ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และการย่อยได้ของโภชนะในโคเนื้อ

วิทยานิพนธ์

ของ

ศุภลักษณ์ เข็นสี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

เมษายน 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และการย่อยได้ของโภชนะในโคเนื้อ

วิทยานิพนธ์
ของ
ศุภลักษณ์ เข็นสี

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
เมษายน 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Effect of Level of Cassava Peel in Fermented Total Mixed Ration used Napier Pakchong as Roughage on Feed Intake, Ruminal Fermentation and Nutrient Digestibility in Beef Cattle

Suphaluk Khensi

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Science (Animal Science)

April 2019

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวศุภลักษณ์ เข็นสี แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. จักรพงษ์ ชายคง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รศ. ดร. ทรงศักดิ์ จำปาวะดี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผศ. ดร. ขนิษฐา เรืองวิทยานุสรณ์)

.....กรรมการ
(รศ. ดร. อาณัติ จันทร์ถิระติกุล)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รศ. ดร. สิทธิศักดิ์ คำผา)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. อนุชิตา มุ่งงาม)
คณบดีคณะเทคโนโลยี

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และการย่อยได้ของโภชนะในโคเนื้อ

ผู้วิจัย ศุภลักษณ์ เข็นสี

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ทรงศักดิ์ จำปาวะดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขนิษฐา เรืองวิทยานุสรณ์

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** สัตวศาสตร์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2562

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหาร ผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และการย่อยได้ของโภชนะในโคเนื้อ โดยใช้แผนการทดลองแบบ 4×4 จัตุรัสลาติน ใช้โคเนื้อลูกผสม บราห์มันพื้นเมืองเพศผู้ จำนวน 4 ตัว น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 180.25 ± 16.25 กิโลกรัม โคทุกตัวจะได้รับอาหารทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ สูตรอาหารที่มีระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ 0, 15, 30, และ 45 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลอง พบว่า ปริมาณการกินได้ของโคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม การย่อยได้ของโภชนะไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) นอกจากนั้นยังพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะ แอมโมเนียไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าเปลือกล้างมันสำปะหลังสามารถใช้ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักได้ที่ระดับ 15-30 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก

คำสำคัญ : : โคเนื้อ, ปริมาณการกินได้, กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก, การย่อยได้ของโภชนะ, อาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก

TITLE Effect of Level of Cassava Peel in Fermented Total Mixed Ration used Napier Pakchong as Roughage on Feed Intake, Ruminal Fermentation and Nutrient Digestibility in Beef Cattle

AUTHOR Suphaluk Khensi

ADVISORS Associate Professor Songsak Chumpawadee , Ph.D.
Assistant Professor Khanitta Ruangwittayanusorn , Ph.D.

DEGREE Master of Science **MAJOR** Animal Science

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2019

ABSTRACT

The objective of this study was to determine effect of level of cassava peel in fermented total mixed ration used Napier Pakchong as roughage on feed intake, ruminal fermentation and nutrient digestibility in beef cattle. Four Brahman-Thai native crossbred cattle with an average initial body weight of 180.25 ± 16.25 kg. were randomly assigned in a 4x4 Latin Square Design. During each of four 21 day periods, the animals were fed four dietary treatments. The treatment were fermented total mixed ration which different in cassava peel 0 %, 15 %, 30 %, and 45 %, respectively. The results showed that feed intake was significant different among treatments ($P<0.05$). The digestibility, ruminal pH ammonia–nitrogen and total volatile fatty acid were not significant ($P>0.05$). Therefore, suitable levels of cassava peels in fermented total mixed ration were ranged from 15-30 % and not affected to feed intake, nutrient digestibility and ruminal fermentation.

Keyword : Beef cattle, Feed intake, Ruminal fermentation, Nutrient digestibility, Fermented total mixed ration

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ จำปาวะดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร. ขนิษฐา เรืองวิทยานุสรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ ชายคง ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ จันทร์ถิระติกุล และรองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิศักดิ์ คำผา กรรมการสอบ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงยิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณศิริพรรณ พลเสน และคุณวันประเสริฐ ทุมพะลา เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สาขาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยี ที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือเป็นอย่างดีในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ นิสิตปริญญาตรี สาขาสัตวศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2561

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อเข็มทอง เข็นสี คุณแม่สว่าง เข็นสี และญาติพี่น้องทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุน ให้กำลังใจ กำลังทรัพย์ และกำลังสติปัญญาในการศึกษาเล่าเรียนเสมอมา

สุดท้ายประโยชน์และคุณค่าที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณ บิดา-มารดา ผู้ให้ชีวิต ครู-อาจารย์ ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการทำวิจัยครั้งนี้

ศุภลักษณ์ เข็นสี

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพประกอบ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 สมมติฐานของการวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ปริทัศน์เอกสารข้อมูล 4

2.1 มันสำปะหลัง 4

2.1.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของมันสำปะหลัง 5

2.1.2 อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง 6

2.1.3 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง 6

2.1.4 เศษเหลือใช้จากอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง 7

2.1.5 คุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้ของเปลือกล้างมันสำปะหลัง 9

2.1.6 การใช้ประโยชน์เปลือกล้างมันสำปะหลัง 11

2.2 หญ้าเนเปียร์ 13

2.2.1 ลักษณะทั่วไปของหญ้าเนเปียร์ 14
2.2.2 คุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 15
2.2.3 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 15
2.2.4 ลักษณะเด่นของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 17
2.3 อาหารแบบผสมสำเร็จรูป (total mixed ration/complete feed) 17
2.4 อาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก (fermented total mixed ration, FTMR) 18
2.4.1 ผลของอาหารผสมสำเร็จรูปต่อปริมาณการกินได้ 19
2.4.2 ผลของอาหารผสมสำเร็จรูปต่อกระบวนการหมัก 20
2.4.3 ผลของอาหารผสมสำเร็จรูปต่อแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมัก 21
2.4.4 ผลของอาหารผสมสำเร็จรูปต่อกรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย 21
2.4.5 ผลของอาหารผสมสำเร็จรูปต่อการย่อยได้ 22
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการกินได้ 23
2.5.1 ปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพของของอาหาร 23
2.5.2 ความน่ากินของอาหาร 24
2.5.3 ความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์ 25
2.5.4 คุณภาพของอาหารหยาบ 26
2.5.5 พลังงานในอาหารสัตว์ 26
2.5.6 รูปแบบการให้อาหาร 27
2.5.7 รูปแบบของการเลี้ยงสัตว์ 28
2.5.8 อุณหภูมิและฤดูกาล 28
2.5.9 ปัจจัยด้านตัวสัตว์ 29
2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้ของอาหารในกระเพาะหมัก 30
2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก 31
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง 33

3.1 วัสดุอุปกรณ์ 33
3.1.1 สัตว์ทดลอง 33
3.1.1.1 โรงเรือน 33
3.1.1.2 อาหารทดลอง 33
3.2 วิธีการการทดลอง 35
3.2.1. แผนการทดลอง 35
3.2.2 วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล 36
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 37
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย 38
4.1 ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ 38
4.2 การย่อยได้ของโภชนะ 40
4.3 ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก 41
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 45
บรรณานุกรม 46
ประวัติผู้เขียน 84

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลังแห้ง 8
ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนะของเปลือกล้างมันสำปะหลัง 11
ตารางที่ 3 ปริมาณไฮโดรไซยานิคในผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง 12
ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่องระยะการเติบโตที่แตกต่างกัน 16
ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่องอายุการตัด 60 วัน 16
ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณของวัตถุดิบในสูตรอาหาร 34
ตารางที่ 7 แผนผังการทดลอง (Layout) 35
ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง 38
ตารางที่ 9 ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ 39
ตารางที่ 10 ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการย่อยได้ของโคเนื้อ 40
ตารางที่ 11 ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมักของโคเนื้อ 42

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบที่ 1 มันสำปะหลัง 4
ภาพประกอบที่ 2 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง 7
ภาพประกอบที่ 3 เปลือกล้างมันสำปะหลัง 9
ภาพประกอบที่ 4 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 14

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันการเลี้ยงโคเนื้อได้รับความสนใจจากเกษตรกรทั่วประเทศ แต่การเลี้ยงโคเนื้อในประเทศไทยยังประสบปัญหาหลายอย่าง เช่น ต้นทุนค่าอาหารมีราคาสูง ผลผลิตต่ำ และปัญหาในเรื่องแรงงานด้านการจัดการอาหารหยาบ ให้เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ตลอดทั้งปีซึ่งอาหารผสมสำเร็จรูปเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถนำมาแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยอาหารผสมสำเร็จรูปจะมีราคาถูก ช่วยเพิ่มผลผลิต และสามารถลดแรงงานในการจัดการด้านอาหาร และการจัดหาอาหารหยาบ เพราะอาหารผสมสำเร็จรูปประกอบด้วยอาหารข้นและอาหารหยาบผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม หากนำวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นมาพัฒนาสูตรอาหารก็สามารถลดต้นทุนทางด้านอาหารได้

อาหารผสมสำเร็จรูป (Total Mixed Ration: TMR) เป็นการใช้อาหารหยาบผสมกับอาหารข้นในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยคำนวณสัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิดตามความต้องการของสัตว์ การให้อาหารผสมสำเร็จรูป เป็นวิธีที่ช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้ ลดการเลือกกินของสัตว์ สามารถควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารแบบแยกกันระหว่างอาหารข้น และอาหารหยาบ เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในกระเพาะรูเมนไม่เปลี่ยนแปลงมาก ทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และสม่ำเสมอ (ฉลอง วชิราภากร และคณะ, 2547) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการ ประหยัดแรงงาน สะดวกในการให้อาหาร อีกทั้งยังง่ายต่อการจัดเก็บ (ทรงศักดิ์ จำปาวะดี และคณะ, 2560) การใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังที่เป็นเศษเหลือใช้จากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง และมีจำนวนมาก จึงถือเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์และลดต้นทุนการผลิตโดยทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก สามารถทำได้เนื่องจากเปลือกล้างมันสำปะหลังมีโภชนะเหลืออยู่โดยเฉพาะแป้งและโปรตีน ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณเป็นสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปโดยใช้ร่วมกับวัตถุดิบอาหารชนิดอื่นที่เป็นแหล่งโปรตีน และพลังงานรวมทั้งวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง ซึ่งการทำอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักเป็นวิธีที่ง่าย สามารถเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาได้นาน (Wongnen et al., 2009) อีกทั้งการให้อาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักยังสามารถช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้และความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะ (Yuangklang et al., 2004) นอกจากนี้หญ้าเนเปียร์ (Napier grass) ยังเป็นแหล่งอาหารหยาบเยื่อใยสูง ซึ่งให้คุณค่าทางอาหารสูงจึงเหมาะกับการใช้เป็นอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทั้งในรูปแบบของการให้สดและการถนอมรักษาด้วย วิธีการหมัก (silage) ซึ่งสามารถเก็บไว้เป็นอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องในช่วงขาดแคลนพืชอาหารสัตว์โดยไม่เน่าเสียหรือสูญเสียคุณค่าทางอาหาร (สีอุดม ลั่งสุมีไชย, 2560)

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมักและการย่อยได้ของโภชนะในโคเนื้อ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ

1.2.2 เพื่อศึกษาระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมักของโคเนื้อ

1.2.3 เพื่อศึกษาระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการย่อยได้ของโภชนะในโคเนื้อ

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบมีผลต่อปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ

1.3.2 ระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบมีต่อผลกระบวนการหมักในกระเพาะหมักของโคเนื้อ

1.3.3 ระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบมีผลต่อการการย่อยได้ของโภชนะ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการศึกษาระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลัง ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และการย่อยได้ของโภชนะ โดยใช้โคเนื้อลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองเพศผู้ จำนวน 4 ตัว

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงผลของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ

1.5.2 ทราบถึงผลของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อกระบวนการหมัก

1.5.3 ทราบถึงผลของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อการย่อยได้ของโภชนะในโคเนื้อ

บทที่ 2
ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

2.1 มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* และชื่อสามัญว่า Cassava มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาใต้ แถบประเทศ บราซิล ปัจจุบัน ปลูกกันทั่วประเทศเขตร้อนทั่วโลก มันสำปะหลังเป็นพืชหัวที่มีการปลูกอย่างแพร่หลายเกือบทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถปลูกได้ง่ายจนได้รับฉายาว่าพืชเทวดา มันสำปะหลังเป็นพืชเขตร้อน เป็นแหล่งพลังงานและเป็นวัตถุดิบอาหารชนิดหนึ่งที่เหมาะสมกับการเลี้ยงสัตว์ชนิดต่างๆ มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานที่มีราคาถูกหาง่ายประกอบกับมีแป้งเป็นส่วนประกอบอยู่สูงถึง 75-80 เปอร์เซ็นต์ (ทรงศักดิ์ จำปาวะดี, 2544) และกากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีราคาต่ำสุดใน วัตถุดิบอาหารพลังงาน คุณค่าทางโภชนะใกล้เคียงกับวัตถุดิบอาหารชนิดอื่น กากมันสำปะหลังมีระดับของโปรตีนต่ำ แต่มีส่วนของพลังงานสูง (เมธา ขวัญแก้ว และคณะ, 2538) ในทางพฤกษศาสตร์จัดอนุกรมวิธาน ของมันสำปะหลังดังนี้ (วัชรพงษ์ วัฒนกูล, 2531)

Division: *Tracheophyta*

Class: *Dictyledonae*

Order: *Geniales*

Family: *Euphorbiaceae*

Genus: *Manihot*

Species: *Esculenta*

ภาพประกอบที่ 1 มันสำปะหลัง

ที่มา: วิชาการดอทคอม (2557)

สำหรับในประเทศไทยยังไม่มีหลักฐานที่แน่ชัดว่ามีการนำมันสำปะหลังเข้ามาปลูกเมื่อใด คาดว่าคงจะเข้ามาในระยะเดียวกับที่เข้าสู่ประเทศศรีลังกา ฟิลิปปินส์ คือราว ๆ พ.ศ.2329–2383

เดิมเรียกว่า มันสำโรง มันไม้และมันสำปะหลัง สรุปว่า คำว่า “สำปะหลัง” คล้ายกับภาษาชาวตะวันตก ที่เรียกมันสำปะหลังว่า สัมเปอ (Samper) ดังนั้นคำว่าสำปะหลัง อาจจะมาจากคำว่า “สัมเปอ” ของชาวตะวันตก การปลูกมันสำปะหลังเพื่อใช้ทำแป้งและสาคูในภาคใต้โดยการปลูกระหว่างแถวของต้น ยางพารากันมากว่า 70 ปีแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่จังหวัดสงขลามีอุตสาหกรรมทำแป้งและสาคูจำหน่ายไปยังปีนัง และสิงค์โปรแต่การปลูกมันสำปะหลังในภาคใต้จะค่อยๆ หมดไป เพราะเมื่อต้นยางพาราโตคลุมพื้นที่หมดจึงไม่สามารถปลูกมันสำปะหลังต่อไปได้ต่อมาได้มีการปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออก คือ จังหวัดชลบุรีระยองและจังหวัดใกล้เคียง (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

2.1.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของมันสำปะหลัง

ราก มันสำปะหลังมีรากน้อยและอยู่ไม่ลึกจากผิวดิน มีระบบรากชนิด adventitious root system เกิดจากส่วนต่าง ๆ ของต้น รากของมันสำปะหลังมี 2 ชนิด คือ รากจริง (True or wiry roots) และรากผสม (aodified or storages roots) รากจริงเจริญเติบโตไปทางลึกมากกว่าด้านข้าง เป็นรากยึดเหนี่ยวและให้อาหารแก่ต้น ส่วนรากสะสมเจริญเติบโตไปทางด้านข้างรอบ ๆ เป็นต้นส่วนมาก เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 2-3 เดือน หลังจากปลูกรากสะสมก็เริ่มขยายขึ้น จากการสะสมแป้งใน parenchyma cell เรียกรากสะสมนี้ว่า หัว อันเป็นแหล่งอาหาร หัวมันสำปะหลังประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

2.1.1.1 ผิวหรือเปลือกนอก (periderm) เป็นเยื่อบาง ๆ อยู่ชั้นนอกสุดมีความหนาลักษณะเรียบและขรุขระ สีของผิวนอกของหัวมันสำปะหลังแตกต่างกันออกไป มีสีขาว น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ ชมพู

2.1.1.2 เปลือกชั้นใน (cortical region) อยู่ถัดผิวเข้ามามีความหนา 0.1-0.3 เซนติเมตร ส่วนมาก มีสีขาว ชมพู อาจมีสีน้ำตาล เปลือกประกอบด้วย ชั้นของ cell ชนิดต่าง ๆ เรียกรวมกัน เปลือก (peel)

2.1.1.3 เนื้อส่วนแกนกลาง (large central pith) เป็นส่วนที่สะสมแป้งเป็นส่วนประกอบใหญ่ของหัวทั้งหมด เป็นส่วนที่ใช้เป็นอาหารได้ ประกอบด้วยชั้นของ cell ชนิดต่าง ๆ คือ cambium, parenchyma, xylem, vessel แป้งในหัวมันสำปะหลังอยู่ในส่วน parenchyma cell ซึ่งมีอยู่ในส่วนของเปลือกและเนื้อแต่ในเปลือกมีปริมาณน้อยกว่าในเนื้อ (เอกสารทางวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน, 2546)

2.1.1.4 ลำต้น มีลักษณะเป็นข้อๆ ซึ่งเป็นรอยที่ก้านใบร่วงหลุดไป สีของลำต้นส่วนยอดจะเป็นสีเขียว ส่วนทางด้านล่างอาจมีสีน้ำตาล หรือมีสีม่วงแดงขึ้นอยู่กับพันธุ์

2.1.1.5 ใบ เป็นใบเดี่ยว ใบแยกเป็นแฉกคล้ายใบปาล์ม มีสีเขียว ก้านใบอาจมีสีเขียวหรือสีแดง บางพันธุ์จะมีสีเหลือง หรือขาว หรือใบด่าง ที่ใช้เป็นไม้ประดับ

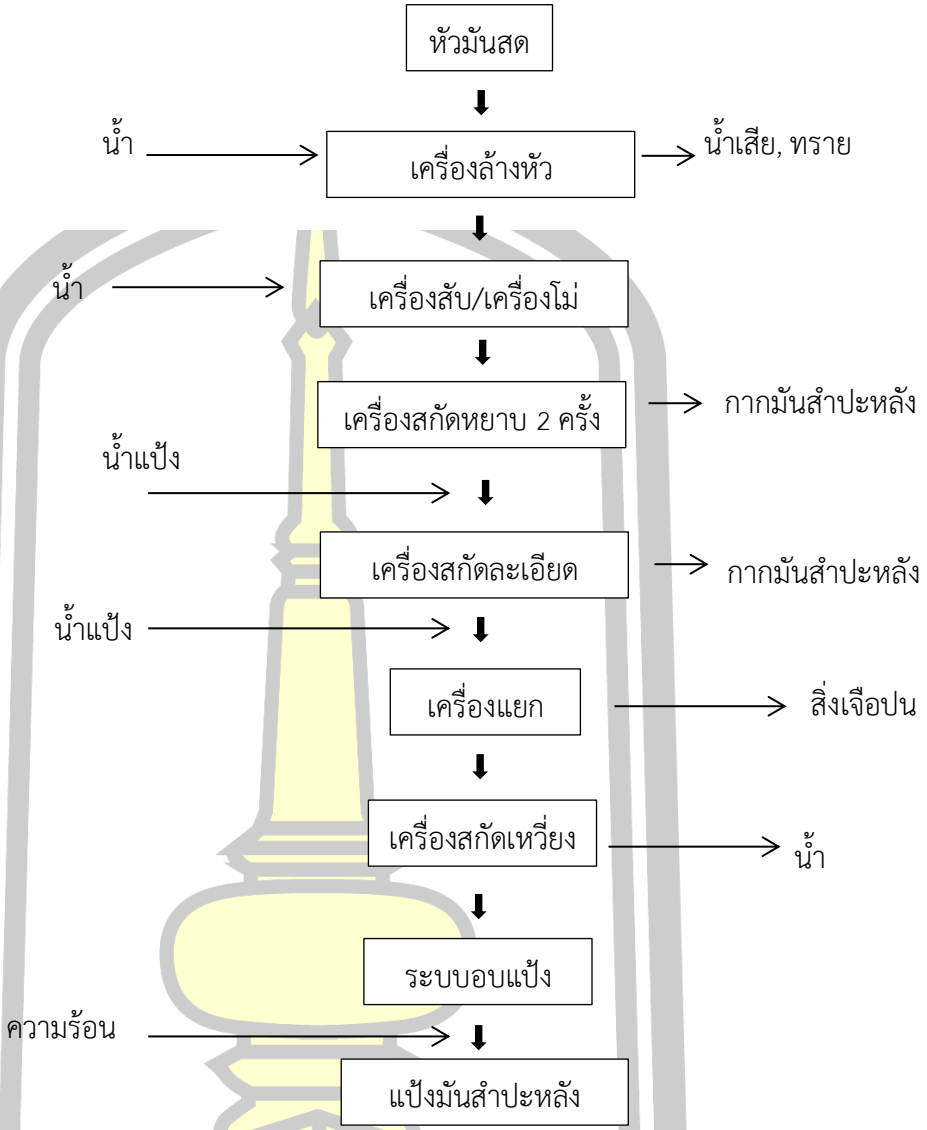
2.1.1.6 ดอก มันสำปะหลังมีดอกตัวผู้และตัวเมียอยู่ในช่อเดียวกัน ดอกตัวผู้จะอยู่ทางส่วนปลายของช่อดอกมีขนาดเล็กกว่าดอกตัวเมีย มีกลีบ 5 กลีบ มีสีเหลืองหรือมีลายแดงผลและเมล็ด ในแต่ละผลจะมี 3 เมล็ด เมล็ดจะมีสีเทาหรือลายจุดดำ

2.1.2 อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง

ผลผลิตหัวมันสำปะหลังจะถูกป้อนเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังและได้ผลผลิตเป็นแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นอันดับ 3 ของโลกและส่งออกเป็นอันดับ 1 ของโลกจากประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากกว่า 100 ประเทศทั่วโลก และมีส่วนแบ่งทางการตลาดมากกว่าร้อยละ 80 ของทั่วโลก การผลิตแป้งมันสำปะหลังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังดิบ (Native Starch) และแป้งมันสำปะหลังดัดแปลง (Modified Starch) ในปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานที่ผลิตแป้งมันสำปะหลังทั้งหมด 73 โรงงาน แบ่งเป็นโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังดิบ 49 โรงงาน โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปลง 15 โรงงาน และโรงงานผลิต ทั้ง 2 ประเภท 9 โรงงาน โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประมาณ 36 โรงงาน โดยเฉพาะที่จังหวัดนครราชสีมา มี 21 โรงงาน เนื่องจากมีพื้นที่ปลูกและผลผลิตมันสำปะหลังมากที่สุดของประเทศ ภาคกลางมีโรงงานแป้งมันสำปะหลังจำนวน 22 โรงงาน และภาคเหนือ 15 (สวลี ดีประเสริฐ และคณะ, 2555)

2.1.3 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในอุตสาหกรรมแป้ง ซึ่งจะต้องใช้หัวมันสำปะหลังสดที่รับซื้อมาจากเกษตรกร โดยหัวมันสดต้องมีปริมาณแป้งไม่ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์เข้าสู่กระบวนการผลิต โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมหัวมันสำปะหลังและทำความสะอาด เพื่อแยกทรายออกจากหัวมัน และหลังจากนั้นก็จะเข้าสู่กระบวนการบดหัวมันสำปะหลังเพื่อให้หัวมันมีชิ้นเล็กและละเอียด ขั้นตอนนี้จะถูกเติมน้ำและถูกนำเข้าสู่เครื่องสกัดแป้งเพื่อสกัดแยกแป้งออกโดยทั่วไปจะเป็นการสกัดแบบมากกว่าหนึ่งครั้ง ในขั้นตอนนี้โรงงานมีการเติมน้ำกำมะถัน เพื่อยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ ซึ่งจะเปลี่ยนโมเลกุลของแป้งเป็นกรดแลคติก หลังจากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งทำให้น้ำแป้งข้นขึ้น และขั้นตอนสุดท้ายคือกระบวนการการทำให้แป้งแห้งและการบรรจุผลิตภัณฑ์ ภาพประกอบที่ 2



ภาพประกอบที่ 2 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก สวลี ดีประเสริฐ และคณะ (2555)

2.1.4 เศษเหลือใช้จากอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

2.1.4.1 กากมันสำปะหลัง (Cassava pulp)

จากการสำรวจกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังของอุตสาหกรรมแป้งในประเทศไทย พบว่า กากมันสำปะหลัง จะเกิดขึ้นในกระบวนการการบดหัวมันสำปะหลัง ในส่วนเครื่องสกัดแป้งเพื่อสกัดแยกแป้งออกจากกากมันสำปะหลัง โดยทั่วไปจะเป็นการสกัดแบบมากกว่าหนึ่งครั้ง ในขั้นตอนนี้กากมันสำปะหลังจากขั้นตอนการสกัดแป้งจะมีน้ำอยู่ในปริมาณมาก กากมันสำปะหลัง

จะถูกแยกออกจากน้ำแป้ง และอีกขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการผลิตแป้งคือ การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งเพื่อแยกกากมันสำปะหลังออกให้หมด จากงานวิจัยของเยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ (2542) ได้กล่าวว่าปริมาณกากมันสำปะหลังจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะมีปริมาณร้อยละ 1.11 ของผลผลิตมันสำปะหลังทั้งหมด ดังนั้นในปี 2554 จะมีกากมันสำปะหลังเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแป้งประมาณ 2.36 ล้านตันต่อปี สามารถนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์และเป็นสารตั้งต้นประเภทน้ำตาลเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรม อาหาร เครื่องดื่ม สารให้ความหวานหรือสามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ เนื่องจากกากแป้งมันสำปะหลังเป็นวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง และโรงงานผลิตฟรุกโตสซึ่งเป็นสารให้ความหวาน โดยปกติกากแป้งมันสำปะหลังที่ออกจากโรงงานจะมีลักษณะเปียก ความชื้นประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ และมีการใช้กากแป้งมันสำปะหลังเปียกนี้เป็นอาหารสัตว์ อาทิ อาหารโค, กระบือ และปลา แต่กากแป้งมันสำปะหลังที่ตากแห้งและใช้เป็นวัสดุเจือปนผสมกับมันเส้นบดหรือมันอัดเม็ด ทำให้มันเส้นบดและมันอัดเม็ดมีคุณภาพต่ำลง อย่างไรก็ตามกากมันสำปะหลังก็ยังคงมีคุณค่าทางอาหารเหลืออยู่โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (NFE) ประมาณ 65-70 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำมาใช้ในเชิงอาหารสัตว์ได้โดยตรง

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลังแห้ง

กากมันสำปะหลัง	เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (DM)
วัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์)	88.73
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	1.83
ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	0.48
เยื่อใย (เปอร์เซ็นต์)	10
เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	3.64
แคลเซียม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	0.60
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	0.36

ที่มา: สุมิต ยิ้มมงคล และสุกัญญา จัตตุพรพงษ์ (2550)

2.1.4.2 เปลือกล้างมันสำปะหลัง (Cassava peel)

เปลือกล้างมันสำปะหลัง (Cassava peel) เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตร (Agro industrial by–products) หัวมันสำปะหลังสดก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะต้องนำไปทำความสะอาดหลายขั้นตอนเริ่มตั้งแต่การตัดเหง้าที่ติดมากับหัวมันออกให้มากที่สุด ซึ่งจะมีผลทำให้เศษดินทรายที่ติดอยู่หลุดออกไป จากนั้นนำมาร่อนด้วยถังหมุนหรือเครื่องเขย่า

เพื่อให้ดินทรายรวมทั้งผิวเปลือกนอกของหัวมันเศษรากและสิ่งเจือปนอื่น ๆ ถูกแยกออกไป ซึ่งส่วนทั้งหมดที่แยกออกมาได้นี้เรียกรวมกันว่า เปลือกดิน ปัจจุบันมีลานมันที่ผลิตมันเส้นสะอาดหลายแห่งที่มีขั้นตอนแยกดินทรายและเปลือกนอกนี้เช่นกัน ดังนั้นปริมาณเปลือกดินนี้นับวันจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ แต่การนำไปใช้ประโยชน์ยังไม่แพร่หลาย เนื่องจากคนส่วนใหญ่ยังไม่รู้คุณค่าและการนำไปประยุกต์ใช้ นอกจากนี้ในขบวนการแปรรูปหัวมันสดเป็นแป้งมันยังต้องมีขั้นตอนการปอกเปลือกชั้นในที่ติดกับส่วนแป้งออกก่อนที่จะนำหัวมันไปสับให้ละเอียด เปลือกชั้นในของหัวมันที่ถูกลอกและแยกออกมามักเรียกว่า เปลือกล้าง ซึ่งเปลือกส่วนนี้จะค่อนข้างสะอาดมีเศษดินเศษทรายติดมาน้อยมาก ส่วนใหญ่เป็นเปลือกชั้นในและส่วนหัวมันที่หักเป็นชิ้นเล็ก ๆ แต่อาจมีรากเส้นเล็ก ๆ ติดปนมา เปลือกล้างจึงมีคุณภาพดีและสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง และสัตว์ปีกได้หากผ่านกระบวนการหมัก

ภาพประกอบที่ 3 เปลือกล้างมันสำปะหลัง

2.1.5 คุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้ของเปลือกล้างมันสำปะหลัง

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ (2542) รายงานว่า จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะมีเปลือกมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์ ของมันสำปะหลังทั้งหมดที่เข้าโรงงาน คิดเป็นปริมาณต่อปีได้ 552,000 ตัน ซึ่งเปลือกมันสำปะหลังเมื่อผ่านกระบวนการผลิตแป้งมันจากโรงงานยังคงมีเปอร์เซ็นต์โปรตีน 4.3 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 12.0 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 0.2 เปอร์เซ็นต์ (Nwokoro and Ekhosuehi, 2005) พลังงานรวม (GE) 2.96 Mcal/kg (Adegbola, 1980)

ส่วนเปอร์เซ็นต์เยื่อใยมีค่าใกล้เคียงกัน มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยอยู่ที่ 10.8, 12.0 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพลังงานที่ย่อยสลายได้ (DE_P) พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) และพลังงานสุทธิ (NE_p) เท่ากับ 2.12, 1.69 และ 1.00 Mcal/kg ตามลำดับ และยังพบว่าการย่อยสลายพลังงานสูงกว่า การรายงานของ Adegbola (1980) (1.03 Mcal/kg) ส่วนโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient : TDN) เท่ากับ 42.05 เปอร์เซ็นต์ และการย่อยสลายของวัตถุแห้งของเปลือกล้างมันสำปะหลัง (Effective degradability of DM; *dg*DM) ในเปลือกมันสำปะหลังมีค่า *dg*DM เท่ากับ 57.20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่า กากมันสำปะหลัง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในกากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรทที่สลายได้ง่ายสูง คือมีเปอร์เซ็นต์เถ้า ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ต่ำกว่าในเปลือกล้างมันสำปะหลัง ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีอีกทั้ง ในเปลือกล้างมันสำปะหลังยังมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนค่อนข้างต่ำ กรณีใช้สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถแก้ปัญหาโดยการปรับปรุงใช้ร่วมกับสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non Protein Nitrogen, NPN)

เมฆ ขวัญแก้ว และคณะ (2553) พบว่าเปลือกมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลังมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในอาหารหยาบหมักได้ โดยมีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสมเริ่มตั้งแต่ช่วงเวลาการหมัก 14 วัน ซึ่งในแต่ละสูตรของอาหารหยาบหมักมีกรดไฮโดรไซยานิคที่มีความเป็นพิษในระดับต่ำมาก โดยจะเพิ่มขึ้นตามระดับของการใช้เปลือกมันสำปะหลัง และค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (pH 3.9-4.2) การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งเพิ่มตามระดับของการใช้กากมันสำปะหลัง ปริมาณกรดแลคติคสูงสุดเมื่อช่วงเวลาการหมัก 14 วัน และไม่พบการเกิดกรดบิวทีริก แต่จะพบที่ช่วงเวลาการหมัก 21 และ 28 วัน และเปลือกมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารหยาบหมักได้ โดยเฉพาะสำหรับประเทศไทยที่มักขาดแคลนทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ในฤดูแล้ง

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี และคณะ (2560) พบว่าสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีเปลือกล้างมันสำปะหลัง สัดส่วน 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน เท่ากับ 13.74, 15.35 และ 14.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีเถ้า เท่ากับ 8.70, 8.19 และ 8.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์เยื่อใยของอาหารผสมสำเร็จรูป แบบหมักที่มีเปลือกล้างมันสำปะหลัง สัดส่วน 30,40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีผนังเซลล์ เท่ากับ 38.42, 41.63 และ 37.47 เปอร์เซ็นต์ มีลิกโนเซลลูโลส เท่ากับ 27.88, 26.87 และ 26.66 เปอร์เซ็นต์ และมีลิกนิน เท่ากับ 21.62, 26.49 และ 18.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สาเหตุที่องค์ประกอบทางเคมีมีความแตกต่างกันเป็นผลมาจากการใช้วัตถุดิบในสูตรอาหารแต่ละสูตรในสัดส่วนที่ต่างกันโดยเฉพาะเปลือกล้างมันสำปะหลัง แต่อย่างไร ก็ตามระดับเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูป เพียงพอต่อความต้องการโดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเคี้ยวเอื้องของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนะของเปลือกล้างมันสำปะหลัง

เปลือกล้างมันสำปะหลัง	เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (DM)
วัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์)	26.0
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	1.04
ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	1.92
เยื่อใย (เปอร์เซ็นต์)	10.79
เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	17.66
NDF (เปอร์เซ็นต์)	70.97
ADF (เปอร์เซ็นต์)	18.73
TDN (เปอร์เซ็นต์)	43.0
ME, Mcal/kg	2.12
แคลเซียม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	0.21
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	0.15

ที่มา: ดัดแปลงมาจากพิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ และคณะ (2554)

2.1.6 การใช้ประโยชน์เปลือกล้างมันสำปะหลัง

การใช้เป็นอาหารสัตว์

เปลือกล้างมันสำปะหลังในสภาพสดใหม่มีกรดไฮโดรไซยานิคสูงมาก (346-815 ส่วนในล้านส่วน, พีพีเอ็ม) ดังนั้นจึงไม่ควรนำไปเลี้ยงสัตว์ทุกชนิดเพราะอาจทำให้เป็นพิษสัตว์อาจถึงตายได้ การนำเปลือกล้างมันสำปะหลังมาตากแดดให้แห้ง โดยใช้แสงแดดสามารถลดสารพิษได้ แต่เปลือกล้างมันสำปะหลังที่ได้มีลักษณะแห้งแข็งไม่ค่อยน่ากิน มีโปรตีนระหว่าง 1–4.5 เปอร์เซ็นต์ มีเยื่อใยและเถ้าค่อนข้างสูง

การนำเปลือกล้างมันสำปะหลังมาหมักในถุงพลาสติกหรือภาชนะที่ปิดสนิทไม่มีอากาศจะทำให้เกิดการหมักในลักษณะไร้ออกซิเจน สามารถลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคลดลงได้ จนเหลือในระดับที่ปลอดภัยไม่เป็นพิษกับสัตว์ เปลือกล้างมันสำปะหลังหมักที่ได้มีกลิ่นหอมสัตว์ชอบกิน การย่อยได้ดีกว่าเปลือกล้างมันแบบแห้ง สามารถใช้เป็นอาหารเสริมพลังงานและทำให้สัตว์ได้รับปริมาณเยื่อใยในปริมาณที่เพียงพอ เหมาะสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้แก่ โคเนื้อ โคนม กระบือ แพะ และแกะโดยสามารถใช้ได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ใช้ร่วมกับหญ้า ฟาง หรืออาหารหยาบชนิดอื่น ๆ (ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์, 2548)

สารพิษในมันสำปะหลัง

สารพิษในมันสำปะหลัง คือ กรดไฮโดรไซยานิก ซึ่งเกิดจาก การแตกตัวของสารประกอบไซยาโนเจเนติก กลูโคไซด์ (cyanogenetic glucosides) ที่มีชื่อว่า ลินามาริน (linamarin) และโลเทาสตราลิน (lotaustralin) สารทั้ง 2 ดังกล่าวจะรวมตัวกับน้ำโดยอาศัยเอนไซม์ ลินามาเรส (linamarase) หรือ เบตากลูโคซิเดส (β-glucosidase) ซึ่งจะมีอยู่ ในเนื้อเยื่อมันสำปะหลัง เช่นกัน ให้ สารพิษในรูปกรดไฮโดรไซยานิก (วัชรพงษ์ วัฒนกูล, 2553) หากสัตว์ได้รับกรดไฮโดรไซยานิกมากกว่า 50 มิลลิกรัม จะทำให้กล้ามเนื้อขาดออกซิเจน หายใจขัดชักกระตุกอาจทำให้สัตว์ตายได้ใน 2-3 นาที แต่สามารถลดพิษได้โดยความร้อน เช่น การผึ่งแดด (สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, 2539) สอดคล้องกับ เมฆ ขวัญแก้ว และคณะ, (2553) มันสำปะหลังมีสารชนิดหนึ่งเรียกว่า สารไซยาโนจีนิคไกลโคไซด์ ซึ่งมีอยู่ในเนื้อเยื่อของมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นพิษต่อคนและสัตว์ถ้าได้รับกรดไฮโดรไซยานิคประมาณ 1.4 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม อาจจะถึงตายได้แต่สามารถทำลายหรือลดสารพิษได้โดยใช้ความร้อนหรือการหมัก (ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์, 2550)

ตารางที่ 3 ปริมาณไฮโดรไซยานิคในผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง

ผลิตภัณฑ์ของมันสำปะหลัง	ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก (ppm)
หัวสดทั้งหมด	88.3-416.3
กากมันสำปะหลัง	34.3-301.3
เปลือกมันสำปะหลังสด	364.2-814.7
เศษต่างๆของหัวมันสำปะหลัง	23.1-41.3
เศษต่างๆของกากมันสำปะหลัง	17.3-26.7
เศษต่างๆของเปลือกมันสำปะหลัง	264.3-321.5
หัวมันสำปะหลังแห้ง	51.7-63.7
กากมันสำปะหลังแห้ง	23.7-31.3
เปลือกสำปะหลังแห้ง	666.8-1250.0
แป้งมันสำปะหลังแห้ง	-
ใบสำปะหลังหมัก*	14.6
ใบสำปะหลังป่น*	18.7

ที่มา: เมฆ ขวัญแก้ว (2552)

อาการของสัตว์ที่เกิดจากสารพิษของกรดไฮโดรไซยานิค คือ กล้ามเนื้อขาดออกซิเจนทำให้หายใจขัด ตัวสั่น ชักกระตุก และอาจถึงตายได้ในรายที่รุนแรง จะแสดงอาการภายใน 10-15 นาที และตายภายใน 2-3 นาที หลังจากแสดงอาการ ระดับต่ำสุดของกรดไฮโดรไซยานิคที่สามารถทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์ คือ 2.315 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และถ้าสัตว์ได้รับปริมาณกรด

ไฮโดรไซยานิค 4 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะทำให้เกิดพิษรุนแรงต่อสัตว์ และอาจทำให้สัตว์ตายได้

2.1.6.1 ข้อจำกัดในการใช้มันสำปะหลัง

ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ (2551) กล่าวว่า ไม่สามารถใช้มันสำปะหลังสดเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากมีสารพิษกรดไฮโดรไซยานิคต้องนำไปผ่านขบวนการลดสารพิษลงก่อน โดยการทำเป็นมันเส้น หรือมันหมัก ต้องเสริมโปรตีนคุณภาพดีในสูตรอาหารมันเส้นสูง เนื่องจากมันเส้นมีระดับโปรตีนต่ำ ทำให้ราคาอาหารผสมสำเร็จรูปสูงขึ้นด้วย ซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรไม่ค่อยนิยมใช้มันสำปะหลัง ยกเว้นในช่วงที่มีราคาถูกมาก มันเส้นหรือมันหมัก ยังคงมีสารพิษหลงเหลืออยู่ไม่ควรใช้เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสุกรเล็ก และลูกไก่เล็ก

2.1.6.2 วิธีการลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิค

การลดความเป็นพิษในหัวมันสำปะหลังก่อนที่จะนำมารับประทาน สามารถทำได้หลายวิธีคือ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2554)

1. ปอกเปลือก เนื่องจากสารไซยาโนจีนิค ไกลโคลไซด์จะสะสมอยู่ในเปลือกมากกว่าในเนื้อมันสำปะหลัง การปอกเปลือกจึงเป็นการกำจัดสารดังกล่าวได้ดีที่สุด

2. ล้างน้ำและแช่น้ำ เนื่องจากสารกลูโคไซด์ละลายน้ำได้ดีมาก ดังนั้นการล้างน้ำและแช่น้ำนาน ๆ กลูโคไซด์จะละลายไปกับน้ำ

3. การหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และตากแดดให้แห้ง ในกระบวนการทำมันเส้น

4. การใช้ความร้อน เนื่องจากกลูโคไซด์สลายตัวได้ดีมากที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อนำหัวมันสำปะหลังมาทำให้ร้อนจะด้วยวิธีอบ นึ่ง ต้ม ความเป็นพิษจะหมดไป

5. การหมักหัวมันสำปะหลังทำให้เกิดกรดอินทรีย์ขึ้นซึ่งมีผลในการไฮโดรไลส์สารกลูโคไซด์ที่มีในหัวมัน ทำให้เกิดแก๊สไฮโดรไซยาไนด์ระเหย และความเป็นพิษหมดไป

วิธีลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิค อีกหนึ่งวิธีคือ ทำให้เป็นมันสำปะหลังหมัก โดยการนำหัวมันสำปะหลังหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วอัดใส่ให้แน่นในไซโล ซึ่งโดยทั่วไปใช้บ่อซีเมนต์ ตั้งบนดินส่วนล่างของไซโลควรมีก๊อกน้ำเพื่อระบายน้ำในไซโลอัดมันสำปะหลังให้เต็ม แล้วปิดฝาไม่ให้อากาศเข้าได้ ปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 21 วัน สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ (วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่, 2555)

2.2 หญ้าเนเปียร์

หญ้าเนเปียร์มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pennisetum purpureum* เป็นพืชดั้งเดิมของอัฟริกาเขตร้อน นำเข้ามาในปี พ.ศ. 2472 โดยนายอาร์.พี.โจนส์ เป็นหญ้าที่มีอายุหลายปีเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ให้ผลผลิตที่สูงและมีคุณค่าทางอาหารสูงจึงถูกนำมาใช้เพื่อการเกษตร

สำหรับเป็นอาหารในการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคนม โคเนื้อ กระบือ แพะ และแกะ (ศุภชัย ธรรมศิริทรัพย์, 2556) หญ้าเนเปียร์เป็นหญ้าเขตร้อนที่มีอายุหลายปี มีทรงต้นเป็นกอตั้ง ทรงคล้ายอ้อย ขยายพันธุ์ด้วยท่อนพันธุ์ ถ้าดินที่ปลูกมีความอุดมสมบูรณ์สูง และมีการให้น้ำชลประทานจะได้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพ หญ้าเนเปียร์มีหลายสายพันธุ์คือหญ้าเนเปียร์ *(Pennisetum)* หญ้าเนเปียร์แคระ *(P. purpureum cv. Mott)* หญ้าเนเปียร์ลูกผสม *(P. purpureum x P. amuricanum)* ซึ่งมี 2 สาย พันธุ์ คือ เนเปียร์ยักษ์ *(King grass)* และบาน่า *(Bana grass)* หญ้าเนเปียร์ธรรมดาและหญ้าเนเปียร์ลูกผสมเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ สูงประมาณ 3 - 4 เมตร ส่วนหญ้าเนเปียร์แคระ จะมีการแตกกอดี มีส่วนของใบมากกว่าต้น และออกดอกมากกว่าสายพันธุ์อื่นเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่สูง 1-2 เมตร (จีรวัชร์ เข็มสวัสดิ์, 2551)

ภาพประกอบที่ 4 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง
ที่มา: อุทัย (2558)

2.2.1 ลักษณะทั่วไปของหญ้าเนเปียร์

หญ้าเนเปียร์เป็นหญ้าประเภทกอตั้ง มีอายุยืนนานหลายปี ลำต้นมีขนาดใหญ่แข็งแรง ประกอบด้วยลำต้นใต้ดินสั้น ๆ ลำต้นมีที่ตั้งตรงขึ้นไป 2-6 เมตร โดยแต่ละต้นจะมีจำนวนข้อประมาณ 15-16 ข้อ ใบมีสีเขียวอ่อนยาว 70-90 เซนติเมตร กว้าง 2-3 เซนติเมตร และมีเส้นกลางใบขนาดใหญ่ กาบใบมีขนาดขนเล็ก ๆ นุ่มมือ ใบมีขนเล็ก ๆ สีขาวแข็งไม่มีเขี้ยวใบ ช่อดอกแบบ spike รูปทรงกระบอก ดอกย่อยอาจอยู่เดี่ยวหรือรวมกัน 2-3 กลุ่มมีหางยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ช่อดอกมีสีเหลืองยาว 15-22 เซนติเมตร หนา 2-3 เซนติเมตร หญ้าเนเปียร์ธรรมดาติดเมล็ดน้อยมาก เมล็ดมีสีขาวเล็กและมักไม่สมบูรณ์ ดั้งนั้นต้องขยายพันธุ์เพียงส่วนต้นเพียงอย่างเดียว หญ้าเนเปียร์

เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-40 องศาเซลเซียส หญ้าเนเปียร์ทนแล้งได้ดี เนื่องจากมีระบบรากลึกแข็งแรงและหยั่งลึกลงไปในดินที่ปลูก หญ้าเนเปียร์ควรเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์มีการระบายน้ำได้ดี ไม่ชอบน้ำท่วมขัง และไม่ทนต่อสภาพน้ำค้างแข็ง (สายัณห์ ทัดศรี, 2540)

2.2.2 คุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง

ไกรลาศ เขียวทอง (2555) รายงานว่า คุณค่าทางโภชนะของหญ้าเนเปียร์ปากช่องประกอบไปด้วย โปรตีนหยาบ ไขมัน เยื่อใยรวม ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส เถ้า และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 12.6, 1.3, 35.8, 38 - 48, 62-71, 12.3 และ 33.3 เปอร์เซ็นต์ เฉลา พิทักษสินสุข และคณะ (2553) กล่าวว่าหญ้าเนเปียร์ให้ผลผลิตสูง เจริญเติบโตได้ในดินเกือบทุกชนิด มีคุณค่าทางอาหารสูง มีโปรตีน ประมาณ 15-18 เปอร์เซ็นต์เหมาะต่อการเลี้ยงสัตว์ ทั้งในรูปหญ้าสดและหญ้าหมัก คุณค่าทางโภชนะของ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ตัดที่อายุ 45 วัน มีเปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใยรวม และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 14.9 15.9 35.8 และ 36.5 เปอร์เซ็นต์ และหากตัดที่อายุ 60 วัน มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใยรวม และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 18.3 12.6 42.6 และ 33.3 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ของหญ้าเนเปียร์มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง 48-71 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ 15-18 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 46-75 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ 40-74 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 1.2–1.3 เปอร์เซ็นต์ โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 40-67 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนที่ย่อยได้ 0.9-14.8 เปอร์เซ็นต์ หญ้าเนเปียร์มีความน่ากินสูงสัตว์ชอบกิน ในขณะที่หญ้ายังอ่อนสัตว์จะกินหมดทั้งใบและต้น แต่เมื่อหญ้าแก่ขึ้นสัตว์จะกินเฉพาะส่วนใบปล่อยส่วนที่เป็นต้นจะทิ้งไว้

สัดส่วนระหว่างใบกับลำต้น ก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน หญ้าที่มีใบมากย่อมมีโปรตีนมากตามไปด้วย และจากการศึกษาการย่อยได้ของส่วนต่าง ๆ ของพืช พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ในส่วนของใบจะสูงกว่าในส่วนของลำต้น ซึ่งในส่วนของหญ้าเนเปียร์นั้นมีส่วนของเปอร์เซ็นต์ใบเท่ากับ 56.0 เปอร์เซ็นต์ มีการย่อยได้ในส่วนของใบและลำต้นเท่ากับ 67.4 และ 55.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ของหญ้าที่อายุ 5 สัปดาห์ (สายัณห์ ทัดศรี, 2531)

2.2.3 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง

มีระดับเปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใยหยาบ และเถ้า โดยพบว่าอายุการตัดที่ 45 วัน มีระดับเปอร์เซ็นต์ โปรตีน ไขมัน และเถ้า คือ 15.9, 1.3 และ 14.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากตารางที่ 4 ช่วงอายุของการตัดหญ้าเนเปียร์มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี ยิ่งมีการตัดหญ้าที่อายุสั้นก็จะทำให้องค์ประกอบทางเคมีมากกว่าการตัดหญ้าที่มีอายุมาก ดังแสดงตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่องระยะการเติบโตที่แตกต่างกัน

อายุการตัด	วัตถุแห้ง (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	เยื่อใยรวม (%)	เถ้า (%)
45 วัน	14.9	15.9	1.3	35.8	14.5
60 วัน	18.3	12.6	1.2	42.6	12.3

ที่มา: ดัดแปลงมาจากไกรลาศ เขียวทอง (2555)

การใช้ประโยชน์ของหญ้าเนเปียร์จากการตัดหญ้าเนเปียร์ไปเลี้ยงสัตว์ ควรตัดครั้งแรก 60-70 วันหลังปลูกและตัดหญ้าครั้ง ต่อไปทุก 30-45 วัน ช่วงฤดูฝนหญ้าโตเร็วอาจตัดอายุน้อยกว่า 30 วัน โดยตัดชิดดินหญ้าเนเปียร์เหมาะสำหรับใช้เลี้ยงโคนม โคเนื้อ กระบือ ในรูปหญ้าสด หรือหญ้าหมักไม่เหมาะสำหรับการทำหญ้าแห้ง (สายัณห์, 2546) องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่องอายุการตัดที่ 60 วัน ดังแสดงตารางที่ 5

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ปากช่องอายุการตัด 60 วัน

หญ้าเนเปียร์ปากช่องอายุการตัด 60 วัน	เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (DM)
วัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์)	17.3
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	10.6
ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	1.2
เยื่อใย (เปอร์เซ็นต์)	42.6
เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	12.3
ผนังเซลล์ (เปอร์เซ็นต์)	73.1
ลิกโนเซลลูโลส (เปอร์เซ็นต์)	45.7
การวัดค่าพลังงานโดยการวัดโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	53
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Mcal/kg)	1.92
แคลเซียม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	0.6
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	0.41

ที่มา: เฉลา พิทักษสินสุข และคณะ (2553)

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์หนึ่งที่เป็นสายพันธุ์ลูกผสมที่มีศักยภาพผลผลิตสูงและมีคุณค่าทางอาหารสูงด้วย คือ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นหญ้าลูกผสมเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) สายพันธุ์หนึ่ง ซึ่งเกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ ระหว่างหญ้าเนเปียร์ยักษ์และหญ้าไข่มุก (*Pennisetum americanum*) ระยะแรกได้มีการกระจายพันธุ์ไปสู่เกษตรกรอย่างไม่เป็นทางการ และได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีการเจริญเติบโตเร็ว ผลผลิตสูง ตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ย เป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีศักยภาพสูง ทั้งในแง่การให้

ผลผลิต และมีคุณค่าทางอาหารสัตว์ดีตามที่สัตว์ต้องการ เหมาะสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคนม โคเนื้อ กระบือ แพะ และแกะ ในปัจจุบันกรมปศุสัตว์ได้สนับสนุนส่งเสริมให้เกษตรกร ปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วประเทศ หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์นี้มีอายุหลายปีโตเต็มที่สูงประมาณ 4 เมตร มีระบบรากที่แข็งแรงแผ่กระจายอยู่ในดินดูดซึมน้ำ และปุ๋ยได้ดี ลักษณะลำต้นและทรงต้นตั้งตรงปลูกขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์จากคุณสมบัติดีเด่น ได้แก่ มีผลผลิตสูง สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทุก ๆ 2 เดือน มีผลผลิตพืชสดไม่น้อยกว่า 20 ตันต่อไร่ ต่อรอบการตัดจึงเหมาะสมที่จะพัฒนาให้เป็นแหล่งอาหารหยาบ สำหรับเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกพืชอาหารสัตว์น้อย (ศุภชัย ธรรมศิริทรัพย์, 2556)

2.2.4 ลักษณะเด่นของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง

หญ้าเนเปียร์ปากช่องเติบโตเร็วให้ผลผลิตต่อไร่สูง โปรตีนสูง มีความน่ากินสูง สัตว์ชอบกินตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ยดี แตกกอดี แก่ช้า ทนแล้ง ในฤดูหนาวยังเติบโตได้ดี ไม่ชะงักไม่มีระยะพักตัว ใบและลำต้นอ่อนนุ่ม ขอบใบไม่คมไม่มีขนที่ทำให้เกิดอาการคัน ระยะออกดอกนั้นไม่ติดเมล็ดให้ผลผลิตตลอดทั้งปี มีปริมาณน้ำตาลในใบและลำต้นสูง ทำเป็นหญ้าหมักโดยไม่จำเป็นต้องเติมสารเสริมใด ๆ ปรับตัวได้ดีในดินหลายสภาพไม่มีโรคและแมลงรบกวน เก็บเกี่ยวง่าย ปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวได้นานถึง 6-7 ปี เหมาะกับเกษตรกรที่มีพื้นที่จำกัด (ไกรลาศ เขียวทอง, 2555)

2.3 อาหารแบบผสมสำเร็จรูป (total mixed ration/complete feed)

อาหารผสมสำเร็จรูป (total mixed ration: TMR) หมายถึง การจัดการให้อาหารที่มีส่วนผสมของอาหารหยาบ เช่น หญ้าสด หญ้าแห้งหรือหญ้าหมัก ร่วมกับเมล็ดธัญพืชทั้งแหล่งอาหาร โปรตีน พลังงาน แป้ง ไวตามิน และแร่ธาตุ โดยจัดการให้มีขนาดและสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่เหมาะสม นำมาผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน และนำไปจ่ายให้โคกินอย่างเพียงพออย่างเดียว (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2559) ซึ่งอาหารผสมสำเร็จรูป สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการฟาร์มและเพิ่มผลกำไรจากการใช้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพ ยังทำให้โคสามารถกินอาหารได้มากขึ้น โคนมมีปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น โดยมีการย่อยอาหารได้ดีและนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่งผลให้มีความสมดุลในกระเพาะหมักและลดการเลือกกินอาหารของสัตว์ รวมทั้งสัตว์ยังสามารถกินอาหารได้ถึงคำสุดท้าย ลดการสูญเสียในรูปเศษอาหาร ซึ่งเป็นการนำอาหารที่มีรสชาติและความน่ากินต่ำ มาผสมรวมกันแล้วทำให้อาหารน่ากินขึ้น สามารถเลือกใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นมาประกอบอาหารได้ง่าย ควบคุมอัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นได้อย่างแม่นยำ ลดต้นทุนค่าอาหาร และลดปัญหาการใช้แรงงาน (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2559)

การให้อาหารผสมสำเร็จรูปเป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการ ประหยัดแรงงาน สะดวกในการให้อาหาร และง่ายต่อการจัดเก็บสัตว์จะได้รับโภชนะครบถ้วน และมีสัดส่วนสม่ำเสมอตามความต้องการของสัตว์ (ทรงศักดิ์ จำปาวะดี, 2552) ขนาดของอาหารหยาบที่ใช้ในส่วนประกอบของอาหารผสมสำเร็จรูป ควรจะมีความยาวไม่ต่ำกว่า 3–5 เซนติเมตร จึงทำให้การย่อยได้ในกระเพาะรูเมนมีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่ อาหารหยาบในอาหารผสมสำเร็จรูปที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ ยอดอ้อย ฟางข้าว ซังข้าวโพด เป็นต้น และยังมีวัตถุดิบอาหารสัตว์อีกหลายชนิดที่นิยมนำมาให้เป็นแหล่งอาหารหยาบ จากงานวิจัยของ Chumpawadee et al. (2005) พบว่าวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดสามารถนำมาเป็นแหล่งเยื่อใยแทนพืชอาหารสัตว์ได้ ซึ่งแหล่งอาหารหยาบดังกล่าวต้องนำมาลดขนาดของเยื่อใยเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ อาจทำให้เกษตรกรต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการลดขนาดของอาหาร นอกจากอาหารหยาบจะเป็นแหล่งเยื่อใยแล้ว ยังเป็นแหล่งโปรตีนอีกด้วย (ปรารถนา พฤกษะศรี, 2541) การให้อาหารผสมสำเร็จรูป เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยทำให้ ค่า pH ภายในกระเพาะหมักไม่เปลี่ยนแปลงมาก ทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และสม่ำเสมอ (ฉลอง วชิรากร, 2541)

2.4 อาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก (fermented total mixed ration, FTMR)

อาหารหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักเป็นการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาใช้ประกอบสูตรอาหารในการเลี้ยงสัตว์ซึ่งเป็นแนวทางในการช่วยลดต้นทุนค่าอาหาร และยังเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งเป็นวิธีหนึ่งที่จะแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ในฤดูแล้งได้ด้วย (สไบพร สุรินทร และพิชาด เขจรศาสตร์, 2558) ซึ่งอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักเป็นวิธีง่ายๆ ในการใช้ประโยชน์ของอาหารและขยายอายุการเก็บรักษาของอาหาร อาหารผสมครบส่วนหมัก (FTMR) จะทำโดยการผสมอาหารหยาบกับอาหารข้นแล้วหมักภายใต้สภาพไร้อากาศ เช่น หมัก ในภาชนะที่ปิดสนิท 21 วัน (Wongnen et al., 2009) จากผลการทดลองของ เมฆ ขวัญแก้ว (2552) ที่ทำการทดลองอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก ซึ่งพบว่าเปลือกมันสำปะหลังและกากมันสาปะหลังมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในอาหารหยาบหมักได้ โดยมีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสมเริ่มตั้งแต่ช่วงเวลาการหมัก 14 วัน ซึ่งในแต่ละสูตรของอาหารหยาบหมักมีกรดไฮโดรไซยานิคที่มีความเป็นพิษในระดับต่ำมาก โดยจะเพิ่มขึ้นตามระดับของการใช้เปลือกมันสำปะหลัง และค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (pH 3.9-4.2) การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งเพิ่มตามระดับของการใช้กากมันสำปะหลัง ปริมาณ Lactic acid สูงสุดเมื่อช่วงเวลาการหมัก 14 วัน และไม่พบการเกิด Butyric acid แต่จะพบที่ช่วงเวลาการหมัก 21 และ 28 วัน อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ จึงถือได้ว่าเป็นหญ้าหมักที่มีคุณภาพดี จากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่ากากมันสำปะหลัง และเปลือกมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารหยาบ

หมักได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ (2554) ที่ได้ทำการศึกษาการนำเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหารหยาบหมัก สำหรับโคนมต่อปริมาณน้ำนม องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนม ซึ่งสูตรอาหารหยาบหมัก 5 สูตร แต่ละสูตรจะแตกต่างกันที่ระดับของเปลือกมันสำปะหลัง (0, 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักสด ตามลำดับ) ระยะเวลาในการหมัก (คือ 14, 21 และ 28 วัน) ผลการทดลองพบว่าอาหารหยาบหมักทั้ง 5 สูตร มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเพิ่มขึ้นตามอายุการหมัก เปอร์เซ็นต์โปรตีน และ ผนังเซลล์ มีอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการหมัก และสูตรอาหารหยาบหมัก ระดับความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแอมโมเนียไนโตรเจนของอาหารหยาบหมักจัดว่ามีคุณภาพดี และปริมาณของสารพิษไซยาไนด์เพิ่มขึ้นตามระดับการใช้เปลือกมันสำปะหลัง และที่อายุการหมัก 14 วัน จะมีปริมาณสารพิษไซยาไนด์สูง และลดลงตามระยะเวลาการหมัก 21 และ 28 วัน เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุแห้งลดลงตามระยะเวลาการหมัก ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ กรดแลคติกสูงสุดที่ระยะเวลาการหมัก 14 วัน และกรดอะซิติก เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก ดังนั้นอายุการหมัก 14 วันขึ้นไป เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ในการทดลองต่อไป

2.4.1 ผลของอาหารผสมสำเร็จรูปต่อปริมาณการกินได้

ปริมาณการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้น ปัจจัยที่สำคัญมีผลต่อการกินได้ก็คือความน่ากินของอาหาร เพื่อไปกระตุ้นความอยากอาหารของสัตว์ ดังนั้นอาหารผสมสำเร็จรูปจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการนำมาเลี้ยงสัตว์ ซึ่งอาหารผสมสำเร็จรูปเป็นการนำเอาอาหารข้นและอาหารหยาบมาผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน และนำไปจ่ายให้โคกินอย่างเพียงพอเพียงอย่างเดียว สามารถลดปัญหาการเลือกกินของสัตว์ นันทนา ช่วยชูวงศ์ และคณะ (2540) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพการขุน คุณภาพผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคเนื้อ 5 พันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศไทย โดยให้อาหาร 2 แบบ คือ การให้อาหารข้นกับหญ้าสดแยกกัน และให้อาหารแบบผสมครบส่วน โคที่ได้รับอาหารทั้งสองแบบมีปริมาณการกินได้และประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

ซึ่งสอดคล้องกับ สไบพร สุรินทร และพิชาด เขจรศาสตร์ (2558) จากการทดลองผลของชนิดอาหารหยาบในอาหารผสมสำเร็จหมักต่อการกินได้การย่อยได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะหมักของแกะ ซึ่งได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนะและคุณภาพของใบอ้อยและฟางข้าวในอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก (FTMR) ต่อการกินได้ การย่อยได้ของแกะ ใช้แผนการทดลองแบบจัตุรัสลาตินในแกะทดลอง 8 ตัว (น้ำหนักตัวเริ่มทดลอง 32±8 กิโลกรัม) แบ่งสัตว์ทดลองเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 4 ตัว สุ่มสัตว์ทดลองให้ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก (FTMR) จำนวน 4 สูตร 1) อาหารผสมสำเร็จรูปหมักฟางข้าวละเอียด (FTMR1) 2) อาหารผสมสำเร็จรูปหมักใบอ้อยละเอียด (FTMR2) 3) อาหารผสมสำเร็จรูปหมักฟางข้าวหยาบ (FTMR3) และ 4) อาหารผสมสำเร็จรูปหมัก

ใบอ้อยหยาบ (FTMR4) ผลการศึกษาพบว่าแกะที่ได้รับอาหารทดลองจำนวน 4 สูตร มีปริมาณกินได้ไม่แตกต่างกัน

อย่างไรก็ตาม บุญเสริม พรจันทึก และคณะ (2558) รายงานว่าการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปต่อปริมาณการกินได้ของแพะเนื้อ พบว่า แพะได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีกากมันสำปะหลังจากเอทานอลในระดับ 0, 10, และ 30 เปอร์เซ็นต์

2.4.2 ผลของอาหารผสมสำเร็จรูปต่อกระบวนการหมัก

ผลของอาหารผสมสำเร็จรูปต่อความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก

อาหารผสมสำเร็จรูปเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้ และทำให้สามารถควบคุมระดับความเป็นกรด–ด่าง ภายในกระเพาะหมักให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารแบบแยกระหว่างอาหารข้น และอาหารหยาบ อีกทั้งยังส่งผลให้ความเป็นกรดด่าง (pH) ภายในกระเพาะหมักไม่เปลี่ยนไปมาก ทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์และสม่ำเสมอ จากการทดลองของ Xu et al. (1994) ซึ่งทำการทดลองถึงผลของบัฟเฟอร์ในอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีธัญพืชสูง เพื่อศึกษาค่าความเป็นกรด–ด่าง ภายในกระเพาะหมักของโคนม โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 3 กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม ที่ไม่ผสมบัฟเฟอร์ลงในอาหารผสมสำเร็จรูป กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่เสริมบัฟเฟอร์ที่ได้จากแหล่งที่ต่างกันลงในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูป กลุ่มควบคุมเมื่อวัดค่าความเป็นกรด–ด่าง ณ ชั่วโมงที่ 0 พบว่า ค่าความเป็นกรด–ด่างของกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 6.84, 6.90 และ 6.87 ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ พีรพจน์ พิติพจน์ และคณะ (2546) กล่าวว่าการได้รับอาหารที่มีมันเส้น และกากมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารมีค่าความเป็นกรด–ด่าง ประมาณ 6.88 และ 6.93 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ เมธา วรรณพัฒน์ (2533) และ ฉลอง วชิราภากร (2541) ที่รายงานว่า ระดับความเป็นกรด–ด่าง ภายในกระเพาะหมักของโคในสภาพปกติอยู่ในช่วงระหว่าง 6.5–7.0 ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก เมื่อระดับความเป็นกรด–ด่างมีค่าต่ำลง จะทำให้สภาพภายในกระเพาะหมักมีแบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยแป้ง และแบคทีเรียที่ทนกรดเพิ่มมากขึ้น (วลัยลักษณ์, แก้ววงษา 2543) และจากรายงานของ ไพบูลย์ ใจเด็ด และคณะ (2539) ที่กล่าวว่า ความเป็นกรด–ด่างจะลดลงเพราะมีความเป็นกรดมากภายหลังการกินอาหารข้น และจะเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในสภาวะที่เป็นกลางถึงด่างเล็กน้อยภายหลังการกินอาหารหยาบ เนื่องจากการกระตุ้นให้หลั่งน้ำลายเพิ่มสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับ Allen (1997) ที่กล่าวว่าความเป็นกรด–ด่างจะลดลงตอบสนองต่ออาหารที่ได้รับ

2.4.3 ผลของอาหารผสมสำเร็จรูปต่อแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมัก

การให้อาหารสัตว์ที่ถูกต้องตรงกับความต้องการของสัตว์ รวมทั้งการใช้อาหารหยาบและอาหารข้นอย่างมีประสิทธิภาพสามารถนำไปสู่การให้ผลผลิตสูงสุด (ฉลอง วชิราภากร, 2541) ดังนั้นการจัดการให้อาหารที่มีส่วนผสมของอาหารหยาบและอาหารข้นในสัดส่วนที่เหมาะสม (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2559) ส่งผลให้โปรตีนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต Fischer et al. (1993) ได้ทดลองเปรียบเทียบความยาวในการตัดถั่วแอลฟัลฟ่าเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบอาหารผสมสำเร็จรูปของโคนม โดยสับถั่วแอลฟัลฟ่าให้มีความยาว 0.95 เซนติเมตร นำไปผสมเป็นอาหารผสมสำเร็จรูปที่ต่างกัน 2 สูตร คือ สูตรอาหารที่ผสมหญ้าแห้งเป็นสูตรอาหารที่ 1 และสูตรอาหารที่ไม่มีหญ้าแห้ง เป็นสูตรอาหารที่ 2 ส่วนถั่วแอลฟัลฟ่าสับที่มีความยาว 0.46 เซนติเมตร นำไปผสมอาหารผสมสำเร็จรูป โดยใช้สูตรเดียวกับถั่วแอลฟัลฟ่าสับแบบยาว จากนั้นนำมาหาองค์ประกอบทางเคมี ประเมินคุณค่าทางโภชนะโดยใช้เทคนิคแก๊สโปรดักชั่น และหาค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ของสูตรอาหารที่ใช้ถั่วแอลฟัลฟ่าสับแบบยาวในสูตรที่มีหญ้าแห้งและไม่มีหญ้าแห้ง สูตรอาหารที่ใช้ถั่วแอลฟัลฟ่าสับแบบสั้นในสูตรที่มีหญ้าแห้งและไม่มีหญ้าแห้ง พบว่ามีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในชั่วโมงที่ 0 เท่ากับ 14.95, 13.65, 15.93 และ 12.53 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และจากงานทดลองของ Bargo et al. (2002) วัดความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนของโคที่ได้รับอาหารที่ต่างกัน 3 ประเภท ได้ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน คือ 19.96, 10.75 และ 9.74 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับ Grummer et al. (1984) อ้างโดย คณิน บรรณกิจ (2546) รายงานว่าระดับที่เหมาะสมของแอมโมเนียไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักคือ 4.8–17.3 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ในขณะที่ Windschitl (1991) อ้างโดยอรอนงค์ พวงชมพู (2543) พบว่า ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนของโคที่ได้รับอาหารหยาบทั้ง 3 ชนิด มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก คือ 11.8–18.3 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร โดย Wanapat and Pimpa (1999) รายงานว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมักจะสามารถเพิ่มขึ้นได้สูงที่ชั่วโมงที่ 2 หลังจากให้อาหารจากนั้นจะมีค่าลดต่ำลง ซึ่งแอมโมเนียไนโตรเจนเป็นแหล่งไนโตรเจนที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในกลุ่มที่ใช้ประโยชน์ได้จากน้ำตาลและโปรตีน (ศิวพร วรอนุ, 2543) และยังสำคัญต่อแบคทีเรียในกลุ่มที่ใช้ประโยชน์ได้จากเยื่อใย (Hungate, 1966)

2.4.4 ผลของอาหารผสมสำเร็จรูปต่อกรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย

สมดุลของนิเวศวิทยาภายในกระเพาะหมัก เป็นสภาวะที่มีลักษณะเฉพาะหลายอย่าง เพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญของประชากรจุลินทรีย์ และมีความแตกต่างจากกระบวนการหมัก

แบบไม่ใช้ออกซิเจนอื่น ๆ เช่น สามารถรักษาระดับอุณหภูมิให้คงที่โดยกระบวนการ homeothermic metabolism จากตัวสัตว์เอง กระบวนการหมักที่เกิดขึ้นได้ผลผลิตเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acids; VFA) จากการศึกษาของ Bargo et al. (2002) ซึ่งได้ศึกษาถึงผลของการย่อยได้ต่อการเพิ่มผลผลิตในโคนม โดยการให้อาหารในประเภทที่ต่างกัน ทำการทดลองภายในตัวโคนมเจาะกระเพาะ และให้ประเภทของอาหารที่ต่างกันคือ 1. ให้หญ้ากับอาหารข้น 2. ให้หญ้ากับอาหารผสมสำเร็จรูป 3. ให้อาหารผสมสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว สามารถวัดค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ เท่ากับ 140.92, 130.05 และ 141.56 มิลลิโมลาร์ ซึ่งบุญล้อม ชีวอิสระกุล (2541) กล่าวว่า ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ในกระเพาะหมักนั้นขึ้นอยู่กับอัตราในการผลิตและการดูดซึมกรดผ่านผนังกระเพาะหมัก ถ้าอัตราในการผลิตมีมากจะมีกรดสะสมอยู่ในกระเพาะหมักมาก

หลังจากที่โคกินอาหารเข้าไป ในกระเพาะหมักจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตสุดท้ายโดยเฉพาะ แอมโมเนียไนโตรเจนและกรดไขมันที่ระเหยได้ (เมธา วรรณพัฒน์, 2533) ซึ่งการลดขนาดของอาหารเยื่อใย ทำให้กระบวนการหมักที่เกิดขึ้นในกระเพาะหมักเปลี่ยนแปลงไป โดยความเป็นกรด–ด่าง ในกระเพาะหมักจะลดลง (Grant et al., 1990)

2.4.5 ผลของอาหารผสมสำเร็จรูปต่อการย่อยได้

อาหารผสมสำเร็จรูปในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ควรมีอัตราส่วนของอาหารข้นและอาหารที่เหมาะสมเพื่อรักษาสภาวะสมดุลกรด-ด่าง ทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยอาหารหยาบ ช่วยย่อยอาหารข้นช่วยกันทำงานได้อย่างเต็มที่ (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2559) จากการศึกษาของ ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญและคณะ (2549) รายงานว่าจากการศึกษาผลของอาหารผสมครบส่วนกับอาหารผสมครบส่วนหมักต่อปริมาณการกินได้ และผลผลิตน้ำนมในโครีดนม พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ลิกโนเซลลูโลส และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (NSC) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนหยาบ ไขมัน และผนังเซลล์ในโคนมทั้งสองกลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับฉลอง วชิราภากร และคณะ (2547) ได้ศึกษาผลของระดับซังข้าวโพดในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อการให้ผลผลิตในโคนม โดยสุ่มให้โคนมได้รับอาหารทดลองดังนี้ 1) ให้ฟางข้าวอย่างเต็มที่และให้อาหารข้น 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (ให้อาหารแบบแยก) 2) ให้อาหารผสมสำเร็จรูปที่มีซังข้าวโพด 30 เปอร์เซ็นต์ 3) ให้อาหารผสมสำเร็จรูปที่มีซังข้าวโพด 35 เปอร์เซ็นต์ และ 4) ให้อาหารผสมสำเร็จรูปที่มีซังข้าวโพด 40 เปอร์เซ็นต์ จากการประเมินสัมประสิทธิ์การย่อยได้โดยใช้เถ้าที่ไม่ละลายในกรด พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุของการให้อาหารแบบแยกประเภท

และการให้อาหารแบบอาหารผสมสำเร็จที่มีซังข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bargo et al. (2002) ศึกษาถึงผลของการย่อยได้ต่อการเพิ่มผลผลิตในโคนม โดยการให้อาหารในประเภทที่ต่างกัน และให้ประเภทของอาหารต่างกัน คือ 1. ให้หญ้ากับอาหารข้น 2. ให้หญ้ากับอาหารผสมสำเร็จรูป 3. ให้อาหารผสมสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว พบว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์ที่ได้จากอาหารทั้ง 3 สูตรอาหารนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) พนัส ธรรมกีรติวงศ์ (2537) ได้กล่าวว่าการให้อาหารผสมสำเร็จรูปจะมีผลต่อสภาพที่เหมาะสมต่อการทำงานของประชากรจุลินทร์ในกระเพาะหมักมากกว่าการให้อาหารแยกกัน และผลของการให้อาหารผสมสำเร็จรูปนี้จะสามารถทำให้เพิ่มสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ทำให้สามารถมีประสิทธิภาพการย่อยได้สูงขึ้น ไพบูลย์ ใจเด็ด และคณะ (2539)

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการกินได้

ความต้องการสารอาหารของสัตว์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารที่กินในแต่ละวัน และปริมาณอาหารที่กินยังมีอิทธิพลต่อความต้องการสารอาหารของสัตว์ด้วย เพราะประสิทธิภาพของการย่อย ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการกิน การย่อยได้ การดูดซึมและการขับถ่าย ซึ่งผันแปรไปตามปริมาณอาหารที่สัตว์กิน มีอิทธิพลต่อความต้องการสารอาหารเพื่อการดำรงชีพด้วย การกินอาหารถูกควบคุมโดยกลไกรักษาสภาพแวดล้อมภายในร่างกาย เช่น ความเกี่ยวพันกับการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด กรดอะมิโนในเลือดและการรักษาอุณหภูมิของร่างกาย เป็นต้น ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์เหล่านี้ ได้แก่

2.5.1 ปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพของของอาหาร

อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์นั้นจำเป็นต้องมีความสดใหม่ปราศจากเชื้อรา ซึ่งอาหารที่เก่าตกค้างจะส่งผลให้การกินของสัตว์ลดลง นอกจากนี้ลักษณะทางกายภาพของอาหาร เช่น ความยาว ความเหนียว ความฟ่ามมีผลต่อการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Jarringe et al., 1995) โดยพบว่าการสับชิ้นอาหารหยาบให้เล็กลงจะทำให้อัตราการกินได้เพิ่มสูงขึ้น (Baumont, 1996) ในทางตรงกันข้ามหากสับชิ้นหญ้าให้ขนาดสั้นกว่า 1 เซนติเมตร จะทำให้การกินได้จะลดลง (Allen, 2000) สอดคล้องกับ NRC (2001) รายงานว่าอาหารหยาบเส้นใยยาวที่มีคุณสมบัติช่วยในการกระตุ้นการเคี้ยวเอื้อง (effective fiber) ควรมีขนาดของเส้นใยยาวไม่น้อยกว่า 1.9 เซนติเมตร ซึ่งจะช่วยให้ระบบการหมักย่อยในกระเพาะหมักดำเนินไปอย่างปกติ และสอดคล้องกับ วิโรจน์ ภัทรจินดา (2546) รายงานว่าอาหารหยาบเส้นใยยาวควรมีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งในสูตรอาหารรวม หรือให้สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับ ประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว

นอกจากนี้การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของอาหารหยาบและการเพิ่มอาหารโปรตีนหรือไนโตรเจนให้กับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ เช่น ฟางข้าว จะทำให้การกินได้ของสัตว์เพิ่มขึ้น (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546) โดย สุนทร วิทยาคุณ และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาปรับปรุงคุณภาพฟางข้าว โดยการบด การหั่น การแช่น้ำ หรือการหมักยูเรีย ซึ่งทำให้เยื่อใยของฟางข้าวอ่อนนุ่มและจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักเข้าย่อยสลายได้ง่าย สอดคล้องกับ ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาระดับความชื้นที่เหมาะสมในการหมักอาหารผสมครบส่วนต่อการย่อยได้โดยใช้ฟางบดที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอาหารหมักมีคุณภาพดีขึ้น และช่วยให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้น

2.5.2 ความน่ากินของอาหาร

ความน่ากินของอาหารที่มีผลต่อความอยากกินอาหารของสัตว์ ซึ่งสัตว์จะแสดงให้เห็นว่าชอบอาหารชนิดนั้นหรือไม่ โดยความชอบนั้นอาจจะมีผลมาจากปัจจัยหลาย ๆ อย่างรวมกัน เช่น การมองเห็น การได้กลิ่น การสัมผัส การรับรส เป็นต้น (เมธา วรรณพัฒน์, 2533) โดยพบว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องจะหลีกเลี่ยงการกินอาหารหยาบที่มีหนามหรือลำต้นเหนียวแข็ง (Baumont, 1996) และรสชาติของอาหารมีผลต่อความชอบกินของสัตว์แต่ละชนิดก็แตกต่างกันไป เช่น โคจะชอบอาหารที่มีกลิ่นคล้าย วานิลา หรือมีรสหวานและเปรี้ยวเล็กน้อย (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546) แกะชอบกินอาหารที่มีรสชาติหวานผสมเค็ม หรืออูมามิ (Umami) มากกว่ารสหวาน และรสขม ตามลำดับ (Villalba et al., 2011) และบุญเสริม ชีวอิสระกุล (2546) รายงานว่า แพะสามารถทนทานต่อพืชอาหารที่มีรสขมได้ดีกว่าโค จึงทำให้แพะสามารถกินพืชอาหารสัตว์ได้หลากหลายชนิดมากกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตามถ้าอาหารไม่มีความน่ากินสัตว์ก็ไม่กินอาหารนั้น ๆ เช่น ถ้าให้โคกินอาหารหลายชนิดในเวลาเดียวกัน จะพบว่าโคจะเลือกกินเฉพาะอาหารที่มีรสชาติตรงตามความชอบเท่านั้น และถ้าหารอาหารมีความน่ากินแต่สัตว์กลับกินอาหารได้น้อย นั่นเป็นผลเนื่องมาจากชนิดของอาหารและความจุของกระเพาะสัตว์ คือถ้าอาหารมีความฟ่ามมากจะทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อย ซึ่งวิโรจน์ ภัทรจินดา(2546) รายงานความน่ากินของอาหารโคจะสัมพันธ์กับความคุ้นเคยกับอาหาร ถ้าเปลี่ยนอาหารให้โคกินใหม่ทันที จะทำให้โคปฏิเสธการกินอาหารนั้นจนกว่าโคจะได้ทดลองกินและคุ้นเคยกับอาหารชนิดใหม่ก็จะทำให้โคกินได้ดีขึ้น และอาหารที่มีรสชาติไม่ดีนักอาจใช้กากน้ำตาลผสมช่วย เช่น ในอาหารที่การใส่ยูเรียเมื่อใส่กากน้ำตาลรสชาติของอาหารก็จะดีขึ้นส่งผลให้โคกินอาหารได้ดี (บุญเสริม ชีวอิสระกุล, 2547)

2.5.3 ความชื้นในวัตถุดิบอาหารสัตว์

อาหารหมักชนิดต่าง ๆ อันได้แก่ หญ้าหมัก กากมันหมัก กากเบียร์สด เป็นต้น มักจะมีความชื้นสูง ซึ่งความชื้นในอาหารจะทำให้ความจุของกระเพาะเต็ม และทำให้สัตว์อิ่มแบบถูกกำหนด โดยปัจจัยทางกายภาพ (Physical factor) ซึ่ง NRC (2001) รายงานว่า อาหารที่มีความชื้นเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ และทุก ๆ 1 เปอร์เซ็นต์ ของความชื้นในอาหารที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้การกินได้ของวัตถุแห้งจะลดลง 0.02 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว สอดคล้องกับ Kellems et al. (1993) รายงานว่าอาหารที่มีความชื้นในสูตรอาหารหรือใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นสูง มีผลทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งลดลง อย่างไรก็ตามโคจะมีการกินได้สูงเมื่อได้รับอาหารสูตรรวม (TMR) ที่มีความชื้นที่ระดับ 45-50 เปอร์เซ็นต์ (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

2.5.3.1 เยื่อใยในอาหารสัตว์

ปริมาณเยื่อใยในวัตถุดิบอาหารสัตว์จะมีความจำเป็นในการช่วยปรับสภาพความสมดุลในกระเพาะหมัก จำนวนอาหารเยื่อใยที่เพียงพอจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสัตว์ เยื่อใยในอาหาสัตว์ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต และส่วนที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต เช่น ลิกนิน ซิลิกา คิวติน เป็นต้น (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2547)

2.5.3.2 ชนิดของเยื่อใยในอาหารสัตว์

เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF)

ได้แก่ เซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน ซึ่งปริมาณเยื่อใย ผนังเซลล์ ในอาหารจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้ของโค โดยผนังเซลล์ จะมีความสัมพันธ์เชิงลบกับพลังงานในอาหาร แต่จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความจุของกระเพาะ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดการกินได้ เนื่องจากอาหารจะมีความฟ่ามมากขึ้น หรืออาจจะใช้พื้นที่ความจุในกระเพาะหมักมาก และอาหารมีระยะเวลาในการหมักนานขึ้น (Moore and Coleman, 2001)

ซึ่งวิโรจน์ ภัทรจินดา (2546) รายงานว่าอาหารสูตรรวมในโคนมควรมีสัดส่วนของเยื่อใยผนังเซลล์ประมาณ 24–28 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้โคมีการกินได้และการย่อยได้เป็นไปตามปกติ สอดคล้องกับ NRC (2001) รายงานว่าอาหารสูตรรวมที่มีเยื่อใยผนังเซลล์ 25–35 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ แต่ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งจะลดลงเมื่อระดับของผนังเซลล์ในสูตรอาหารมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากอาหารจะมีความฟ่ามและจะส่งผลต่อความจุของกระเพาะหมัก

เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF)

ได้แก่ เซลลูโลส และ ลิกนิน ซึ่งปริมาณเยื่อใยลิกโนเซลลูโลส ในอาหารบ่งบอกถึงการย่อยได้ของอาหารสัตว์ ถ้าเยื่อใยลิกโนเซลลูโลสสูง แสดงว่าพืชอาหารสัตว์ชนิดนั้นมีสัดส่วนของ ลิกนินสูง ซึ่งโคจะย่อยได้ต่ำ และหากค่าเยื่อใยลิกโนเซลลูโลสต่ำ แสดงว่าสัตว์จะมีการย่อยได้สูง อย่างไรก็ตาม NRC (2001) รายงานว่า อาหารสูตรรวมควรมีเยื่อใยลิกโนเซลลูโลสอย่างน้อย 17–21 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักทำงานได้และการย่อยได้เป็นไปตามปกติ (Moore and Coleman, 2001)

2.5.4 คุณภาพของอาหารหยาบ

อาหารหยาบคุณภาพดีจะมีความน่ากินสูง และสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถย่อยได้ดี ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของสัตว์ตามไปด้วย โดยสามารถจำแนกประเภทของอาหารหยาบได้ตามคุณภาพดังนี้

2.5.4.1 อาหารหยาบที่มีคุณภาพดี (โปรตีน 10 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป) ได้แก่ ถั่วอาหารสัตว์ และหญ้าชนิดต่างๆ ที่อายุการตัดไม่เกิน 6 สัปดาห์ เช่น หญ้าสด ช่วงอายุนี้จะมีลิกนินอยู่น้อย สามารถกระตุ้นให้โคกินอาหารได้มาก ทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักย่อยสลายได้ง่าย

2.5.4.2 อาหารหยาบคุณภาพปานกลาง (มีโปรตีน 5–7 เปอร์เซ็นต์) ได้แก่ หญ้าชนิดต่าง ๆ ที่อายุการตัดไม่เกิน 8 สัปดาห์

2.5.4.3 อาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำ (มีโปรตีนไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์) ได้แก่ ผลพลอยได้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ยอดอ้อย ต้นข้าวโพด และหญ้าที่มีอายุการตัดเกิน 8 สัปดาห์ขึ้นไป (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2547)

2.5.5 พลังงานในอาหารสัตว์

สัตว์เคี้ยวเอื้องจะต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตและให้ผลผลิต ซึ่งสัตว์จะกินอาหารเพื่อให้ได้พลังงานเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย โดยความหนาแน่นของพลังงานในอาหารมีบทบาทสำคัญในการควบคุมปริมาณการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดย เมธา วรรณพัฒน์ (2533) รายงานว่าระดับน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์ตรงกันข้ามกับการกินอาหารของสัตว์ และนอกจากนี้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องยังมีกรดไขมันที่ระเหยง่าย (volatile fatty acid, VFA) ซึ่งเป็นพลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์ในกระเพาะ ซึ่งพบว่าเมื่อสัตว์กินอาหารเข้าไปจะทำให้ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายในเลือดเพิ่มสูงขึ้น และมีผลให้การกินได้ลดลง หรือเกิดการอิ่มด้วยปัจจัยทางเคมี (Chemical factor) ซึ่ง Montgomery and Baumgardt (1965) รายงานว่าความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของพลังงานในอาหารกับปริมาณอาหารที่กินนั้น หากอาหารมีความหนาแน่นของพลังงานต่ำ ปัจจัยที่ควบคุมการกินได้จะเป็นลักษณะทางกายภาพ

ของอาหาร และต่อมาจึงจะเป็นปัจจัยทางเคมี ซึ่ง Mahgoub et al. (2000) รายงานว่า แกะที่ขุนด้วยอาหารที่มีระดับพลังงานในอาหารแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ต่ำ ปานกลาง และสูง พบว่าแกะที่ได้รับอาหารที่มีระดับพลังงานปานกลางและสูงจะมีการกินได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าแกะที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำ

2.5.6 รูปแบบการให้อาหาร

การให้อาหารสัตว์แบบเต็มที่ (ad libitum) จะเป็นการให้อาหารแก่สัตว์ โดยที่ให้เกินความต้องการของสัตว์ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของความต้องการและทำการเปลี่ยนอาหารใหม่เข้าและนำอาหารเก่าออกทุกวัน ซึ่งวิธีการให้อาหารแบบนี้สามารถกระตุ้นให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น เนื่องจากสัตว์ได้รับอาหารอย่างเกินพอสำหรับความต้องการ (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546) และการจ่ายอาหารสดใหม่เสมอ และเพิ่มความถี่ของการจ่ายอาหาร โดยทำการให้อาหารครั้งละน้อยแต่บ่อยครั้ง จะสามารถเพิ่มการกินได้ของอาหารให้สูงขึ้นได้ (Tisch, 2006) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงการให้อาหารอย่างรวดเร็ว ก็ส่งผลต่อการกินได้และการย่อยได้ของสัตว์ด้วย เนื่องจากจะทำให้สมดุลของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น การเปลี่ยนแหล่งโปรตีนจากพืชหรือสัตว์มาใช้ยูเรียจะต้องค่อยๆ ปรับเปลี่ยนทั้งสัดส่วนในอาหารข้น และปริมาณที่ให้สัตว์กิน ซึ่งระยะเวลาในการปรับเปลี่ยนควรใช้เวลาประมาณ 7 วัน ที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักมีเวลาในการปรับตัวเข้าสมดุล (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546) ดังนั้นการเปลี่ยนสูตรอาหารควรทำอย่างค่อยเป็นค่อยไป

2.5.6.1 การให้อาหารแบบแยก คือการแยกอาหารข้นกับอาหารหยาบให้สัตว์กิน ซึ่งการให้อาหารแบบแยกนี้จะช่วยให้ง่ายต่อการจัดการด้านการให้อาหาร และจะช่วยให้สัตว์กินอาหารได้มากแต่ข้อเสียของการให้อาหารด้วยวิธีนี้คือจะทำให้สัตว์เลือกกินอาหารตามความชอบมากกว่าความต้องการโภชนะของร่างกาย ซึ่งจะทำให้ได้รับโภชนะไม่สมดุลตามที่ร่างกายต้องการ อีกทั้งถ้าสัตว์เลือกกินอาหารข้นมากไปจะส่งผลให้เกิดภาวะ acidosis ได้ ซึ่งจะทำให้การกินได้และการย่อยได้ลดลงตามมา (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2547)

2.5.6.2 การให้อาหารแบบสูตรรวม เป็นการจัดการผสมอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพื่อให้สัตว์ได้รับโภชนะที่ถูกสัดส่วน ตามระยะการให้ผลผลิตคือ อาหารข้นต่ออาหารหยาบ (R:C ratio) ควรอยู่ในอัตราส่วน 40:60, 60:40 และ 50:50 (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546) และการให้อาหารวิธีนี้ยังช่วยแก้ปัญหาการเลือกกินวัตถุดิบอาหารอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งอาหารผสมสำเร็จรูปจะมีส่วนประกอบอาหารหยาบและอาหารข้น โดยอาหารหยาบจะผ่านการบดย่อยให้มีขนาดประมาณ 2-3 เซนติเมตร แล้วนำไปผสมในเครื่องผสมอาหารแบบแนวนอน (ฉลอง วชิราภากร, 2541) สอดคล้องกับ Jabbar and Anjum (2008) ศึกษาการกินได้ของแกะที่จ่ายอาหารในรูปอาหาร

ผสมสำเร็จรูป โดยมีสัดส่วนของอาหารต่ออาหารข้นแตกต่างกันคือ 75:25, 50:50 และ 25:75 พบว่าการกินได้ของแกะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับของอาหารข้นเพิ่มสูงขึ้น

2.5.7 รูปแบบของการเลี้ยงสัตว์

2.5.7.1 การเลี้ยงแบบขังรวม การเลี้ยงสัตว์แบบขังรวม พบว่าสัตว์บางตัวอาจไม่ยอมกินอาหารจนกว่าตัวอื่นจะกินเสร็จซึ่งส่งผลให้การกินได้ลดลง ดังนั้นจึงควรแยกสัตว์ประเภทนี้ออกจากฝูงใหญ่ให้กินอาหารเอง (วิชัย ทองดี, 2547) อย่างไรก็ตาม วิโรจน์ ภัทรจินดา (2546) รายงานว่า ในการเลี้ยงแบบขังรวมจะช่วยให้ได้รับการกระตุ้นจากเพื่อนในกลุ่มเดียวกันในการกินอาหารอยู่ตลอดเวลา เพราะโคมีพฤติกรรมทางสังคมแบบกลุ่ม โดยที่จะทำอะไรคล้าย ๆ กัน พร้อม ๆ กัน เช่น การกิน การขับถ่าย ดังนั้น โคที่กินอาหารเก่งก็จะโน้มนำให้ตัวอื่นยืนกินอาหารตามปริมาณการกินได้จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

2.5.7.2 การเลี้ยงแบบปล่อยแทะเล็ม การเลี้ยงสัตว์แบบปล่อยให้แทะเล็มตามทุ่งหญ้าอาหารสัตว์นั้น พบว่าสัตว์จะมีอัตราการแทะเล็มได้สูงสุดเมื่อแปลงหญ้ามีผลผลิตหญ้า 2,250 กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง/เฮกตาร์ (Rayburn, 1986) และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล (2546) รายงานว่า แพะสามารถเดินเลือกกินพืชอาหารได้ในระยะทางไกลจึงทำให้สามารถเลือกกินชนิดพืชอาหารได้ตามที่ต้องการและกินได้มากสำหรับการเลี้ยงในคอกขังเดี่ยวแพะและแกะจะเกิดความเครียดเนื่องจากถูกกักขังให้อยู่ในพื้นที่ที่จำกัดซึ่งอาจจะส่งผลให้การกินได้ลดลง อย่างไรก็ตามการเลี้ยงแบบปล่อยแทะเล็มก็จะทำให้สัตว์สูญเสียพลังงานไปกับการเดินหาอาหาร ทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดต่ำลง

2.5.8 อุณหภูมิและฤดูกาล

อุณหภูมิและฤดูกาลนั้นมีอิทธิพลต่อการกินได้ของสัตว์โดย NRC (2000) รายงานว่าโคเนื้อจะมีการกินได้สูงขึ้นเมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่เย็นสบาย (thermoneutral zone) และการกินได้จะลดลงเมื่อเกิดความเครียดจากความร้อนหรือความเย็นที่สูงหรือต่ำกว่าปกติ ซึ่งพฤติกรรมของโคที่พบได้เมื่อเกิดความเครียดจากสภาพอากาศ เช่น ระยะเวลาแทะเล็มสั้นลง เป็นต้น นอกจากนี้ฤดูกาลและช่วงแสงยังส่งผลต่อการกินได้ของสัตว์ โดยพบว่าการกินได้ของวัตถุแห้งในโคเนื้อที่เลี้ยงแบบปล่อยแทะเล็มเพิ่มสูงขึ้น 0.6–1.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อเวลาในช่วงกลางวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 1 ชั่วโมง สอดคล้องกับ วิชัย ทองดี (2547) รายงานว่า อากาศหนาวโคจะมีความอยากกินอาหารและกินอาหารได้มาก เนื่องจากสภาพอากาศเย็นสบาย ทำให้โคไม่เกิดความเครียด จึงทำให้โคกินอาหารได้มาก และการกินอาหารของโคเนื้อในฤดูฝนถ้าทุ่งหญ้าคุณภาพดีอุดมสมบูรณ์ จะทำให้โคได้รับสารอาหารเพียงพอต่อความต้องการต่อวัน และทำให้สามารถเจริญเติบโตได้ดี อย่างไรก็ตาม

ในฤดูร้อน หรือในช่วงที่อากาศร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง โคจะลดการกินอาหารน้อยลง เนื่องจากโคต้องปรับสมดุลให้กับร่างกาย เพราะเมื่อโคกินอาหารเข้าไปจะเกิดการหมักของอาหารในกระเพาะหมัก ซึ่งในขณะที่เกิดการหมักนั้นจะเกิดความร้อนขึ้น ส่งผลให้โคไม่อยากกินอาหาร กินอาหารได้น้อยลง และในช่วงที่อากาศร้อนจะทำให้โคต้องกินน้ำมากขึ้น เพื่อลดความร้อนในร่างกาย ทำให้ความจุของช่องท้องลดลงและกินอาหารได้น้อยลง (อุทัย หนูแดง, 2542) สอดคล้องกับ วิชัย ทองดี (2547) รายงานว่า ถ้าอากาศร้อนโคจะต้องการน้ำมากกว่าปกติ และถ้าร่างกายสัตว์สูญเสียน้ำมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ สัตว์จะกินอาหารได้น้อยลง

2.5.9 ปัจจัยด้านตัวสัตว์

2.5.9.1 ขนาดและน้ำหนักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ขนาดของสัตว์นั้นมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ของสัตว์ ชนิด และช่วงอายุในการเจริญเติบโต ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อการกินอาหารของสัตว์ โดย Ingvartsen et al. (1992) รายงานว่า โคที่มีน้ำหนักต่ำกว่า 250 กิโลกรัม โคสาวจะมีปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัวสูงกว่าโคตัวผู้และโคตัวผู้ตอน ซึ่งมีการศึกษาในแกะพบว่าขนาดร่างกายของแกะจะมีความสำคัญต่อการแทะเล็มหญ้า เนื่องจากแกะมีขนาดตัวเล็กจึงทำให้ไม่สามารถกินพืชที่มีความสูงเกินระดับความสามารถของแกะจะกินได้ โดยระบุไว้ว่าถ้าพืชมีความสูงเกิน 1 เมตร จะทำให้แกะไม่สามารถกินพืชนั้นได้ (บุญเสริม ชีวะอิสะกุล, 2547) และพบว่าสัตว์ที่มีขนาดที่แตกต่างกันจะมีความต้องการอาหารต่างกันด้วย โดยพลังงานที่ร่างกายต้องการเพื่อการดำรงชีพจะเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับขนาดของร่างกายสัตว์ ซึ่งจะสัมพันธ์กันเป็นสัดส่วนยกกำลัง 0.75 ของน้ำหนักตัว เช่น ในโครุ่นมีความต้องการพลังงานในการดำรงชีพที่อยู่ในรูป NE (net energy) เท่ากับ 0.777 Mcal × (กิโลกรัมของน้ำหนักตัวสัตว์)$^{0.75}$ สำหรับโครีดนมจะต้องการ NE (net energy) เท่ากับ 0.08 Mcal × (กิโลกรัมของน้ำหนักตัวสัตว์)$^{0.75}$ (NRC, 2001)

2.5.9.2 สุขภาพของสัตว์ สัตว์ที่สุขภาพร่างกายไม่สมบูรณ์แข็งแรง ป่วยเป็นโรคจะส่งผลให้สัตว์เบื่ออาหารหรือไม่ยอมกินอาหารซึ่งพบว่า ในโค กระบือ แพะ แกะ ถ้าป่วยจะไม่มีอาการเคี้ยวเอื้องทำให้อาหารย่อยได้ยาก ในบางครั้งสัตว์มักจะกินอาหารจุแต่ร่างกายกลับไม่ได้รับโภชนะอย่างครบถ้วน ทำให้ร่างกายไม่สมบูรณ์ (บุญล้อม ชีวะอิสะกุล และบุญเสริม ชีวะอิสะกุล, 2542) ถ้าสัตว์นั้นมีสุขภาพสมบูรณ์จะสามารถสังเกตได้จากลักษณะภายนอก คือ ขนเป็นมัน ตาแจ่มใส ขับถ่ายปกติ กินอาหารได้ดี อุณหภูมิร่างกายควรอยู่ในช่วง 39.5–40.5 องศาเซลเซียส เมื่อสัตว์มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงก็จะทำให้กินอาหารได้มากขึ้นอย่างไรก็ตาม ถ้าสัตว์กินอาหารมากเกินไปอาจส่งผลเสียต่อระบบการย่อยอาหารได้ เช่น ในแพะที่กินพืชตระกูลถั่วปริมาณมากเกินไปจะทำให้น้ำในกระเพาะหมัก มีแรงตึงผิว เป็นผลให้เกิดฟองแก๊สในกระเพาะหมัก ส่งผลให้แพะท้องอืดได้ (บุญเสริม ชีวะอิสะกุล, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับ วิโรจน์ ภัทรจินดา (2546)

รายงานว่า โคที่ป่วยจะไม่ยอมกินอาหาร เบื่ออาหาร กินอาหารได้น้อยลงสารอาหารที่ได้รับมีปริมาณน้อยซึ่งไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย

การกินได้และการย่อยได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยปัจจัยด้านอาหาร ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพและความน่ากินของอาหาร องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร ปัจจัยด้านการจัดการ ได้แก่ รูปแบบการให้อาหาร รูปแบบการเลี้ยง อุณหภูมิและฤดูกาล ปัจจัยด้านตัวสัตว์ ได้แก่ อายุ ขนาด สุขภาพ และน้ำหนักตัวสัตว์ ซึ่งการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องต้องพิจารณาถึงปัจจัยเหล่านี้ เพื่อให้สัตว์มีการกินได้และใช้ประโยชน์จากอาหารได้สูงสุด

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้ของอาหารในกระเพาะหมัก

2.6.1 อิทธิพลของความเป็นกรด–ด่าง ในกระเพาะหมัก ถ้าระดับความเป็นกรด–ด่าง ในรูเมนลดต่ำลงเนื่องจากโคได้รับอาหารข้นสูง อัตราการย่อยได้ของอาหารเยื่อใยหรืออาหารหยาบจะลดลง เพราะจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยเยื่อใยจะงานได้ดีที่ ระดับความเป็นกรด–ด่าง ประมาณ 6-7 และยังเหมาะสำหรับจุลินทรีย์ที่ย่อยโปรตีนได้แอมโมเนียด้วย ดังนั้นจึงทำให้การ ทำงานของจุลินทรีย์ได้สูงสุด ในกรณีที่ระดับความเป็นกรด–ด่าง ในรูเมนต่ำกว่า 5.5 จะมีผลลดการทำงาน และเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ได้ ต้องให้สัตว์กินสาร buffers เช่น $NaHCO_3$ โดยการเติมในอาหารข้นจะทำให้ความเป็นกรด–ด่าง สูงขึ้นได้และทำให้เพิ่มการทำงานของจุลินทรีย์ในการหมักย่อยของอาหารหยาบ

2.6.2 อิทธิพลของอัตราการไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะรูเมน (effect of passage rate) ระดับการกินได้ของอาหารจะมีผลต่ออัตราการไหลผ่านของอาหารออกจาก เรติคูลัม–รูเมน คือ เมื่อระดับการกินได้เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารในรูเมน และอัตราการไหลผ่านจะเพิ่มขึ้นส่วนการบีบตัวของรูเมนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลผ่านของอาหารด้วย ดังนั้น อัตราการไหลผ่านเพิ่มขึ้นจะทำให้การย่อยได้ของอาหารในรูเมนลดลง เพราะอาหารมีระยะเวลาอยู่ในรูเมนน้อย ทำให้จุลินทรีย์มีระยะเวลาในการเข้าย่อยสลายอาหารน้อยลง แต่การไหลผ่านที่เร็วจะทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น

2.6.3 ระดับการกินได้ ระดับการกินได้เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการไหลผ่านเร็วขึ้นการย่อยได้จึงน้อยลง

2.6.4 ปริมาณเยื่อใยในอาหาร อาหารที่มีสารเยื่อใย หรือลิกนินสูงจะทำให้การย่อยได้ลดลง

2.6.5 ชนิดสัตว์ โคสามารถย่อยอาหารหยาบได้ดีกว่าแกะ แต่แกะย่อยอาหารข้นได้ดีกว่า และกระบือ จะย่อยอาหารหยาบได้ดีกว่าโค

2.6.6 โภชนะที่สำคัญ (nutrient) สำหรับจุลินทรีย์ อาหารโปรตีนต่ำจะมีผลต่อการย่อยได้ของพลังงานและทำให้การกินได้ลดลง ถ้าทำการเสริมอาหารที่มีโปรตีนสูง หรือ สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non- protein nitrogen, NPN) เช่น ยูเรีย กับสัตว์ที่กินฟาง

เป็นอาหารหลัก การย่อยได้ของฟางข้าวจะเพิ่มขึ้น การขาดแร่ธาตุที่สำคัญ เช่น Mg, P, S, Fe, Co, Mn และ Zn จะทำให้การย่อยได้ของอาหารในรูเมนลดลง

2.6.7 ความเข้มข้นของแอมโมเนียในรูเมน จุลินทรีย์ในรูเมนมีความต้องการไนโตรเจนในปริมาณมาก เพื่อการสังเคราะห์โปรตีนของตัวมันเอง โดยไนโตรเจนที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ประโยชน์ได้จะอยู่ในรูป NH_3 - N ที่อยู่ของเหลวรูเมน ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้เต็มที่ คือ 6-90 mgNH_3-N/l และอัตราการไหลผ่านของ microbial protein จากรูเมนไปยังกระเพาะแท้สูงสุดเมื่อความเข้มข้นของ แอมโมเนีย–ไนโตรเจน 90-200 mgNH_3 -N/l of rumen fluid

2.6.8 อุณหภูมิสภาพแวดล้อม (Thermal environment) โคจะรักษาระดับอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียส เมื่อสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงขึ้น สัตว์จะพยายามลดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย โดยการลดการกินอาหารโดยเฉพาะอาหารพลังงาน เมื่อการกินอาหารลดลง การเคลื่อนบีบตัวของกระเพาะก็ลดลง (เมธา วรรณพัฒน์, 2533)

2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก

การเกิดกระบวนการหมักอาหารเพื่อสังเคราะห์ผลผลิตสุดท้ายให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพื่อใช้ประโยชน์ในกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกายและการให้ผลผลิตต่าง ๆ ดังนั้นกระเพาะหมักจะต้องมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมไม่ว่าจะเป็นค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก และความเข้มข้นของแอมโมเนีย–ไนโตรเจน จะส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ต่าง ๆ เช่น แบคทีเรีย โปรโตซัว และรา โดยผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญที่ได้จากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักได้แก่ กรดไขมันที่ระเหยได้, แอมโมเนียไนโตรเจน, โปรตีนจากจุลินทรีย์ กรดไขมันที่ระเหยได้ที่สำคัญได้แก่ อะซิเตท โพรพิออเนท และบิวทีเรท เป็นแหล่งของ สารตั้งต้นที่สำคัญที่ร่างกายสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อสังเคราะห์พลังงานในรูปกลูโคสโดยอาศัยกระบวนการกลูโคนีโอจีนีซีส (gluconeogenesis) และกระบวนการสังเคราะห์ไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป ในขณะที่แอมโมเนียไนโตรเจนนับเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญสำหรับจุลินทรีย์ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ เพื่อเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์และกระบวนการดูดซึมสารประกอบเหล่านี้จากกระเพาะหมักเพื่อไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ ชนิดของอาหาร ตลอดจนสัดส่วนระหว่างอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่สัตว์ได้รับ พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของประชากรจุลินทรีย์และรูปแบบของกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ในเขตร้อนและเขตอบอุ่น จะมีความแตกต่างกันมากในเรื่องของคุณภาพส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์

ในกระเพาะหมัก และกระบวนการหมักโภชนะต่าง ๆ ด้วย มากไปกว่านั้นระบบการจัดการในด้านการให้อาหารสัตว์ที่แตกต่างกันยังมีผลต่อการพัฒนาการของนิเวศวิทยาในกระเพาะหมักด้วย

ในเขตอบอุ่นส่วนใหญ่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับอาหารข้นในระดับสูงซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสภาวะความเป็นกรด-ด่างเป็นกรดมากยิ่งขึ้น อาจเกิดภาวะแอซิโดซีส (rumen acidosis) ได้ ซึ่งกรดไขมันที่ระเหยได้มีส่วนในการทำให้ความเป็นกรด-ด่างลดลง แต่กรดแลคติกจะมีผลต่อความเป็นกรดในกระเพาะหมักมากกว่า (ปราโมทย์, 2552) ซึ่งปัจจัยจากชนิดอาหารที่สัตว์ได้รับนั้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นจะส่งผลต่อปริมาณการหลั่งน้ำลายและการเคี้ยวเอื้องของสัตว์ รวมทั้งการสังเคราะห์ TVFAs และ จำนวนประชากรจุลินทรีย์ด้วย (เมธา, 2533) นอกจากนี้ อ้างโดย สุปรีณา (2552) รายงานว่าในแกะที่ได้รับ Timothy hay ในระดับต่ำมีผลทำให้ความเป็นกรด-ด่างลดลงจากระดับ 6.5 เป็น 5.7 และการสังเคราะห์ TVFAs, อะซิเตท โพรพิออเนท บิวทีเรท และการสังเคราะห์แก๊สมีเทน (CH_4) รวมทั้งประสิทธิภาพการสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ก็แตกต่างกันไป สำหรับแกะที่ได้รับเฮย์เป็นอาหารเพียงอย่างเดียว พบว่า มีความเข้มข้นของ TVFAs เท่ากับ 78 mM และสัดส่วน C2, C3 และ C4 มีค่า เท่ากับ 59, 13, 6 mM ตามลำดับ สภาวะความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมักเท่ากับ 6.5 และความ เข้มข้นของ แอมโมเนีย–ไนโตรเจน เท่ากับ 8 mg% ซึ่งสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่เหมาะสม คือ 60 : 40

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 3
วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 สัตว์ทดลอง

การทดลองนี้ใช้โคเนื้อลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองเพศผู้จำนวน 4 ตัว และทำการชั่งน้ำหนักตัวเริ่มต้น โดยมีน้ำหนักน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 180.25 ± 16.25 กิโลกรัม ทดลองอาหารใน 4 สูตร สุ่มให้สัตว์ทุกตัวได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงโคจะแบ่งเป็น 4 ช่วง ช่วงการทดลองละ 21 วัน ให้สัตว์ได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่

3.1.1.1 โรงเรือน

ทดลองในโรงเรือนแบบเปิด เลี้ยงแบบขังเดี่ยว ทำความสะอาดโรงเรือนทั้งภายนอกและภายในโรงเรือน ทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้เลี้ยงสัตว์ทดลอง และทำการกั้นคอกแบ่งออกเป็น 4 คอก เตรียมอุปกรณ์ให้น้ำให้อาหารสำหรับการเลี้ยง

3.1.1.2 อาหารทดลอง

วิธีทำอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก

การทำอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักทำโดยนำหญ้าเนเปียร์ปากช่องมาสับให้มีขนาด 1.5 นิ้ว แล้วทำการผสมเข้ากับวัตถุดิบตามสูตรในตารางที่ 6 หลังจากนั้นทำการบรรจุกระสอบที่มีถุงพลาสติกอยู่ด้านใน โดยบรรจุกระสอบละ 20 กิโลกรัม ทำการดูดอากาศออกโดยใช้เครื่องดูดสูญญากาศจนอากาศออกหมดทำการมัดปากถุงให้แน่น และเก็บไว้ในที่ร่มเป็นระยะเวลา 21 วัน ก่อนเริ่มทำการทดลอง

อาหารทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์มีอัตราส่วนเปลือกล้างมันสำปะหลัง แบ่งออกเป็น 4 สูตร มีดังนี้ โดยองค์ประกอบของสูตรอาหารทั้ง 4 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 6

สูตรที่ 1 เปลือกล้างมันสำปะหลัง 0 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ

สูตรที่ 2 เปลือกล้างมันสำปะหลัง 15 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ

สูตรที่ 3 เปลือกล้างมันสำปะหลัง 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ

สูตรที่ 4 เปลือกล้างมันสำปะหลัง 45 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณของวัตถุดิบในสูตรอาหาร

วัตถุดิบอาหารสัตว์	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 3		สูตรที่ 4	
	%DM	%as fed	%DM	%as fed	%DM	%as fed	%DM	%as fed
เปลือกล้างมันสำปะหลัง	0.00	0.00	15.00	17.47	30.00	31.05	45.00	41.89
มันเส้น	32.50	12.15	24.00	7.84	14.50	4.21	1.00	0.26
หญ้าเนเปียร์ปากช่องอายุ 60 วัน	40.00	77.60	40.00	67.84	40.00	60.28	40.00	54.22
รำละเอียด	18.00	6.72	9.00	2.94	5.00	1.45	2.75	0.72
กากถั่วเหลือง 44 %	8.00	3.02	10.50	3.46	8.50	2.49	9.50	2.50
พรีมิกแร่ธาตุ	0.25	0.08	0.25	0.07	0.25	0.07	0.25	0.06
ไดแคลเซี่ยมฟอสเฟต	0.50	0.17	0.50	0.15	0.50	0.13	0.25	0.06
ยูเรีย	0.50	0.17	0.50	0.15	1.00	0.26	1.00	0.24
เกลือ	0.25	0.08	0.25	0.07	0.25	0.07	0.25	0.06
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ราคา (บาท/กิโลกรัม)		3.17		2.55		1.94		1.53
องค์ประกอบทางเคมีจากการคำนวณ (เปอร์เซ็นต์)								
ความชื้น	66.44		70.66		73.93		76.55	
วัตถุแห้ง	33.56		29.34		26.07		23.45	
โปรตีน	12.04		12.02		12.02		12.05	
ผนังเซล	36.28		42.45		48.78		55.44	
เฮมิเซลลูโลส	22.16		24.05		25.86		27.89	
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด	67.00		62.69		57.89		54.17	
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Mcal/kg)	2.05		2.00		1.92		1.90	
แคลเซียม	0.45		0.45		0.45		0.45	
ฟอสฟอรัส	0.51		0.51		0.51		0.51	

หมายเหตุ : ความต้องการโภชนะของโคเนื้อลูกผสมบราห์มันพื้นเมือง น้ำหนักตัว 200 กิโลกรัม การกินได้ของวัตถุแห้ง 5.20 กิโลกรัมต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน 0.50 กิโลกรัมต่อวันอ้างโดย The working committee of thai feeding standard for ruminant (WTSR) (2010)

3.2 วิธีการการทดลอง

3.2.1. แผนการทดลอง

ใช้โคเนื้อลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองเพศผู้ จำนวน 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 4×4 Latin Square Design (LSD) อาหาร 4 สูตร และสุ่มให้สัตว์ทุกตัวได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงโค 4 ช่วง การทดลองๆ ละ 21 วัน โคจะได้รับอาหารซึ่งมีเปลือกล้างมันสำปะหลังในอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีหญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบในระดับที่ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ให้โคกินอาหารแบบเต็มที่ (*ad libitum*) และมีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา ซึ่งอาหารจะให้ 2 เวลา คือเช้า (07:00) และเย็น (17:00) บันทึกอาหารที่กินของทุก ๆ วัน และสุ่มเก็บตัวอย่างมูลในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง

ตารางที่ 7 แผนผังการทดลอง (Layout)

Period	Animal			
	A1	A2	A3	A4
1	T2	T3	T4	T1
2	T3	T4	T1	T2
3	T4	T1	T2	T3
4	T1	T2	T3	T4

หมายเหตุ A1-A4 คือ สัตว์ทดลองตัวที่ 1-4

T1= เปลือกล้างมันสำปะหลัง 0 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ

T2 = เปลือกล้างมันสำปะหลัง 15 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ

T3 = เปลือกล้างมันสำปะหลัง 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ

T4 = เปลือกล้างมันสำปะหลัง 45 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบ

3.2.2 วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล

3.2.2.1 การสุ่มเก็บอาหารแต่ละสูตรเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีคือ วัตถุแห้ง โปรตีน เถ้า ตามวิธีของ AOAC, (1999) และผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนินตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970)

3.2.2.2 การสุ่มวัดค่าความเป็นกรด–ด่าง อาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักในวันแรก และวันที่ 10 ของการให้อาหารโคในแต่ละช่วงการทดลองด้วยเครื่องพีเอ็ชมิเตอร์ (pH Meter HANNA)

3.2.2.3 เก็บตัวอย่างมูลในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง เก็บช่วงเช้าโดยวิธีล้วงทางช่องทวารหนัก (rectum collection) นำมาเก็บแช่แข็งที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส ไว้รอการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับตัวอย่างอาหาร และวิเคราะห์เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insolution ash, AIA) ตามวิธีของ Van Keulen and Young (1977) และคำนวณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ตามวิธีของ Schnieder and Flatt (1975) โดยสูตรที่ใช้คือ

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (\%)} = \left(1 - \frac{100\ (\%\ \text{AIA ในอาหาร})}{\%\ \text{AIA ในมูล}} \right)$$

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - \left(\frac{100 \times \%\text{Indicator ในอาหาร} \times \%\ \text{โภชนะในมูล}}{\%\ \text{Indicator ในมูล} \qquad \%\ \text{โภชนะในอาหาร}} \right)$$

3.2.2.4 สุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะหมักในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลองโดยเก็บ 4 ชั่วโมง หลังการให้อาหารในตอนเช้า โดยใช้ท่อดูดของเหลวสอดผ่านทางปากไปยังกระเพาะหมัก และทำการวัดความเป็นกรดด่าง ด้วยเครื่องพีเอ็ชมิเตอร์ (pH Meter HANNA) จากนั้นเก็บไว้ประมาณ 20 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริก 6 N H_2SO_4) ประมาณ 2 มิลลิลิตร เพื่อหยุดกระบวนการหมักของจุลินทรีย์นำมาเหวี่ยงใสที่ความเร็ว 3000 รอบ ต่อนาที และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หากรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด และแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) โดยวิธีการกลั่นด้วยเครื่อง Kjeltec Auto 1030 Analyser ตามวิธีการของ Bremner and Keney (1965)

3.2.2.5 ชั่งน้ำหนักโคในช่วงก่อนที่จะได้รับปัจจัยการทดลอง ช่วงแรกและช่วงท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง และนำค่าน้ำหนักตัวที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ ในหน่วย กิโลกรัมต่อวัน (kg/d), เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (%BW) และกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$ (g/kgW$^{0.75}$)

3.2.2.6 บันทึกปริมาณการกินได้ของโค โดยการชั่งอาหารอาหารที่ให้ในตอนเช้าและตอนบ่าย และชั่งอาหารที่เหลือก่อนให้อาหาร เพื่อให้โคได้รับอาหารใหม่ทั้ง 2 ช่วงการให้อาหาร เพื่อหาค่าปริมาณการกินได้

ปริมาณการกินได้ต่อวัน = น้ำหนักอาหารที่ให้–น้ำหนักอาหารที่เหลือ

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน ตามแผนการทดลองแบบ 4×4 Latin Square Design (LSD) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยการทดลองด้วยวิธี Duncan’ s New Mulitiple Range Test : (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SAS

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปราย

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทั้ง 4 สูตร พบว่ามีวัตถุแห้งเท่ากับ 22.81-29.56เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โปรตีนมีค่าเท่ากับ 12.12-13.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เถ้าเท่ากับ 9.91–11.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับผนังเซลล์เท่ากับ 36.88–42.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลิกโนเซลลูโลส เท่ากับ 20.44–25.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และลิกนินมีค่าเท่ากับ 2.84–5.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	0%	15%	30%	45%
วัตถุแห้ง	29.56	25.75	23.19	22.81
โปรตีน	12.12	13.04	12.25	12.51
เถ้า	9.91	11.18	10.30	11.02
ผนังเซลล์	36.88	40.36	42.97	39.95
ลิกโนเซลลูโลส	20.44	20.42	23.59	25.63
ลิกนิน	2.84	3.59	5.56	5.63

4.1 ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ

ปริมาณการกินได้ในโคเนื้อ โดยทั่วไปแล้วมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการกินได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่น คุณลักษณะทางกายภาพของอาหาร วัตถุดิบที่ใช้ผสม และโภชนะในอาหาร จากการทดลองครั้งนี้พบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของโคที่ได้รับอาหารที่มีส่วนประกอบของเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับโคที่ได้รับอาหารที่มีเปลือกล้างมันสำปะหลัง 45 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีเปลือกล้างมันสำปะหลัง 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ กับปริมาณการกินได้เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$ พบว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีเปลือกล้างในระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณการกินได้ที่ต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 9

ปริมาณการกินได้ของโปรตีน และลิกโนเซลลูโลส ของโคที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันในขณะที่ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุของโคที่ได้รับสูตรอาหารที่มีเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อีกทั้งยังพบว่าปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ในโคที่ได้รับเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุด และเมื่อเทียบกับโคที่เปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้ของโคเนื้อ

ปริมาณการกินได้	ระดับเปลือกล้างมันสำปะหลัง				SEM
	0 %	15 %	30 %	45 %	
กิโลกรัม/วัน (DM)	5.03^{a}	4.11^{ab}	3.98^{ab}	3.49^{b}	0.23
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (%BW)	2.61^{a}	2.09^{ab}	2.07^{ab}	1.84^{b}	0.12
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$ (g/kgBW$^{0.75}$)	97.27^{a}	78.27^{ab}	77.04^{ab}	68.28^{b}	4.43
อินทรีย์วัตถุ (g/d)	4,539.90^{a}	3,672.70^{ab}	3,533.30^{b}	3,061.60^{b}	218.98
โปรตีน (g/d)	574.40	500.76	558.82	424.98	33.44
ผนังเซลล์ (g/d)	1857.80^{a}	1657.80^{ab}	1710.20^{ab}	1373.30^{b}	89.87
ลิกโนเซลลูโลส (g/d)	1029.70	838.70	938.90	881.00	46.85

หมายเหตุ: ^{a,b} แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าโคที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีเปลือกล้างมันสำปะหลังทั้ง 4 ระดับ มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และพบว่าระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณการกินได้ลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากในเปลือกล้างมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูง ความน่ากินของอาหารลดลง ดังนั้นการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแห้งจึงทำให้อาหารมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงขึ้น และส่งผลให้การกินได้ของวัตถุแห้งลดลง สอดคล้องกับการรายงานของ Kellems et al. (1991) ที่พบว่าการเพิ่มความชื้นในสูตรอาหารหรือใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นสูง มีทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งลดลง และสอดคล้องกับ NRC (2001) รายงานว่า การกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่กินสูตรอาหารรวมที่มีระดับของวัตถุแห้งระหว่าง 40–78

เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณการกินได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของวัตถุแห้งในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุ และผนังเซลล์ โคที่ได้รับเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับเพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุ และผนังเซลล์ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ เนื่องจากอาหารนั้นมีความฟ่ามสูง และส่งผลต่อความจุในกระเพาะหมักของโค อีกทั้งยังพบว่าปริมาณการกินได้เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$ พบว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงสุด สอดคล้องกับปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งที่เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อปริมาณการกินได้เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$ จะมีค่าที่สูงขึ้นเช่นกัน

4.2 การย่อยได้ของโภชนะ

การย่อยได้ของโภชนะสามารถบ่งบอกถึงการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ จากการทดลองพบว่าในสูตรอาหารที่มีเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 15, 30, และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีน ผนังเซลล์ และ ลิกโนเซลลูโลส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการย่อยได้ของโคเนื้อ

การย่อยได้ (%)	ระดับเปลือกล้างมันสำปะหลัง				SEM
	0 %	15 %	30 %	45 %	
การย่อยได้ของวัตถุแห้ง	71.78	71.36	65.49	64.32	1.67
การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ	74.37	74.86	68.91	68.27	1.69
การย่อยได้ของโปรตีน	69.58	77.14	74.79	71.25	2.2
การย่อยได้ของผนังเซลล์	59.80	59.17	54.48	46.61	3.26
การย่อยได้ของลิกโนเซลลูโลส	45.55	38.36	33.74	33.66	4.03

การย่อยได้ของโคลูกผสมบราห์มันพื้นเมือง ที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 15, 30, และ 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีน ผนังเซลล์ และ ลิกโนเซลลูโลส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับวัชรวิทย์ มีหนองใหญ่ และคณะ (2555) และ เวียงสกุล นาประเสริฐ และคณะ (2540) ที่ได้รายงานว่า การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีน ผนังเซลล์ และ ลิกโนเซลลูโลส

ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) เป็นไปในทางเดียวกันกับ ทรงศักดิ์ จำปาวะดี และคณะ (2560) ที่ได้ทำการทดลองผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักต่อจลศาสตร์การผลิตแก๊สและการย่อยได้ในหลอดทดลอง ที่ระดับ 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุ ที่ 72 ชม.หลังบ่มไม่มีความแตกต่างกัน และยังสอดคล้องกับการรายงานของ Milis and Liamadis (2007) ที่รายงานว่า วัตถุดิบเยื่อใยสูงไม่มีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และผนังเซลล์ ซึ่งไม่เป็นไปในทางเดียวกันกับสไบพร สุรินทร และพิชาด เขจรศาสตร์ (2558) ที่ได้ทำการทดลองการใช้ผลพลอยได้จากโรงงานแป้งมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานและเยื่อใย ในสูตรอาหารแกะขุน พบว่า การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) และการย่อยได้ของโปรตีน มีค่าเท่ากับ 71.78, 63.66, 69.43 และ 70.83 เปอร์เซ็นต์ รวมไปถึงการย่อยได้ของผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิต (P>0.05) และเป็นไปในทางเดียวกันกับ Nonthasak et al. (2017) ที่ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของเชื้อรา *Aspergillus niger* และ *Saccharomyces cerevisiae* ในหญ้าเนเปียร์หมักผสมกับมันสำปะหลังสดต่อสมบัติของเลือดและการย่อยได้ของโภชนะในโคเนื้อ พบว่า การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) ซึ่งจากการทดลองนี้สาเหตุที่ระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังไม่มีผลต่อการย่อยได้เนื่องจากเปลือกล้างมันสำปะหลังมีสภาพและส่วนประกอบเป็นแป้งที่สามารถย่อยได้ง่าย

4.3 ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก

ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อความเป็นกรด–ด่าง (pH) ในกระเพาะหมักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีค่าอยู่ในช่วง 6.72–6.85

ผลของค่าความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมัก พบว่าโคที่ได้รับเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเข้มข้นแอมโมเนีย–ไนโตรเจนในกระเพาะหมักไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) มีค่าอยู่ในช่วง 10.71–14.57 mg%

กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด พบว่ากรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับเปลือกล้างมันสำประหลังที่ระดับที่สูงขึ้นแสดงให้เห็นว่าเปลือกล้างมันสำปะหลังมีผลต่อกระบวนการหมักคือช่วยให้กระบวนการหมักดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายก็ขึ้นกับความสามารถในการหมักของสัตว์แต่ละตัว ชนิดของสัตว์ และความแตกต่างของอาหาร จากการศึกษาพบว่าโคที่ได้รับสูตรอาหารที่มีเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 15, 30, และ 45 เปอร์เซ็นต์

ไม่มีความแตกแตกต่างกัน (P>0.05) และความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดของของเหลวในกระเพาะหมักอยู่ในช่วง 68.59–78.00 mmol/L แสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมักของโคเนื้อ

ลักษณะ	ระดับเปลือกล้างมันสำปะหลัง				SEM
	0%	15%	30%	45%	
ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	6.72	6.85	6.77	6.80	0.05
ความเข้มข้นแอมโมเนีย ไนโตรเจน (mg%)	10.71	13.69	14.57	12.84	1.56
กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด mmol/L	68.59	73.66	70.45	78.00	7.18

ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อความเป็นกรด–ด่าง (pH) ในกระเพาะหมัก พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งอยู่ระหว่าง 6.72–6.85 เนื่องจากปัจจัยจากชนิดอาหารที่สัตว์ได้รับนั้นมีองค์ประกอบของวัตถุดิบอาหารที่ใกล้เคียงกัน จึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะ โดยสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นในสูตรอาหารดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการหลั่งน้ำลายและการเคี้ยวเอื้องของสัตว์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของพิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ (2554) ที่ได้ศึกษาการนำเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหารหยาบหมัก สำหรับโคนมต่อปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนมที่มีเปลือกมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 10, 20, 30, และ 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอาหารทั้งห้าสูตรไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และสอดคล้องกับเวียงสกุล นาประเสริฐ และคณะ (2540) ที่ได้ทำทดลองผลของแหล่งอาหารพลังงานในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้รูปแบบกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และความสามารถในการย่อยได้ และอัตราการไหลผ่านของอาหารในโคเนื้อ ที่มีสูตรอาหารดังต่อไปนี้ 1) มันสำปะหลังเส้น 50 เปอร์เซ็นต์ 2) ข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ 3) เปลือกมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ และ 4) กากมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าความเป็นกรด–ด่าง อยู่ระหว่าง 6.8–7.01 แตกต่างกับ บุญเสริม พรจันทึก (2558) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเนื้อที่มีกากมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 10, 20 และ30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าค่าความเป็นกรด– ด่าง ระหว่าง 6.33–6.79 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จากการรายงานของเมธา (2533) และ ฉลอง วชิรากร (2541)

ที่รายงานว่า ระดับความเป็นกรด–ด่าง (pH) ภายในกระเพาะหมักของโคสภาพปกติอยู่ในช่วง 6.50–7.00 ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก อีกทั้งพบว่าอาหารผสมสำเร็จรูป สามารถควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะหมักให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารแบบแยก เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่าง ภายในกระเพาะหมักไม่เปลี่ยนแปลงไปมาก ทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์และสม่ำเสมอ

จากการทดลองผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อค่าความเข้มข้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะหมัก พบว่าโคที่ได้รับเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ 15 เปอร์เซ็นต์ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 45 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเข้มข้นแอมโมเนีย–ไนโตรเจนในกระเพาะหมักไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 11 ระดับแอมโมเนีย–ไนโตรเจนในกระเพาะหมักจากการทดลองครั้งนี้อยู่ในช่วง 10.71–14.57 mg% เนื่องจากในโคที่ได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำมีระดับแอมโมเนีย–ไนโตรเจน อยู่ในช่วง 5–20 mg% (Perdok and Leng, 1990) ในขณะที่ Chanthai et al. (1989) รายงานว่าในโคเนื้อและกระบือปลักที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักมีระดับแอมโมเนีย–ไนโตรเจนในกระเพาะหมักเท่ากับ 2 mg% แต่จะเพิ่มสูงขึ้นถึง 9 mg% เมื่อได้รับฟางข้าวหมักยูเรียเป็นอาหารหลัก นอกจากนี้แล้วได้มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างระดับแอมโมเนีย ไนโตรเจนต่อประสิทธิภาพของกระบวนการหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง พบว่าจะมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของประชากรจุลินทรีย์ ตลอดจนปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการย่อยได้ และประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน โดย Perdok and Leng (1990) พบว่าเมื่อระดับแอมโมเนีย – ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 15–30 mg% ทำให้ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการย่อยได้ของอาหารเพิ่มขึ้น และหากมีการเพิ่มขึ้นของระดับแอมโมเนีย–ไนโตรเจนสูงถึง 30 mg% มีผลต่อการลดลงของสัดส่วน C_2+C_3/C_4 สอดคล้องกับการทดลองของ เชิดชาย โยธารินทร์ และคณะ (2556) ที่ได้ทำการทดลองผลของการเสริมกรดอะมิโนในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีการใช้กากมันสำปะหลังแห้งต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนมในโคให้นม พบว่าระดับแอมโมเนีย–ไนโตรเจนในกระเพาะหมักอยู่ในระดับ 17.9-18.6 mg% และยังสอดคล้องกับเทิดศักดิ์ ปุระมงคล และกังวาน ธรรมแสง (2559) ที่ได้ทำการทดลองผลของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์ ร่วมกับกากน้ำตาลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนใน โคเนื้อ ซึ่งระดับแอมโมเนีย–ไนโตรเจนในกระเพาะหมักจากการทดลองครั้งนี้อยู่ในระดับ 15.61–16.80 mg% นอกจากนี้ยังพบการรายงานระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสมในกระเพาะหมักควรอยู่ในระดับ 10-20 mg% (ทรงศักดิ์ จำปาวะดี และคณะ, 2541)

กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับที่สูง แสดงให้เห็นว่าเปลือกล้างมันสำปะหลังมีผลต่อกระบวนการหมัก คือช่วยให้กระบวนการหมักดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการหมักของสัตว์แต่ละตัว ชนิดของสัตว์ และความแตกต่างของอาหาร จากการศึกษาพบว่า โคที่ได้รับสูตรอาหารที่มีเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ ระดับ 0, 15, 30, และ 45 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดไม่มีความแตกแตกต่างกัน อยู่ในช่วง 68.59–78.00 mmol/L ซึ่งพบว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องจะต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตและให้ผลผลิต ซึ่งสัตว์จะกินอาหารเพื่อให้ได้พลังงานเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย โดยความหนาแน่นของพลังงานในอาหารมีบทบาทสำคัญในการควบคุมปริมาณการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดย เมธา วรรณพัฒน์ (2533) รายงานว่าระดับน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์ตรงกันข้ามกับการกินอาหารของสัตว์ และนอกจากนี้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องยังมีกรดไขมันที่ระเหยง่าย (volatile fatty acid, VFA) ซึ่งเป็นพลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์ในกระเพาะ ซึ่งพบว่าเมื่อสัตว์กินอาหารเข้าไปจะทำให้ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายในเลือดเพิ่มสูงขึ้น และมีผลให้การกินได้ลดลง เป็นไปในทางเดียวกันกับ อนันตเดช แย้มหอม และคณะ (2555) รายงานว่าค่า TVFA ของโคพื้นเมืองไทยเพศผู้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 63.31 –88.85 mmol/L แต่ไม่เป็นไปในทางเดียวกับงานทดลองของ เทิดศักดิ์ ปุระมงคล และกังวาน ธรรมแสง(2559) ที่ได้ทำการทดลองผลของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์ ร่วมกับกากน้ำตาลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในโคเนื้อ พบว่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดอยู่ระหว่าง 60.31–61.09 mmol/L แต่จากการทดลองของ เวียงสกุล นาประเสริฐ และคณะ (2540) ที่ได้ทำทดลองผลของแหล่งอาหารพลังงานในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ รูปแบบกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และความสามารถในการย่อยได้ และอัตราการไหลผ่านของอาหารในโคเนื้อ ที่มีสูตรอาหารดังต่อไปนี้ 1) มันสำปะหลังเส้น 50 เปอร์เซ็นต์ 2) ข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ 3) เปลือกมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ และ 4) กากมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดอยู่ระหว่าง 91.16– 93.83 mmol/L ซึ่งกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดขึ้นอยู่กับปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ ระยะเวลาหลังการให้อาหารและชนิดของอาหารด้วย

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 ปริมาณการกินได้ที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$ โคที่ได้รับสูตรอาหารที่มีเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้สูงที่สุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับโคที่ได้รับเปลือกล้างมันสำปะหลังที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับเปลือกล้างมันสำปะหลังในระดับ 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์

5.2 การย่อยได้ของโภชนะได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน ผนังเซล และลิกนินเซลลูโลส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

5.3 ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมักของโคเนื้อ ค่าความเป็นกรด–ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย–ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ดังนั้นระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่เหมาะสมอยู่ที่ระดับ 15-30 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก อีกทั้งเป็นการใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. “เครือข่ายมันสำปะหลัง”. [วารสารออนไลน์]. 2551 [สืบค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2559]; ได้จาก: http://web.sut.ac.th.

ไกรลาศ เขียวทอง. “คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1”. 2555. [ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชอาหารสัตว์นครราชสีมา] นครราชสีมา.

ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ, เฉลิมพล เยื้องกลาง, ชเวง สารคล่อง, ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส, จำลอง มิตรชาวไทย, ไพวัลย์ ศรีนานวล. (2549). ผลของอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ ค่าการย่อยได้ของโภชนะ และผลผลิตน้ำนมในโครีดนม. ใน: *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44. 30 ม.ค. -2 ก.พ. 2549, กรุงเทพฯ*, กรุงเทพฯ, หน้า 167-176

คณิน บรรณกิจ. (2546). *ผลของโปรตีนกากถั่วเหลืองที่ผ่านการป้องกันการย่อยสลายในกระเพาะหมัก ต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้น, ปริมาณการกินได้, ความสามารถในการย่อยได้, ค่าทางชีวเคมีในเลือด, กระบวนการหมักในกระเพาะหมักและอัตราการเจริญเติบโตในโคเนื้อพื้นเมือง.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จีระวัชร์ เข็มสวัสดิ์. (2551). *การศึกษาสภาพการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมจังหวัดนครราชสีมา*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ฉลอง วชิราภากร. (2541). *โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น.* ขอนแก่น, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฉลอง วชิรากร, เมธา วรรณพัฒน์, นิโรจน์ ศรสูงเนิน, กรุง วิลาชัย, ภัทยา ภาคมฤค นนทศักดิ์ เปี่ยมผล. (2547). ผลของระดับชังข้าวโพดในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อการให้ผลผลิตในโคนม. *เอกสารการประชุมวิชาการเกษตรแห่งชาติ 27-28 มกราคม*, ขอนแก่น, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เฉลา พิทักษสินสุข, จริยา บุญจรัชชะ, จีรพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์. (2553). การรวบรวมและจัดทำข้อมูลด้านคุณค่าทางโภชนะของพืชอาหารสัตว์. *รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2553*. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 77 หน้า.

เชิดชาย โยธารินทร์, ฉลอง วชิราภากร, เฉลิมพล เยื้องกลาง, ณพงศ์พจน์ สุภาพ, จันจิรา วงศ์เณร. (2556). ผลของการเสริมกรดอะมิโนในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีการใช้กากมันสำปะหลังแห้งต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมในโคให้นม. *วารสารสัตวแพทย์มหานครสาร*. 8(2): 53-69.

ดำรง ลีนานุรักษ์. (2522). “การผลิตหญ้าแห้งเพื่อเลี้ยงโค กระบือจากหญ้าเนเปียร์”. (รายงานการวิจัย) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : กรุงเทพฯ.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี. (2544). *โภชนะศาสตร์สัตว์ประยุกต์.* มหาสารคาม, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี. (2552). *การใช้วัตถุดิบเยื่อใยสูงและใบไม้เป็นแหล่งเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปสำหรับโคเนื้อ.* รายงานการวิจัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย : กรุงเทพมหานคร.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี, อาณัติ จันทร์ถิระติกุล, ปาณิศา ศิลาเกษ, ปรินดา บุญมานนท์ สิริกาญจน์ ศรีสาระ. (2560). ผลของระดับเปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักต่อจลศาสตร์ การผลิตแก๊สและการย่อยได้ในหลอดทดลอง. *แก่นเกษตร*, 45(1), 698-704

เทอดศักดิ์ ปุระมงคล, กังวาน ธรรมแสง. (2559). ผลของกากมันสาปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์ ร่วมกับกากน้ำตาลต่อปริมาณ การกินได้ การย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในโคเนื้อ. *การเกษตรราชภัฏ,* 16(1) : 26-33

นันทนา ช่วยชูวงศ์, ชัยณรงค์ คันธพนิต, ปรารถนา พฤกษะศรี. (2540). การเปรียบเทียบสมรรถภาพการขุน ปริมาณและคุณภาพผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคเนื้อ 5 พันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศไทย. *เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 35.* 3-5 ก.พ. 2540*, กรุงเทพฯ*, กรุงเทพฯ, หน้า 288-297

บุญล้อม ชีวอิสระกุล. (2541). *โภชนศาสตร์สัตว์.* พิมพ์ครั้งที่ 6. เชียงใหม่. ธนบรรณการพิมพ์. 170 หน้า

บุญเสริม ชีวอิสระกุล. (2546). *การเลี้ยงดูแลและจัดการแพะ.* เชียงใหม่, ธนบรรณการพิมพ์. 145 หน้า.

บุญเสริม ชีวอิสระกุล. (2547). *การผลิตและผลผลิตจากแกะ.* เชียงใหม่, ธนบรรณการพิมพ์. 137 หน้า.

บุญเสริม ชีวอิสระกุล, บุญล้อม ชีวอิสระกุล. (2542). พื้นฐานสัตวศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่, ธนบรรณการพิมพ์. 186 หน้า.

บุญเสริม พรจันทึก, ฉลอง วชิราภากร, อนุสรณ์ เชิดทอง, ณพงศ์พจน์ สุภาพ, จันทิรา วงศ์เณร. (2558). ผลของการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเนื้อ. *สัตวแพทย์มหานครสาร.* 10(2), 81-97

ปราโมทย์ แพงคำ. (2552). *ระดับของอุณหภูมิและเวลาในการทรีทต์เมล็ดและกากทานตะวัน ที่มีผลต่อการเกิด conjugated linoleic acid (CLA) ในรูเมนและระดับโปรตีนไหลผ่านโดยใช้เทคนิคการย่อยในถุงไนลอนและในห้องปฏิบัติการ*. รายงานการวิจัย. สำนักวิชเทคโนโลยีการเกษตรนครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ปรารถนา พฤกษะศรี. (2541). เลี้ยงโคโดยไม่ใช้หญ้ากิน TMR โคอ้วนพี. *เอกสารวิชาการเผยแพร่*. ศูนย์วิจัย และพัฒนาการผลิตกระบือและโค. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

พนัส ธรรมกีรติวงศ์. (2537). *การใช้ประโยชน์ของอาหารผสมเสร็จอัดแท่งในโค*. กรุงเทพฯ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 102 หน้า

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. (2547). *หลักการอาหารสัตว์ : หลักการโภชนศาสตร์และการประยุกต์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์โอเดียนสโตร์, 611 หน้า

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์. (2554). *การศึกษาการนำเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหารหยาบหมัก สำหรับโคนมต่อปริมาณน้ำนม องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนม*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พีรพจน์ นิติพจน์, กฤตพล สมมาตย์. (2546). การประเมินคุณค่าทางโภชนะการอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ของผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง อาหารพลังงานและอาหารหยาบในหลอดทดลอง. *เอกสารการประชุมการสัมมนาวิชาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 27-28 มกราคม.

ไพบูลย์ ใจเด็ด, กมล รินศีรี, นภาพันธ์ ปิยะเสถียน, จงกลี วงค์แก้ว. (2539). *ผลของการใช้อาหารผสมสำเร็จรูป (TMR) 14 เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่มีผลต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของลูก โคผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน*. รายงานการวิจัย. เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

เมฆ ขวัญแก้ว, พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. (2553). การใช้เปลือกมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลัง เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารหยาบหมัก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*. 12(3), 92-102

เมฆ ขวัญแก้ว. (2552). *การศึกษาการใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหารหยาบหมักสำหรับโคนม*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพฯ : ฟันนี่พลับบิชชิ่ง. 473 หน้า.

เมธา วรรณพัฒน์, ฉลอง วชิราภากร, กฤตพล สมมาตย์, สุทธิพงษ์ อุริยะพงสรรค์, โอภาส พิมพา เวชสิทธิ์ โทบุราณ. (2538). *การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์*. ภาควิชาสัตวศาสตร์. ขอนแก่น, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ, สาโรช ค้าเจริญ. (2542). คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของข้าวโพดเทียบกับการผลิตข้าวโพด วิทยาศาสตร์จากมันสำปะหลัง. *สาส์นไก่และการเกษตร.* 48(8): 44-51.

วลัยลักษณ์ แก้ววงษา. (2543). *ผลของชนิดของอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ กระบวนการหมัก และจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของกระบือปลัก.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิชัย ทองดี. (2547). *โคบราห์มัน*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์เกษตรสาส์น. 336 หน้า

วิชาการดอทคอม. “สารแทนนิน”. 2557 [สืบค้นเมื่อ 6 กรฎาคม 2559]. ได้จาก: http://www.vcharkarn.com/varricle/60649

วัชรพงษ์ วัฒนกูล. (2531). *การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของใบมันสำปะหลังป่นในอาหารมันสำปะหลังสำหรับสุกร*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่, ภานุวัฒน์ คัมภีราวัฒน์, พิชาด เขจรศาสตร์. (2555). การใช้ผลพลอยได้จากโรงงานแป้งมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานและเยื่อใยในสูตรอาหารแกะขุน. *วารสารเกษตรพระจอม*, 30(1), 23-31.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. (2546). *โคนม*. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น, โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 313–321

วิโรจน์ ภัทรจินดา. (2559). *TMR ยุคใหม่โคนมไทย*. ขอนแก่น, โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เวียงสกุล นาประเสริฐ, กฤตพล สมมาตร, สุรเดช พลเสน. (2540). ผลของแหล่งอาหารพลังงานในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้รูปแบบกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และความสามารถในการย่อยได้ และอัตราการไหลผ่านของอาหารในโคเนื้อ. *วารสารวิจัย มข*, 5(2), 23-35

ศิวพร วรอนุ. (2543). *การศึกษาเปรียบเทียบระดับของอาหารหยาบและอาหารข้นที่มีผลต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก กระบวนการหมัก ผลผลิตสุดท้าย และปริมาณการกินได้ในโคและกระบือปลักที่เลี้ยงด้วยฟางหมักยูเรีย*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิชาการอาหารสัตว์. “การใช้ประโยชน์เศษเหลือจากมันสำปะหลัง”. (2548). [สืบค้นเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ 2559]; ได้จาก: http://www.tapiocathai.org/Brochure/. pdf.

ศุภชัย ธรรมศิริทรัพย์. (2556). การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์. *เอกสารรายงานการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6*. ชลบุรี, มหาวิทยาลัยบูรพา. หน้า 502-512

ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์. (2548). การใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์. *รายงานผลการดำเนินงานโครงการส่งเสริมการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ ในประเทศไทย ปี 2548*.

ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์. “การใช้กากมันสำปะหลังแห้งเป็นอาหารสัตว์”. (2550). [สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2559]; ได้จาก: http://www.rdi.ku.ac.th /kufair50/animal/ 11_2_animal /11_2animal.html#author.

สไบพร สุรินทร, พิชาด เขจรศาสตร์. (2558). ผลของชนิดอาหารหยาบในอาหารผสมสำเร็จหมักต่อการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแกะ. *เอกสารการรายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53.* 3-6 ก.พ. 2558, *กรุงเทพฯ*, กรุงเทพฯ. หน้า 951-958.

สมเจต ใจภักดี. (2530). *การศึกษาวิธีการหมักมันสำปะหลัง และการนำมันสำปะหลังหมักมาใช้ในอาหารไก่กระทงและนกกระทา.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายัณห์ ทัดศรี. (2553). *พืชอาหารสัตว์และหลักการทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ, ซ่อนนทรี.

สายัณห์ ทัดศรี. (2546). *พืชอาหารสัตว์เขตร้อน.* พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ, รั้วเขียว.

สวลี ดีประเสริฐ, ศุภชัย บุญนำมา, วิทยา บุตรทองมูล, บุปผา ชินเชิดวงศ์, วีระ โลหะ. (2555). การใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังเพื่อผลิตเป็นน้ำตาล. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ* 15(3), 39-46

สีอุดม ลังสุมิไชย, ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ, เฉลิมพล เยื้องกลาง, เบญญา แสนมหายักษ์, เสมอใจ บุรีนอก. (2560). ผลของการเสริมเอนไซม์ไซแลนเนสและเซลลูเลสจากกากมะเขือเทศแห้งที่หมักโดย *Aspergillus niger* ที่ระดับต่าง ๆ ต่อคุณภาพการหมักและ คุณค่าทางโภชนะของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมัก. *แก่นเกษตร*, 45(1), 729-734.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. (2539). *การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอาหารสัตว์.* ศูนย์วิจัยและฝึก อบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ. นครปฐม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 194 หน้า.

สุปรีณา สีใสคำ. (2552). *ผลของการใช้ใบและก้านสะเดาในอาหารแพะเนื้อต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมักและสมรรถนะการผลิต*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุนทร วิทยาคุณ, เฉลิมพล เยื้องกลาง, ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ, ชัยณรงค์ ขาวทอง. (2548). การศึกษาสมรรถภาพการผลิตของโคนมมที่ให้ผลผลิตปานกลางซึ่งได้รับฟางข้าวบดหยาบเป็นแหล่งเยื่อใยในอาหารเสริมผสมครบส่วนในฤดูแล้ง. ใน: *เอกสารรายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43*. สาขาสัตว์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 87-95

สุมิต ยิ้มมงคล, สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. (2550). *การใช้กากมันสำปะหลังแห้งเป็นอาหารสัตว์*. สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อนันตเดช แย้มหอม, วันวิศาข์ งามผ่องใส, ปิ่น จันจุฬา. (2555). ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย. *วารสารแก่นเกษตร.* 40: 343-358.

อรอนงค์ พวงชมภู. (2543). *ผลของการเสริมสารละลายแป้ง-ยูเรีย (แคสซาโดร) ในกระเพาะหมักของกระบือปลัก ที่ได้รับฟางหมักยูเรีย.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิชาการ กรมพัฒนาที่ดิน. “มันสำปะหลัง”.2546. (สืบค้นเมื่อ 6 มกราคม 2559); ได้จาก: http://www.ldd.go.th.

อุดมศักดิ์ ริยะสาร. (2530). *คุณค่าทางโภชนะและการใช้ประโยชน์ได้ของหญ้าเนเปียร์หมักสำหรับโค.*วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อุทัย หนูแดง. (2542). *วัวนมแบบชาวบ้าน*. กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์อักษรไทย. 73 หน้า

อุทัย มานาดี. (2558). *ปลูกหญ้าเนเปียร์ลดต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์.* องค์การบริหารส่วนตำบลสลักได อ.เมือง สุรินทร์, สุรินทร์.

Adegbola, A.A. (1980). New feed resources for nigerian livestock. *Discourses of. Nigerian Academy of Science.* 2(2): 50-63

Allen, M. S. (1997). Carbohydrate nutrition, veterinary clinics of North America, *Food Animal Practice*. 7:2, 327-340.

Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 83: 1598-1624.

AOAC. (1990). Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. technique. Pakistan. *Journal of Plant Nutrition*. 4(5): 298-303.

Baumont, R. (1996). Palatability and feeding behaviour in ruminants. A review. *Annales de Zootechnie*. 45:385-400.

Brago, F., L.D. Muller, G.A. Varga, A. Delahoy, T.W. Cassidy. (2002). Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*. 85: 2964-2973.

Bremner, J.M., D.R. Keeney. (1965). Steam distillation methods of determination of ammonia, nitrate and nitrite. *Analytica Chimica*. Acta. 32:485.

Briggs, P. K., J. F. Hogan and R. L. Reid. (1957). The effect of volatile fatty acid, lactic acid, and ammonia on rumen pH in sheep. *Australian Journal of Agricultural*. 8:674-710.

Chanthai, S., M. Wanapat, C. Wachirapakorn. (1989). *Rumen ammonia-N and volatile fatty acid concentration in cattle and buffalo given rice straw-based diets*. In:Proc. 7th AFAR Int. Workshop. (Ed. R. M. Dixon), IDP Canberra, Australia. 191-195

Chumpawadee, S., K Sommart, T. Vongpralub, V. Pattarajinda. (2005). Nutritional evaluation of non forage high fibrous tropical feeds for ruminant using *in vitro* gas production. *Walailak Journal of Science and Technology*. 2(2): 209-218

Dao Lan Nhi., Mai Van Sanh, Le Viet Ly. (2001). Supplementing cassava root meal and cassava processed leaves to diets based on natural grasses, maize stover and rice straw for fattening young swamp buffaloes. *National Institute of Animal Husbandry,* Hanoi.

Fischer, G., K. Nakakoji, J. Ostwald, G. Stahl, T. Sumner. (1993). Embedding critics in design environment. *The Knowledge Engineering Review Journal*, 8(4) 285-307.

Grummer, R.R., J.H. Clark, M.R. Murphy (1984). Effect of Ruminal ammonia-nitrogen concentration on protein degradation in Situ. *Journal of Dairy Science*. 67: 2294-2301.

Grant, R.T. (1997). Interactions among forages and non forage fiber source. *Journal of Dairy Science*. 80:1438-1446.

Grant, R.J., V.F. Colenbrander, D.R. Metens. (1990). Milk fat depression in dairy cows: role of particle size of alfalfa hay**.** *Journal of Dairy Science*. 73: 1834-1840.

Goring, H. K., P.J. Van Soest. (1970). Forage Fiber Analysis. A.R.S. Hand Book No. 379 United States Department of Agriculture, Washington, D.C. USA.

Hungate, R.E. (1966). *The rumen and it microbes*. In R.E. Hungate (ed.). New York: Academic Press.

Ingvartsen, K. L, H.R. Andersen, J. Foldager. (1992). Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 42: 40-46.

Jabbar, M. A., M. I. Anjum. (2008). Effect of diets with different forage to concentrate ratio for fattening of Lohi lambs. *Pakistan Veterinary Journal*. 28: 150-152.

Jarrige, R., J. P. Dulphy, P. Faverdin, R. Baumont and C. Demarquilly. (1995). Activites d'ingestion et de rumination. In: *Nutrition des Ruminants Domestiques, R. Jarrige, Y. Ruckebusch, C. Demarquilly, M. H. Farce and M. Journet, (eds).* INRA Editions, Paris, pp. 123-181

Kellems, R.O., R. Jones, D. Andrus, M.V. Wallentine. (1991). Effect of moisture in total mixed ration on feed consumption and milk production and composition in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 74:929-932.

Mahgoub, o., C. D. Lu, I. R. J. Early. (2000). Effects of dietary energy density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omini growing lamb. *Small Ruminant*. 37: 35-42.

Milis, Ch., D. Liamadis. (2007). Effect of protein levels, main protein and non forage fiber source on digestibility, N-balance and energy value of sheep rations. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 6(1): 68-75.

Montgomery, M. J., B. R. Baumgardt. (1965). Regulation of food intake in ruminants. 1. Pelleted rations varying in energy concentration. *Journal of Dairy Science.* 48: 569-574.

Nonthasak, P, W. Chalong, B. Komas, P. Pariwat, S. Pichetpong, G. Pongsatorn. (2017). Influence of *Aspergillus niger* or *Saccharomyces cerevisiae*-Fermented Napier Grass (*Pennisetum purpureum*) mixed with fresh cassava root on blood parameters and nutrient digestibility in growing beef cattle. *Pakistan Journal of Nutrition,* 16: 776-781.

NRC. (1985). *Nutrient Requirements of Sheep*. 6th Rev. Ed. Natl. Acad. Sci. Washington, DC.

NRC. (2001). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th Rev. Ed. Natl. Acad. Sci. Washington, DC.

NRC. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th Rev. Ed. Natl. Acad. Sci. Washington, DC.

Nwokoro, S. O., E. I. Ekhosuehi. (2005). Effect of replacement of maize with cassava peel in cockerel diets on performance and carcass characteristics. *Tropical Animal Health and Production*. 37(6):495-501.

Perdok, H. D., L. A. Leng. (1989). Effect of supplementation with protein meal on the growth of cattle given a basal diet of untreated ammoniated rice straw. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.* 3:269-279.

Rayburn, E. B. (1986). Quantitative aspects of pasture management. Seneca Trail RC&D Technical Manual. Franklinville, N. Y : Seneca Trail RC&D.

Tisch, D. A. (2006). *Animal Feed, Feeding and Nutrition, and Ration Evaluation*. New York

Villalba, J. J., A. Bach, I. R. Ipharraguerre. (2011). Feeding behavior and performance of lamb are influenced by flavor diversity. *Journal of Animal Science*. 89: 2571-1581

SAS. (1998). *SAS User's Guide: Statistics, Version 6.12th ed*. SAS Institute Inc. Cary, NC., USA.

Schnieder, B.H., W.P. Flatt. (1975). The Evaluation of Feed Through Digestibility Experiment. Athens: The Univ. of Georgia press, Georgia, U.S.A.

The Working Committee of Thai Feeding Standard for Ruminant (WTSR) (2010). *Nutrient Requirements of Beef Cattle in Indochinese Peninsula*. Depertment of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand.

Van Keulen, J., Young, B.A. (1977). Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 44: 282-287.

Van Soest, P. J. (1994). Nutritional Ecology of the Ruminant, 2nd Edition. Cornell University Press, New York, 177-195

Van Soest, P.J. (1997). Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 44: 282.

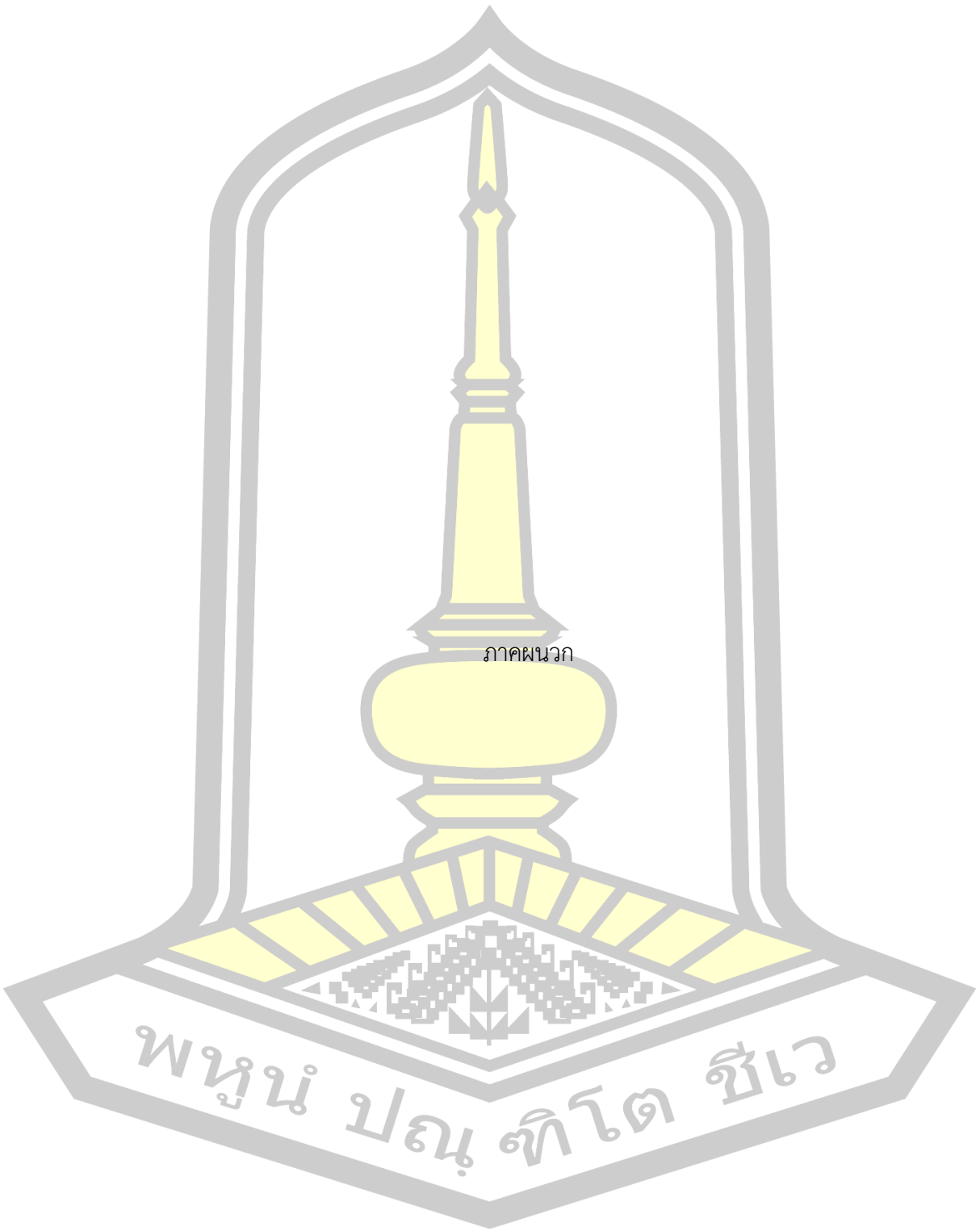
Wanapat, M., Pimpa. (1999). Effect of ruminal NH_3 N level on ruminal fermentation, purine derivatives, digestibility and rice straw intake in swamp buffaloes. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 12: 904-907

Windschitl, M. D. (1991). Lactational performance of high producing dairy cow fed diets Containing salmon meal and urea. *Journal of Dairy Science*. 74: 3475-3485.

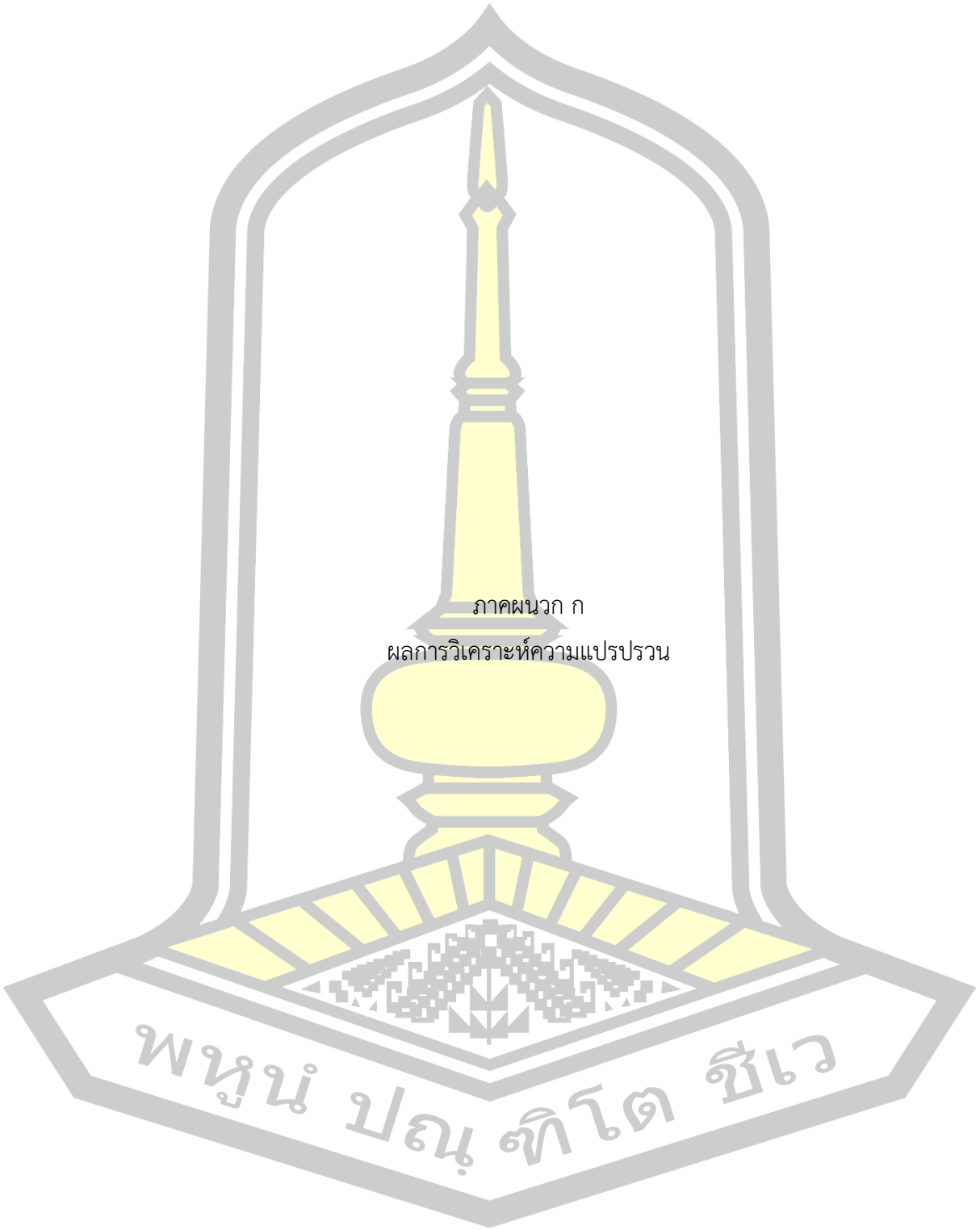
Wongnen C., C. Wachirapakorn, C. Patipan, D. Panpong, K. Kongweha, N. Namsaen, P. Gunun, C. Yuangklang. (2009). Effects of fermented total mixed ration and cracked cottonseed on milk yield and milk composition in dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 22,(12) : 1625–1632

Xu S., J.H. Harison, R.E. Riley, K.A. Loney. (1994). Effect of buffer addition to high grain total mixed rations on rumen pH, feed intake, milk production, and milk composition. *Journal of Dairy Science*. 77, 3: 782-788

Yuangklang, C., K. Vasupen, S. Wittayakun, P. Srinanaun, C. Sukho. (2004). Effect of total mixedration and fermented total mixed ration on feed intake, ruminal fermentation, nutrient digestibility and blood metabolites in dairy cows. In: *Proceeding of the 11thAAAP Congress "New Dimensions and challenges for sustainable livestock farming" The asian-australasian association of animal production societies*, kuala lumpur, malaysia.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตาราง ก.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมารการกินได้ที่คิดเป็นกิโลกรัม/วัน ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	11.49587500	4.15625000	3.32	0.0791
ความคลาดเคลื่อน	6	2.31030000	0.38505		
รวมทั้งหมด	15	13.80617500			

CV = 14.92990 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมารการกินได้ที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	2.75660000	2.15500000	2.49	0.1396
ความคลาดเคลื่อน	6	0.73800000	0.123		
รวมทั้งหมด	15	3.49460000			

CV = 16.27441 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมารการกินได้ที่คิดเป็นกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$ ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	3725.53442500	80.2187500	2.51	0.1376
ความคลาดเคลื่อน	6	990.03695000	165.0062		
รวมทั้งหมด	15	4715.57137500			

CV = 16.01305 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมารการกินได้อินทรีย์วัตถุ ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	9682345.99241	3701.88563	3.53	0.0692
ความคลาดเคลื่อน	6	1826803.68719	304467.3		
รวมทั้งหมด	15	11509149.67959			

CV = 14.90553 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมารการกินได้โปรตีน ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	185096.000175	514.738750	1.48	0.3260
ความคลาดเคลื่อน	6	83324.028200	13887.34		
รวมทั้งหมด	15	268420.028375			

CV = 22.89405 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมารการกินได้ผนังเซล ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	1521062.05336	1649.77563	2.43	0.1462
ความคลาดเคลื่อน	6	417616.84284	69602.81		
รวมทั้งหมด	15	1938678.89619			

CV = 15.99147 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมารการกินได้ลิกโนเซลลูโลส ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	392477.623050	922.080000	1.95	0.2155
ความคลาดเคลื่อน	6	134507.056550	22417.84		
รวมทั้งหมด	15	526984.679600			

CV = 16.23784 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการย่อยได้วัตถุแห้ง ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	415.40455625	68.2418750	1.06	0.4906
ความคลาดเคลื่อน	6	261.52088750	43.58681		
รวมทั้งหมด	15	676.92544375			

CV = 9.674457 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการย่อยได้อินทรีย์วัตถุ ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	405.41612500	71.6037500	0.96	0.5396
ความคลาดเคลื่อน	6	280.62445000	46.77074		
รวมทั้งหมด	15	686.04057500			

CV = 9.551055 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการย่อยได้โปรตีน ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	876.51165625	73.1918750	2.03	0.2013
ความคลาดเคลื่อน	6	288.38318750	48.06386		
รวมทั้งหมด	15	1164.89484375			

CV = 9.472104 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการย่อยได้ผนังเซลล์ ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	1683.37909167	55.5800000	1.69	0.2927
ความคลาดเคลื่อน	6	553.81470833	110.7629		
รวมทั้งหมด	15	2237.19380000			

CV = 18.93558 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการย่อยได้ลิกโนเซลลูโลส ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	2949.51742167	37.7993333	3.54	0.0887
ความคลาดเคลื่อน	6	462.80247167	92.56049		
รวมทั้งหมด	15	3412.31989333			

CV = 25.45240 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด – ด่าง ในกระเพาะรูเมน ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	0.30750000	6.78750000	0.44	0.8732
ความคลาดเคลื่อน	6	0.47000000	0.078333		
รวมทั้งหมด	15	0.77750000			

CV = 4.123476 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเข้มข้นแอมโมเนีย – ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

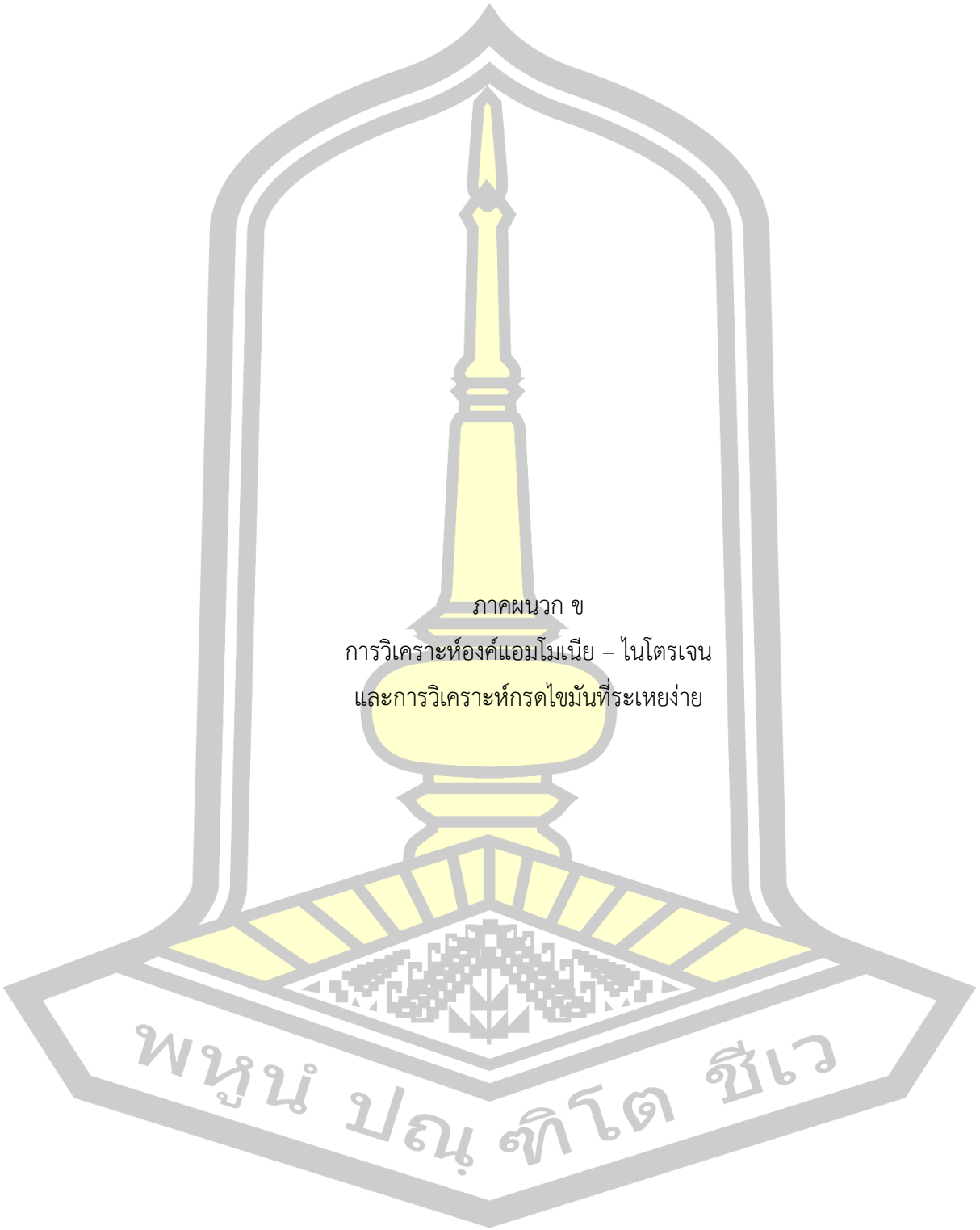
แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	340.04174692	12.7169231	2.72	0.2217
ความคลาดเคลื่อน	6	41.65733000	13.88578		
รวมทั้งหมด	12	381.69907692			

CV = 18.59950 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมน ของระดับการใช้เปลือกล้างมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมักที่มีหญ้าเนเปียร์ปากช่องเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F	Pr > F
กลุ่มการทดลอง	9	12180.8527562	72.6781250	37.10	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	6	218.8952875	36.48255		
รวมทั้งหมด	15	12399.7480437			

CV = 8.310724 เปอร์เซ็นต์



ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์องค์แอมโมเนีย – ไนโตรเจน

และการวิเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่าย

1. การวิเคราะห์ประเมินหาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3) จากของเหลวในกระเพาะหมัก

วิธีการกลั่น

การหาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนจากของเหลวในกระเพาะหมัก สามารถหาไนโตรเจนได้โดยอาศัยกระบวนการการกลั่นรวมกันกับการใช้ด่าง Sodium hydroxide (NaOH) 35 % เพื่อทำให้แอมโมเนียแตกตัวออกมาและเมื่อถูกความร้อนแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) จะถูกกลั่นออกมารวมกับน้ำ โดยมีกรดบอริคและอินดิเคเตอร์ทำหน้าที่จับแอมโมเนียที่กลั่นออกมาแล้วทำการไตรเตรทกับกรดเพื่อหาปริมาณของกรด Hitroclolic (HCl) 0.01 N ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจนถึงจุดยุติ (end point) เพื่อแปลผลของไนโตรเจนที่มีในตัวอย่างในการคำนวณต่อไป

โดยหลักการ 0.14 มิลลิกรัมของแอมโมเนียไนโตรเจน ($N\text{-}NH_3$) จะต้องใช้ HCl 0.01 N ในการไตรเตรทปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. HCl 0.01 N (เตรียมจาก HCl 0.87 ml ลงในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1000 ml)
2. Sodium hydroxide (NaOH) 35 % (เตรียมจาก NaOH 35 g ละลายในน้ำกลั่น 100 ml)
3. Boric acid 4 % (เตรียมจาก Boric acid 4 g ละลายในน้ำกลั่น 100 ml)
4. เมธิลเรดร้อยละ 0.1 (w/v)+เอธิลแอลกอฮอลล์ 95% 1 ส่วน
5. Bromoccresol green ร้อยละ 0.1 (w/v) + เอธิลแอลกอฮอลล์ 95% 5 ส่วน
6. น้ำกลั่น

อุปกรณ์

1. ชุดเครื่องมือกลั่นวิเคราะห์หาโปรตีน
2. เครื่องปั่นเหวี่ยงสารละลาย
3. เครื่องชั่งสาร ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. บิวเรต
5. ขวดรูปชมพู่
6. ปิเรต และบิกเกอร์

วิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง (ของเหลวในกระเพาะหมัก) ปริมาตร 15 ml นำมาปั่นเหวี่ยงที่ 30 รอบ นาน 1 นาที เพื่อแยกเอาส่วนที่เป็นของแข็งและสารแขวนลอยออก เพื่อเอาส่วนที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณอมโมเนียไนโตรเจน

2. นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 1 ประมาณ 5 ml แล้วทำการละลายในน้ำกลั่น 50 ml ใส่หลอดย่อย (distillation test tube)

3. เติมด่าง Sodium hydroxide (NaOH) 35% ประมาณ 60 ml ปริมาณมากเกินพอในการทำปฏิกิริยา (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีดำขุ่น)

4. ทำการกลั่นตัวอย่างทันทีหลังจากการเติมด่าง แล้วทำการเก็บสารละลาย โดยใช้ขวดรูปชมพู่ (erlenmeryer flask) ขนาด 250 ml ที่มีอินดิเคเตอร์ร่วมมกับกรดบอริค 4 %) ปริมาณ 50 ml โดยทำการเก็บเอาสารละลายที่ได้จากกระบวนการกลั่นประมาณ 200 ml (สารละลายที่ได้จากกระบวนการกลั่นจะมีสีเขียวอ่อนใส)

5. ทำการไตรเตรทสารละลายที่ได้ด้วยกรด HCl 0.01 N จนถึงจุดยุติ (end point) (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนใสเป็นสีชมพูม่วง ทำการจดบันทึกปริมาณกรดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาแล้วนำค่าที่ได้ไปแปลผลโดยการคำนวณต่อไป

เช่น ไตเตรทได้ 0.2 ml

มี H^+ 1 mol ทำปฏิกิริยา NH_3 mol

ถ้าไตเตรท HCl 0.01 N $= \frac{0.01 \times \text{mol}}{1000 \text{ ml}}$

$= \frac{0.01 \times 4 \text{ g (14 = มวลอะตอม)}}{1000 \text{ ml}}$

$= \frac{0.01 \times 4 \times 1000 \text{ mg}}{1000 \text{ ml}}$

1 ml $= 0.14$ mg $N\text{-}NH_3$

เพราะฉะนั้น 0.2 ml $\times$ 0.14 mg $N\text{-}NH_3$ $= 0.028$ ml mg $N\text{-}NH_3$

ของเหลวในกระเพาะหมัก 5 ml $= 0.028$ ml mg $N\text{-}NH_3$

ถ้าของเหลวในกระเพาะหมัก 100 ml $= \frac{0.028 \text{ ml mg } N\text{-}NH_3 \times 100 \text{ ml}}{5\text{ml}}$

$= 0.56$ mg $N\text{-}NH_3$ /100 ml

ของเหลวในกระเพาะหมัก 30 ml มีกรด 5 ml

ของเหลวในกระเพาะหมักรวกกรด = 30 + 5 = 35 ml

มีของเหลวในกระเพาะหมัก 30 ml = 35/30

= 1.16

ดังนั้น มีของเหลวในกระเพาะหมัก 0.56 mg $N\text{-}NH_3$ /100 ml × 1.166

= 0.653 $N\text{-}NH_3$ /100 ml

2. การวิเคราะห์ประเมินหาปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ ของของเหลวในกระเพาะหมัก

โดยวิธีการกลั่น

การหาปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile fatty acids, VFAs) โดยวิธีการกลั่นจะสามารถประเมินค่าของกรดไขมันที่ระเหยได้ ในรูปของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile fatty acids, VFA) (acetic, propionic, butirric, valeric, etc) โดยทำการไตรเตรทเพื่อหาระดับปริมาณของด่าง (Sodium hydroxide (NaOH)) ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจนถึงจุดยุติ (end point) แล้วแปลผลของปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดที่มีในตัวอย่างโดยการคำนวณต่อไป

โดยหลักการ 10 มิลลิลิตรของสารละลาย Acetic acid (0.33 meq) จะต้องใช้ NaOH 0.04 N ในการไตรเตรทปริมาตร 8.3 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. Sulfuric acid (H_2SO_4) 50% (เตรียมจาก Sulfuric acid 1:1 น้ำกลั่น)

2. Sodium hydroxide (NaOH) 0.04 N (เตรียมจาก NaOH 1.6 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร)

3. Phenolphthalein indicator solution (เตรียมจาก Phenolphthalein 0.5 กรัม ลงในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร)

4. Methyl orange indicator solution (เตรียมจาก Methyl orange 0.05 กรัม ลงในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร)

5. Acetic acid (CH_3COOH) 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร (เตรียมจากการเติม glacial acetic acid 1.9 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร)

6. น้ำกลั่น

อุปกรณ์

1. ชุดเครื่องมือกลั่นวิเคราะห์หาโปรตีน (Distillation)
2. เครื่องปั่นเหวี่ยงสารละลาย (Centrifuge)
3. เครื่องชั่งสาร ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. บิวเรต (สำหรับการไตรเตรท)
5. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeryer flack) ขนาด 250 มิลลิลิตร
6. ปิเปต
7. บีกเกอร์

วิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง (ของเหลวในกระเพาะหมัก) ปริมาตร 150-200 มิลลิลิตร นำมาปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบ นาน 5 นาที เพื่อแยกเอาส่วนที่เป็นของแข็งและสารแขวนลอยออก เพื่อเอาส่วนที่ใสมาวิเคราะห์หากรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดต่อไป

2. นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 1 ประมาณ 5 มิลลิลิตร แล้วทำการละลายในน้ำกลั่น 95 มิลลิลิตร (สารละลายรวมจะมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร) ใส่ในหลอดย่อย (distillation test tube) แล้วหยด Methyl orange indicator ประมาณ 5 หยด (สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้ม)

3. เติมกรด Sulfuric acid (H_2SO_4) 50% ประมาณ 1 มิลลิลิตร (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองส้มเป็นสีชมพูแดง)

4. ทำการกลั่นตัวอย่างทันทีหลังจากการเติมกรด แล้วทำการเก็บสารละลายโดยใช้ขวดรูปชมพู่ (erlenmeryer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยทำการเก็บเอาสารละลายที่ได้จากกระบวนการกลั่นประมาณ 150 มิลลิลิตร

5. นำสารละลายที่ได้จากการกลั่นเติม Phenolphthalein indicator ประมาณ 10 หยด

6. ทำการไตรเตรทสารละลายที่ได้ด้วยด่าง Sodium hydroxide (NaOH) 0.04 N จนถึงจุดยุติ (end point) (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีชมพูอ่อน) ทำการจดบันทึกปริมาณด่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาแล้วนำค่าที่ได้ไปแปลผลโดยการคำนวณต่อไป

วิธีการคำนวรและแปลผล

$$\text{mg/l TVFAs (as acetic acid} = \frac{\text{ml NaOH} \times \text{normality} \times 60050}{\text{ml of Sample} \times F}$$

TVFAs = กรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)

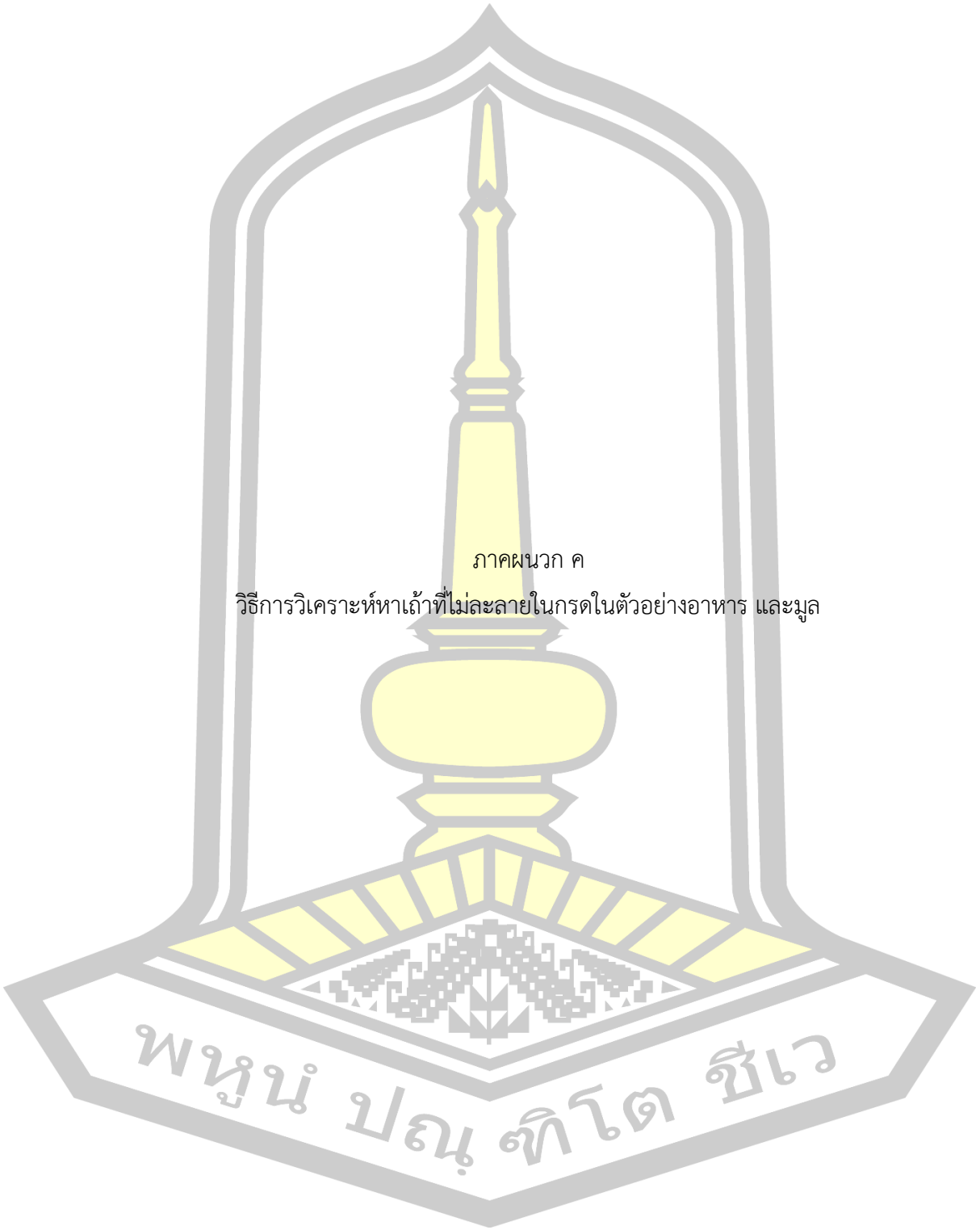
NaOH = ปริมาณด่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

Normality = ค่านอร์มาลลิตี้ที่แท้จริงของด่าง Sodium hydroxide (NaOH) ที่ใช้

Sample = ปริมาณสารละลายตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

F = ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการกักเก็บของเครื่องกลั่น (recovery factor)

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ค

วิธีการวิเคราะห์หาเถ้าที่ไม่ละลายในกรดในตัวอย่างอาหาร และมูล

การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash; AIA) ในตัวอย่างอาหารและมูล

หลักการ

เผาตัวอย่างอาหารด้วยความร้อนสูงประมาณ 550-600 องศาเซลเซียส สารอินทรีย์จะสลายตัวเป็นไอน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่เหลือคือเถ้า ซึ่งเป็นสารอนินทรีประกอบด้วยแร่ธาตุ หลายชนิดที่มีทั้งแร่ธาตุที่ละลายได้และละลายในกรดเกลือ ส่วน acid insoluble ash (AIA) หมายถึง เถ้าที่ประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ ที่รวมตัวเป็นสารประกอบที่ไม่สามารถละลายในกรดเกลือ และรวมถึง สารจำพวก silica

อุปกรณ์

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. ถ้วยเผา (crucible)
3. โถดูดความชื้น (desiccator)
4. เตาไฟฟ้า (hot plate) และ ตู้ดูดควัน (hood)
5. เครื่องชั่งละเอียด
6. ตู้อบ (oven)
7. กระดาษกรองเบอร์ 40
8. กรวย (funnel)
9. erlenmeyer flask

สารเคมี

1. HCl 10 N
2. HCl 2 N

วิธีการ

1. หาน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยเผา โดยนำถ้วยเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และทิ้งไว้ให้เย็นและชั่งน้ำหนัก (A)

2. ชั่งตัวอย่างอาหารที่บดละเอียด ประมาณ 2-3 กรัม ใส่ลงในถ้วยเผา (ที่รู้น้ำหนักแน่นอน)

3. นำไปเผาให้หมดควันบน hot plate ในตู้ดูดควัน (hood)

4. นำถ้วยเผาเข้าเผาต่อในเตาที่มีอุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส นานประมาณ 5–6 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะได้เถ้าที่สมบูรณ์ และทิ้งตัวอย่างไว้ให้เย็นในเตาเผา

5. เติม HCl 10 N จำนวน 3 ml ลงไปในเถ้า นำไประเหยให้แห้งบน hot plate โดยใช้ไฟอ่อนๆ เพื่อป้องกันไม่ให้กรดเดือดรุนแรงและกระเด็นออกนอกถ้วยเผา

6. เติม HCl 2 จำนวน 20 ml ต้มต่อไปนานประมาณ 20 นาที

7. นำมากรองโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 40 (ashless) ใช้น้ำกลั่นที่ต้มให้ร้อนล้างตะกอนจนหมดกระดาษกรอง (ทดลองดูโดยใช้กระดาษลิตมัส)

8. นำกระดาษกรองใส่ลงในถ้วยเผาใบเดิม อบให้แห้งในถ้วย และเผาให้หมดควันก่อนแล้วจึงนำไปเผาในเตาเผา 500 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำมาทำให้เย็นในโถดูความชื้น และชั่งน้ำหนัก (B)

ข้อแนะนำ

ถ้าเถ้ายังไม่สมบูรณ์ให้หยดน้ำกลั่น หรือ แอมโมเนียมคาร์บอเนตลงไปให้เถ้าเปียกและนำไป ระเหยให้แห้งแล้วเผาต่อ

การคำนวณ

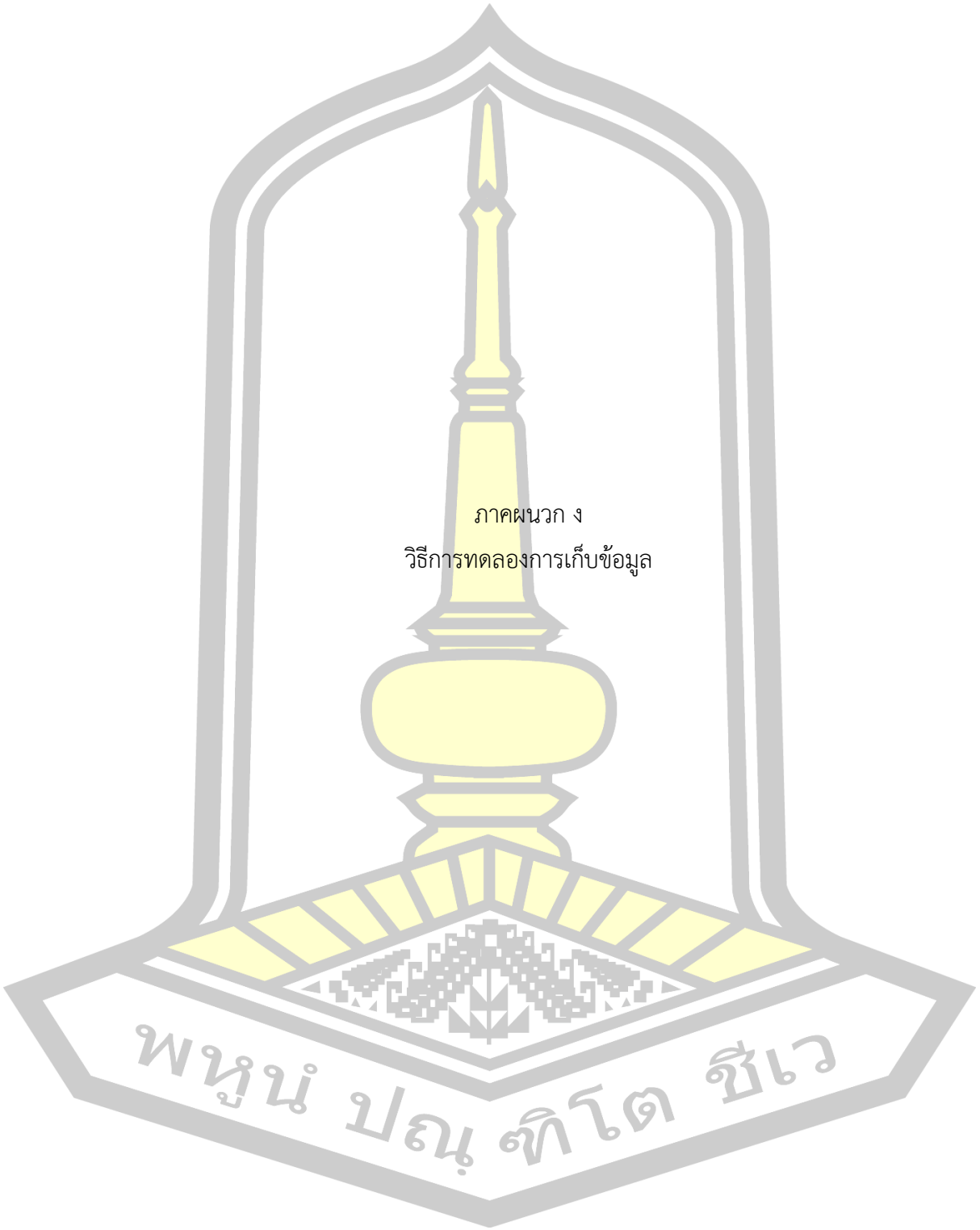
$$\% \text{ AIA} = \frac{(B - A) \times 100}{W}$$

โดยที่ A = น้ำหนักถ้วยเผา

B = น้ำหนักถ้วยเผา + AIA

C = น้ำหนักตัวอย่าง

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ง

วิธีการทดลองการเก็บข้อมูล

ภาพประกอบ ง.1 การสั่งซื้อวัตถุดิบอาหาร

ภาพประกอบ ง.2 วัตถุดิบอาหาร

ภาพประกอบ ง.3 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง

ภาพประกอบ ง.4 การทำการผสมอาหาร เพื่อใช้ในการทดลอง

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ภาพประกอบ ง.5 การทำการหมักเป็นเวลา 21 วัน

ภาพประกอบ ง.6 การวัดความเป็นกรดด่างในอาหาร

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ภาพประกอบ ง.7 โคที่ใช้ในการทดลองตัวที่หนึ่ง

ภาพประกอบ ง.8 โคที่ใช้ในการทดลองตัวที่สอง

ภาพประกอบ ง.9 โคที่ใช้ในการทดลองตัวที่สาม

ภาพประกอบ ง.10 โคที่ใช้ในการทดลองตัวที่สี่

ภาพประกอบ ง.11 การชั่งอาหารที่เหลือในแต่ละวัน

ภาพประกอบ ง.12 การเก็บตัวอย่างมูลโดยการล้วงทวาร

ภาพประกอบ ง.13 การเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมัก

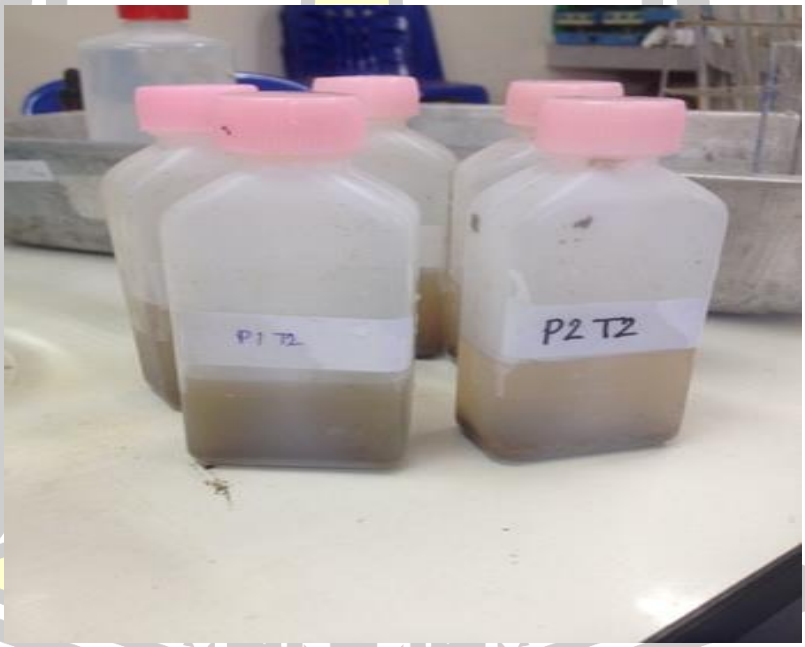
ภาพประกอบ ง.14 การวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง ของเหลวในกระเพาะหมัก

พหูน ปณ ฑิโต ชีเร

ภาพประกอบ ง.15 การเติมซัลฟูริก

ภาพประกอบ ง.16 การชั่งน้ำหนักโค

ภาพประกอบ ง.17 การชั่งน้ำหนักโค



ภาพประกอบ ง.18 ตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมัก

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ภาพประกอบ ง.19 ตัวอย่างอาหาร

ภาพประกอบ ง.20 ตัวอย่างมูล

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวศุภลักษณ์ เข็นสี
วันเกิด	วันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2536
สถานที่เกิด	อำเภอตาลสุม จังหวัดอุบลราชธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 30/13 บ้านโนนเจริญ ตำบลนาคาย อำเภอตาลสุม จังหวัดอุบลราชธานี รหัสไปรษณีย์ 34330
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2551 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนดอนมดแดงวิทยาคม อำเภอดอนมดแดง จังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ. 2554 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนดอนมดแดงวิทยาคม อำเภอดอนมดแดง จังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ. 2558 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2562 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	ทุนสนับสนุนระดับบัณฑิตศึกษา (ป.โท) งบประมาณรายได้ประจำปี พ.ศ. 2561 คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ทุนสนับสนุนระดับบัณฑิตศึกษา (ป.โท) งบประมาณรายได้ประจำปี พ.ศ. 2561 กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พหูน ปณฺ ฑิโต ชีเว