.85 ^c	36.43 ^b	35.97 ^a	36.06 ^{ab}	*	36.46 ^A	37.40 ^B	*
CP	7.63	7.61	7.58	7.62	*	7.60	7.63	NS
CF	38.88 ^a	39.30 ^{ab}	39.68 ^{ab}	40.47 ^c	*	39.48	39.68	NS
NDF	54.72 ^a	55.60 ^b	55.80 ^b	56.79 ^c	*	55.70	55.75	NS
ADF	41.30 ^a	42.41 ^b	42.69 ^b	43.03 ^b	*	42.33	42.38	NS
pH	3.53 ^a	3.68 ^b	3.90 ^c	4.08 ^c	*	3.83 ^B	3.76 ^A	*

หมายเหตุ

^{a-c} ค่าในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^{AB} ค่าในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

1.2 การสลายตัวของโภชนะในพืชหมัก โดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD)

จากการศึกษาการสลายตัวของโภชนะในพืชหมักที่มีเปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ โดยใช้เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM DaisyII) ตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) พบว่า ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง โปรตีน และเยื่อใยลิกโนเซลลูโลส ในพืชหมักทุกกลุ่มมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น (จาก 24 ชั่วโมง เป็น 48 ชั่วโมง) โดยค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของพืชหมักที่มีระดับเปลือกกล้วย 40 เปอร์เซ็นต์และเสริมกากน้ำตาล มีค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 42.27 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 34) ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งมีแนวโน้มลดลงตามระดับของเปลือกกล้วยที่เพิ่มขึ้น โดยค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของปัจจัยด้านระดับเปลือกกล้วยที่ 100, 80, 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 33.00, 35.48, 37.29 และ 41.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของปัจจัยด้านการไม่เสริมและเสริมกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 36.76 และ 36.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 35

ในช่วงโม่งที่ 48 ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของปัจจัยด้านระดับเปลือกกล้วยที่ 100, 80, 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 50.44, 50.79, 51.75 และ 53.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของปัจจัยด้านการไม่เสริมและเสริมกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 51.81 และ 51.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

พืชหมักมีค่าการสลายตัวของโปรตีนที่สอดคล้องกับค่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง โดยช่วงโม่งที่ 24 พบว่าค่าการสลายตัวของโปรตีนมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามระดับของเปลือกกล้วยที่เพิ่มขึ้น และเมื่อมีการเสริมกากน้ำตาล โดยพืชหมักที่มีระดับเปลือกกล้วย 40 เปอร์เซ็นต์และเสริมกากน้ำตาล มีค่าการสลายตัวของโปรตีนสูงที่สุดเท่ากับ 44.58 เปอร์เซ็นต์ และพืชหมักที่มีระดับเปลือกกล้วย 100 เปอร์เซ็นต์และเสริมกากน้ำตาล มีค่าการสลายตัวของโปรตีนต่ำที่สุดเท่ากับ 36.63 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 34) โดยค่าการสลายตัวของโปรตีนของปัจจัยด้านระดับเปลือกกล้วยที่ 100, 80, 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 36.90, 38.10, 40.14 และ 42.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าการสลายตัวของโปรตีนของปัจจัยด้านการไม่เสริมและเสริมกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 39.17 และ 40.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 35)

ค่าการสลายตัวของโปรตีนจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการแช่บ่ม โดยช่วงโม่งที่ 48 ค่าการสลายตัวของโปรตีนของพืชหมักในกลุ่มที่มีเปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้ากีนี (40:60) และเสริมกากน้ำตาลมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 54.16 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยค่าการสลายตัวของโปรตีนของปัจจัยด้านระดับเปลือกกล้วย มีค่าเท่ากับ 52.00, 52.46, 52.37 และ 54.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าการสลายตัวของโปรตีนของปัจจัยด้านการไม่เสริมและเสริมกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 52.71 และ 52.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ค่าการสลายตัวของเยื่อใยลิกโนเซลลูโลสในพืชหมักในช่วงโม่งที่ 24 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อมีการเสริมกากน้ำตาล และการเพิ่มระดับเปลือกกล้วย โดยพืชหมักที่มีระดับเปลือกกล้วย 40 เปอร์เซ็นต์และเสริมกากน้ำตาล มีค่าการสลายตัวของเยื่อใยลิกโนเซลลูโลสสูงที่สุดเท่ากับ 48.01 เปอร์เซ็นต์ และพืชหมักที่มีระดับเปลือกกล้วย 100 เปอร์เซ็นต์และเสริมกากน้ำตาล มีค่าการสลายตัวของโปรตีนต่ำที่สุดเท่ากับ 45.22 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 34) โดยค่าการสลายตัวของเยื่อใยลิกโนเซลลูโลสของปัจจัยด้านระดับเปลือกกล้วยที่ 100, 80, 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 45.83, 45.90, 45.48 และ 47.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปัจจัยด้านการไม่

เสริมและเสริมกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 45.08 และ 46.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตาราง 35)

ในช่วงเวลาที่ 48 พืชหมักที่มีระดับเปลือกกล้วย 40 เปอร์เซ็นต์และเสริมกากน้ำตาล มีค่าการสลายตัวของเชื้อไฮลิกโนเซลลูโลสสูงที่สุดเท่ากับ 60.15 เปอร์เซ็นต์ และพืชหมักที่มีระดับเปลือกกล้วย 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 56.55 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 34) โดยค่าการสลายตัวของเชื้อไฮลิกโนเซลลูโลสของปัจจัยด้านระดับเปลือกกล้วยที่ 100, 80, 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 57.31, 58.32, 59.05 และ 58.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปัจจัยด้านการไม่เสริมและเสริมกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 57.37 และ 59.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารและผลการศึกษการสลายตัวของโกษนะในพืชหมักที่มีเปลือกกล้วยร่วมกับหญ้ากินนี พบว่าพืชหมักที่มีระดับเปลือกกล้วย 40 เปอร์เซ็นต์และเสริมกากน้ำตาล มีค่าคุณค่าทางอาหาร และค่าการสลายตัวของโกษนะ สูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกพืชหมักที่มีระดับเปลือกกล้วย 40 เปอร์เซ็นต์และเสริมกากน้ำตาล เพื่อใช้เป็นแหล่งของพืชหมักสำหรับการทดลองที่ 2 ต่อไป

ตาราง 34 ค่าการสลายตัวของโพทอะในชั่วโมงที่ 24 และ 48 ของพืชหมักด้วยวิธี IVTD (%)

รายการ	P value									
	24 ชั่วโมง					48 ชั่วโมง				
	เปลือกลำไย 100%	เปลือกลำไย 80%	เปลือกลำไย 60%	เปลือกลำไย 40%	เปลือกลำไย 100%	เปลือกลำไย 80%	เปลือกลำไย 60%	เปลือกลำไย 40%	A	B
DMI	33.29	35.88	37.97	39.89	32.71	35.08	36.61	42.27	*	NS
CP	37.17	38.51	40.50	40.51	36.63	37.70	39.78	44.58	*	NS
ADF	45.22	45.60	45.45	46.84	46.44	46.20	45.52	48.01	*	NS
DMI	49.90	50.51	52.99	53.17	50.98	51.08	50.51	54.33	*	NS
CP	51.75	52.38	52.87	53.85	52.25	52.54	52.17	54.16	*	NS
ADF	56.55	56.60	58.79	57.55	58.07	60.03	59.32	60.15	*	NS

หมายเหตุ A = ระดับของเปลือกลำไย

B = การเสริมกากน้ำตาล

ตาราง 35 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโภชนะในชั่วโมงที่ 24 และ 48 ของพืชหมักด้วยวิธี IVTD

	ระดับเปลือกลำไย					การเสริมกากน้ำตาล		
	100%	80%	60%	40%	Sig.	ไม่เสริม	เสริม	Sig.
			24 ชั่วโมง			24 ชั่วโมง		
DM	33.00 ^a	35.48 ^b	37.29 ^c	41.08 ^d	*	36.76	36.67	NS
CP	36.90 ^a	38.10 ^b	40.14 ^c	42.54 ^d	*	39.17 ^A	40.67 ^B	*
ADF	45.83 ^a	45.90 ^a	45.48 ^a	47.43 ^b	*	45.08 ^A	46.23 ^B	*
			48 ชั่วโมง			48 ชั่วโมง		
DM	50.44 ^a	50.79 ^a	51.75 ^b	53.75 ^c	*	51.81	51.72	NS
CP	52.00 ^a	52.46 ^a	52.37 ^a	54.01 ^b	*	52.71	52.78	NS
ADF	57.31 ^a	58.32 ^b	59.05 ^b	58.85 ^b	*	57.37 ^A	59.39 ^B	*

หมายเหตุ ^{a-d} ค่าในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

^{AB} ค่าในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะและการเปลี่ยนแปลง ของผลผลิตที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนของโคนม

2.1 การย่อยได้ของโภชนะในสัตว์ทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของพืชหมัก จากตาราง 36 พบว่า ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เยื่อใยผนังเซลล์และเยื่อใยลิกโนเซลลูโลส มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเพิ่มระดับของเปลือกลำไย ซึ่งพืชหมัก G = หญ้ากีนีหมัก (กลุ่มควบคุม), พืชหมัก G+GL = หญ้ากีนีหมัก (50%) และเปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้ากีนี (40:60) + กากน้ำตาล 2% (50%) และพืชหมัก GL = เปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้ากีนี (40:60) + กากน้ำตาล โดยค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้งมีค่าเท่ากับ 34.33, 35.90 และ 37.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของโปรตีนมีค่าเท่ากับ 7.74, 7.41 และ 7.58 เปอร์เซ็นต์ในวัตถุแห้ง ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของเยื่อใยผนังเซลล์มีค่าเท่ากับ 64.31, 67.53 และ 71.48 เปอร์เซ็นต์ในวัตถุแห้ง ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของเยื่อใยลิกโนเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 44.28, 46.76 และ 50.01 เปอร์เซ็นต์ในวัตถุแห้ง ตามลำดับ

ตาราง 36 คุณค่าทางโภชนะของพืชหมัก

พืชหมัก	%DM			
	%DM	CP	NDF	ADF
G	34.33 ^a	7.74	64.31 ^a	44.28 ^a
G+GL	35.90 ^b	7.41	67.53 ^b	46.76 ^b
GL	37.16 ^c	7.58	71.48 ^c	50.01 ^c
P-value	*	NS	*	*

หมายเหตุ ^{a-c} ค่าในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
G = หญ้ากีนีหมัก (กลุ่มควบคุม)

G+GL = หญ้ากีนีหมัก (50%) และเปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้ากีนี 40:60 + กากน้ำตาล 2% (50%)
 GL = เปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้ากีนี 40:60 + กากน้ำตาล 2%

2.1.1 การย่อยได้ของโภชนะในพืชหมักโดยวิธีใช้สารบ่งชี้

ผลการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะ (total tract digestibility) โดยใช้สารบ่งชี้ คือ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash ; AIA) พบว่ากลุ่มหญ้ากีนีหมักหรือกลุ่ม G มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใยผนังเซลล์ และเยื่อใยลิกโนเซลลูโลส สูงที่สุดคือ 61.54, 59.12, 52.91 และ 45.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และกลุ่ม GL มีค่าการย่อยได้ของโภชนะต่ำที่สุดคือ 59.24, 57.33, 50.00 และ 41.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 37

ตาราง 37 ค่าการย่อยได้ของโภชนะของกลุ่มทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

โคทดลอง	ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะ (%)			
	DMD	DCP	DNDF	DADF
G	61.54	59.12	52.91	45.11 ^b
G+GL	59.78	58.89	50.22	42.99 ^a
GL	59.24	57.33	50.00	41.23 ^a
P-value	NS	NS	NS	*

หมายเหตุ ^{ab} ค่าในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งของกลุ่มทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 61.54, 59.24 และ 59.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยกลุ่ม G (หญ้ากีนีหมัก) มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 61.54 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มเปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้ากีนี (40:60) + กากน้ำตาล หรือกลุ่ม GL มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งต่ำที่สุดเท่ากับ 59.24 เปอร์เซ็นต์

ด้านค่าการย่อยได้ของโปรตีน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในกลุ่มทดลอง โดยมีค่าเท่ากับ 59.12, 58.89 และ 57.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยกลุ่ม G มีค่าการย่อยได้

ของโปรตีนสูงที่สุดเท่ากับ 59.12 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่ม GL มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งต่ำที่สุดเท่ากับ 57.33 เปอร์เซ็นต์

เช่นเดียวกับค่าการย่อยได้ของเยื่อใยผนังเซลล์ (NDF) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 52.91, 50.22 และ 50.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยกลุ่ม G มีค่าการย่อยได้ของเยื่อใยผนังเซลล์สูงที่สุดเท่ากับ 52.91 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่ม GL มีค่าการย่อยได้ของเยื่อใยผนังเซลล์ต่ำที่สุดเท่ากับ 50.00 เปอร์เซ็นต์

แต่ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใย ADF หรือลิกโนเซลลูโลส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.11, 42.99 และ 41.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยกลุ่ม G มีค่าการย่อยได้ของเยื่อใย ADF สูงที่สุดเท่ากับ 45.11 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่ม GL มีค่าการย่อยได้ของเยื่อใย ADF ต่ำที่สุดเท่ากับ 41.23 เปอร์เซ็นต์

2.1.2 การย่อยได้ของโภชนะในพีชหมักโดยวิธีใช้ Nylon Bag Technique

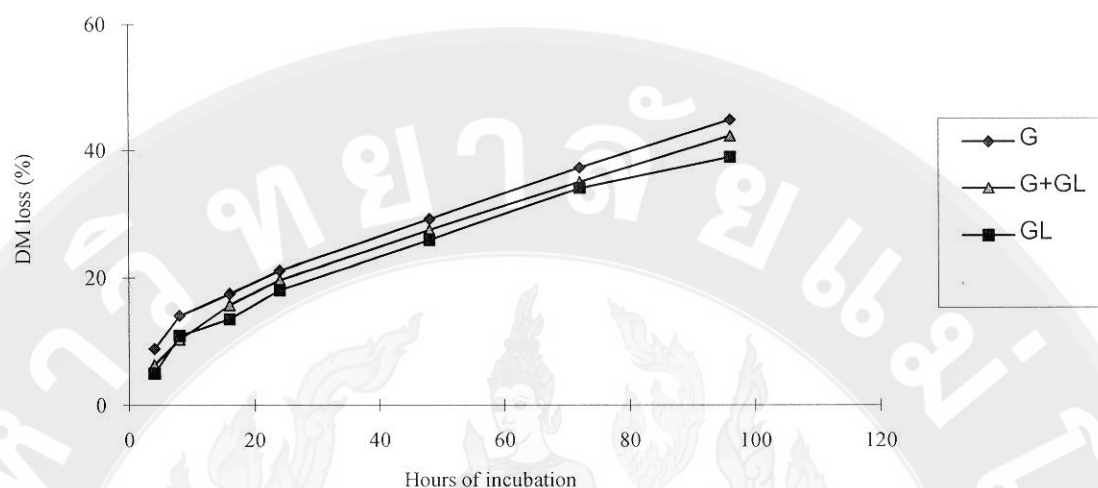
พบว่า ค่าการสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนของทุกกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อชั่วโมงการแช่บ่มเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มระดับของเปลือกกล้วยในพีชหมักทำให้ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 8, 12, 72 และ 96 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยไม่พบความแตกต่างในชั่วโมงที่ 4, 24 และ 48 ดังแสดงในตาราง 38 และภาพ 5

ตาราง 38 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมน

การย่อยสลาย ของวัตถุแห้ง (%)	G	G+ GL	GL	Sig.
4 ชั่วโมง	8.94	6.41	5.05	NS
8 ชั่วโมง	14.13 ^b	10.42 ^a	11.02 ^a	*
12 ชั่วโมง	17.47 ^b	15.80 ^{ab}	13.61 ^a	*
24 ชั่วโมง	21.13	19.65	18.05	NS
48 ชั่วโมง	29.05	27.38	25.86	NS
72 ชั่วโมง	37.21 ^b	34.92 ^a	33.93 ^a	*
96 ชั่วโมง	44.85 ^b	42.27 ^{ab}	38.90 ^a	*

หมายเหตุ^{ab} ค่าในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

Degradation curve



ภาพ 5 การย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนในช่วงเวลาต่างๆ

ค่าพารามิเตอร์การสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของพืชหมัก ที่คำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY พบว่า การเพิ่มระดับของเปลือกกล้วยในพืชหมักทำให้ค่า วัตถุแห้งที่ละลายได้ (a), วัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่หมักย่อยได้ (b), อัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่ไม่ละลาย (c), ค่าศักยภาพในการย่อยสลายได้สูงสุดของวัตถุแห้ง (P) และ ค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังแสดงในตาราง 39

ตาราง 39 ค่าพารามิเตอร์การสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมน

พารามิเตอร์การสลายตัว	G	G+ GL	GL	Sig.
a (%)	22.99 ^c	17.97 ^b	15.89 ^a	*
b (%)	36.47 ^c	34.39 ^b	32.88 ^a	*
c (%h ⁻¹)	0.022 ^c	0.020 ^b	0.018 ^a	*
P (%)	59.46 ^c	52.36 ^b	48.77 ^a	*
$ED_{0.05}$ (%)	40.68 ^c	35.72 ^b	33.62 ^a	*

หมายเหตุ ^{abc} ค่าในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

a = วัตถุแห่งที่ละลายได้ทันที

b = วัตถุแห่งที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดขบวนการหมักได้

c = อัตราการย่อยสลายของวัตถุแห่งที่ไม่ละลายต่อชั่วโมง

P = ค่าศักยภาพในการย่อยสลายได้สูงสุดของวัตถุแห่ง

ED_{0.05} = ค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห่ง ที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง

2.2 การเปลี่ยนแปลงผลผลิตในกระเพาะรูเมน

2.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมน

ค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมนก่อนที่โคได้กินอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าระหว่าง 6.77-7.11 แต่หลังจากได้กินอาหาร 4 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในของเหลวกระเพาะรูเมนทุกกลุ่มทดลองมีค่าลดลง โดยในชั่วโมงที่ 4 หลังได้กินอาหารค่าความเป็นกรด-ด่างของเหลวในกระเพาะรูเมนของโคทุกกลุ่มการทดลองมีค่าลดลงเล็กน้อยระหว่าง 6.55 - 6.64 และค่าความเป็นกรด-ด่างจะเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 6 โดยในชั่วโมงที่ 6 หลังได้กินอาหาร ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 6.50 - 6.87 โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมนของโคทดลองในทุกชั่วโมงที่มีการตรวจวัด คือ ก่อนกินอาหาร (0 ชั่วโมง) หลังกินอาหาร 4 และ 6 ชั่วโมง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตาราง 40

ตาราง 40 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนที่เกิดจากการหมักพืชหมักชนิดต่างๆ

พืชหมัก	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		
	ชั่วโมงที่ 0	ชั่วโมงที่ 4	ชั่วโมงที่ 6
G	6.77 ±0.07	6.59 ±0.21	6.61 ±0.29
G+GL	6.96 ±0.19	6.64 ±0.05	6.87 ±0.09
GL	7.11 ±0.16	6.55 ±0.07	6.50 ±0.16
P-value	NS	NS	NS

2.2.2 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน

ทุกกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ในชั่วโมงที่ 0 ก่อนได้รับอาหาร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 5.85, 5.99 และ 6.42 ตามลำดับ แต่หลังจากให้อาหารในชั่วโมงที่ 4 ค่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าสูงที่สุดอย่างเห็นได้ชัด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.46, 8.27 และ 10.69 mg/dl ตามลำดับ และในชั่วโมงที่ 6 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าลดลงเล็กน้อยเท่ากับ 8.41, 6.56 และ 5.28 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตาราง 41

ตาราง 41 ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน

พืชหมัก	ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (mg/dl)		
	0 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง
G	5.85 ±0.42	10.41 ±0.85	8.41 ^b ±0.99
G+GL	5.99 ±0.28	8.27 ±0.43	6.56 ^{ab} ±0.52
GL	6.42 ±0.17	10.69 ±0.95	5.28 ^a ±0.71
P-value	NS	NS	*

หมายเหตุ

^{ab} ค่าในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.2.3 ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด

ค่าเฉลี่ยปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) ของโคทดลองทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าทุกกลุ่มการทดลอง ก่อนโคได้รับอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 8.95, 8.48 และ 8.83 mg/dl และหลังจากได้รับอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดของทุกกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 10.50, 9.86 และ 10.36 mg/dl ตามลำดับ โดยกลุ่ม GL มีค่าปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดต่ำที่สุด เท่ากับ 9.86 mg/dl ดังแสดงในตาราง 42

ตาราง 42 ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อปริมาณค่าเฉลี่ยของยูเรียไนโตรเจนในเลือด

พืชหมัก	BUN (mg/dl)	
	0 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง
G	8.95 $\pm$ 0.45	10.50 ^b $\pm$ 0.26
G+GL	8.48 $\pm$ 0.31	9.86 ^a $\pm$ 0.85
GL	8.83 $\pm$ 0.34	10.36 ^b $\pm$ 0.32
P-value	NS	*

หมายเหตุ ^{ab} ค่าในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.2.4 ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมน พบว่าค่าผลรวมของกรดไขมันระเหยง่าย (กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก) ของโคทดลองที่ได้รับพืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม ในชั่วโมงที่ 0 และ 4 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าในชั่วโมงที่ 6 ค่าผลรวมของกรดไขมันระเหยง่ายของโคที่ได้รับพืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าผลรวมของกรดไขมันระเหยง่ายในชั่วโมงที่ 0 เท่ากับ 47.42, 51.57 และ 52.31 mM/L ตามลำดับ ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวมที่เกิดจากการ

หมักพืชหมักทุกกลุ่มทดลองในชั่วโมงที่ 4 มีค่าเท่ากับ 64.45, 62.36 และ 65.11 mM/L ตามลำดับ และปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวมที่เกิดจากการหมักพืชหมักทุกกลุ่มในชั่วโมงที่ 6 มีค่าเท่ากับ 51.61, 60.09 และ 50.19 mM/L ตามลำดับ โดยกลุ่ม G มีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวมสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตาราง 43

ตาราง 43 ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวมทั้งหมด (C2+C3+C4)

พืชหมัก	ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวม (mM/L)		
	ชั่วโมงที่ 0	ชั่วโมงที่ 4	ชั่วโมงที่ 6
G	47.42 $\pm$ 1.15	64.45 $\pm$ 2.87	60.09 ^b $\pm$ 1.80
G+GL	51.57 $\pm$ 2.55	62.36 $\pm$ 2.01	51.61 ^a $\pm$ 1.63
GL	52.31 $\pm$ 2.40	65.11 $\pm$ 1.65	50.19 ^a $\pm$ 1.56
P-value	NS	NS	*

หมายเหตุ ^{ab} ค่าในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อวัดปริมาณกรดอะซิติก ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลาต่างๆกัน คือ 0, 4 และ 6 ชั่วโมง หลังจากการให้อาหาร พบว่า ก่อนกินอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) ปริมาณกรดอะซิติกในกระเพาะรูเมนของทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักเท่ากับ 32.67, 32.27 และ 35.76 mM/L ตามลำดับ และหลังจากให้อาหาร 4 ชั่วโมง กรดอะซิติกจะมีปริมาณมากที่สุดในกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด โดยกลุ่ม GL ที่มีเปลือกลำไยและหญ้ากินนีหมักในอัตราส่วน 40:60 และใช้กากน้ำตาลเป็นสารช่วยหมัก มีค่ากรดอะซิติกสูงสุดคือ 41.29 mM/ และกลุ่ม G+GL และ G มีค่าต่ำรองลงมาเท่ากับ 38.00 และ 38.58 mM/L ตามลำดับ ปริมาณกรดอะซิติกจะเริ่มลดลงในชั่วโมงที่ 6 โดยปริมาณกรดอะซิติกของพืชหมักทุกกลุ่มในชั่วโมงที่ 6 มีค่าเท่ากับ 36.90, 39.40 และ 38.09 mM/L ตามลำดับ โดยกลุ่ม GL มีปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุดเท่ากับ 39.40 mM/L และกลุ่ม G มีปริมาณกรดอะซิติกต่ำที่สุดเท่ากับ 36.90 mM/L ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดอะซิติกของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตาราง 44

ตาราง 44 ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดอะซิติกในกระเพาะรูเมน

พืชหมัก	กรดอะซิติก (mM/L)		
	ชั่วโมงที่ 0	ชั่วโมงที่ 4	ชั่วโมงที่ 6
G	32.67 ±1.15	38.00 ±0.82	39.40 ±0.87
G+GL	32.27 ±0.67	38.58 ±1.48	36.90 ±0.55
GL	35.76 ±0.71	41.29 ±2.04	38.09 ±1.14
P-value	NS	NS	NS

ในชั่วโมงที่ 0 กรดโพรพิโอนิกมีปริมาณมากเป็นอันดับที่ 2 รองจากกรดอะซิติก ปริมาณกรดโพรพิโอนิกของกลุ่มทดลอง มีค่าเท่ากับ 13.87, 16.73 และ 14.01 mM/L ตามลำดับ โดยกลุ่ม G+GL มีค่าสูงสุดคือ 16.73 mM/L และกลุ่มที่ G มีค่าต่ำที่สุด คือ 13.87 mM/L ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณกรดโพรพิโอนิกของพืชหมักทุกกลุ่มจะมีค่าสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 4 โดยกลุ่ม G มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดโพรพิโอนิกสูงที่สุดเท่ากับ 23.82 mM/L และกลุ่ม G+GL และ G มีปริมาณกรดโพรพิโอนิกต่ำที่สุดเท่ากับ 18.23 และ 18.97 mM/L ตามลำดับ โดยปริมาณกรดโพรพิโอนิกของในชั่วโมงที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และปริมาณของกรดโพรพิโอนิกจะเริ่มลดลงในชั่วโมงที่ 6 โดยกลุ่ม G มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดโพรพิโอนิกสูงที่สุดเท่ากับ 19.66 mM/L และกลุ่ม G+GL และ GL มีปริมาณกรดโพรพิโอนิกต่ำที่สุดเท่ากับ 12.41 และ 11.43 mM/L ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตาราง 45

ตาราง 45 ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดโปรปิโอนิกในกระเพาะรูเมน

พืชหมัก	กรดโปรปิโอนิก (mM/L)		
	ชั่วโมงที่ 0	ชั่วโมงที่ 4	ชั่วโมงที่ 6
G	13.87 ±0.80	23.82 ^b ±1.10	19.66 ^b ±0.75
G+GL	16.73 ±0.91	18.23 ^a ±0.54	12.41 ^a ±1.04
GL	14.01 ±0.83	18.97 ^a ±0.91	11.43 ^a ±0.98
P-value	NS	*	*

หมายเหตุ ^{ab} ค่าในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณกรดบิวทีริกที่เกิดจากหมักพืชหมักทุกกลุ่ม มีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกรดอะซิติกและกรดโปรปิโอนิก โดยในชั่วโมงที่ 0 (ก่อนกินอาหาร) กรดบิวทีริกมีค่าเท่ากับ 0.88, 2.57 และ 2.54 mM/L ตามลำดับ และปริมาณกรดบิวทีริกของพืชหมักทุกกลุ่มจะมีค่าสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 4 เท่ากับ 2.63, 5.55 และ 4.85 mM/L ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณกรดอะซิติกและกรดโปรปิโอนิก ปริมาณของกรดบิวทีริกจะเริ่มลดลงในชั่วโมงที่ 6 โดยปริมาณกรดบิวทีริกของพืชหมักทุกกลุ่มในชั่วโมงที่ 6 มีค่าเท่ากับ 1.03, 2.30 และ 0.67 mM/L ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยปริมาณกรดบิวทีริกของพืชหมักแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตาราง 46

ตาราง 46 ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมน

พืชหมัก	กรดบิวทีริก (mM/L)		
	ชั่วโมงที่ 0	ชั่วโมงที่ 4	ชั่วโมงที่ 6
G	0.88 ±0.11	2.63 ±0.55	1.03 ±0.21
G+GL	2.57 ±0.34	5.55 ±0.97	2.30 ±0.66
GL	2.54 ±0.53	4.85 ±0.85	0.67 ±0.08
P-value	NS	NS	NS

อัตราส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายที่เกิดขึ้นจากการหมักของพืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยสัดส่วนของ กรดอะซิติก : กรดโพรปิโอนิก : กรดบิวทีริก ($C_2:C_3:C_4$) มีค่าเท่ากับ 62:35:3, 66:27:7 และ 69:26:5 และเมื่อเทียบเป็นสัดส่วนของ กรดอะซิติก : กรดโพรปิโอนิก ($C_2:C_3$) มีค่าเท่ากับ 1.77, 2.44 และ 2.65 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่ม GL มีค่าเฉลี่ยสัดส่วน $C_2:C_3$ มากที่สุดเท่ากับ 2.65 รองลงมาได้แก่กลุ่ม G+GL และ G ตามลำดับ ดังตาราง 47

ตาราง 47 ผลของพืชหมักชนิดต่างๆ ต่อค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของกรดไขมันระเหยง่าย

พืชหมัก	%molar			
	กรดอะซิติก	กรดโพรปิโอนิก	กรดบิวทีริก	สัดส่วน $C_2:C_3$
G	62 ^a	35 ^b	3 ^a	1.77 ^a
G+GL	66 ^b	27 ^a	7 ^c	2.44 ^b
GL	69 ^c	26 ^a	5 ^b	2.65 ^c
P-value	*	*	*	*

หมายเหตุ ^{abc} ค่าในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางอาหาร และการสลายตัวของโภชนะของพืชหมักจากเปลือกกล้วยร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ

1.1 ลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางอาหาร

ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของพืชหมักจากเปลือกกล้วยร่วมกับหญ้ากีนีในระดับต่างๆ ในกลุ่มที่ไม่ใส่กากน้ำตาล พบว่าเปลือกกล้วยและหญ้ากีนีนุ่มขึ้น แต่ไม่ชุ่มฉ่ำ เหมือนกับกลุ่มที่ใส่กากน้ำตาล มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ เหมือนผลไม้ดอง แสดงให้เห็นว่าสามารถนำเปลือกกล้วยมาทำพืชหมักร่วมกับหญ้ากีนีได้ เป็นผลเนื่องจากเมื่อเริ่มกระบวนการหมักแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) จะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว โดยทำการหมักสลายแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate) ทำให้เกิดกรดแลคติก ซึ่งทำให้ค่า pH ของพืชหมักลดลงอย่างรวดเร็ว โดยกรดแลคติกจะเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการทำพืชหมัก เมื่อค่า pH ลดลงถึงจุด ๆ หนึ่งจะมีผลให้จุลินทรีย์ชะงักการเจริญเติบโต และที่ pH 3.8-4.0 กิจกรรมของจุลินทรีย์จะหยุดลงทั้งหมด (ปราโมช, 2543) จากการสังเกตพบว่ามีกลิ่นฉุนของหญ้ากีนีมากขึ้นเมื่อเพิ่มระดับหญ้าในพืชหมัก เปลือกกล้วยมีสีคงเดิม คือมีสีน้ำตาลทอง ส่วนหญ้ากีนีจะออกสีน้ำตาลปนเขียว สามารถผสมเข้ากันได้ดีกับเปลือกกล้วย

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยประมาณ 3.52-4.11 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ย pH ที่เหมาะสมของพืชหมักที่ดี สอดคล้องกับการรายงานของ สายขิม และคณะ (2553) กล่าวว่าพืชหมักที่ดีควรมีค่า pH น้อยกว่า 4.5 และพืชหมักที่มีค่า pH มากกว่า 5.1 จัดว่ามีคุณภาพเลว แต่แตกต่างกับการรายงานของ Merry et al. (2006) ที่รายงานว่า พืชหมักที่ดีควรมีค่า pH น้อยกว่า 4.0 โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับของหญ้ากีนีในพืชหมัก ค่า pH ในกลุ่มที่ไม่ใส่กากน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 3.52, 3.74, 3.98 และ 4.11 และกลุ่มที่ใส่กากน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 3.55, 3.63, 3.83 และ 4.04 ตามลำดับ สาเหตุสำคัญที่ทำให้ค่า pH ของพืชหมักลดลงน่าจะเป็นผลจากการใช้กากน้ำตาล เนื่องจากกากน้ำตาลเป็นสารเสริมที่ช่วยในการหมัก ที่มีส่วนช่วยเร่งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในพืชหมัก และสามารถผลิตกรดได้เร็วขึ้นจึงทำให้ค่า pH ลดลง (วิศิษฐ์พร, 2544) นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าเมื่อเปลือกกล้วยเพิ่มขึ้น ค่า pH ลดลง และน่าจะเป็นผลรวมจากเปลือกกล้วยมีความชื้นจากน้ำตาลในเนื้อที่เหลือจากการแยกเอาน้ำออกจากเปลือก ซึ่ง พาวัน (2543) รายงานว่า

เมื่อลำไยมีน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุคโตส และน้ำตาลซูโครส เป็นองค์ประกอบ ซึ่งส่งเสริมให้จุลินทรีย์ผลิตกรดได้มากขึ้น ดังนั้นเมื่อเปลือกลำไยเพิ่มขึ้น ค่า pH จึงลดลง สอดคล้องกับการรายงานของ บุญส่ง และคณะ (2555) ที่กล่าวว่าหญ้างูกินนี้หมักมีค่า pH ค่อนข้างสูง (4.73) ทำให้ค่า pH ของเปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้างูกินนี้เพิ่มขึ้นตามระดับของหญ้างูกินนี้

ด้านคุณค่าทางอาหาร พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (DM) ของพืชหมัก ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อลดระดับของเปลือกลำไย เป็นผลจากเปลือกลำไยมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงกว่าหญ้างูกินนี้ สอดคล้องกับรายงานของ Srumsiri and Silman (2012) ได้รายงานที่วัตถุแห้งของเปลือกลำไยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.72% ในขณะที่ Fleischer et al. (1996) รายงานว่าวัตถุแห้งของหญ้างูกินนี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.39% สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยเยื่อใยรวม (CF) เยื่อใยผนังเซลล์ (NDF) และ ลิกโนเซลลูโลส (ADF) ของพืชหมักมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อระดับของหญ้างูกินนี้เพิ่มขึ้น ซึ่ง Srumsiri and Silman (2012) รายงานจากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเปลือกลำไย พบว่ามีค่าเฉลี่ยเยื่อใยรวม (CF) เยื่อใยผนังเซลล์ (NDF) และลิกโนเซลลูโลส (ADF) เท่ากับ 23.43%, 54.24% และ 41.86% ในวัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าหญ้างูกินนี้ สอดคล้องกับรายงานของ Aganga and Tshwenyane (2004) กล่าวว่าหญ้างูกินนี้มีค่าเฉลี่ยเยื่อใยรวม 41.70% และ บุญส่ง และคณะ (2555) รายงานว่าหญ้างูกินนี้มีค่าเฉลี่ยเยื่อใยผนังเซลล์ 72.90% นอกจากนี้ เสมอใจ และคณะ (2554) รายงานว่าหญ้างูกินนี้มีค่าเฉลี่ยลิกโนเซลลูโลส 45.35% สำหรับค่าเฉลี่ยโปรตีน (CP) ของพืชหมักทุกกลุ่มไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) เนื่องจากค่าเฉลี่ยโปรตีนของหญ้างูกินนี้และเปลือกลำไยมีค่าใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับรายงานของ Aganga and Tshwenyane (2004) รายงานว่า ค่าเฉลี่ยโปรตีนรวมของหญ้างูกินนี้ที่ตัดประมาณ 10 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 7.20% และ สุชาติพิย์ (2553) รายงานว่าค่าเฉลี่ยโปรตีนของเปลือกลำไยเท่ากับ 6.94%

นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมกากน้ำตาลในพืชหมักมีผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (DM) ของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งเป็นผลจากกากน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ และเป็นไปได้ว่าในกลุ่มที่ไม่เสริมกากน้ำตาลมีปริมาณน้ำตาลไม่เพียงพอสำหรับให้จุลินทรีย์ผลิตกรดแลกติกและกรดอะซิติกในกระบวนการหมัก จึงส่งผลให้จุลินทรีย์ใช้โภชนะจากพืชในการผลิตกรดแลกติกและกรดอะซิติกในกระบวนการหมักแทน สอดคล้องกับ Bustos et al. (2005) พบว่าในกรณีที่ไม่มีหรือมีน้ำตาลกลูโคสไม่เพียงพอ แบคทีเรีย *Lactobacillus pentosus* สามารถผลิตกรดแลกติกและกรดอะซิติกได้ โดยการ

ใช้น้ำตาลเพนโทสจากเฮมิเซลลูโลสแทนได้ ซึ่งส่งผลให้กลุ่มที่ไม่เสริมกากน้ำตาลมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งต่ำ

1.2 การสลายตัวของโภชนะในพืชหมัก โดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD)

การสลายตัวของโภชนะ (วัตถุแห้ง โปรตีน และลิกโนเซลลูโลส) ของพืชหมักมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น (จาก 24 ชั่วโมง เป็น 48 ชั่วโมง) ในชั่วโมงที่ 24 และ 48 พบว่า ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อระดับของหญ้ากีนีเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่ใช้เปลือกกล้วย 40% มีค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งสูงที่สุด ซึ่งเป็นผลจากโภชนะที่ย่อยง่ายในหญ้ากีนีสูงกว่าเปลือกกล้วย และอาจเป็นไปได้ว่าเปลือกกล้วยมีส่วนประกอบของลิกนินที่น้อยไม่ได้อยู่สูง สอดคล้องกับ Robinson et al. (1999) ที่รายงานว่า ลิกนินสามารถทนทานต่อการย่อยของกรด และไม่มีเอนไซม์ของสัตว์ชนิดใดที่สามารถย่อยได้ การลดระดับของเปลือกกล้วยจึงน่าจะส่งผลให้ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้น

ค่าการสลายตัวของโปรตีนในชั่วโมงที่ 24 และ 48 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อระดับของหญ้ากีนีเพิ่มขึ้น ซึ่งจากรายงานของ Man and Wiktorsson (2001) ที่ได้ศึกษาค่าการสลายตัวของโปรตีนของหญ้ากีนีในโคสาวพันธุ์ไฮลอสไตร์ พบว่ามีค่าการสลายตัวของโปรตีนเท่ากับ 63.02% ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าเปลือกกล้วยจากรายงานของ Srumsiri and Silman (2012) ซึ่งมีค่าการสลายตัวของโปรตีนของเปลือกกล้วยในชั่วโมงที่ 24 และ 48 เท่ากับ 31.29% และ 39.89 % ตามลำดับ เมื่อเพิ่มระดับของหญ้ากีนีจึงน่าจะส่งผลให้การสลายตัวของโปรตีนเพิ่มขึ้น

ค่าการสลายตัวของลิกโนเซลลูโลส ในชั่วโมงที่ 24 และ 48 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อระดับของหญ้ากีนีเพิ่มขึ้น เนื่องจากลิกโนเซลลูโลสคือส่วนที่เป็นลิกนิน และเซลลูโลส ซึ่งเป็นไปได้ว่าเปลือกกล้วยมีส่วนประกอบของลิกนินสูง ซึ่ง Dale et al. (2012) กล่าวว่า การย่อยได้ของพืชอาหารสัตว์จะขึ้นอยู่กับปริมาณของลิกนิน หากพืชมีปริมาณลิกนินสูง จะทำให้การย่อยได้ลดลง การลดระดับของเปลือกกล้วยจึงน่าจะส่งผลให้ค่าการสลายตัวของลิกโนเซลลูโลสเพิ่มขึ้น

การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะและการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนของโคนม

2.1 การย่อยได้ของโภชนะในสัตว์ทดลอง

2.1.1 การย่อยได้ของโภชนะในพืชหมักโดยวิธีใช้สารบ่งชี้

จากการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะโดยใช้เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) เป็นสารบ่งชี้ พบว่าค่าการย่อยได้ของ วัตถุดิบ โปรตีน เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ของกลุ่มหญ้ากินนีหมัก (G) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 61.54, 59.12, 52.91 และ 45.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และกลุ่มเปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้ากินนี (40:60) และเสริมกากน้ำตาล (GL) มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะต่ำที่สุดเท่ากับ 59.24, 57.33, 50.00 และ 41.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ตามลำดับ

การย่อยได้ของโภชนะทุกชนิดในพืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม ค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีสัดส่วนของเปลือกลำไยเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ Jansik et al. (2008) ที่รายงานว่าลิกนินเป็นส่วนที่ขัดขวางการย่อยได้ของพืช การเพิ่มระดับเปลือกลำไยในพืชหมักจึงน่าจะส่งผลให้การย่อยได้ของโภชนะของพืชหมักลดลงได้ และจากการทดลองของ ฐิริพงษ์ (2549) ที่ได้ทำการทดลองการย่อยได้ของอาหารผสมสำเร็จ 4 สูตร โดยใช้เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) เป็นสารบ่งชี้ กลุ่มทดลอง ได้แก่ อาหารผสมสำเร็จที่มีเปลือกสับประดหมัก และฟางข้าวสัดส่วน 50:0 (TMR1), อาหารผสมสำเร็จที่มีเปลือกสับประดหมัก และฟางข้าวสัดส่วน 45:5 (TMR2), อาหารผสมสำเร็จที่มีเปลือกสับประดหมัก และฟางข้าวสัดส่วน 40:10 (TMR3), และอาหารผสมสำเร็จที่มีเปลือกสับประดหมัก และฟางข้าวสัดส่วน 35:15 (TMR4) พบว่า การย่อยได้ของโภชนะทุกชนิดในอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 สูตร ค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีสัดส่วนของฟางข้าวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งฟางข้าวมีส่วนประกอบของลิกนินอยู่มาก อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับโภชนะในเปลือกลำไยยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก แต่ก็ยังมีรายงานว่าในเปลือกลำไยมีค่าเฉลี่ยเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF สูง เท่ากับ 54.24 และ 41.86 เปอร์เซ็นต์ในวัตถุดิบตามลำดับ (สมปอง และ ไพโรจน์, 2558) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ของฟางข้าวเท่ากับ 64.01 และ 39.34 เปอร์เซ็นต์ในวัตถุดิบตามลำดับ (กองอาหารสัตว์, 2547) และจากการศึกษาของ จักรี (2555) พบว่าปริมาณค่าเฉลี่ยเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ของเปลือกลำไย พบว่ามีค่าสูงถึง 65.42 และ 43.98 เปอร์เซ็นต์ในวัตถุดิบตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ที่มีค่าสูงในเปลือกลำไยจะมีค่าลิกนินสูงเช่นเดียวกัน

เนื่องจากเยื่อใย NDF คือผนังเซลล์ทั้งหมดซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ส่วนเยื่อใย ADF คือส่วนที่เป็นลิกนิน และเซลลูโลส (บุญล้อม และคณะ, 2546)

2.1.2 การย่อยได้ของโภชนะในพืชหมักโดยวิธีใช้ Nylon Bag Technique

ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งในพืชหมักทุกกลุ่ม มีค่าสูงขึ้นเมื่อช่วงหมักนานขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้ประโยชน์จากโภชนะในพืชหมักทุกกลุ่มได้ดี โดยการย่อยได้ของโภชนะทุกชนิดในพืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม ค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีสัดส่วนของเปลือกลำไยเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกันกับการย่อยได้ของโภชนะโดยใช้หญ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) เป็นสารบ่งชี้ ซึ่งเปลือกลำไยเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตประเภทโครงสร้าง ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งย่อยได้ยาก (บุญล้อม และคณะ, 2546) สอดคล้องกับผลจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ในกลุ่ม GL ที่มีอัตราส่วนของเปลือกลำไยสูงที่สุด (40%) มีค่าเฉลี่ยเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF สูงถึง 71.48 และ 50.01 เปอร์เซ็นต์ในวัตถุแห้งตามลำดับ

จากค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งในพืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า กลุ่ม G มีค่าส่วนของวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันที (a) สูงที่สุดเท่ากับ 22.99 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่ม GL มีค่าส่วนของวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันที (a) ต่ำที่สุดเท่ากับ 15.89 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องจากกลุ่ม G มีอัตราส่วนของหญ้ากินนีสูงที่สุด (100 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งจากรายงานของ เสมอใจ และคณะ (2554) รายงานว่า หญ้ากินนีสมีค่า NFE สูงถึง 42.83 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ เมธา (2533) รายงานว่า NFE เป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย ดังนั้นกลุ่ม G ที่มีอัตราส่วนของหญ้ากินนีสูงที่สุดจึงมีค่าส่วนของวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันที (a) สูงที่สุด จากการศึกษานี้ค่า (a) ของพืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม มีผลต่อการสลายตัวของวัตถุแห้งน้อย ส่วนใหญ่มาจากส่วนของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายทันทีแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) เพราะค่า (b) คือส่วนที่ไม่ละลายทันที แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะถูกหมักย่อยสลายไปเรื่อยๆ ในกระเพาะรูเมน และค่า (b) เป็นส่วนของเยื่อใยเป็นส่วนใหญ่ การย่อยสลายเยื่อใยในกระเพาะรูเมนนั้นจำเป็นต้องอาศัยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความสามารถในการย่อยสลายเยื่อใยแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารนั้นด้วย (เมธา, 2533) จากการศึกษานี้ กลุ่ม G มีค่า (b) สูงที่สุด (36.47 เปอร์เซ็นต์) ส่งผลให้ค่าศักยภาพในการย่อยสลายได้สูงสุดของวัตถุแห้ง (P) มีค่าสูงที่สุด (59.46 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้ง

กลุ่มหญ้างูนิคินี่หมัก (G) มีค่าอัตราการย่อยสลาย (c) ของวัตถุแห้ง สูงที่สุดเท่ากับ 0.22 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง และกลุ่มเปลือกกล้วยหมักร่วมกับหญ้างูนิคินี่ (40:60) และเสริมกากน้ำตาล (GL) มีค่าอัตราการย่อยสลาย (c) ของวัตถุแห้ง ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.18 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า กลุ่ม G มีค่าอัตราการย่อยสลายได้สูงกว่ากลุ่ม GL สอดคล้องกับ เมธา (2533) รายงานว่า ค่าอัตราการย่อยสลาย (c) เป็นตัวบ่งชี้ความเร็วของส่วนอนุภาคอาหารที่ถูกย่อย ทำให้อาหารไม่อัดแน่นอยู่ในกระเพาะรูเมนนานเกินไป นอกจากนี้ ค่า (c) สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงอัตราการไหลผ่านของอาหารได้ คืออาหารชนิดใดมีค่า (c) สูง แสดงว่าอาหารนั้นมีอัตราการย่อยสลายได้สูง สอดคล้องกับค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ของกลุ่ม G ที่มีค่าสูงที่สุด (40.68 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้ง

2.2 การเปลี่ยนแปลงผลผลิตในกระเพาะรูเมน

2.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมน

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของของเหลวในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับพืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าระดับค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมนมีค่าลดลงเล็กน้อยหลังจากกินอาหาร โดยในชั่วโมงที่ 4 หลังจากกินอาหารค่าความเป็น กรด-ด่าง ของพืชหมักทุกกลุ่มมีค่าลดลง และค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 6 ตามลำดับ แต่ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) คือ 6.50 - 7.11 และไม่แตกต่างจากค่าปกติของของเหลวในกระเพาะรูเมนมากนัก เนื่องจากพืชหมักมีเชื้อไฮสูง ส่งผลให้โคหลั่งน้ำลาย เพื่อคลุกเคล้าอาหาร และช่วยในการเคี้ยวเอื้อง ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวของกระเพาะรูเมนจึงไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่ง วิโรจน์ (2546) รายงานว่าระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต หรือการมีชีวิตอยู่ของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนคือค่าระหว่าง 5.7 - 7.3 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่า pH ในช่วงเวลา 0, 4 และ 6 ชั่วโมงหลังจากให้อาหาร พบว่าค่า pH ลดต่ำลงในชั่วโมงที่ 4 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในชั่วโมงที่ 6 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อาจเนื่องมาจากภายหลังที่สัตว์ได้รับอาหารจะมีกระบวนการหมัก และได้ผลผลิต คือ กรดไขมันที่ระเหยง่าย ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรปิโอนิก และกรดบิวทิริก ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังจากกินอาหารไปแล้ว 2-4 ชั่วโมง จึงทำให้ค่า pH ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนลดลง (Wanapat, 2000) สอดคล้องกับ Huang et al. (1999) ที่ได้รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของของเหลวในกระเพาะรูเมนก่อนให้อาหารจะมีค่าสูงกว่า 6.2 แล้วจะค่อยๆ ลดลงหลังจากได้รับอาหารมีค่าสูงขึ้นในชั่วโมงที่ 6-8 และนอกจากนี้

ทดลอง (2546) ยังได้รายงานไว้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ต่ำกว่า 5.5 มีผลทำให้เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงและในโคนมจะส่งผลให้ไขมันในน้ำนมต่ำ

2.2.2 ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนในกระเพาะรูเมน

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับพืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากกินอาหาร โดยในช่วงเวลาที่ 4 หลังจากกินอาหารค่าปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนของพืชหมักทุกกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนจะลดลงในช่วงเวลาที่ 6 ตามลำดับ โดยพบว่ากลุ่มหญ้ากินนีหมัก (G) มีปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนสูงที่สุดในช่วงเวลาที่ 4 หลังจากกินอาหาร มีค่าเท่ากับ 10.41 mg/dl และปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนที่เกิดจากการหมักพืชหมักทุกกลุ่ม มีค่าสูงที่สุดในช่วงเวลาที่ 4 หลังจากให้อาหารเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้ประโยชน์จากพืชหมักได้ ค่าปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนจะลดลงในช่วงเวลาที่ 6 โดยมีค่าเท่ากับ 8.41, 6.56 และ 5.28 mg/dl ตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนของพืชหมักทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.28 – 10.69 mg/dl ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ สันติ และคณะ (2555) ที่รายงานไว้ว่า ค่าเฉลี่ยแอมโมเนียในโตรเจนหลังจากที่โคได้กินทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลในระดับต่างๆ อยู่ในช่วง 10.89-11.61 mg/dl และสอดคล้องกับการรายงานของ Perdok and Leng (1990) ที่พบว่า ระดับแอมโมเนียในโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5-20 mg/dl และระดับของแอมโมเนียในโตรเจนในกระเพาะรูเมนไม่ควรมีมากเกินไปเกิน 80 mg/dl หากมีมากกว่านี้อาจทำให้สัตว์เกิดอาการการเป็นพิษเนื่องจากแอมโมเนีย (ammonia toxicity)

2.2.3 ปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือด

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือด (BUN) ของโคที่ได้รับพืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม โดยก่อนที่โคจะได้รับอาหาร (ช่วงเวลาที่ 0) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าเท่ากับ 8.95, 8.48 และ 8.83 mg/dl ตามลำดับ และหลังจากได้รับอาหารไปแล้ว 4 ชั่วโมง ปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือดของทุกกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้น โดยในช่วงเวลาที่ 4 หลังจากได้กินอาหารปริมาณยูเรียในโตรเจนในเลือดของโคทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 10.50, 9.86 และ 10.36 mg/dl ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนในกระเพาะรูเมน แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้

ประโยชน์จากโปรตีนจากพืชหมักได้ กับสอดคล้องกับการรายงานของ กฤตพล (2550) ที่รายงานว่า ความเข้มข้น BUN มีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ และระดับแอมโมเนียในโตรเจน เนื่องจากยูเรียเป็นผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการย่อยสลายโปรตีน ซึ่งเมื่อโปรตีนเกิดการย่อยสลายจะได้ก๊าซแอมโมเนียแล้วถูกจุลินทรีย์นำไปสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน ก๊าซแอมโมเนียส่วนเกินจะถูกดูดซึมที่ตับและขับออกจากร่างกาย โดยระดับยูเรียในร่างกายสามารถวัดได้โดยการตรวจหาระดับไนโตรเจนในพลาสมา หรือ ซีรัม เพื่อใช้บ่งชี้ระดับไนโตรเจนในเลือด ซึ่งสามารถใช้ความเข้มข้นของ BUN เป็นตัวบ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนที่กินได้ และจากรายงานการทดลองของ Moorby (2002) ที่ได้ทำการทดลองโดยให้โคกินหญ้าหมักผสมกับฟางข้าวบาร์เลย์ (อัตราส่วน 60:40) เป็นแหล่งอาหารหยาบและเสริมอาหารชั้นในระดับที่แตกต่างกันโดยควบคุมให้โคกินอาหารในระดับ 7.55, 8.58, 10.31 และ 10.98 กิโลกรัมวัตถุดิบ/วัน พบว่าค่าความเข้มข้นของยูเรียในเลือดไม่แตกต่างกันมีค่าอยู่ในช่วง 13.11 – 14.82 mg/dl ซึ่งการศึกษาค่ายูเรียในโตรเจนในเลือดของโคที่ได้รับพืชหมักทั้ง 3 ชนิดในการทดลองนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 8.83 – 10.50 mg/dl ซึ่งเป็นช่วงปกติของสัตว์โตเต็มวัย คือ 6 – 27 mg/dl (Swenson, 1977) แสดงให้เห็นว่าสัตว์ได้รับโปรตีนจากอาหารเพียงพอ และมีกระบวนการใช้ประโยชน์จากโปรตีนในอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.4 ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน

ผลการศึกษาปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวม (กรดอะซิติก กรดโพรปิโอนิก และ กรดบิวทีริก) ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน พบว่าผลรวมของกรดไขมันระเหยง่ายของพืชหมักทุกกลุ่ม มีค่าสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 4 หลังจากให้อาหาร และค่าปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวมจะลดลงอีกในชั่วโมงที่ 6 สอดคล้องกับค่า pH ที่ลดต่ำลงในชั่วโมงที่ 4 เป็นผลจากภายหลังที่สัตว์ได้รับอาหารจะมีกระบวนการหมัก คือ กรดไขมันที่ระเหยง่าย ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรปิโอนิก และ กรดบิวทีริก ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังจากกินอาหารไปแล้ว 2-4 ชั่วโมง และทำให้ค่า pH ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนลดลง (Wanapat, 2000) ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายที่ผลิตขึ้นโดยการหมักอาหารของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถใช้แสดงถึงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากโภชนาในอาหารได้ โดยกลุ่ม G น่าจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายสูงที่สุด ซึ่งถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของสัตว์เคี้ยวเอื้อง สำหรับการทดลองนี้พืชหมักมีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวมอยู่ระหว่าง 47.42 – 65.11 mM/L ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ สันติ และคณะ (2555) ที่พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระเหยง่ายรวมหลังจากที่โคได้รับทางใบ

ปาล์มน้ำมันหมักรวมกับกากน้ำตาลในระดับต่างๆ อยู่ในช่วง 57.51 – 84.60 mM/L และสอดคล้องกับ จุลอง (2541) ที่รายงานว่า การผลิตกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุดิบ ถ้าความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุดิบเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้การผลิตกรดไขมันระเหยง่ายเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน เนื่องจากสัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายมีอิทธิพลมาจากอาหารที่สัตว์กิน ถ้าสัตว์กินอาหารหยาบมากจะมีการผลิตกรดอะซิติกมาก แต่ถ้าสัตว์กินอาหารข้นมากจะทำให้สัดส่วนของกรดโพรพิโอนิกเพิ่มสูงขึ้น และสัดส่วนของกรดอะซิติกลดลง ทั้งนี้ บุญล้อม (2541) กล่าวว่าสัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายขึ้นอยู่กับอาหารและระยะเวลาหลังจากการกิน ทำให้สัดส่วนของกรดแต่ละตัวผันแปรตามด้วย ซึ่งกรดไขมันระเหยง่ายที่มีมากที่สุดคือ กรดอะซิติก ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ กรดโพรพิโอนิกประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ และกรดบิวทิริก ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาถึงกรดไขมันระเหยง่ายที่สำคัญทั้ง กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลาต่างๆ กัน คือ 0, 4 และ 6 ชั่วโมง หลังจากการให้พืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าก่อนกินอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) ปริมาณกรดอะซิติกในกระเพาะรูเมนของโคทดลองมีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ 32.67, 32.27 และ 35.76 และมีปริมาณสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหาร ปริมาณกรดอะซิติกจะลดลงหลังชั่วโมงที่ 6 ซึ่งเป็นผลจากจุลินทรีย์เข้าใช้ประโยชน์จากโภชนาที่ละลายได้ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ก่อน จากนั้นจึงใช้ประโยชน์จากโภชนาในอาหารที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wanapat (2000) ที่รายงานว่าภายหลังจากที่สัตว์ได้รับอาหารจะมีกระบวนการหมักเกิดขึ้น ผลผลิตที่เกิดจากกระบวนการหมัก คือกรดไขมันระเหยง่าย ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก ซึ่งจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นหลังจากกินอาหารไปแล้ว 2 – 4 ชั่วโมง สอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนที่มีค่าต่ำลงในชั่วโมงที่ 4 โดยการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภายในกระเพาะรูเมนส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากอาหาร เริ่มตั้งแต่สัตว์กินอาหารเกิดกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ซึ่งในระยะแรกนั้นเป็นการหมักอาหารที่ย่อยง่ายเช่นน้ำตาล ต่อมาเป็นการหมักย่อยโปรตีนที่ละลายง่าย ระดับการหมักสูงสุดจะเกิดขึ้นระหว่าง 2-4 ชั่วโมง หลังการสัตว์กินอาหารโดยกรดอะซิติกจะมีความเข้มข้นสูงกว่ากรดตัวอื่น จึงมีผลให้ค่า pH ในกระเพาะรูเมนลดลง

ก่อนโคได้รับอาหาร (ในชั่วโมงที่ 0) ปริมาณกรดโพรพิโอนิกมีค่าเท่ากับ 13.87, 16.73 และ 14.01 mM/L ตามลำดับ ปริมาณกรดโพรพิโอนิกของกลุ่มทดลองที่ได้รับพืชหมักทั้ง 3

กลุ่มมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีปริมาณสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 4 หลังจากให้อาหาร และกลุ่มหญ้างินนิหมัก (G) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 23.82 mM/L กลุ่ม G+GL และกลุ่ม GL มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 18.23 และ 18.97 mM/L ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลจากกลุ่ม G มีอัตราส่วนของหญ้างินนิสูงที่สุด (100 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งจากรายงานของ เสมอใจ และคณะ (2554) รายงานว่าหญ้างินนิมีค่า NFE สูงถึง 42.83 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ เมธา (2533) รายงานว่า NFE เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับการสลายตัวของวัตถุแห้งที่กลุ่ม G มีค่าสูงที่สุด กรดโปรปิโอนิกของกลุ่ม G มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็นผลจาก จุลินทรีย์เข้าใช้ประโยชน์จากโภชนะในอาหารที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ได้มากกว่า เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตประเภทโครงสร้างน้อยกว่ากลุ่มเปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้างินนิ (40:60) และเสริมกากน้ำตาล (GL) เป็นผลให้กรดโปรปิโอนิกของกลุ่ม G มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มอื่น

ปริมาณกรดบิวทีริกที่ผลิตได้จากพืชหมักทุกกลุ่ม มีปริมาณต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกรดไขมันชนิดอื่น ในชั่วโมงที่ 0 ก่อนกินอาหารพบว่ามีความเท่ากับ 0.88, 2.57 และ 2.54 mM/L ตามลำดับ และจะมีปริมาณสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 4 หลังจากให้อาหาร โดยปริมาณกรดอะซิติกจะลดลงหลังชั่วโมงที่ 6 ซึ่งสอดคล้องกับ วิโรจน์ (2546) ได้รายงานไว้ว่า โดยปกติในอาหารทั่วไปจะมีสัดส่วนของ กรดบิวทีริกน้อยที่สุดประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ และอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับอาหาร

อัตราส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายที่เกิดขึ้นจากการหมักของพืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยสัดส่วนของ กรดอะซิติก : กรดโปรปิโอนิก : กรดบิวทีริก ($C_2:C_3:C_4$) มีค่าเท่ากับ 62:35:3, 66:27:7 และ 69:26:5 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าพืชหมักทั้ง 3 กลุ่ม มีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายอยู่ในช่วงที่ปกติ สอดคล้องกับการรายงานของ วิโรจน์ (2546) กล่าวว่าในอาหารปกติโดยทั่วไปจะมีสัดส่วนของกรดอะซิติก 65 เปอร์เซ็นต์ กรดโปรปิโอนิก 20 เปอร์เซ็นต์ และกรดบิวทีริก 15 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนดังกล่าวอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับอาหาร และสัดส่วนของอาหาร นอกจากนี้ค่าสัดส่วนกรดอะซิติก : กรดโปรปิโอนิก ($C_2 : C_3$) มีค่าเท่ากับ 1.77, 2.44 และ 2.65 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าสัดส่วนระหว่างกรดอะซิติก : กรดโปรปิโอนิก ($C_2:C_3$) ของกลุ่มหญ้างินนิหมัก (G) มีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้เป็นผลมาจากหญ้างินนิมีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายมาก และมีปริมาณเยื่อใยน้อยกว่ากลุ่มอื่น ส่งผลให้การผลิตกรดอะซิติกน้อยลง แต่การผลิตกรดโปรปิโอนิกเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าสัดส่วนของ $C_2:C_3$ ของกลุ่มพืชหมัก 1 ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งค่าสัดส่วนของ $C_2:C_3$ จะบ่งบอกถึงค่าที่เหมาะสมของสัดส่วน

กรดไขมันระเหยง่าย ดังที่ วิโรจน์ (2546) ได้กล่าวมาข้างต้นว่าในอาหารปกติโดยทั่วไปจะมีสัดส่วนของกรดอะซิติค 65 เปอร์เซ็นต์ กรดโพรปิโอนิก 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการเทียบให้เป็นค่าสัดส่วนระหว่างกรดอะซิติค : กรดโพรปิโอนิก ($C_2:C_3$) จะมีค่าเท่ากับ 3.25 ซึ่งสอดคล้องกับ Trinh *et al.* (2012) ที่ศึกษาผลของการใช้ฟางข้าวเสริมด้วยเปลือกมังคุด กระเทียม และอาหารชั้นอัดเม็ดผสมยูเรียต่อขบวนการหมักในกระเพาะรูเมน พบว่าสัดส่วนของกรดอะซิติค : กรดโพรปิโอนิกเท่ากับ 2.77, 2.42, 2.47 และ 2.40 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเสริมอาหารชั้นอัดเม็ดที่ผสมยูเรีย

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. พืชหมักทุกกลุ่มมีคะแนนจากการประเมินลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก (20 – 24 คะแนน) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของพืชหมักจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับของหญ้ากีนีนี ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ด้านคุณค่าทางอาหาร พบว่า การเพิ่มระดับหญ้ากีนีนีในพืชหมัก มีผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้งลดลง แต่เยื่อใยผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ค่าการสลายตัวของวัตถุดิบแห้ง โปรตีน และเยื่อใยลิกโนเซลลูโลส โดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียม พบว่า กลุ่มพืชหมักที่มีระดับเปลือกกล้วย 40 เปอร์เซ็นต์และเสริมกากน้ำตาล มีค่าการสลายตัวของวัตถุดิบแห้ง โปรตีน และเยื่อใยลิกโนเซลลูโลส สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2. การเสริมกากน้ำตาลมีผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้งของพืชหมักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่มีผลให้ค่า pH ของพืชหมักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้การเสริมกากน้ำตาลยังมีผลเพิ่มค่าการสลายตัวของโปรตีน และเยื่อใยลิกโนเซลลูโลส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3. ค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง โปรตีน และเยื่อใยผนังเซลล์ โดยวิธีใช้สารบ่งชี้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยลิกโนเซลลูโลสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มหญ้ากีนีนีหมัก (กลุ่มควบคุม) มีค่าสูงที่สุด

การย่อยได้ของโคชนะในพืชหมักโดยวิธีใช้ถุงในลอน พบว่า การเพิ่มระดับของเปลือกกล้วยในพืชหมักทำให้ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุดิบแห้งในชั่วโมงที่ 8, 12, 72 และ 96 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ศักยภาพในการย่อยได้ (P) ของวัตถุดิบแห้ง และประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุดิบแห้ง ที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ของกลุ่มหญ้ากีนีนีหมัก มีค่าสูงที่สุด ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยศักยภาพในการย่อยได้และประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุดิบแห้งจะลดลงตามสัดส่วนของเปลือกกล้วยที่เพิ่มขึ้น

4. โคสามารถกินพืชหมักที่มีเปลือกกล้วยเป็นส่วนประกอบได้ในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน และโคที่ได้รับพืชหมักที่มี

ระดับเปลือกลำไยสูงขึ้น มีแนวโน้มให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นกว่ากลุ่มหุ้กานินี้หมัก แต่ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

5. ในชั่วโมงที่ 0 ก่อนได้รับอาหาร ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนในกระเพาะรูเมน และยูเรียในโตรเจนในเลือดของกลุ่มทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในชั่วโมงที่ 4 ค่าแอมโมเนียในโตรเจน มีค่าสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ค่ายูเรียในโตรเจนในเลือด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มหุ้กานินี้หมัก (กลุ่มควบคุม) มีค่าสูงที่สุด และในชั่วโมงที่ 6 ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนมีค่าลดลงเล็กน้อย แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มหุ้กานินี้หมัก (กลุ่มควบคุม) มีค่าสูงที่สุด

6. ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายที่เกิดจากการหมักพืชหมักทุกกลุ่ม มีค่าสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 4 หลังจากให้อาหาร โดยปริมาณกรดอะซิติกมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือกรดโพรปิโอนิก และกรดบิวทิริก ตามลำดับ โดยโคที่ได้รับหุ้กานินี้หมักมีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวมสูงที่สุด และโคได้รับพืชหมักที่มีระดับเปลือกลำไยที่สูงขึ้น มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวมต่ำลง

ข้อเสนอแนะ

1. การหมักเปลือกลำไยเพื่อใช้เป็นอาหารหยาบของโค ควรหมักในที่แห้ง เนื่องจากเปลือกลำไยมีความชื้นสูง และมีน้ำตาลที่เหลือจากการแยกเอาน้ำออกจากเปลือกและเมล็ด หากทิ้งไว้นานเปลือกลำไยจะเน่าเสียได้ง่าย
2. ควรมีการตรวจสอบการใช้ยามาแมลงในการผลิตลำไย ก่อนนำเศษเหลือจากการผลิตลำไยมาใช้เป็นอาหารสัตว์

บรรณานุกรม

- กรมปศุสัตว์. 2544. **หญ้าหมัก**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowledge/information1/43.pdf (1 สิงหาคม 2555).
- กรมปศุสัตว์ กองอาหารสัตว์. 2547. **วัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับโคเนื้อ – โคนม**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowledge/index_information.htm (5 ธันวาคม 2555).
- กรมวิชาการเกษตร. 2550. **ระบบข้อมูลทางวิชาการลำไย**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=4> (12 สิงหาคม 2553).
- กฤตพล สมมาตย์. 2550. **โภชนพลังงานศาสตร์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง**. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 183 น.
- จักรี มีแก้ว. 2555. **การใช้เปลือกกล้วยบดร่วมกับกากน้ำตาลหุ้ และใบกระถินแห้งในระดับต่างๆ เป็นส่วนประกอบของอาหารข้นในอาหารผสมสำเร็จเลี้ยงโคนม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 130 น.
- จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2555. **อาหาร “TMR” กับการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dld.go.th/km/th/index.php?option=com_content&view=article&id=239:--tmr---&catid=41:present-general&Itemid=59 (2 ตุลาคม 2555).
- จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, สติชัย มั่งมีชัย, เข้มทอง กลิ่นเกสร, เทอด อินทรสมใจ และ ชาญชัย มณีคุลย์. 2553. **การใช้ใบกระถินสดเป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับกระบือเลี้ยงด้วยยอดอ้อยอบแห้ง**. น. 101-108. ใน รายงานผลงานวิจัยสาขาผลิตปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: กรม.
- จินดา สุขสุโชค, นิตยา ศิริกิตยานนท์, สำเริง วุฒิชัยญกุล, เพชร กัตัญญกุล และ ชาญชัย มณีคุลย์. 2539. **การย่อยของหญ้ากินนีที่ตัดเมื่ออายุต่าง ๆ กัน**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dld.go.th/nutrition/Research_Knowledge/RESEARCH/.../R1928.doc (1 สิงหาคม 2555).
- ฉลอง วชิราภากร. 2541. **โภชนศาสตร์ และการให้อาหารสัตว์เบื้องต้น**. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 218 น.
- _____. 2546. **การจัดการอาหารโคนมต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม**. น. 97-114. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโคนม เรื่องน้ำนมโคคุณภาพสู่ผู้บริโภค. ระหว่างวันที่ 23 -24 มกราคม 2546. ขอนแก่น: โรงแรมเจริญธานี ปรีณเศส.

- ชานนท์ ศรีโรย, สมปอง สรรวมศิริ, ทองเลี่ยน บัวจุม และ จักรี มีแก้ว. 2555. การใช้สารเสริมในการหมักเปลือกและเมล็ดลำไยร่วมกับฟางข้าวต่อปริมาณกรดอินทรีย์และองค์ประกอบทางเคมี. วารสารแก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 2) 40: 541-544.
- เชาวฤทธิ์ มาปะโท และ เมธา วรรณพัฒน์. 2555. ผลของระดับโพธิ์ฟิโตนิกต่อปริมาณการกินได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. วารสารสัตวบาล 17(80): 27-36.
- ทรงศักดิ์ จำปาหวะดี และ ยุทธชัย อุทัยแพน. 2542. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์และประเมินคุณภาพอาหารสัตว์. มหาสารคาม: ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 124 น.
- เทอดชัย เวียรศิลป์. 2548. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่ 5. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 357 น.
- บัวเรียม มณีวรรณ, ทองเลี่ยน บัวจุม, เผ่าพงษ์ ประณะพงษ์ และ โยธิน นันตา. 2554. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี การย่อยได้ของโภชนะ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของเมล็ดลำไยและเนื้อในเมล็ดลำไยในไก่พื้นเมือง. น. 343-484. ใน การประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย ครั้งที่ 7. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 6. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 170 น.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, วรรณ อ่างทอง, สมคิด พรหมมา และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2546. การใช้กระถินหมักทดแทนบางส่วนของอาหารข้นเพื่อเลี้ยงโคนม. น. 170-177. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญส่ง เลิศรัตนพงศ์, วิทยา สุมาลย์, วิโรจน์ ฤทธิ์ฤทัย และ ราไพร นามสีลี. 2555. การศึกษาคุณภาพของพืชหมักในถูงพลาสติกดำที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ. น. 135-152. ใน รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2555. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กองอาหารสัตว์.
- ประวิตร โสภโณคร. 2545. เอกสารประกอบคำบรรยายวิชาพืชเศรษฐกิจ 1 (510-211): พืชอาหารสัตว์. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่. 50 น.
- ปราโมช สีตะโกเศศ. 2543. การผลิตโคนม และ โคนเนื้อ. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 246 น.

พาวิณ มะโนชัย. 2543. ลำไย. เชียงใหม่: สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 115 น.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์. 2544. การศึกษาการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารผสมสำเร็จรูปหมักสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 145 น.

ภูริพงษ์ จิตรมะโน. 2549. การย่อยได้ของโภชนะในอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดหมักและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 159 น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 473 น.

วสันต์ สุวรรณ. 2547. ผลของการใช้เมล็ดลำไยที่มีเปลือกและไม่มีเปลือกต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่อายุ 4-6 สัปดาห์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 36 น.

วารุณี พานิชผล และ วลัยกานต์ เจียมเจตจรรุญ. 2541. ตารางคุณค่าทางอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 29 น.

วารุณี พานิชผล, ฉายแสง ไผ่แก้ว, สมคิด พรหมมา, โสภณ ชินเวโรจน์, จันทกานต์ อรณนันท และ วิโรจน์ ฤทธิฤกษ์ชัย. 2547. มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมัก. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 28 น.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. โคนม. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 435 น.

วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. 2544. การศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักและอาหารสำเร็จรูปหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับโคนม: รายงานการวิจัย. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 150 น.

สมปอง สรรวมศิริ และ ไพโรจน์ ศิลม้น. 2558. การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือจากการผลิตลำไย. รอดิพิมพ์ใน วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 32(2) พ.ค.-ส.ค.

สันติ หมดหมั่น, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, วันวิสาข์ งามผ่องใส และ เสาวนิต คูประเสริฐ. 2555.

ผลการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆต่อปริมาณการกินได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในโคพื้นเมือง. วารสารแก่นเกษตร 40: 79-92.

สายจิม แสงโชติ, ทิพา บุญยะวิโรจ และ นวลมนิ กาญจนพิบูลย์. 2553. คุณค่าทางโภชนาการของ ยอดอ้อยหมักผสมใบกระถินในอัตราต่าง ๆ กัน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

http://www.dld.go.th/nutrition/exhibition/RESEARCH/research_full/2535/R3507.doc
(3 สิงหาคม 2553).

สายสวาท กุลวัฒนาพร. 2547. การแปรรูปลำไยเพื่อให้ได้คุณภาพ. ข่าวเทคโนโลยีสำหรับชาวชนบท 89 (ตุลาคม – ธันวาคม): 97-104.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถานการณ์ลำไยปี 2557. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/ewtadmin/ewt/oae_baer/ewt_news.php?nid=311&filename=index
(1 เมษายน 2558).

สุชาติพิทย์ หอยสังข์. 2553. การศึกษาคุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของส่วนต่างๆของลำไย โดยวิธีใช้กระเพาะหมักเทียม. เชียงใหม่: คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 29 น.

สุปรินา ศรีใสคำ. 2552. ผลการใช้ใบและก้านสะเดาในอาหารแพะเนื้อต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมักและสมรรถนะการผลิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 155 น.

สุรนนท์ น้อยอุทัย และ แพรวพรรณ เครื่องมั่งกร. 2549. คุณค่าทางโภชนาการของหญ้ากินนีสีม่วง. น. 327-337. ใน รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี 2549 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: กรม.

สุวัฒน์ มัตราข, สิทธิศักดิ์ คำผา และ อุทัย โคตรดก. 2553. การใช้หัวมันสำปะหลังหมักสดทดแทนมันเส้นในสูตรอาหารข้นสำหรับโครีดนมของเกษตรกรในจังหวัดมหาสารคาม. มหาสารคาม: สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดมหาสารคาม กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 42 น.

เสมอใจ บุรินอก, คำสอน สีสะอาด, วรางคณา หอมไสย, ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส, เฉลิมพล เอื้องกลาง และ ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ. 2554. คุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนาการของหญ้ากินนีสีม่วงและถั่วอาหารสัตว์หมัก. วารสารแก่นเกษตร 39:137-146.

โสภณ ชินเวโรจน์, สมศักดิ์ เกาทอง และ วิโรจน์ วนาสัทธชัยวัฒน์. 2553. การใช้อาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปะรดเป็นส่วนประกอบสำหรับโครีดนม. น. 364-379. ใน รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2553. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กองอาหารสัตว์.

- อรรวรรณ ทรัพย์สุข. 2547. ผลของการใช้เมล็ดลำไยที่มีเปลือกและไม่มีเปลือกต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่กระต่ายอายุ 0-3 สัปดาห์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 37 น.
- Abdollahzaceh, F., Pirmohammadi, R., Fatehi, F. and Bernousi, I. 2010. Effect of feeding ensiled mixed tomato and apple pomace on performance of holstein dairy cows. **J. Anim. Sci.** 43(1): 31 – 35.
- Adesogan, A. T. 2005. Effect of bag type on the apparent digestibility of feed in ANKOM Daisy^{II} incubators. **Anim. Feed Sci. Tech.** 199(3): 333–334.
- Aganga, A. A. and Tshwenyane, S. 2004. Potentials of Guinea Grass (*Panicum maximum*) as Forage Crop in Livestock Production. **Pakistan Journal of Nutrition** 3(1): 1 – 4.
- Aguilar, A., Smith, N. E. and Baldwin, R. L. 1983. Nutritional value of almond hulls for dairy cows. **J Dairy Sci.** 67:97-103.
- AOAC. 1998. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16th ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists. 403 p.
- Bustos, G., Moldes, A. B., Cruz, J. M. and Dominguez, J. M. 2005. Influence of the metabolism pathway on lactic acid production from hemicellulosic trimming vine shoots hydrolyzates using *Lactobacillus pentosus*. **Biotechnol. Prog.** 21:793-798.
- Dale, L. M., Rotat, I., Thewis, A. and Vidican, R. 2012. Determination of Romanian alfalfa crude protein and crude fiber contents as well as in vitro organic matter digestibility by NIR spectrometry. **J. Anim. Sci.** 85:1024-1029.
- DeBoever, J. L., Cottyn, B. G., Buysse, F. X., Wainman, F. W. and Vanacker, J. M. 1986. The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. **Anim. Feed Sci. Tech.** 14(3): 203–214.
- Farningham, D. A. H. and Whyte, C. C. 1993. The role of propionate and acetate in the control of food intake in sheep. **Br. J. Nutr.** 70: 37-46.
- Fazlollah-Ghoreishi, S., Pirmohammadi, R. and Teimouri-Yansari, A. 2007. Effects of ensiled apple pomace on milk yield, milk composition and DM intake of Holstein dairy cows. **J. Anim. Vet. Adv.** 6(9): 1074-1078.

- Fleischer, J. E., Kawamoto, Y., Shimojo, M., Masuda, Y. and Goto, I. 1996. Fermentation characteristics and changes in nutritive value of guinea grass-*Leucaena* ensiled with or without additive. **Ghana Jnl Agric. Sci.** 29: 99-105.
- Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. **Forage Fiber Analysis**. Washington D.C: Agricultural Handbook. No.379. 20 p.
- Holden, L. A. 1999. Comparison of Methods of In Vitro Dry Matter Digestibility for Ten Feeds. **J. Dairy. Sci.** 82(8): 1791-1794.
- Huang, Hsing-Juang, Wen-Shyg Chiou, P., Chen, Chao-Ren, Chiang, Ju-Kuo and Yu, B. 1999. Effects of dried rice distillers' and grain supplementation on the performance of lactating cows. **Anim. Feed. Sci. Tech.** 77(3-4): 303-315.
- Hurtaud, C., Rulquin, H. and Verite, R. 1993. Effect of infused volatile fatty acids and casein ate on milk composition and coagulation in dairy cows. **J. Dairy Sci.** 76: 3011-3020.
- Ishler, V., Heinrichs, J. and Varga, G. 1996. **From Feed to Milk Understanding Rumen Function**. U.S.: The Pennsylvania State University Extension Circular. 27 p.
- Jansik, F., Holmoca, P. and Cermak, B. 2008. Determination of indigestible neutral detergent fibre contents of grasses and its prediction from chemical composition. **Czech J. Anim. Sci.** 53:128-135.
- Josefa, M., Dolores, M. M. and Fuensanta, H. 1999. Determination of short chain volatile fatty acids in silages from artichoke and orange by-products by capillary gas chromatography. **J. Sci. Food Agric.** 79: 580-584.
- Man, N. V. and Wiktorsson, H. 2001. Cassava Tops Ensiled With or Without Molasses as Additive Effects on Quality, Feed intake and Digestibility by Heifers. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 14(5): 624-630.
- McDonald, P., Edward, R. A., Greenhalgh, J. F. D. and Morgan, C.A. 1995. **Animal Nutrition**. 5th ed. New York: Longman Science and Technical. 607 p.
- Menke, K. H. and Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. **Anim. Res. Devel.** 28(1): 7 -12.

- Merry, R. J., Lee, M. R., Davies, D. R., Dewhurst, R. J., Moorby, J. M., Scollan, N. D and Theodorou, M. K. . 2006. Effects of high-sugar ryegrass silage and mixtures with red clover silage on ruminant digestion. 1. In vitro and in vivo studies of nitrogen utilization. **J Anim Sci.** 84: 3049-3060.
- Moorby, J. M., Dewhurst, R. J., Evans, R. T. and Fisher, W. J. 2002. Effects of varying the energy and protein supply to dry cows on high-forage systems. **Lives. Prod. Sci.** 76: 125-136.
- Ørskov, E. R. and McDonald, P. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. Agri. Sci. Camb.** 92: 499-503.
- Ørskov, E. R., Barnes, B. J. and Lukins, B. A. 1980. A note on the effect of different amounts of NaOH application on digestibility by cattle of barley, oats, wheat and maize. **J. Agric. Sci.** 94(2): 271-273.
- Perdok, H. B. and Leng, R. A. 1990. Effect of supplementation with protein meal on the growth of cattle given a basal diet of untreated or ammoniated rice straw. **Asian Aust. J. Anim. Sci.** 3: 269-279.
- Reed, A. and Brown, D. L. 1987. Almond hulls in diets for lactating goats: Effects on yield and composition of milk, feed intake, and digestibility. **J Dairy Sci.** 71: 530-533.
- Robinson, P. H., Mathews, M. C. and Fedel, J. G. 1999. Influence of storage time and temperature on in vitro digestion of neutral detergent fiber at 48 h, and comparison to 48 h in sacco neutral detergent fiber digestion. **Anim. Feed Sci. Tech.** 80(3): 257 – 266.
- Sruamsiri, S. and Silman, P. 2012. Chemical composition and nutrient digestibility of longan byproducts. pp. 410. In Proceeding of the 15th AAAP Animal Science Congress, Nov. 26-30th Thailand.
- Swenson, M. J. 1997. Physiological properties and cellular and chemical constituents of blood. pp. 22-24. In Swenson, M. J. (ed.). Dukes' Physiology of Domestic Animal. 9th ed. New York: Cornell University Press.
- Tilley, J. M. A. and Terry, R. A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **J. Br. Grassl. Sci.** 18: 104-111.

- Tran, Q. V., Tran, X. H. and Le, V. H. 2005. **Utilization of longan seed meal (by-products of dried longan pulp processing) as local and available feed resources for dairy goats in winter season of Vietnam.** [Online]. Available <http://www.mekarn.org/proctu/viet23.htm> (13 July 2010).
- Trinh, T. H., Nguyen, T. and Wanapat, M. 2012. Effect of mangosteen peel, garlic and urea pellet supplementation on rumen fermentation and nutrient digestibility of beef cattle. **KHON KAEN AGR. J. 40 SUPPLEMENT 40(2): 149-153.**
- Van Soest, P. J. 1982. **Nutrition ecology of ruminant.** U.S.A.: O.B. Books. Inc. 374 p.
- Wanapat, M. 2000. Rumen manipulation to increase the efficient use of local feed resources and productivity of ruminants in the tropics. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 13(Supplement): 59-67.
- Weiss, W. P., Forbose, D. L. and Koch, M. E. 1997. Wet tomato pomace ensiled with corn plants for dairy cows. **J. Dairy Sci.** 80: 2996-2900.
- Wilman, D. and Adesogan, A. 2000. A comparison of filter bag methods with conventional tube methods of determining the in vitro digestibility of forages. **Anim. Feed Sci. Tech.** 84(1-2): 33-47.



ภาคผนวก





ภาพผนวก 1 เปลือกและเมล็ดลำไยจากโรงงานแกะเนื้อลำไย ที่นำมาใช้ในการทดลอง



ภาพผนวก 2 เปลือกและเมล็ดลำไยจากโรงงานอบลำไยเนื้อสีทองที่ถูกทิ้งจนเกิดปัญหามลภาวะ



ภาพผนวก 3 การคัดแยกเปลือกกล้วยออกจากเมล็ด



ภาพผนวก 4 การทำพีชหมักจากเปลือกกล้วยร่วมกับหญ้ากิมนี้



ภาพผนวก 5 การทดลองด้วยวิธี *in vitro* true digestibility



ภาพผนวก 6 การทดลองด้วยวิธีใช้ถุงไนลอน



ภาพผนวก 7 นำของเหลวจากกระเพาะรูเมนมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge



ภาพผนวก 8 ของเหลวสีที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงนำไปวิเคราะห์หาแอมโมเนียในโตรเจน และกรดไขมันระเหยได้ง่าย



ภาคผนวก ข

ตารางผนวก

ตารางผนวก 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH ของพืชหมัก

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LPLevel	1.024	3	.341	194.549	*
Molasses	.032	1	.032	18.394	*
LPLevel * Molasses	.029	3	.010	5.441	NS
Error	.028	16	.002		
Total	348.433	24			

ตารางผนวก 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณวัตถุดิบของพืชหมัก

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LPLevel	33.434	3	11.145	244.041	*
Molasses	3.286	1	3.286	71.947	*
LPLevel * Molasses	.929	3	.310	6.781	*
Error	.731	16	.046		
Total	32600.519	24			

ตารางผนวก 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเถ้าของพืชหมัก

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LPLevel	7.980	3	2.660	4.232	*
Molasses	.411	1	.411	.654	NS
LPLevel * Molasses	.173	3	.058	.092	NS
Error	10.055	16	.628		
Total	1147.226	24			

ตารางผนวก 4 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของปริมาณโปรตีนของพืชหมัก

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LPLevel	.001	3	.000	.048	NS
Molasses	.005	1	.005	.536	NS
LPLevel * Molasses	.017	3	.006	.632	NS
Error	.144	16	.009		
Total	1394.017	24			

ตารางผนวก 5 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของปริมาณเยื่อใยรวมของพืชหมัก

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LPLevel	8.208	3	2.736	4.448	*
Molasses	.244	1	.244	.397	NS
LPLevel * Molasses	.152	3	.051	.082	NS
Error	9.842	16	.615		
Total	37636.865	24			

ตารางผนวก 6 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของปริมาณเยื่อใย NDF ของพืชหมัก

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LPLevel	13.025	3	4.342	5.431	*
Molasses	.016	1	.016	.020	NS
LPLevel * Molasses	.237	3	.079	.099	NS
Error	12.791	16	.799		
Total	74570.518	24			

ตารางผนวก 7 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของปริมาณเชื้อไข ADF ของพืชหมัก

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LPLlevel	10.297	3	3.432	5.556	*
Molasses	.005	1	.005	.007	NS
LPLlevel * Molasses	.062	3	.021	.034	NS
Error	9.884	16	.618		
Total	43072.412	24			

ตารางผนวก 8 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) ของพืชหมักที่ 24 ชั่วโมง

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LPLdiges	694.354	3	231.451	39.736	*
MOLDiges	32.877	1	32.877	5.644	*
LPLdiges * MOLDiges	9.743	3	3.248	.558	NS
Error	419.377	16	5.825		
Total	108997.628	24			

ตารางผนวก 9 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) ของพืชหมักที่ 48 ชั่วโมง

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LPLdiges	132.268	3	44.089	8.723	*
MOLdiges	4.998	1	4.998	.989	NS
LPLdiges * MOLdiges	40.187	3	13.396	2.650	NS
Error	363.914	16	5.054		
Total	214294.227	24			

ตารางผนวก 10 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของค่าการย่อยได้ของโปรตีน (CP) ของพืชหมักที่ 24 ชั่วโมง

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LPLdiges	367.874	3	122.625	21.550	*
MOLdiges	47.130	1	47.130	8.283	*
LPLdiges * MOLdiges	42.864	3	14.288	2.511	NS
Error	409.697	16	5.690		
Total	125236.580	24			

ตารางผนวก 11 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของค่าการย่อยได้ของโปรตีน (CP) ของพืชหมักที่ 48 ชั่วโมง

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LPLdiges	45.488	3	15.163	9.725	*
MOLdiges	.153	1	.153	.098	NS
LPLdiges * MOLdiges	4.155	3	1.385	.888	NS
Error	112.261	16	1.559		
Total	222786.386	24			

ตารางผนวก 12 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของค่าการย่อยได้ของเยื่อใย ADF ของพืชหมักที่ 24 ชั่วโมง

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LPLdiges	44.643	3	14.881	3.052	*
MOLdiges	10.458	1	10.458	2.145	*
LPLdiges * MOLdiges	5.536	3	1.845	.378	NS
Error	351.064	16	4.876		
Total	170924.395	24			

ตารางผนวก 13 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของค่าการย่อยได้ของเยื่อใย ADF ของพืชหมักที่ 48 ชั่วโมง

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
LPLdiges	36.486	3	12.162	1.611	*
MOLdiges	81.754	1	81.754	10.828	NS
LPLdiges * MOLdiges	23.988	3	7.996	1.059	NS
Error	543.630	16	7.550		
Total	273401.853	24			

ตารางผนวก 14 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของการย่อยได้ของวัตถุแห้งของกลุ่มทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	11.21	2	3.73	1.34	0.34
Row	22.31	2	7.47	2.66	0.14
Treatment	44.46	2	8.15	2.92	0.11
Error	16.78	2	2.79		
Total	74.73	8			

ตารางผนวก 15 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของการย่อยได้ของโปรตีนของกลุ่มทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	22.36	2	7.45	1.67	0.27
Row	47.48	2	15.82	3.54	0.08
Treatment	134.53	2	44.84	10.03	0.14
Error	26.83	2	4.47		
Total	231.23	8			

ตารางผนวก 16 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของการย่อยได้ของ NDF ของกลุ่มทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	19.38	2	6.46	0.20	0.88
Row	53.29	2	17.76	0.56	0.65
Treatment	143.81	2	47.93	1.52	0.30
Error	189.29	2	31.54		
Total	405.78	8			

ตารางผนวก 17 การ วิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของการย่อยได้ของ ADF ของกลุ่มทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	63.63	2	21.10	3.61	0.08
Row	99.33	2	33.11	5.67	0.03
Treatment	180.81	2	60.27	10.32	0.02
Error	35.05	2	5.84		
Total	378.51	8			

ตารางผนวก 18 การวิเคราะห์ห้วเรียนซ์ของการย่อยสลายของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 4 ด้วยวิธีใช้
ถุงไนลอน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	1.11	2	0.73	0.13	0.93
Row	52.52	2	17.51	6.36	0.02
Treatment	41.20	2	13.73	4.99	0.13
Error	16.53	2	2.75		
Total	111.38	8			

ตารางผนวก 19 การวิเคราะห์ห้วเรียนซ์ของการย่อยสลายของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 8 ด้วยวิธีใช้
ถุงไนลอน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	2.84	2	0.94	0.36	0.78
Row	43.19	2	14.39	5.52	0.03
Treatment	23.09	2	7.69	2.95	0.02
Error	15.64	2	2.60		
Total	84.78	8			

ตารางผนวก 20 การวิเคราะห์ห่าเรียนซ์ของการย่อยสลายของวัตถุแห่งในชั่วโมงที่ 12 ด้วยวิธีใช้
ถุงไนลอน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	2.37	2	0.79	0.67	0.59
Row	36.74	2	12.24	10.40	0.00
Treatment	12.70	2	4.23	3.60	0.04
Error	7.06	2	1.17		
Total	58.89	8			

ตารางผนวก 21 การวิเคราะห์ห่าเรียนซ์ของการย่อยสลายของวัตถุแห่งในชั่วโมงที่ 24 ด้วยวิธีใช้
ถุงไนลอน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	62.25	2	20.75	11.88	0.24
Row	25.23	2	8.44	4.83	0.16
Treatment	19.87	2	6.62	3.79	0.27
Error	10.48	2	1.74		
Total	117.94	8			

ตารางผนวก 22 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของการย่อยสลายของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 48 ด้วยวิธีใช้
ถุงไนลอน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	87.96	2	29.32	5.25	0.13
Row	45.84	2	15.28	2.74	0.04
Treatment	114.43	2	36.14	6.83	0.08
Error	33.50	2	5.58		
Total	281.75	8			

ตารางผนวก 23 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของการย่อยสลายของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 72 ด้วยวิธีใช้
ถุงไนลอน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	48.30	2	16.10	0.51	0.69
Row	97.16	2	32.38	1.02	0.04
Treatment	71.84	2	23.94	0.75	0.05
Error	190.34	2	31.72		
Total	407.65	8			

ตารางผนวก 24 การวิเคราะห์ห่าเรียนซ์ของการย่อยสลายของวัตถุแห้งในชั่วโมงที่ 96 ด้วยวิธีใช้
ถุงไนลอน

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	56.49	2	18.83	3.66	0.08
Row	87.59	2	29.29	5.67	0.03
Treatment	197.47	2	65.82	12.78	0.04
Error	30.89	2	5.14		
Total	372.46	8			

ตารางผนวก 25 การวิเคราะห์ห่าเรียนซ์ของวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันที (a) ของพืชหมัก

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	0.15	2	0.53	0.72	0.55
Row	0.16	2	0.56	0.76	0.57
Treatment	4.14	2	1.38	18.61	0.00
Error	0.44	2	0.07		
Total	4.91	8			

ตารางผนวก 26 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดย จุลินทรีย์ (b) ของพืชหมัก

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	5.48	2	1.82	1.65	0.27
Row	24.38	2	8.12	7.36	0.01
Treatment	31.24	2	10.41	9.43	0.00
Error	6.62	2	1.10		
Total	67.73	8			

ตารางผนวก 27 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของอัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (c)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	0.00	2	0.00	0.88	0.50
Row	0.00	2	0.00	1.67	0.27
Treatment	0.00	2	0.02	2.71	0.04
Error	0.00	2	0.00		
Total	0.00	8			

ตารางภาคผนวก 28 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของศักยภาพในการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (P)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	7.73	2	2.57	1.54	0.29
Row	26.05	2	8.68	5.19	0.04
Treatment	20.91	2	6.97	4.16	0.03
Error	10.04	2	1.67		
Total	64.75	8			

ตารางผนวก 29 การวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$)

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Column	60.11	2	20.03	2.66	0.14
Row	42.45	2	14.15	1.88	0.23
Treatment	72.62	2	24.24	3.22	0.02
Error	45.16	2	7.52		
Total	220.35	8			



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล

นายปณัฏ สุขสร้อย

เกิดเมื่อ

4 ธันวาคม 2531

ประวัติการศึกษา

พศ. 2549 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพังโคนวิทยาคม
จังหวัดสกลนคร

พศ. 2554 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่
เฉลิมพระเกียรติ

ผลงานวิจัย

ปณัฏ สุขสร้อย, สมปอง สรรวมศิริ และ อภิชาติ หมั่นวิชา. 2558.
ลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางอาหาร และการ
สลายตัวของโภชนะของเปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้า
กินนี. วารสารการเกษตรราชภัฏ 13: 47-55.