ผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมเสร็จต่อการย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในแพะ

Effects of Using Urea-Calcium Hydroxide Treated Oil Palm Frond (UCOPF) in Total Mixed Ration on Nutrient Digestibility, Rumen Ecology and Nitrogen Utilization in Goats

สุรเดช เพชรอาวุธ

Suradech Phetarwut

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Animal Science
Prince of Songkla University
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมเสร็จต่อการย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในแพะ

Effects of Using Urea-Calcium Hydroxide Treated Oil Palm Frond (UCOPF) in Total Mixed Ration on Nutrient Digestibility, Rumen Ecology and Nitrogen Utilization in Goats

สุรเดช เพชรอาวุธ

Suradech Phetarwut

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Animal Science
Prince of Songkla University
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมเสร็จต่อการย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในแพะ

ผู้เขียน นายสุรเดช เพชรอาวุธ

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่น จันจุฬา)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.โอภาส พิมพา)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่น จันจุฬา)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ คชภักดี)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่น จันจุฬา)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....
(นายสุรเดช เพชรอาวุธ)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายสุรเดช เพชรอาวุธ)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมเสร็จต่อการย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในแพะ

ผู้เขียน นายสุรเดช เพชรอาวุธ

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (UCOPF) โดยมี 4 ทรีทเมนต์ ดังนี้ 1) ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 2) ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ 3) ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และ 4) ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ โดยศึกษาในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุประมาณ 24-26 เดือน มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 31.63 $\pm$ 1.00 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว ใช้แผนการทดลองแบบ 4×4 จัตุรัสลาติน ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุ ของอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียม ไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ขณะที่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน และผนังเซลล์ของอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของอาหารทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด พบว่า แพะที่ได้รับอาหาร

ผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสูงกว่าอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) นอกจากนี้แพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมเสร็จที่ใช้ยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ดูดซึมสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือด และปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$)

ดังนั้น สามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไดรอกไซด์ (UCOPF) ในสูตรอาหารผสมเสร็จสำหรับเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนของแพะ

Thesis Title	Effects of Using Urea-Calcium Hydroxide Treated Oil Palm Frond (UCOPF) in Total Mixed Ration on Nutrient Digestibility, Rumen Ecology and Nitrogen Utilization in Goats
Author	Mr. Suradech Phetarwut
Major Program	Animal Science
Academic Year	2017

ABSTRACT

This study aimed to examine the effects of total mixed ration (TMR) containing urea-calcium hydroxide treated oil palm frond (UCOPF) by 4 treatments as 1) ensiled oil palm frond, 2) oil palm frond treated with 5% urea, 3) oil palm frond treated with 5% calcium hydroxide, and 4) oil palm frond treated with 5% urea-calcium hydroxide on intake, digestibility, rumen ecology, and nitrogen utilization in goats. Four crossbred Thai native and 50% Anglo-Nubian male goats at ages 24 - 26 months with average initial weights of 31.63±1.0 kg were randomly assigned according to a 4×4 Latin Square Design. The results indicated that dry matter (DM) intake of goat fed TMR containing urea-calcium hydroxide treated oil palm frond (UCOPF) had no statistical difference among dietary treatments ($P>0.05$). However, digestion coefficients of DM and organic matter (OM) of TMR containing oil palm frond treated with 5% urea, oil palm frond treated with 5% calcium hydroxide, and oil palm frond treated with 5% urea-calcium hydroxide were statistical significance ($P<0.01$) higher than that of ensiled oil palm frond. Digestion coefficients of crude protein(CP) and cell walls (CW) of TMR containing oil palm frond treated with 5% urea, oil palm frond treated with 5% calcium hydroxide, and oil palm frond treated with 5% urea-calcium hydroxide were statistical significance ($P<0.05$) higher than that of ensiled oil palm frond. In the meantime, the values of pH, ammonia-nitrogen concentration, and microorganism population in rumen fluid of those 4 treatments had no statistically significant difference ($P>0.05$). Considering for total volatile fatty acid concentration the study found that goats fed TMR containing oil palm frond treated with 5% urea, oil palm frond treated with 5% calcium hydroxide, and oil palm frond treated with 5% urea-calcium hydroxide had significantly higher concentration than that of ensiled oil palm frond ($P<0.01$). Nevertheless, goats fed TMR

containing oil palm frond treated with 5% urea and oil palm frond treated with 5% urea-calcium hydroxide had significantly higher nitrogen absorption than that of ensiled oil palm frond ($P<0.05$). The values of blood urea-nitrogen concentration, blood glucose concentration, and pack cell volume had similar values ($P>0.05$).

Then urea-calcium hydroxide treated oil palm frond (UCOPF) can be used in TMR for raising Thai native and 50% Anglo-Nubian goats without an effects on the utilization of nutrition, rumen ecology, and nitrogen balance of the goats.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และบุคลากรหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ปิ่น จันจุฬา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่คอยให้ความรู้ ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาในระหว่างการดำเนินการทดลองและการเขียนวิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ท่านยังให้แนวคิดที่ดีในการทำงานแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.โอภาส พิมพา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. สุรศักดิ์ คชภักดี และรศ.ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณสหัทยา พงศ์ประยูร นักวิชาการหมวดแพะ และเจ้าหน้าที่หมวดแพะ ภาควิชาสัตวศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวก ขณะที่ทดลอง และขอขอบพระคุณ คุณสุจิตร์ ชลดำรงค์กุล และคุณณัฐฐา รัตนโกศล เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างทดลอง ขอขอบคุณ คุณภูวดล เหมชะรา ที่ให้ความช่วยเหลือในการเตรียมทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และบังคับสัตว์ในระหว่างเก็บตัวอย่าง และขอขอบคุณนักศึกษาทุกท่านที่ช่วยเหลือข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.อนุสรณ์ เชิดทอง จากภาควิชาสัตวศาสตร์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่คอยให้คำปรึกษาในการเขียนบทความวิชาการในการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 6

ขอขอบคุณ กรมปศุสัตว์ที่ให้การสนับสนุนในการลาศึกษาต่อภายในประเทศในครั้งนี้เพื่อเพิ่มพูนความรู้ พร้อมทั้งให้โอกาสกลับไปปฏิบัติงานยังต้นสังกัดเดิม

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องของข้าพเจ้า ที่คอยให้กำลังใจในการเรียนการทำวิทยานิพนธ์ในการศึกษาต่อครั้งนี้ คุณความดีจากความรู้แห่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้ที่มีพระคุณทั้งหลายที่คอยประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สุรเดช เพชรอาวุธ

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		(5)
Abstract		(7)
กิตติกรรมประกาศ		(9)
สารบัญ		(10)
รายการตาราง		(11)
รายการภาพประกอบ		(13)
รายการภาพประกอบภาคผนวก		(14)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ		(15)
บทที่		
1.	บทนำ	1
	การตรวจเอกสาร	3
	วัตถุประสงค์	37
2	วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	38
	วัสดุและอุปกรณ์	38
	วิธีการทดลอง	39
3	ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	48
4	สรุปและข้อเสนอแนะ	71
	สรุป	71
	ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง		73
ภาคผนวก		82
	ก ภาพประกอบการทดลอง	83
	ข การนับประชากรจุลินทรีย์ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนโดยวิธีนับตรง	86
ประวัติผู้เขียน		89

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณจำนวนปศุสัตว์ โคเนื้อ โคนม กระบือ แพะ และแกะ ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2554-2560	5
2	ปริมาณพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในภาคใต้ ปี พ.ศ. 2555-2560	15
3	องค์ประกอบทางโภชนะของทางใบปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์และฟางข้าว	18
4	องค์ประกอบทางเคมีของแต่ละส่วนของทางใบปาล์มน้ำมัน	18
5	การประเมินคุณภาพพืชหมักทางกายภาพ	25
6	การประเมินคุณภาพพืชหมักทางเคมี จากปริมาณกรดแลคติก กรดอะซิติก และกรดบิวทิริก	26
7	ปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของโคนมที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)	32
8	ปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของแกะที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)	33
9	ผลของฟางข้าวหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อจำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโคนม	34
10	ผลของฟางข้าวหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคนม	35
11	ผลของการหมักฟางข้าวด้วยยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อค่าสมดุลไนโตรเจนในโคเนื้อ	36
12	ผลของการหมักฟางข้วยด้วยยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อค่าสมดุลไนโตรเจนในแกะ	37
13	สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารผสมเสร็จ และคุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)	41
14	แผนผังการทดลอง	42
15	องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (สภาพสด)	49

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง).....	51
17	ปริมาณอาหารที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ.....	53
18	ปริมาณโภชนะที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ.....	54
19	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ.....	56
20	ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ.....	58
21	ค่าความเป็นกรด-ด่าง และแอมโมเนีย-ไนโตเจนในกระเพาะรูเมน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ.....	59
22	กรดไขมันระเหยง่าย และแก๊สมีเทนในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ	63
23	จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อรา ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ.....	65
24	ปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจน ปริมาณกลูโคส และปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ.....	68
25	ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ.....	70

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตภายในกระเพาะรูเมน.....	12
2	ลักษณะของต้นปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมัน.....	16
3	เมแทบอลิซึมของไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน.....	28
4	โครงสร้างทางเคมี และลักษณะทางกายภาพของแคลเซียมไฮดรอกไซด์.....	29
5	ระยะทดลองและการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทดลอง.....	42

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	ทางใบปาล์มน้ำมัน	83
2	การบดสับทางใบปาล์มน้ำมัน	83
3	ยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์	83
4	การเตรียมทางใบปาล์มน้ำมันหมัก	83
5	ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ 30 วัน	83
6	การวัดสีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก	83
7	อุปกรณ์เก็บตัวอย่างของเหลวในรูเมน	84
8	การวัด pH ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก	84
9	อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเลือดแพะ	84
10	การเก็บตัวอย่างเลือดแพะ	84
11	การเก็บตัวอย่างของเหลวในรูเมน	84
12	การเก็บตัวอย่างอุจจาระ และปัสสาวะ	84
13	การชั่งน้ำหนักแพะ	85
14	ตู้อบตัวอย่างอาหาร	85
15	การนับจุลินทรีย์ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน โดยวิธีการนับตรง	85
16	การเจือจางความเข้มข้นของตัวอย่างจุลินทรีย์ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน	85

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

ADF	=	acid detergent fiber (ลิกโนเซลลูโลส)
ADG	=	average daily gain (อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน)
ADL	=	acid detergent lignin (ลิกนิน)
C_2	=	acetic acid (กรดแอซิติก)
C_3	=	propionic acid (กรดโพรพิโอนิก)
C_4	=	butyric acid (กรดบิวทีริก)
CF	=	crude fiber (เยื่อใยรวม)
CP	=	crude protein (โปรตีนรวม)
DDM	=	digestible dry matter (ปริมาณวัตถุแห้งที่ย่อยได้)
DM	=	dry matter (วัตถุแห้ง)
DMI	=	dry matter intake (ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง)
DOM	=	digestible organic matter (อินทรียวัตถุที่ย่อยได้)
EE	=	ether extract (ไขมันรวม)
FCM	=	fat corrected milk (เปอร์เซ็นต์ไขมันนมมาตรฐาน)
FCR	=	feed conversion ratio (อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว)
GE	=	gross energy (พลังงานรวม)
ME	=	metabolizable energy (พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้)
NDF	=	neutral detergent fiber (ผนังเซลล์)
NFE	=	nitrogen free extract (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก)
NH_3-N	=	ammonia nitrogen (แอมโมเนีย-ไนโตรเจน)
NSC	=	non-structural carbohydrate (คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง)
OM	=	organic matter (อินทรียวัตถุ)
OPF	=	oil palm frond (ทางใบปาล์มน้ำมัน)
SEM	=	standard error of the mean (ค่าความคาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย)
TDN	=	total digestible nutrient (โภชนะที่ย่อยได้รวม)
TMR	=	total mixed ration (อาหารผสมเสร็จ)
VFA	=	volatile fatty acid (กรดไขมันระเหยง่าย)

บทที่ 1
บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

อาหารที่มีบทบาทและเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งต่อสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้แก่ แหล่งอาหารหยาบและอาหารข้น ซึ่งสัตว์จำเป็นจะต้องได้รับอย่างเพียงพอทั้งปริมาณ และคุณภาพเพื่อจะนำไปใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (rumen) หรือกระเพาะหมัก ในการหมักอาหารให้ได้ผลผลิตสุดท้าย คือ กรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acid, VFA) โดยเฉพาะอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งนั้นมีปริมาณลดลงทั้งทางด้านปริมาณ และคุณภาพ เกษตรกรจึงมีการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาทดแทนเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหาร ซึ่งทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF) นิยมนำมาเป็นแหล่งอาหารหยาบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคใต้นั้นนับเป็นแหล่งผลิตปาล์มน้ำมันที่สำคัญของประเทศไทย ทำให้ปริมาณการผลิตทางใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นผลพลอยได้เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

ทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) ประกอบด้วยใบ (leaves) และแกนทางใบ (petioles) จากต้นปาล์มน้ำมัน ซึ่งในการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มทุกๆ 15 วัน และต้องตัดทางใบปาล์มน้ำมันทุกครั้งที่มีการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์ม ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการปลูกปาล์มที่สำคัญ ที่สามารถใช้ทดแทนอาหารหยาบในช่วงที่มีการขาดแคลนอาหารหยาบได้ดี อย่างไรก็ตามทางใบปาล์มน้ำมันมีส่วนของผนังเซลล์ (cell wall) ลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) สูง (70.0 และ 45.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และมีปริมาณลิกนิน (lignin) ประมาณ 20.5-26.6 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่มีโปรตีนรวม (crude protein) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) ต่ำ (4.2-6.25 เปอร์เซ็นต์ และ 4.9 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) (Ishida and Abu Hassan, 1997) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จำกัดการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสัตว์ เพราะองค์ประกอบเหล่านี้ทำให้การย่อยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันต่ำในโค (35.6-40.0 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) (Ishida and Abu Hassan, 1997; Kawamoto *et al*., 2001) ดังนั้น จึงควรมีการหาแนวทางใหม่ในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพภาพการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ของสัตว์ให้สูงขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเพิ่มผลผลิตสัตว์ (Ørskov, 1999)

ปัจจุบันการปรับปรุงคุณภาพของผลพลอยได้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องมีหลากหลายวิธีทั้งทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี เพื่อลดหรือสลายพันธะ lingocellulosis และทำให้สามารถเพิ่มคุณค่า และการย่อยได้ของโภชนะ ซึ่งได้มีการนำมาใช้ปรับปรุงผลพลอยได้ทางการเกษตรหลายชนิด เช่น ฟางข้าว (Wanapat *et al*., 1996) ฟางข้าวสาลี (Hamed and Eliman,

2010) เปลือกข้าวโพด (เสาวลักษณ์ และคณะ, 2555) และชานอ้อย (Gunun *et al*., 2016) วิธีการปรับปรุงคุณภาพแหล่งอาหารหยาบด้วยกระบวนการทางเคมี เช่น ยูเรียถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ จากการศึกษา พบว่า การปรับปรุงคุณภาพแหล่งอาหารหยาบด้วยยูเรียช่วยการเพิ่มปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และเพิ่มคุณค่าทางโภชนะโดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนหยาบ (Sundstol *et al*., 1979; Zaman and Owen, 1990) นอกจากนี้ ยังสามารถนำแหล่งอาหารหยาบหลากหลายประเภทมาหมักร่วมกับยูเรียได้ เช่น ฟางข้าว ยอดอ้อย ต้นข้าวฟ่าง และต้นข้าวโพด ตลอดจนหญ้าชนิดต่างๆ เป็นต้น Wanapat และคณะ (1985) ได้รายงานว่า การใช้ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียจะช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้รวม และการย่อยได้ เมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวที่ไม่ได้มีการปรับปรุงคุณภาพ สอดคล้องกับการทดลองของ Hart และWanapat (1992) ที่ศึกษาการใช้ยูเรียปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองที่ใช้ยูเรีย-แอมโมเนีย (5 เปอร์เซ็นต์ w/w) พบว่า มีปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น 46 เปอร์เซ็นต์ และการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น 17 เปอร์เซ็นต์ ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Cao และคณะ (2014) รายงานว่าการนำ pruned persimmon branch (PPB) chips มาหมักร่วมกับยูเรีย (urea-treated PPB) เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารโคเนื้อ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ยูเรียหมัก PPB ทำให้คุณค่าโภชนะมีค่าสูงขึ้น ตลอดทั้งสามารถปรับปรุงการย่อยได้ของโภชนะในโคเนื้อได้ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการใช้ยูเรียยังสามารถป้องกันการเกิดเชื้อรากับ PPB ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามเนื่องจากการหมักยูเรียอย่างเดียวมีต้นทุนค่อนข้างสูง (Wanapat, 1994) ซึ่ง Wanapat และคณะ (2009); FadelElseed และคณะ (2003) ได้แนะนำว่าการลดปริมาณยูเรียลงโดยการหมักร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide; $Ca(OH)_2$) หรือไลม์ (lime) สามารถเพิ่มการย่อยได้ของฟางข้าวในกระเพาะรูเมน เช่นเดียวกับการหมักด้วยยูเรีย เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายด่างสามารถทำลายพันธะเคมีของเอสเทอร์ที่เชื่อมระหว่างลิกนินเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส และทำให้โครงสร้างทางกายภาพของผนังเซลล์พองตัว ลักษณะเหล่านี้จะมีผลให้จุลินทรีย์ ในกระเพาะรูเมนสามารถย่อยสลายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตได้ง่ายยิ่งขึ้น เป็นการเพิ่มความสามารถในการย่อย และยังเป็นการเพิ่มความน่ากินของฟางข้าวที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ นอกจากนี้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ยังมีราคาถูก และใช้ประโยชน์ได้ง่าย ตลอดทั้งแคลเซียม (Ca) ที่ได้จากกระบวนการหมักสามารถเป็นแหล่งของแคลเซียมให้กับสัตว์ ทำให้ลดปัญหาการขาดแคลเซียมในสัตว์ได้ จากการศึกษาวิจัยของ Wanapat และคณะ (2009) ได้ทดลองเปรียบเทียบการใช้ฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรีย (5 เปอร์เซ็นต์) ฟางหมักฟางข้าวหมักยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์ ในโคนมระยะให้น้ำนม พบว่า กลุ่มที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าวหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างละ 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มการกินได้ การย่อยได้ ผลผลิตของกรดไขมันที่ระเหยได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพิ่มสัดส่วนของกรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C_3) และลดสัดส่วนของกรดแอซิติก (acetic

acid, C_2) มีผลต่อการลดลงของสัดส่วน C_2/C_3 และยังสามารถเพิ่มสัดส่วนของโปรตีน และไขมันในน้ำนมได้เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ นอกจากนี้ อนุสรณ์ และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาระดับที่เหมาะสมในการใช้ยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพื่อหมักชานข้าวฟ่างหวาน โดยใช้วิธีการศึกษาการผลิตแก๊สในห้องปฏิบัติการแบบ *in vitro* ผลการทดลอง พบว่า การหมักโดยใช้ยูเรีย 2.0 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 1.0 เปอร์เซ็นต์ หรือยูเรีย 1.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะ และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้ของชานข้าวฟ่างหวานไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบในด้านต้นทุนการหมักแล้ว การใช้ยูเรีย 1.5 เปอร์เซ็นต์ร่วมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ จึงมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า ขณะที่ Dias และคณะ(2011) ได้แนะนำการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในการปรับปรุงอาหารหยาบ คือ ยอดอ้อย โดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 12 กรัมต่อกิโลกรัมยอดอ้อยสดในการหมัก พบว่า สามารถเพิ่มปริมาณการกินได้ และความสามารถในการย่อยได้ในโค อย่างไรก็ตาม การเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของทางใบปาล์มน้ำมันสดหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในประเทศไทยยังมีจำกัด และมีผู้ศึกษาน้อยมาก และยังไม่มีการนำไปใช้ในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนั้นการทดลองนี้ จึงได้ทำการศึกษาผลของทางปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในรูเมน และการใช้ประโยชน์ไนโตรเจนในแพะ

การตรวจเอกสาร

แพะและสถานการณ์การผลิตแพะในประเทศไทย

แพะ (domestic goat) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Capra hircus*) เป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่มีความสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดีมีความทนทานต่อสภาพทุรกันดารในสภาพชนบท แพะยังเป็นสัตว์ที่มีความสามารถกินอาหารได้หลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็น ใบไม้ หรือหญ้า (บุญเสริม, 2546) แต่ที่น่าสนใจ คือ แพะสามารถใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือจากการเกษตร เช่น ส่วนของลำต้น เปลือก และฝัก ซึ่งสัตว์กระเพาะเดี่ยวนำสิ่งเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้จำกัด หรือแหล่งอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำได้ดี (วินัย, 2538) นอกจากนี้แพะยังสามารถที่จะให้ผลผลิตได้เร็ว และเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ได้เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นๆ

สถานการณ์การผลิตแพะในประเทศไทย

ปัจจุบันสถานการณ์การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากความต้องการบริโภคเนื้อ และนมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากร

ภายในประเทศมีการเพิ่มขึ้นทุกปี อีกทั้งนโยบายของภาครัฐที่ได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการเลี้ยงปศุสัตว์เพิ่มมากขึ้น โดยกรมปศุสัตว์ได้มีแผนในการพัฒนาการเลี้ยงสัตว์ไว้ในแผนยุทธศาสตร์กรมปศุสัตว์ (พ.ศ. 2556-2560) ดังนี้

1. พัฒนาศักยภาพเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของบุคลากรและเกษตรกรด้านการปศุสัตว์
2. ยกระดับการผลิตปศุสัตว์ให้สอดคล้องกับความต้องการและกลไกตลาด
3. การพัฒนาการบริหารจัดการด้านปศุสัตว์
4. ส่งเสริมความร่วมมือด้านปศุสัตว์ในประชาคมอาเซียน
5. เป็นศูนย์กลางการเชื่อมโยงการวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีนวัตกรรม
6. ยกระดับจากผู้ปฏิบัติไปสู่ผู้กำกับดูแล

ดังนั้น เมื่อพิจารณาการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2560 (ตารางที่ 1) พบว่า ประชากรโคเนื้อ โคนม กระบือ แพะและแกะ มีจำนวนเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าปี พ.ศ. 2554 ถึงปี พ.ศ. 2557 ประชากรของโคเนื้อ โคนม กระบือ และแกะมีจำนวนลดลง อย่างไรก็ตาม ในปี พ.ศ. 2558 พบว่า มีประชากร โคเนื้อ โคนม กระบือ และแกะ กลับมาเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2557 แต่เมื่อพิจารณาถึงประชากรแพะ พบว่า แพะมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกปี เนื่องจากการส่งเสริมของรัฐบาลตามแผนยุทธศาสตร์

ตารางที่ 1 ปริมาณจำนวนปศุสัตว์ โคเนื้อ โคนม กระบือ แพะ และแกะ ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2554-2560

ชนิดปศุสัตว์	จำนวน					
	2554	**2555**	**2556**	**2557**	**2558**	**2560**
โคเนื้อ	6,583,106	6,333,816	4,530,915	4,312,408	4,407,108	4,876,228
โคนม	560,659	577,841	512,205	508,548	509,524	584,327
กระบือ	1,234,179	1,241,896	877,364	840,064	888,431	1,029,924
แพะ	427,567	491,779	440,277	468,377	539,583	652,964
แกะ	51,735	54,221	42,040	43,901	49,448	53,228

ที่มา: ดัดแปลงจาก ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์ (2560)

ปริมาณการผลิตแพะ จากตารางที่ 1 พบว่ามีการขยายตัว และมีการเพิ่มจำนวนของแพะในช่วง ปี พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2560 ในปี พ.ศ. 2557 พบว่า มีแพะจำนวน 468,377 ตัว และในปี พ.ศ. 2560 พบว่ามีแพะจำนวน 652,964 ตัว โดยในปี พ.ศ. 2560 มีจำนวนแพะเพิ่มขึ้น 21.01 เปอร์เซ็นต์ ในจำนวน 652,964 ตัว จำแนกออกเป็นแพะเนื้อจำนวน 625,390 ตัว โดยคิดเป็น 95.77 เปอร์เซ็นต์ และแพะนมจำนวน 27,574 ตัว คิดเป็น 4.22 เปอร์เซ็นต์ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์, 2560)

การเลี้ยงแพะในประเทศไทย พบว่า มีมานานแล้ว มีการกระจายของแพะอยู่ทั่วทั้ง 4 ภาคของประเทศไทยทั้งภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ประชากรแพะที่เลี้ยงในแต่ละพื้นที่ พบว่า ภาคใต้มีการเลี้ยงแพะมากที่สุด รองลงมา คือ ภาคกลาง ภาคเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์, 2560) โดยประชากรแพะในพื้นที่ภาคใต้มีประมาณ 323,631 ตัว รองลงมา คือ ภาคกลางมีประชากรแพะประมาณ 233,431 ตัว ภาคเหนือมีประชากรแพะประมาณ 49,424 ตัว และภาคอีสานมีประชากรแพะประมาณ 46,478 ตัว ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่ภาคใต้มีประชากรชาวมุสลิมอยู่อย่างหนาแน่น และอาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากในปี พ.ศ. 2552 รัฐบาลได้มีนโยบายในการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงแพะเนื้อของเกษตรกรในพื้นที่ 5 จังหวัดชายแดนใต้ เพื่อรองรับอุตสาหกรรมฮาลาล และเพื่อเพิ่มโอกาสในการส่งออกไปยังกลุ่มประเทศเพื่อนบ้าน เช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย บรูไน เป็นต้น เพื่อรองรับการเปิดประชาคมอาเซียน (Asean Economics Community, AEC) (บัญชา, 2555) จากการศึกษาของปริญญา และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาแนวโน้มการบริโภคเนื้อแพะและแกะในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคเนื้อแพะ 63.33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาบริโภคทั้งเนื้อ

แพะและแกะ 34.39 เปอร์เซ็นต์ และบริโภคเนื้อแกะเพียงอย่างเดียว 2.28 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งการบริโภคเนื้อแพะและแกะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1.52 และ 2.03 เท่า ตามลำดับ จากสถานการณ์เพิ่มจำนวนของแพะและแนวโน้มความต้องการของผลิตภัณฑ์จากแพะที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดการในการเลี้ยงแพะในด้านต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านอาหาร

รูปแบบการจัดการการเลี้ยงแพะในปัจจุบันของประเทศไทยมี 3 รูปแบบด้วยกัน คือ 1) การเลี้ยงแบบปล่อยให้แพะออกหากินเอง 2) การเลี้ยงแบบผูกล่าม โดยการใช้เชือกผูกล่ามที่คอแพะ แล้วเคลื่อนย้ายสถานที่แทะเล็มไปเรื่อยๆ 3) การเลี้ยงแบบขังคอกโดยหาน้ำ และอาหารมาให้ซึ่งจะต้องใช้แรงงานและเงินทุนมากกว่าแบบอื่นๆ (สมเกียรติ, 2538) สอดคล้องกับ บุญเสริม (2546) ที่รายงานว่า ระบบการเลี้ยงแพะในประเทศไทยสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระบบ ได้แก่

1. ระบบการเลี้ยงแบบขังคอก หรือการเลี้ยงแบบนำอาหารหญ้ามาให้กิน (cut and carry) ระบบนี้จะมีการจัดการที่ดีเนื่องจากผู้เลี้ยงจะต้องหาอาหารหญ้าและน้ำสะอาดให้สัตว์กินภายในคอก แต่การเลี้ยงระบบนี้จะพบน้อยมาก เนื่องจากต้องใช้แรงงานและเงินทุนจำนวนมาก

2. ระบบการเลี้ยงแบบปล่อย (extensive grazing) ผู้เลี้ยงจะปล่อยแพะให้ออกหากินอย่างอิสระในช่วงเช้า-บ่าย และนำสัตว์เข้าคอกช่วงเย็น

3. ระบบการเลี้ยงแบบผูกล่าม (tethering) ผู้เลี้ยงจะนำแพะไปผูกไว้กับเสาหลัก หรือต้นไม้ เมื่อแพะกินอาหารเพียงพอแล้ว จึงย้ายแพะไปผูกที่อื่นต่อไป

4. ระบบการเลี้ยงแบบผสมผสาน (integration with tree plantation) เช่น การเลี้ยงแพะในสวนปาล์มน้ำมัน สวนมะพร้าว สวนยางพารา

อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงแพะส่วนใหญ่ของเกษตรกรเป็นแบบปล่อยให้หากินเองและการเลี้ยงแพะแบบผูกล่ามอาจทำให้ได้ผลผลิตน้อยและแพะมีการเจริญเติบโตช้า โดยพบว่า แพะที่มีน้ำหนัก 15 กิโลกรัม เลี้ยงในสภาพชนบทที่มีการจัดการไม่ดีใช้เวลาในการเลี้ยงประมาณ 330 วัน ส่วนแพะที่มีการจัดการที่ดีจะใช้เวลาเลี้ยงเพียง 210 วัน (วินัย, 2538) ดังนั้นการที่จะให้ได้ผลผลิตจากแพะที่ดีทั้งปริมาณและคุณภาพ มีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้อง เช่น พันธุ์ การจัดการดูแล และที่สำคัญ คือ การจัดการด้านอาหารเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมาก ถึงแม้ว่าแพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่สามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งอาหารหยาบ และผลพลอยได้ทางเกษตร แต่ในการผลิตแพะเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี แพะจำเป็นต้องได้รับโภชนะโปรตีน พลังงาน แร่ธาตุจากอาหารข้นที่ครบถ้วน และอาหารหยาบอย่างเพียงพอทั้งปริมาณและคุณภาพ (วินัย, 2538; บุญเสริม, 2546) สำหรับชนิดของอาหารที่แพะได้รับแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ อาหารหยาบ อาหารข้น และอาหารผสมเสร็จ

อาหารข้น คือ อาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนะต่อหน่วยปริมาตรสูง แต่มีปริมาณเยื่อใยต่ำ (น้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์) สามารถจำแนกวัตถุดิบอาหารข้นตามชนิดและปริมาณโภชนะหลัก

ได้เป็น 2 ชนิด 1) อาหารข้นกลุ่มพลังงาน เช่น ข้าวโพด ข้าว และมันสำปะหลัง 2) อาหารข้นที่เป็นแหล่งโปรตีน เช่น โปรตีนจากสัตว์ โปรตีนจากพืช สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน โปรตีนสังเคราะห์ และโปรตีนจากสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (ปิ่น, 2555)

อาหารหยาบ คือ อาหารที่มีน้ำหนักเบาต่อหน่วยปริมาตร มีเยื่อใยเป็นส่วนประกอบหลัก (มีเยื่อใยสูงกว่า 18 เปอร์เซ็นต์) มีโภชนะที่ย่อยได้รวมต่ำ (TDN ต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์) เป็นอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant) อาหารหยาบโดยทั่วไปจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) พืชอาหารสัตว์ เช่น พืชตระกูลหญ้า และพืชตระกูลถั่ว 2) ผลพลอยได้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ยอดอ้อย และเปลือกฝักข้าวโพด (เมธา, 2533)

อาหารผสมเสร็จ คือ อาหารที่เกิดจากการจัดการให้อาหารที่มีส่วนผสมของอาหารหยาบรวมกับเมล็ดธัญพืชทั้งแหล่งอาหารโปรตีน พลังงาน แป้ง ไวตามินและแร่ธาตุ โดยจัดให้มีขนาดชิ้นและสัดส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้นที่เหมาะสม นำมาผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากอาหารผสมเสร็จ สามารถทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น และยังช่วยทำให้การทำงานของกระเพาะหมักสมดุล (วิโรจน์, 2559)

การใช้โภชนะในอาหารของแพะ

แม้ว่าแพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีกระเพาะรูเมนเหมือนกับโคและมีความสามารถในการใช้อาหารหยาบชนิดต่างๆ ได้ เช่น หญ้า ใบไม้ และผลพลอยได้ทางการเกษตร อย่างไรก็ตามการได้มาซึ่งผลผลิตทั้งเนื้อและนมจากแพะจำเป็นต้องมีการจัดการให้แพะได้รับโภชนะ ทั้งโปรตีน พลังงาน แร่ธาตุ และวิตามินที่ได้จากอาหารข้นที่เสริมให้แก่แพะ ความต้องการโภชนะของแพะเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่น เนื่องจากแพะถูกจัดอยู่ในกลุ่มของสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่นเดียวกันกับ โค กระบือ และแกะ ซึ่งกระบวนการย่อยได้ของโภชนะเกิดขึ้นในกระเพาะรูเมน ความต้องการของโภชนะที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง คือ พลังงาน และโปรตีน Morand-Fehr (1991) ได้กล่าวว่า ในกรณีที่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับหญ้าหรืออาหารที่มีคุณภาพดีและมีการปรับสมดุลการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้องทุกประเภทจะไม่แตกต่างกัน แต่ในกรณีที่หญ้าหรืออาหารที่ได้รับมีปริมาณไนโตรเจนต่ำและมีปริมาณเยื่อใยสูง แพะมีความสามารถย่อยอาหารหรือหญ้าที่มีคุณภาพต่ำได้ดีกว่าแกะ และโค เนื่องจากแพะจะมีระยะเวลาในการย่อยที่นานกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องประเภทอื่น ในกระเพาะรูเมนแพะมีปริมาณของแบคทีเรียที่ย่อยเยื่อใย (cellulolytic bacteria) อยู่สูงมาก และนอกจากนี้การปรับความสมดุลกระเพาะรูเมนแพะสามารถทำได้ดีเนื่องจากกระเพาะรูเมนแพะมีการหมุนเวียนยูเรียในกระแสเลือดเข้าสู่กระเพาะรูเมนได้ดีกว่าโค และแกะ ทำให้ความต้องการพลังงานและโปรตีนต่ำกว่าแกะ และโค จากการรายงานของ Salah และ

คณะ (2014) ได้ทำการศึกษาความต้องการของพลังงาน และโปรตีนของแพะ แกะ และโค ที่เลี้ยงในเขตร้อน โดยทำการรวบรวมและวิเคราะห์เอกสารงานวิจัยจำนวน 590 ฉบับ พบว่า แพะและแกะมีความต้องการพลังงานที่ใช้ ประโยชน์ได้ ประมาณ 542.64 กิโลจูลต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ต่ำกว่าความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของโค (631.26 กิโลจูลต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ความต้องการโปรตีนที่ย่อยได้ในแกะ 3.36 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก สูงกว่าในโค และแพะ 2.81 และ 2.38 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อย่างไรก็ตาม ความต้องการโภชนะสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น เพศ อายุ น้ำหนักตัว สภาพแวดล้อม และสภาพของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Morand-Fehr 1991) จากการศึกษาของ Pralomkarn และคณะ (1995) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของแพะ 3 พันธุ์ พื้นเมืองไทย ลูกผสมแองโกลนูเบียน - พื้นเมืองไทย 25 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมแองโกลนูเบียน - พื้นเมืองไทย 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ ที่ได้รับหญ้า (โปรตีนรวม 3.7 เปอร์เซ็นต์) วันละ 50 กรัม และได้รับอาหารข้น (โปรตีนรวม 18 เปอร์เซ็นต์) เสริมแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1) ระดับเพื่อการดำรงชีพ 2) ระดับ 1.2 เท่าเพื่อการดำรงชีพ 3) ระดับ 1.4 เท่าเพื่อการดำรงชีพ และ 4) ระดับเต็มที่ พบว่า การเสริมอาหารข้นในระดับเต็มที่ แพะมีการเจริญเติบโตสูงกว่าการเสริมอาหารข้นในระดับ 1.4 เท่าเพื่อการดำรงชีพ และ 1.2 เท่าเพื่อการดำรงชีพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และยังพบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นระดับเต็มที่ และระดับการดำรงชีพ (1.2 และ 1.4 เท่าเพื่อการดำรงชีพ) ส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ดีกว่าการเสริมอาหารข้นในระดับเพื่อการดำรงชีพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทำนองเดียวกันกับการศึกษาของ Mushi และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาการเสริมอาหารข้นต่อคุณภาพซากแพะ ลูกผสมแอฟริกัน-นอร์วีเจียน (African - Norwegian crossbred) เพศผู้ ที่ได้รับหญ้าแห้งแบบเต็มที่ (โปรตีนรวม 3.3 เปอร์เซ็นต์) โดยเสริมอาหารข้น 4 ระดับ คือ 1) ไม่เสริมอาหารข้น 2) เสริมอาหารข้น 33 เปอร์เซ็นต์ 3) เสริมอาหารข้น 66 เปอร์เซ็นต์ และ 4) เสริมอาหารข้น 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเสริมอาหารข้นที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ แพะมีอัตราการเจริญเติบโต (95.70 กรัมต่อวัน) สูงกว่าการเสริมอาหารข้นในระดับ 66 เปอร์เซ็นต์ (74.50 กรัมต่อวัน) การเสริมอาหารข้นระดับ 33 เปอร์เซ็นต์ (38.50 กรัมต่อวัน) และไม่เสริมอาหารข้น (-24.60 กรัมต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ พบว่าน้ำหนักซากอุ่นของแพะที่ได้รับการเสริมอาหารข้นที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ (12.80 กิโลกรัมต่อซีก) สูงกว่าการเสริมอาหารข้นที่ระดับ 66 เปอร์เซ็นต์ (10.90 กิโลกรัมต่อซีก) การเสริมอาหารข้นที่ระดับ 33 เปอร์เซ็นต์ (8.20 กิโลกรัมต่อซีก) และการไม่เสริมอาหารข้น (5.60 กิโลกรัมต่อซีก) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Kim และคณะ (2014) ได้ทำการการศึกษาระดับของอาหารข้นต่อคุณภาพเนื้อแพะพื้นเมืองเกาหลี เพศผู้ ที่ได้รับฟางข้าว (โปรตีนรวม 4.20 เปอร์เซ็นต์) โดยได้รับอาหารข้น 4

ระดับ คือ 1) 1.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว 2) 2.0 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว 3) 2.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และ 4) กินแบบเต็มที่ พบว่า การเสริมอาหารข้นแบบกินเต็มที่ ทำให้แพะมีน้ำหนักซาก เปอร์เซ็นต์ซาก และเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่า กลุ่มที่เสริมอาหารข้นระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว 2.0 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และ 2.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบของเนื้อแพะ พบว่าเนื้อแพะที่ได้รับอาหารข้นแบบกินเต็มที่ มีปริมาณโปรตีนรวม ไขมันรวม และปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายสั้น สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการรวบรวมเอกสารจะเห็นได้ว่าการเสริมอาหารข้นให้แก่แพะสามารถช่วยทำให้อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของซากแพะ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีขายอยู่ในท้องตลาด มีราคาปรับตัวสูงขึ้นเรื่อยๆ จึงมีความจำเป็นในการวิจัยหาวัตถุดิบอาหารสัตว์หรือผลพลอยได้ทางการเกษตรอื่นที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาทดแทน เพื่อลดต้นทุนราคาอาหารที่นับวันจะสูงขึ้นเรื่อยๆ

บทบาทของจุลินทรีย์และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นสัตว์ที่มีลักษณะของกระเพาะพิเศษกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว เนื่องจากภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องเปรียบเสมือนบ่อหมักอาหารขนาดใหญ่ โดยมีการทำงานร่วมกันของกลุ่มจุลินทรีย์ขนาดเล็กหลายชนิดในการหมักย่อยอาหารที่สัตว์ได้รับเข้าไป จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในกระเพาะรูเมนเป็นพวกไม่ชอบออกซิเจน แต่อาจมีพวกที่สามารถใช้ออกซิเจนได้เล็กน้อย จุลินทรีย์ที่เข้ามาอาศัยภายในกระเพาะรูเมนเริ่มตั้งแต่สัตว์เคี้ยวเอื้องอายุประมาณ 6 สัปดาห์ โดยติดมากับน้ำ อาหาร และการสัมผัสกับสัตว์ใหญ่ จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนมี 3 ประเภทหลักๆ

1. แบคทีเรีย เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีปริมาณประชากรสูงที่สุดในกระเพาะรูเมน ประมาณ 10^{10} ถึง 10^{11} เซลล์ต่อมิลลิลิตรของของเหลวในกระเพาะรูเมน มีขนาด 0.30–50 ไมครอน (Church, 1979) สามารถแบ่งประเภทของแบคทีเรียได้หลายลักษณะ เช่น แบ่งตามลักษณะการเกาะติดอาหารในกระเพาะรูเมน หรือแบ่งตามการใช้ประโยชน์ของอาหารภายในกระเพาะรูเมน คือ พวกที่ใช้เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส แป้ง น้ำตาล โปรตีน ไขมัน รวมทั้งพวกที่สร้างมีเทน และสร้างแอมโมเนีย ซึ่งแบคทีเรียบางชนิดสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง (เทอดชัย, 2548)

2. โปรโตซัว เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และมีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย (ยาวประมาณ 20-250 ไมครอน) มีจำนวนปริมาณ 10^{5} ถึง 10^{6} ล้านเซลล์ต่อมิลลิลิตรของของเหลวจากกระเพาะรูเมน (Church, 1979) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ *Holotrich* sp. และ *Entodiniomorphs* sp. โปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich* sp. มีขนาดใหญ่มีขน (cilia) ปกคลุมอยู่รอบๆ เซลล์ รูปร่างคล้ายไข่ เคลื่อนไหวได้รวดเร็วใช้น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงาน ส่วนกลุ่ม *Entodiniomorphs* sp. มีขนาดและรูปร่างแตกต่าง

กัน โดยมีขนเฉพาะบริเวณด้านหน้าหรือปาก เพื่อใช้ในการโบกอาหารและเคลื่อนไหว โปรโตซัวกลุ่มนี้ชอบกินอาหารที่เป็นแป้งมากกว่าน้ำตาล ปริมาณประชากรของโปรโตซัวจะแปรผันไปตามชนิดอาหารที่สัตว์กิน โดยถ้าอาหารที่สัตว์ได้รับเป็นอาหารข้นสูงจะมีโปรโตซัวมาก โปรโตซัวบางชนิดสามารถย่อยเยื่อใยได้เช่นเดียวกับแบคทีเรียและเชื้อรา นอกจากนี้โปรโตซัวยังกินแบคทีเรีย แป้ง โปรตีน และคลอโรพลาสเป็นอาหารด้วย การกินดังกล่าวมีทั้งข้อดีและข้อเสีย เพราะมีรายงานว่าโปรโตซัวสามารถเก็บคาร์โบไฮเดรตไว้ในรูปของอะไมโลเพคติน เพื่อเป็นแหล่งพลังงานในยามขาดแคลนได้ ถ้าสัตว์ได้รับอาหารข้นสูง การเก็บแป้งและน้ำตาลไว้ในตัวโปรโตซัวสามารถลดความรุนแรงของการเกิดสภาพกรด (acidosis) ในกระเพาะรูเมนได้ และมีรายงานว่า การกำจัดโปรโตซัว (defaunation) จะทำให้ประชากรแบคทีเรียเพิ่มขึ้นและการย่อยเยื่อใยได้สูงขึ้นรวมทั้งทำให้สัตว์มีผลผลิตที่เพิ่มขึ้นด้วย (เทอดชัย, 2548)

3. เชื้อรา ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมนซึ่งเป็นกลุ่มที่อยู่ได้ในสภาพที่ไร้ออกซิเจน (anaerobic fungi) เป็นจุลินทรีย์ชนิดยูแคริโอต (eukaryote) ชั้นต่ำ ที่พบได้ทั่วไปในกระเพาะรูเมน แต่มีประชากรค่อนข้างต่ำกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่น โดยมีปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อราสามารถสร้างเอนไซม์ย่อยพันธะระหว่างเฮมิเซลลูโลสและลิกนินได้ทำให้มีการใช้ประโยชน์ของเยื่อใยดีขึ้น นอกจากนั้นเชื้อรายังมีการสร้างไรซอยด์ (rhizoid) มีลักษณะเหมือนรากไม้ โดยไรซอยด์แทงเข้าไปในผนังเซลล์พืช ซึ่งทำให้เซลล์แตกหรือถูกทำลาย ซึ่งทำให้จุลินทรีย์กลุ่มอื่นโดยเฉพาะแบคทีเรียเข้าไปย่อยต่อได้ง่ายจึงทำให้การย่อยเยื่อใยได้สูงขึ้น นอกจากนี้เชื้อราสามารถลดการสูญเสียพลังงานจากอาหารที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินเข้าไป โดยเปลี่ยนเอา chitin ซึ่งปกติย่อยไม่ได้ให้มาเป็นผนังเซลล์ของเชื้อราและสามารถใช้เป็นประโยชน์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ฉลอง, 2541) วงจรชีวิตของเชื้อราในกระเพาะรูเมน ประกอบด้วย 2 ระยะ ดังนี้

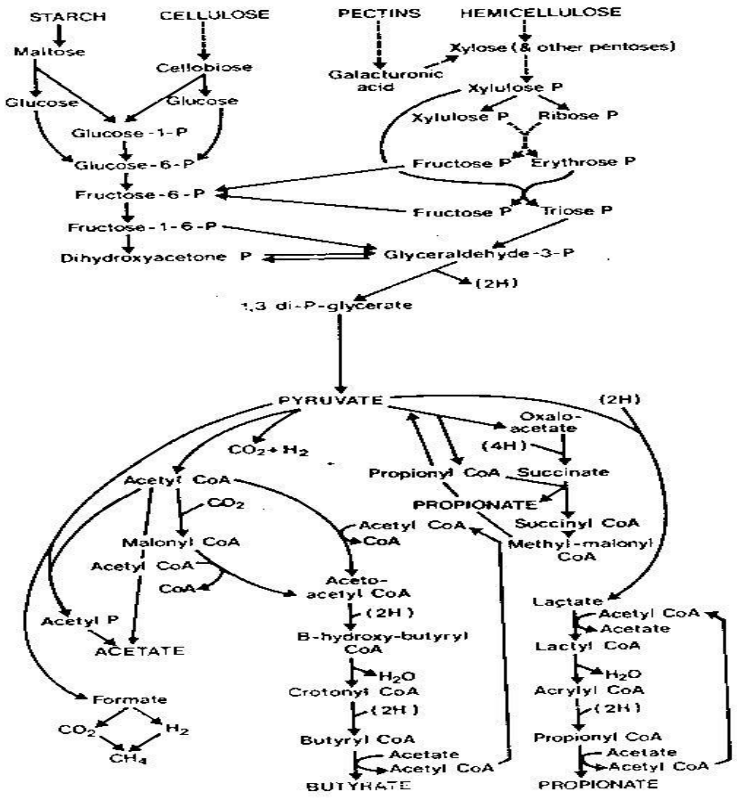
3.1 ระยะ Motile stage (zoospore) เป็นระยะที่เชื้อราสามารถเคลื่อนไหวได้โดยใช้ flagella

3.2 ระยะ Vegetative stage (sporangium) เป็นระยะที่การยึดเกาะของไรซอยด์กับชิ้นส่วนของพืช ซึ่งไรซอยด์จะแทงผ่านผนังเซลล์ (cell wall) ของพืชเข้าไปเพื่อทำให้เกิดการหมักของคาร์โบไฮเดรตและทำให้ sporangia มีการพัฒนาจนกระทั่งเข้าสู่ระยะ maturity ก็จะมีการปลดปล่อยซูโอสปอร์ออกมาและมีวงจรชีวิตเดิม (Hungate, 1966)

เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีวิวัฒนาการและพัฒนาการที่มีความเฉพาะตัวโดยมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากแหล่งอาหารเยื่อใย (dietary fiber) เช่น หญ้า ใบพืชต่างๆ และทางใบปาล์มน้ำมัน เป็นต้น ซึ่งสัตว์ทั่วไปโดยเฉพาะสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมน ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา ในสัตว์เคี้ยวเอื้องคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ ซึ่งอยู่ในรูปของโพลิแซ็กคาร์ไรด์ จะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดียว เช่น กลูโคส หรือเพนโตส โดยผ่านวิถีต่างๆ จากนั้นกลูโคส หรือเพนโตสจะถูกหมักในกระเพาะรูเมนอย่างรวดเร็ว และถูกสังเคราะห์ไปเป็นกรดไพรูวิค (pyruvic acid) หรือไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งเป็นตัวกลางที่สำคัญในการสังเคราะห์กรดไขมันระเหยง่าย ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนเป็นเป็นกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acids, VFAs) ซึ่งเป็นผลผลิตสุดท้าย (end-products) ที่สำคัญ ได้แก่ กรดแอซิติก กรดบิวทีริก กรดโพรพิโอนิก เป็นหลัก (ภาพที่ 1) และกรดวาลาริก (valeric acid, C_5) ไอโซวาลาริก (isovaleric acid) และไอโซบิวทีริก (isobutyric acid) อาจพบบ้างแต่ในปริมาณน้อยซึ่งสัตว์จะดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป จากการศึกษา พบว่า น้ำตาลจะถูกเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว รองลงมา คือ แป้ง และพวกที่เป็นโครงสร้างของเซลพืช (เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส) ถูกเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด

นอกจากนี้ ยังมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แก๊สมีเทน (CH_4) และความร้อน มีประมาณ 20% ของพลังงานทีใช้ประโยชน์ได้ (metabolize energy, ME) ส่วนพลังงานที่ผลิตได้ในรูป ATP จากกระบวนการหมักในรูเมนถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ 1) ใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสร้างเซลล์จุลินทรีย์และ 2) ใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อการดำรงชีพ Nocek และ Russell (1988) กล่าวว่า ตัวที่จำกัดการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ที่สำคัญ คือ พลังงาน ดังนั้นอาหารโคนมจึงต้องมีโภชนะพลังงานแก่จุลินทรีย์อย่างเพียงพอและในสัดส่วนที่เหมาะสมกันจึงจะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนมีประสิทธิภาพสูงสุด



ภาพที่ 1 เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตภายในกระเพาะรูเมน
ที่มา: Preston และ Leng (1987)

การใช้ประโยชน์ของโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

โปรตีนที่สัตว์ได้รับจากอาหารแบ่งตามความสามารถในการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องออกเป็น 2 ประเภท คือ โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen degradable protein, RDP) เป็นโปรตีนที่ย่อยสลายโดยแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน สัตว์นำมาใช้ในการสร้างเซลล์ และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein, RUP) เป็นโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน โดยจะไหลผ่านไปยังกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก และถูกย่อยโดยน้ำย่อยให้เป็นกรดอะมิโน ซึ่งสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป แหล่งโปรตีนที่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับจากอาหาร อยู่ในรูปไนโตรเจนสามารถแบ่งออกได้เป็นโปรตีนแท้ (true protein) และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) เช่น กรดอะมิโนอิสระ กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) เอไมด์ (amide) เอมีน (amine) ยูเรีย และสารประกอบอินทรีย์ เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์ และแอมโมเนียมซัลเฟต (เทอดชัย, 2548)

การย่อยได้และเมแทบอลิซึมของสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้เป็นเปปไทด์ กรดอะมิโน และแอมโมเนีย ต่อจากนั้นจะเกิดการสลายตัวกรดอะมิโนส่วนหนึ่งโดยกระบวนการ

ดิแอมิเนชั่น (deamination) โดยอาศัยจุลินทรีย์ได้เป็นแอมโมเนีย และแอลฟา-คีโตแอซิส (α-keto acid) แล้วจุลินทรีย์ หรือตัวสัตว์เองนำไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์เป็นโปรตีนจุลินทรีย์ โดย 80 เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ถูกสังเคราะห์โดยใช้แอมโมเนีย ส่วนอีก 20 เปอร์เซ็นต์ ใช้กรดอะมิโนโดยตรง ส่วนแอลฟา-คีโตแอซีส อาจถูกสลายตัวต่อไป เพื่อใช้ในการสังเคราะห์สาร ประกอบอื่น หรือใช้เป็นแหล่งพลังงาน เช่น กรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดไอโซบิวทิริก และกรดไอโซวาเลอริค (เมธา, 2533)

ปริมาณแอมโมเนียในของเหลวในกระเพาะรูเมนเป็นตัวกลางที่บ่งบอกถึงการสลายโปรตีนและสังเคราะห์โปรตีน ถ้าโปรตีนถูกสลายอย่างรวดเร็วเกินกว่าที่จุลินทรีย์จะนำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนของตัวเอง จะทำให้มีแอมโมเนียอยู่ในของเหลวกระเพาะรูเมนมาก (เสาวนิต, 2537) แอมโมเนียจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน ไปยังหลอดเลือดดำขนาดใหญ่เข้าสู่ตับ จากนั้นตับจะเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นยูเรีย โดยผ่านวัฏจักรยูเรีย (urea cycle) และส่งออกมาในกระแสเลือด ยูเรียส่วนหนึ่งถูกขับออกทางปัสสาวะ ระดับความเข้มข้นปกติ ของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 10-30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Perdok and Leng, 1990) หากค่ายูเรียต่ำกว่านี้ แสดงถึงปริมาณแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนที่ไม่เพียงพอ แสดงให้เห็นว่าโปรตีนในอาหารไม่เพียงพอ แต่ถ้าหากค่ายูเรียสูงกว่าค่าปกติ แสดงว่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนเกินความจำเป็นของจุลินทรีย์จะนำไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากโปรตีนในอาหารสูงเกินไป

ปาล์มน้ำมันและสถานการณ์ของปาล์มน้ำมันในประเทศไทย

ปาล์มน้ำมัน มีถิ่นกำเนิดในประเทศทางชายฝั่งตะวันตกของทวีปแอฟริกา เริ่มนำมาปลูกในประเทศไทยครั้งแรก ประมาณปี พ.ศ. 2480 และมีการปลูกในเชิงการค้าครั้งแรก ก่อนสงครามโลก ครั้งที่ 2 หลังจากนั้นเริ่มมีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะในทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยปาล์มน้ำมัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Elaeis guineensis* Jacq.) จัดเป็นพืชผสมข้าม ใบเลี้ยงเดี่ยว อยู่ในวงศ์ปาล์ม (Palmae ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็น Arecaceae) เป็นพืชยืนต้นที่สามารถให้ผลผลิตทะลายสดได้ตลอดทั้งปี นอกจากนี้ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น โดยเฉพาะพื้นที่ควรเป็นพื้นที่ลาดชั้นไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ อยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 10 องศาเหนือกับเส้นละติจูด 10 องศาใต้ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันอยู่ในช่วง 22-32 องศาเซลเซียส ในปัจจุบันปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชน้ำมันเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย (ธีระ และคณะ, 2548)

สถานการณ์การผลิตปาล์มน้ำมันของโลกจากการคาดการณ์ของกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA) พบว่า มีผลผลิตในปี พ.ศ. 2559 ปริมาณ 65.20 ล้านตัน เพิ่มจาก 61.46

ล้านตันในปี พ.ศ. 2558 ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 6.09 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากประเทศผู้ผลิตรายใหญ่ ได้แก่ อินโดนีเซีย และมาเลเซีย มีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นตามความต้องการของตลาดโลก และตลาดโลกมีความต้องการปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น 8.40 เปอร์เซ็นต์ จากปี พ.ศ. 2558 เพื่อใช้บริโภค และใช้เป็นพลังงานทดแทนโดยเฉพาะการทำเป็นไบโอดีเซล โดยประเทศที่มีการใช้น้ำมันปาล์มที่สำคัญ ได้แก่ อินเดีย อินโดนีเซีย สหภาพยุโรป และจีน ส่วนการผลิตปาล์มน้ำมันในประเทศไทย พบว่า ในปี พ.ศ. 2559 มีพื้นที่ให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันประมาณ 4.25 ล้านไร่ และผลผลิต 11.68 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากพื้นที่ให้ผลผลิตปาล์มน้ำมัน 4.28 ล้านไร่ ผลผลิต 11.01 ล้านตัน ในปี พ. ศ. 2558 เนื่องจากความต้องการที่จะนำน้ำมันปาล์มไปผลิตเป็นไบโอดีเซลเพื่อเติมในน้ำมันดีเซลหมุนเร็วตามประกาศของกระทรวงพลังงาน ตั้งแต่วันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2548 โดยให้เพิ่มสัดส่วนของน้ำมันปาล์มดิบในน้ำมันไบโอดีเซลจาก 6.2 เปอร์เซ็นต์ เป็น 6.7 เปอร์เซ็นต์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ซึ่งจากรายงานของ วิจัยกรุงศรี (2559) ได้แบ่งการบริโภคน้ำมันปาล์มภายในประเทศ ออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การบริโภคโดยตรงในรูปน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์เพื่อใช้ในครัวเรือนและร้านอาหาร คิดเป็นสัดส่วน 33 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณบริโภคน้ำมันปาล์มทั้งหมดในประเทศ โดยน้ำมันปาล์มมีส่วนแบ่งในตลาดน้ำมันพืชไทย 65 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันรำข้าว และอื่นๆ สัดส่วน 25, 5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2. การใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ คิดเป็นสัดส่วน 22 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณบริโภคน้ำมันปาล์มทั้งหมดในประเทศ โดยใช้ในอุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยว และบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป (30 เปอร์เซ็นต์ของการใช้น้ำมันปาล์มในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง) สบู่ (20 เปอร์เซ็นต์) นมข้นหวาน และครีมเทียม (15 เปอร์เซ็นต์) และอุตสาหกรรมอุปโภคอื่นๆ อาทิ พลาสติก เครื่องสำอาง น้ำมันหล่อลื่น อีก (35 เปอร์เซ็นต์)

3. การใช้ในการผลิตเป็นไบโอดีเซล (B100) ซึ่งมีความต้องการใช้เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จากสัดส่วน 32 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณบริโภคน้ำมันปาล์มทั้งหมด ในประเทศในปี พ.ศ. 2552 เพิ่มขึ้นเป็น 45 เปอร์เซ็นต์ ในปี พ.ศ. 2558

จากการคาดการณ์เบื้องต้น พบว่า พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมดของประเทศไทยมีประมาณ 5,508,660 ไร่ ส่วนใหญ่พบปลูกอยู่มากทางภาคใต้มีพื้นที่ทั้งหมด 4,756,990 ไร่ รองลงมาคือ ภาคกลางมีพื้นที่ทั้งหมด 529,781 ไร่ ภาคตะวันออกมีพื้นที่ทั้งหมด 140,719 ไร่ และภาคเหนือมีพื้นที่ทั้งหมด 81,170 ไร่ จังหวัดในภาคใต้มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด ได้แก่ สุราษฎร์ธานี กระบี่ ชุมพร นครศรีธรรมราช พังงา ตรัง สตูล ระนอง นราธิวาส สงขลา พัทลุง ปัตตานี ยะลา และภูเก็ต ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) (ตารางที่ 2) จากการคาดการณ์ถึงการขยายตัว

ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน ส่งผลให้ปริมาณผลพลอยได้จากการปลูกปาล์มน้ำมันสูงขึ้นเช่นกัน โดยเฉพาะทางใบปาล์มน้ำมัน เมื่อเกษตรกรเก็บเกี่ยวผลทะลายปาล์ม เกษตรกรจะมีการตัดทางใบปาล์มออกหลังจากเก็บทะลายปาล์มน้ำมัน อย่างน้อยจะต้องตัดทางใบปาล์มน้ำมันออกเดือนละ 2 ทางใบต่อต้น หรือ คิดเป็น 44 ทางใบต่อไร่ เมื่อใช้อัตราการปลูก 22 ต้นต่อไร่ ซึ่งส่วนใหญ่เกษตรกรนำทางใบปาล์มน้ำมันมาคลุมโคนต้นปาล์มน้ำมัน เพื่อรักษาความชุ่มชื้นแก่ดิน และเพื่อหมุนเวียนธาตุอาหารกลับสู่พื้นดินอีกครั้ง (ธีระ และคณะ, 2548) นอกจากนี้ ทางใบปาล์มน้ำมันยังสามารถนำมาทดแทนอาหารหยาบในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในช่วงเวลาขาดแคลนพืชอาหารสัตว์หรือในช่วงที่อาหารประเภทอื่นมีราคาแพง (ณัฐฐา, 2552; สุนทร, 2555; Abu Hassan *et al*., 1995)

ตารางที่ 2 ปริมาณพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในภาคใต้ ปี พ.ศ. 2555-2560

จังหวัด	พื้นที่ปลูกน้ำมัน (ไร่)					
	2555	**2556**	**2557**	**2558**	**2559**	**2560**
สุราษฎร์ธานี	1,028,145	1,044,576	1,066,847	1,072,406	1,154,380	1,218,481
กระบี่	985,285	989,246	988,944	987,963	1,085,596	1,123,551
ชุมพร	834,110	832,960	839,419	857,205	961,352	1,000,161
นครศรีธรรมราช	312,523	326,626	351,792	351,370	443,239	510,580
พังงา	167,911	170,555	172,732	195,899	216,370	223,966
ตรัง	154,693	162,775	163,838	170,786	183,289	222,285
สตูล	106,030	104,069	105,372	105,247	108,489	110,593
ระนอง	87,486	88,888	90,701	99,927	102,576	128,971
นราธิวาส	46,983	47,455	47,560	52,798	60,351	64,744
สงขลา	33,274	40,217	46,775	48,052	50,722	59,165
พัทลุง	35,160	37,345	40,798	42,032	48,047	61,063
ปัตตานี	16,622	17,758	18,022	19,101	20,167	23,628
ยะลา	7,066	6,898	6,898	7,060	7,490	8,064
ภูเก็ต	1,307	1,657	1,657	1,657	1,662	1,738

ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2560)

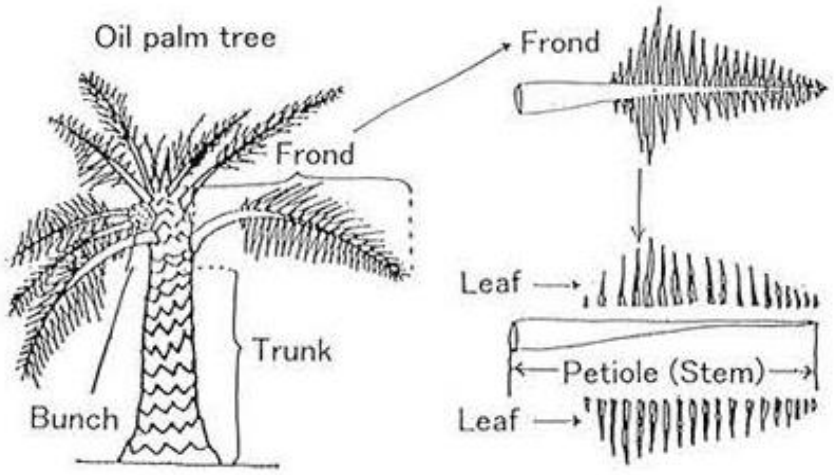
ลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชตระกูลปาล์ม มีลำต้นลักษณะเดียวกับ ต้นมะพร้าว อินทผาลัม ตาลโตนด ลำต้นตั้งตรงมีกาบใบปกคลุมทำให้มองไม่เห็นข้อปล้อง ไม่มีกิ่งแขนง ลำต้นสูง 40-50 ฟุต (Ishida and Abu Hassan, 1997) ลำต้นปาล์มน้ำมันที่อายุมาก (มาก 20 ปี) อาจจะมีความสูงเฉลี่ย

ประมาณ 15-18 เมตร โดยความสูงของต้นปาล์มน้ำมันจะเพิ่มปีละครึ่งเมตร(ธีระ และคณะ, 2548) ซึ่งใบปาล์มน้ำมันเป็นใบประกอบแบบขนนก (pinnate) เกิดจากการพัฒนาของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของลำต้น สามารถที่จะผลิตใบได้ถึง 50 ใบ สิ่งแรกที่พัฒนาให้เห็นก่อน คือ ยอด ที่เรียกว่า spear หลังจากนั้นจึงคลี่ใบอ่อนให้เห็น ในช่วงแรกของการเกิดใบมีการพัฒนาช้ามาก แต่ละใบอาจใช้เวลาถึง 2 ปี ใบที่แก่และมีการพัฒนาเต็มที่ ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1. แกนใบ (rachis) ประกอบด้วยเส้นใยที่แข็งแรงเป็นจำนวนมาก มีความยาวถึง 8 เมตร เมื่อตัดตามขวาง พบว่า ปลายทางใบมีลักษณะค่อนข้างเป็นวงกลม มีลักษณะสมมาตร ประกอบด้วยทางใบด้านบนที่มีความโค้งน้อยกว่าเรียกว่า adaxial และทางใบด้านล่างเรียกว่า abaxial face ส่วนด้านข้างทั้ง 2 ด้าน (lateral face) เป็นที่ตั้งของใบย่อยในตำแหน่งที่ตรงกันบนทางใบ ส่วนตอนกลางถึงโคนของทางใบมีลักษณะแบนราบกว่า และไม่สมมาตรเหมือนปลายทาง แต่ส่วนประกอบอื่น ๆ เหมือนกัน

2. ก้านใบ (petiole) จะสั้นกว่าทางใบ แต่มีขนาดใหญ่กว่าประกอบด้วยเส้นใยที่แข็งแรงและมากกว่า แต่จะพบหนามแหลมทั้ง 2 ข้างของก้านใบ หนามที่พบมี 2 ชนิด คือ หนามที่เกิดจากเส้นใยของกาบใบเรียกว่า fiber spines และหนามที่เกิดจากเส้นกลางใบของใบย่อย เรียกว่า mid-rib spines อย่างไรก็ตามทางใบหนึ่งมีใบย่อยประมาณ 100-160 คู่ ใบอ่อนสีเขียวและเป็นมัน (Wan Zahari *et al*., 2003) (ภาพที่ 2) ปาล์มน้ำมันอายุประมาณ 5-6 ปี จะมีทางใบปาล์มน้ำมันอยู่ระหว่าง 30-40 ทางใบต่อปี หลังจากนั้นจะลดลงมาประมาณ 20-25 ทางใบต่อปี ช่อดอกเกิดจากตาดอกบริเวณซอกทางใบติดกับต้น ซึ่งดอกจะพัฒนาไปเป็นดอกตัวผู้และตัวเมียแต่เกิดขึ้นคนละตำแหน่ง (ธีระ และคณะ, 2548)



ภาพที่ 2 ลักษณะของต้นปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมัน

ที่มา: Isida และ Abu Hassan (1997)

คุณค่าทางโภชนะของทางใบปาล์มน้ำมัน

คุณค่าทางโภชนะของทางใบปาล์มน้ำมัน มีการรายงานไว้หลายข้อมูล โดยพบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันมีปริมาณโปรตีนรวม (crude protein, CP) 2.23-7.17 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม (crude fiber, CF) 38.5-47.60 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) 70.90-78.7 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) 52.47-55.6 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า (ash) 3.22-5.02 เปอร์เซ็นต์ (Dahlan *et al*., 2000; Wan Zahari *et al*., 2003; AbdKarim and Sudin, 2015; Suryani *et al*., 2016) ทางใบปาล์มน้ำมันมีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) เท่ากับ 5.65 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (Wan Zahari *et al*., 2003) มีแคลเซียม 0.21 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.12 เปอร์เซ็นต์ (AbdKarim and Sudin, 2015) จากรายงานของ Mohd Sukri (2003) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับองค์ประกอบของหญ้าเนเปียร์ พบว่า องค์ประกอบของทางใบปาล์มน้ำมัน และหญ้าเนเปียร์มีค่าองค์ประกอบของ โปรตีนรวม ไขมันรวม (ether extract, EE) เยื่อใยรวม คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (nitrogen free extract, NFE) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ใกล้เคียงกัน แต่พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันมีค่าโภชนะที่ย่อยได้รวมต่ำกว่าหญ้าเนเปียร์ แต่เมื่อนำทางใบปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับฟางข้าว พบว่า ค่าองค์ประกอบทางเคมีของ โปรตีนรวม และไขมันรวม ในทางใบปาล์มน้ำมันสูงกว่าฟางข้าว (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตาม ทางใบปาล์มน้ำมันอยู่ในกระเพาะรูเมนนานขึ้น (long rumen retention time) ทำให้อัตรา การไหลผ่านออกจากกระเพาะรูเมนช้าลง (จีระชัย และบุญล้อม, 2529) ทำให้สัตว์กินทางใบปาล์มน้ำมันเพิ่มเข้าไปใหม่ได้น้อยลง เนื่องจากมีอาหารเต็มอยู่กระเพาะ ขณะที่ Islam และคณะ (2000) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมัน โดยแยกทางใบปาล์มน้ำมันออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย ก้านใบ (petiole) ใบย่อย (leaflet) และก้านใบย่อย (midrib) พบว่า ปริมาณโปรตีนรวม ไขมันรวมและเถ้าในใบย่อยสูงกว่าก้านใบและก้านใบย่อย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (ตารางที่ 4) สอดคล้องกับการศึกษาของ จารุณี และคณะ (2551) ที่รายงานว่า องค์ประกอบทางเคมีของใบปาล์มน้ำมันมีปริมาณโปรตีนรวม ไขมันรวม และปริมาณเถ้าสูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) นอกจากนี้ ในทางใบปาล์มน้ำมัน ยังประกอบด้วยกรดอะมิโน ได้แก่ อะลานีน (alanine) อาร์จีนีน (arginine) แอสปาร์ติก (aspartic) กลูตามิก (glutamic) ไกลซีน (glycine) ไอโซลิวซีน (isoleucine) ลิวซีน (leucine) ไลซีน (lysine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) โปรลีน (proline) ซีรีน (serine) ไทโรซีน (tyrosine) และวาลีน (valine) แต่ไม่พบฮิสทิดีน (histidine) (Islam et al., 2000) อย่างไรก็ตาม คุณค่าทางโภชนะของทางใบปาล์มน้ำมันมีปริมาณมากหรือน้อยนั้นขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น พันธุ์ปาล์มน้ำมัน ธาตุอาหารที่ต้นปาล์มน้ำมันได้รับ และการจัดการใส่ปุ๋ยปาล์มน้ำมัน (ธีระ และคณะ, 2548)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางโภชนะของทางใบปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ และฟางข้าว

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	ทางใบปาล์มน้ำมัน[1/]	หญ้าเนเปียร์[1/]	ฟางข้าว[2/]
วัตถุแห้ง	36.4	31.6	90.8
โปรตีนรวม	5.8	6.2	3.1
ไขมันรวม	1.2	1.9	0.89
ไนโตเจนฟรีเอกซ์แทรก	43.3	46.2	43.2
เยื่อใยรวม	44.8	46.9	42.9
เถ้า	6.6	6.8	9.9
แคลเซียม	0.55	0.36	0.8
ฟอสฟอรัส	0.09	0.14	0.2
โภชนะที่ย่อยได้รวม	35.1	56.9	44.0[3/]
ผนังเซลล์	78.7	63.7	78.2
ลิกโนเซลลูโลส	55.6	40.1	53.8
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)	4.90	5.95	2.30

ที่มา: [1/]MohdSukri (2003)

[2/]Fazaeli และ Talebian Masoodi (2006)

[3/]Anderson และ Hoffman (2006)

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของแต่ละส่วนของทางใบปาล์มน้ำมัน

สัดส่วน	วัตถุแห้ง	กรัม/กิโลกรัม (วัตถุแห้ง)					
		อินทรียวัตถุ	เถ้า	โปรตีนรวม	ไขมันรวม	เยื่อใยรวม	ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก
ก้านใบ	401[c]	978[a]	22[c]	26[d]	6.7[c]	488[a]	458[b]
ใบย่อย	437[b]	926[c]	74[a]	131[a]	44.9[a]	440[b]	311[d]
ก้านใบย่อย	591[a]	966[b]	34[b]	38[c]	5.4[c]	446[b]	477[a]
ทางใบปาล์มน้ำมัน	419[c]	961[b]	39[b]	65[b]	16.6[b]	476[a]	403[c]
LSD	18.85	5.67	5.67	5.07	4.01	12.29	14.4
Sig. level	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

ที่มา: Islam และคณะ (2000)

การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบต่างๆ เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การนำทางใบปาล์มน้ำมันมาเป็นอาหารหยาบสำหรับลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นมีรายงานมาเป็นเวลานาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย และประเทศไทย เนื่องจากเป็นประเทศที่มีศักยภาพในการผลิตปาล์มน้ำมันสูงของโลก ทำให้มีผลพลอยที่ได้จากการจัดการสวนปาล์มน้ำมันเป็นจำนวนมากซึ่งทางใบปาล์มน้ำมัน จัดเป็นสิ่งชีวะมวล (biomass) ปิ่น และวสันณ์ (2558)ได้กล่าวว่า แนวทางการนำทางใบปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทั้งใน โค กระบือ แพะ และแกะ มีอยู่ 3 แบบ ได้แก่

แบบที่ 1 ให้กินสดโดยนำทางใบปาล์มน้ำมันมาแขวนในคอกหรือนำมาสับหรือหั่นและเสริมด้วยอาหารข้นซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการใช้กันมากในเกษตรรายย่อย มีต้นทุนไม่สูง

แบบที่ 2 ให้กินในรูปหมักโดยนำทางใบปาล์มน้ำมันมาผ่านกระบวนการหมักก่อนนำ ไปใช้เลี้ยงสัตว์ เสริมด้วยอาหารข้นระดับที่เหมาะสม พบว่า การใช้ทางใบปาล์มน้ำหมักเลี้ยงสัตว์ เช่น โคเนื้อ โคนม แกะ หรือแพะ จะใช้ปริมาณ 30-50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับอาหารข้น

แบบที่ 3 ให้กินในรูปอาหารผสมเสร็จ โดยนำทางปาล์มน้ำมันสดหรือหมักผสมร่วมกับวัตถุดิบต่างๆ ซึ่งเป็นรูปแบบที่เหมาะสมสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น

Mohd Sukri และคณะ (1999) ได้ทำการศึกษา ระดับของทางใบปาล์มน้ำมันสับร่วมกับอาหารพื้นฐานที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เป็นองค์ประกอบ โดยมีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันบด 5 ระดับ 60, 50, 40, 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้เป็นอาหารผสมเสร็จ ทำการศึกษาในโคเนื้อพันธุ์ ออสเตรเลียน-บราห์มัน พบว่า ระดับของทางใบปาล์มน้ำมันสับทั้ง 5 ระดับ ทำให้การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวต่อวัน (ADG) และการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนราคาอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่มของโคเนื้อและความคุ้มค่า พบว่า อาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันบด 40 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนราคาอาหารถูกกว่าการใช้อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันสับที่ระดับอื่นๆ เนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันมีโปรตีนต่ำ ดังนั้นการเพิ่มระดับของทางใบปาล์มน้ำมันในระดับสูงอาจทำให้สัตว์ขาดโปรตีนส่งผลให้โคเนื้อมีการเจริญเติบโตช้ากว่ากลุ่มที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันสับ 40 เปอร์เซ็นต์

Dahlan และคณะ (2000) ศึกษาผลการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดในอาหารแพะต่อปริมาณอาหารที่กินได้และการย่อยได้ของโภชนะ โดยใช้สูตรอาหาร 5 สูตร ประกอบด้วย ทางใบปาล์มน้ำมันสด (D1) ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก (D2) ทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกับกากน้ำตาล (D3) ทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด (D4) และทางใบปาล์มน้ำมันสับผสมกากเนื้อในปาล์ม น้ำมันรำข้าว เปลือกถั่วเหลือง กากน้ำตาล ปลาป่น ยูเรีย แร่ธาตุผสม และเกลือ (NaCl) ในรูปอาหารผสมสำเร็จรูปแล้วนำมาอัดเม็ด (D5) โดยแพะที่ได้รับอาหาร D1, D2,

D3 และ D4 ได้รับอาหารข้นในรูปอาหารแพะอัดเม็ดเสริมปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวพบว่า ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุทั้งหมดและปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมทั้งหมดของแพะที่ได้รับอาหาร D4 และ D5 สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหาร D1, D2 และ D3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงให้เห็นว่า การอัดเม็ดทางใบปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้ระดับความชื้นของทางใบปาล์มน้ำมันลดลง และความหนาแน่นของอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้สัตว์กินได้ง่ายขึ้น สำหรับการย่อยได้ของโภชนะ พบว่า แพะที่ได้รับอาหาร D2 และ D3 ในรูปของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และอาหาร D4 ในรูปของทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะที่ใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหาร D1 ในรูปของทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ ในขณะที่แพะที่ได้รับอาหาร D5 ในรูปของทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับวัตถุดิบแหล่งโปรตีน วัตถุดิบแหล่งพลังงาน และอัดเม็ด มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และลิกโนเซลลูโลสเพิ่มขึ้น 29, 15, 68 และ 89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะในแพะที่ได้รับอาหาร D5 ยังสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะในแพะที่ได้รับอาหาร D2, D3 และ D4

ณัฐฐา (2552) ได้ทำการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 4 ระดับ ดังนี้ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ โดยการเสริมอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ซึ่งทำการศึกษาในแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลทั้ง 4 ระดับ ของแพะทุกกลุ่ม ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เช่นเดียวกับปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ อินทรียวัตถุที่กินได้ ปริมาณโปรตีนที่กินได้ ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ มีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้อยู่ในช่วง 1.14-1.27 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และ 32.30-36.08 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าการเติมกากน้ำตาล 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลทำให้คุณค่าทางโภชนะของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเพิ่มขึ้น

Musnandar และคณะ (2011) ได้ทำการศึกษาระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 3 ระดับ คือ 0, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ร่วมกับหญ้าสดเป็นอาหารผสมเสร็จ ซึ่งอัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น 60:40 เปอร์เซ็นต์ ต่อคุณภาพซากแพะลูกผสมเอตาวา (Ettawah Crossbred) เพศผู้ อายุ 7-8 เดือน พบว่า การใช้อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักระดับ 0, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าโภชนะที่ย่อยได้ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) แต่การใช้อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 100 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้การเพิ่มน้ำหนักตัวต่อวัน และเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่า การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (หญ้าสด 100 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(P<0.05) สอดคล้องกับการศึกษาของ สุนทร (2555) ได้ทำการศึกษาระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับอาหารข้นเพื่อใช้เป็นอาหารผสมเสร็จ ในแพะลูกผสมแองโกลนูเบียน-พื้นเมือง 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ จำนวน 20 ตัว โดยใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับอาหารข้นแตกต่างกัน 4 สูตร ดังนี้ คือ 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับอาหารข้นที่ระดับ 50:50 และ 60:40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่า การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับอาหารข้นที่ระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่พบว่า เปอร์เซ็นต์ซากอุ่นในการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแต่ละระดับไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่า อาหารผสมเสร็จในสูตรที่ 4 คือทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับอาหารข้น 50:50 มีต้นทุนรวมทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม ต่ำกว่าสูตรอาหารผสมเสร็จสูตรอื่น ดังนั้นการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักสามารถใช้ได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารผสมเสร็จ

Chanjula และคณะ (2016) ได้ทำการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา *Lentinussajor-caju* ในอาหารผสมเสร็จมีสัดส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบ 70:30 เปอร์เซ็นต์ ในแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมี 3 ปัจจัยทดลองที่ศึกษา ดังนี้ 1) ทางใบปาล์มน้ำมันที่ไม่หมักเชื้อรา 30 เปอร์เซ็นต์ 2) ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา 30 เปอร์เซ็นต์ และ 3) ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราร่วมกับยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) ในแพะทั้ง 3 กลุ่ม เท่ากับ 0.992, 1.051 และ 1.095 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่า การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ในแพะกลุ่มที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา 30 เปอร์เซ็นต์ และแพะกลุ่มที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราร่วมกับยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันไม่หมักเชื้อรา 30 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างไปเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (Tan *et al*., 2002) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และปริมาณแอมโมเนียที่เกิดขึ้นภายในของเหลวกระเพาะรูเมน พบว่า แพะแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ทำนองเดียวกับ ค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือด ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด และปริมาณเบต้าไฮดรอกซีบิวทิเรท (ß-hydroxybutyrate) ในแพะแต่ละกลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และพบว่า ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวกระเพาะรูเมนของแพะ ค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือด และค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของแพะอยู่ในระดับปกติ

พืชหมัก และกระบวนการหมักพืชอาหารสัตว์

พืชหมัก (silage) หมายถึง พืชอาหารสัตว์ต่างๆ เช่น ต้นข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง หญ้า และถั่วต่างๆ ที่เก็บเกี่ยวในขณะที่มีความชื้นพอเหมาะ นำมาหมักเก็บไว้ในสภาพสุญญากาศ เก็บถนอมไว้ในสภาพหมักดอง เมื่อพืชอาหารสัตว์สดๆ เหล่านี้ได้เปลี่ยนสภาพเป็นพืชหมักแล้ว จะสามารถอยู่ได้เป็นเวลานาน โดยคุณค่าทางอาหารไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งพืชที่นำมาหมักควรมีความชื้นประมาณ 60-75 เปอร์เซ็นต์ มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ไม่ต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง มีค่า buffering capacity ต่ำ ซึ่งจะทำให้พืชหมักเป็นกรดเร็วขึ้น นอกจากนี้พืชที่นำมาหมักควรมีขนาดประมาณ 3-5 เซนติเมตร (เมธา, 2533; สายัณห์, 2547) พืชหมักมีข้อดี คือ สามารถทำได้ทุกฤดูกาล เป็นการถนอมและเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์รูปแบบหนึ่งให้สามารถทำได้ตลอดปี โดยการหมักจะทำให้ลำต้นของพืชอาหารสัตว์ที่แข็ง อ่อนนุ่ม ช่วยเพิ่มความน่ากิน ทำให้สัตว์กินอาหารเพิ่มขึ้น สำหรับข้อเสียของพืชหมัก คือ ก่อนนำพืชอาหารสัตว์มาหมักต้องสับพืชอาหารสัตว์ก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้สัตว์เลือกกิน และในกรณีที่อากาศร้อน ถ้าสัตว์กินพืชหมักไม่หมด จะทำให้เกิดเชื้อราและเน่าเสียได้ง่าย (เมธา, 2533; สายัณห์, 2547)

กระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังการปิดถังหรือหลุมหมัก แบ่งได้ 2 กระบวนการใหญ่ คือ กระบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจน และกระบวนการที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน โดยสายัณห์ (2547) กล่าวว่า กระบวนการดังกล่าวจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ปริมาณอากาศที่ยังเหลือภายหลังการนำพืชเข้าถังหมักแล้ว และองค์ประกอบต่างๆ ภายในพืชที่นำมาทำพืชหมัก เช่น ปริมาณน้ำตาล ความชื้น และแร่ธาตุอาหาร เป็นต้น โดย Oude Elferink และคณะ (2000) สรุปว่า กระบวนการหมักพืชหมักสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ

1. Aerobic phase ปกติจะเกิดขึ้น 2-3 ชั่วโมงแรก โดยหลังจากที่ทำการอัดพืชหมักลงในถังหมักแล้ว ออกซิเจนที่เหลืออยู่ภายในถังหมัก จะถูกเซลล์ของพืชที่มีชีวิตอยู่ ใช้ในกระบวนการหายใจ ในขณะที่จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน เช่น ยีสต์ (yeast) และ enterobacteria จะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน (สายัณห์, 2547) นอกจากนี้เอ็นไซม์ในพืช เช่น โปรติเอส (proteases) และคาร์โบไฮเดรส (carbohydrases) จะทำงานในช่วงนี้ด้วย โดยความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต้องอยู่ในช่วง 6.5-6.0

2. Fermentation phase ระยะนี้จะเริ่มขึ้น เมื่อออกซิเจนภายในถังหมักถูกใช้จนหมด หรืออยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic) โดยเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องหลายวันและหลายสัปดาห์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของพืชที่นำมาหมัก และสภาวะของถังหมัก หากกระบวนการหมักเกิดสมบูรณ์จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลกติก (lactic acid bacteria, LAB) จะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้นทำให้เกิดการผลิตกรดแลกติก และกรดอื่นๆ ส่งผลทำให้ความเป็นกรด-ด่างลดลงอยู่ในช่วง 3.8-5.0

3. Stable phases ระยะนี้ไม่มีปฏิกิริยาใดเกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในระยะ fermentation phase จะลดจำนวนลงอย่างช้าๆ ในขณะที่จุลินทรีย์ที่ทนกรดจะอยู่รอด การทำงานของเอ็นไซม์โปรติเอส เอ็นไซม์คาร์โบไฮเดรส และจุลินทรีย์บางชนิด เช่น lactobacillus buchneri จะลดลง

4. Aerobic spoilage phase จะเริ่มเมื่อพืชหมักโดนอากาศ ระหว่างที่นำออกมาจากถังหมัก โดยอาจเกิดการหมักย่อยกรดอินทรีย์ (organic acid) โดย ยีสต์ และแบคทีเรียผลิตกรดแอซิติก (acetic acid bacteria) ทำให้ความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น และเกิดจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และการทำงานของจุลินทรีย์ เช่น bacilli และจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน เช่น เชื้อรา และ enterobacteria

ปัจจัยที่ควบคุมคุณภาพของพืชหมัก

สายัณห์ (2547) กล่าวว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทำพืชหมัก และมีอิทธิพลต่อคุณภาพของพืชหมัก ตลอดจนปฏิกิริยาต่างๆ เกิดขึ้นในการหมัก ได้แก่

1. ชนิดและอายุพืชขณะตัด พืชแต่ละชนิด มีความเหมาะสมในการนำมาหมักแตกต่างกัน เช่น ข้าวโพดควรตัดมาทำพืชหมักเมื่อข้าวโพดกำลังอยู่ในระยะเป็นน้ำนม ก่อนเมล็ดจะแข็ง ข้าวฟ่างควรตัดในระยะก่อนที่พืชจะสิ้นสุดระยะการออกดอก เป็นต้น

2. ขนาดของชิ้นพืชที่หมัก การทำให้ชิ้นของพืชที่นำมาหมักมีขนาดเล็กลง ทำให้น้ำตาลถูกปล่อยออกมาเร็ว ส่งผลให้เกิดกรดแลกติกเร็วขึ้น ทำให้อัดได้แน่น และชิ้นส่วนของพืชยังสามารถคลุกเคล้ากันได้ทั่วถึง โดยความยาวของชิ้นพืชที่นำมาหมัก ถ้าต้องการให้พืชหมักอัดแน่นดีควรมีความยาว 1-5 เซนติเมตร แต่ถ้าพืชมีความชื้นน้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ควรสับให้มีขนาดระหว่าง 0.5-1.5 เซนติเมตร เพื่อให้พืชอัดแน่นได้ดียิ่งขึ้น

3. การปรับระดับความชื้นในพืช ระดับความชื้นในพืชที่เหมาะสมกับการทำพืชหมักอยู่ระหว่าง 65-70 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความชื้นต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ การอัดแน่นของพืชหมักจะไม่ดีและเกิดเชื้อราขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าความชื้นมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ โอกาสที่จะได้พืชหมักที่มีคุณภาพเลวมีมาก เพราะของเหลวที่ไหลออกมาจากพืชที่กำลังหมักอยู่ทำให้สูญเสียกรดและธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อสัตว์โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต

4. การควบคุมอุณหภูมิและการเกิดกรด ในช่วงแรกผลของการหายใจของเซลล์พืชจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ และความร้อน หลังจากเซลล์ของพืชตาย เชื้อราและยีสต์จะเจริญขึ้นทำให้พืชหมักมีคุณภาพไม่ดี โดยปกติเมื่ออากาศถูกใช้ไปหมด เซลล์พืชจะตายเชื้อแบคทีเรียที่อยู่บนใบและลำต้นจะผลิตกรดแลกติกช่วยให้พืชอยู่ในรูปของสิ่งหมักดอง ดังนั้นหากอัดกองพืชหมักให้แน่นและอากาศหลงเหลืออยู่น้อยอุณหภูมิที่เกิดขึ้นก็จะต่ำ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการก่อให้เกิดกรดแลกติกมีค่าประมาณ 38 องศาเซลเซียส

5. การใช้สารเสริม (additive) สารเสริมอาจจะไปชะงักการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทางตรงหรือทางอ้อม กระตุ้นให้เกิดการหมักดองธรรมชาติ (nature fermentation) เร็วขึ้น ซึ่งสารเสริมที่ใช้ในการหมักพืชออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

5.1 สารกระตุ้นหรือเร่งกระบวนการหมัก ช่วยทำให้เกิดการหมักเร็วขึ้น โดยเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก เช่น การใส่เชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกลงในพืชหมักโดยตรง หรือใส่เอนไซม์ต่างๆ

5.2 สารเสริมที่เพิ่มความเป็นกรดให้กับพืชหมักโดยตรง เพื่อป้องกันแบคทีเรียในกลุ่ม clostridium ลดการสูญเสียโปรตีนและป้องกันการเกิดแอมโมเนีย กรดที่ใช้ ได้แก่ กรดฟอร์มิก กรดเกลือ และกรดกำมะถัน เป็นต้น

5.3 สารเสริมที่ช่วยชะงักหรือยับยั้งกระบวนการหมัก ได้แก่ ฟอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde) และโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ (sodium metabisulphite) ซึ่งช่วยชะงักหรือยับยั้งจุลินทรีย์ไม่ให้ทำงาน

5.4 สารเคมีที่ยับยั้งเชื้อ clostridium โดยตรง เช่น โซเดียมไนเตรต (sodiumnitrate) และสารปฏิชีวนะ เป็นต้น

5.5 สารที่ช่วยดูดซับความชื้น เช่น การใช้ธัญพืชเพื่อช่วยซับความชื้นจากพืชที่มีมากเกินไป นอกจากนี้ยังช่วยเร่งให้เกิดกรดแลกติกเร็วขึ้น

การจัดชั้นคุณภาพของพืชหมักทำให้เราสามารถพิจารณาถึงคุณภาพเบื้องต้นของพืชหมักด้วยการใช้ประสาทสัมผัสทั้งในการตรวจสอบคุณภาพ ทั้ง การดู การสัมผัส การดมกลิ่น จากรายงานของกรมปศุสัตว์ (2547) ได้จำแนกชั้นคุณภาพของพืชหมักโดยการประเมินและให้เป็นคะแนน โดยถ้าหากพืชหมักมีคะแนนรวม ตั้งแต่ 20-25 คะแนน จัดเป็นพืชอาหารหมักคุณภาพดีมาก คะแนนรวม 15-19 คะแนน จัดเป็นพืชอาหารหมักคุณภาพดี 6-14 คะแนน จัดเป็นพืชอาหารหมักคุณภาพปานกลาง 0-5 คะแนน จัดเป็นพืชอาหารหมักคุณภาพต่ำ (ตารางที่ 5) และคะแนนปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 การประเมินคุณภาพพืชหมักทางกายภาพ

	ลักษณะทางกายภาพ	คะแนน
1. กลิ่น	หอมคล้ายกลิ่นผลไม้ดอง หรือน้ำส้มสายชู	12
	- ไม่หอม มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย	8
	- มีกลิ่นฉุนมาก และเหม็นเล็กน้อย	4
	- เหม็นเน่า หรือมีกลิ่นรา	0
2. เนื้อสัมผัส	- แน่น มีส่วนใบและลำต้นที่ยังคงสภาพเดิม และไม่มีสิ่งเจือปน	4
	- แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย ลื่นเป็นเมือก	2
	- แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยมาก มีสิ่งเจือปน	1
	- เละเป็นเมือกและสกปรกมาก	0
3. สี	- เหลืองอมเขียว หรือสีกากี	3
	- เขียวอมเหลือง หรือเขียวเข้ม	2
	- น้ำตาลทอง	1
	- น้ำตาลเข้มหรือดำ	0
4. pH	- 3.6 – 4.3	6
	- 4.4 – 4.7	4
	- 4.8 – 5.1	2
	- > 5.1	0
ผลการประเมินคุณภาพ 20-25 ดีมาก, 15-19 ดี, 6-14 ปานกลาง และ 0-5 ต่ำ		

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2547)

ตารางที่ 6 การประเมินคุณภาพพืชหมักทางเคมี จากปริมาณกรดแลคติก กรดแอซิติก และกรดบิวทิริก

กรดแลคติก (%ของกรดทั้งหมด)	คะแนน	กรดแอซิติก (% ของกรดทั้งหมด)	คะแนน	กรดบิวทิริก (% ของกรดทั้งหมด)	คะแนน
0-25	0	0-15	20	0-1.5	50
25.1-30	2	15.1-20	18	1.6-3.0	30
30.1-34	4	20.1-24	16	3.1-4.0	20
34.1-38	6	24.1-28	13	4.1-6.0	15
38.1-42	8	28.1-32	10	6.1-8.0	10
42.1-46	10	32.1-36	7	8.1-10.0	9
46.1-50	12	36.1-40	4	10.1-12.0	8
50.1-54	16	40.1-45	2	12.1-14.0	7
54.1-58	18	45.1-50	0	14.0-16.0	6
58.1-62	20			16.1-18.0	4
62.1-66	24			18.1-20.0	2
66.1-70	28			20.1-30.0	0
>75	30			30.1-40.0	-5
				>40.0	-10

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2547)

ค่าความเป็นกรดด่างของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

จากการศึกษาของขวัญดาว และคณะ (2549) พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยเท่ากับ 5.25 และ 5.78 ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของณัฐฐา (2552) พบว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0-6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.60- 4.95 ทำนองเดียวกับการศึกษาของ ประดิษฐ์ และคณะ (2551) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.29 และ 4.48 ตามลำดับ

ค่า สี กลิ่นของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

จากการศึกษาของ ณัฐฐา (2552) พบว่าลักษณะ สี และกลิ่น ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล 0-6 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะแน่น เขียวอมสีเหลือง มีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆ เมื่อระดับของกากน้ำตาลเพิ่มขึ้นอาจทำให้สีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีสีน้ำตาล ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของขวัญดาว และคณะ (2549) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก มีสีเขียวอมเหลือง และมีกลิ่นหอม ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ มีสีน้ำตาลอมส้ม มีกลิ่นหอมของกากน้ำตาลเล็กน้อย ขณะที่ประดิษฐ์ และคณะ (2551) รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีสีเขียวอมเหลือง กลิ่นเปรี้ยวปานกลาง โดยเมื่อพิจารณาจากลักษณะ ค่าความเป็นกรด-ด่าง สี และกลิ่นพืชหมักจะต้องมีลักษณะของผลไม้ดองทุกประการจึงจัดเป็น พืชหมักคุณภาพดี ตามเกณฑ์ของ Trinder (1983 อ้างโดย บุญล้อม และบุญเสริม, 2525)

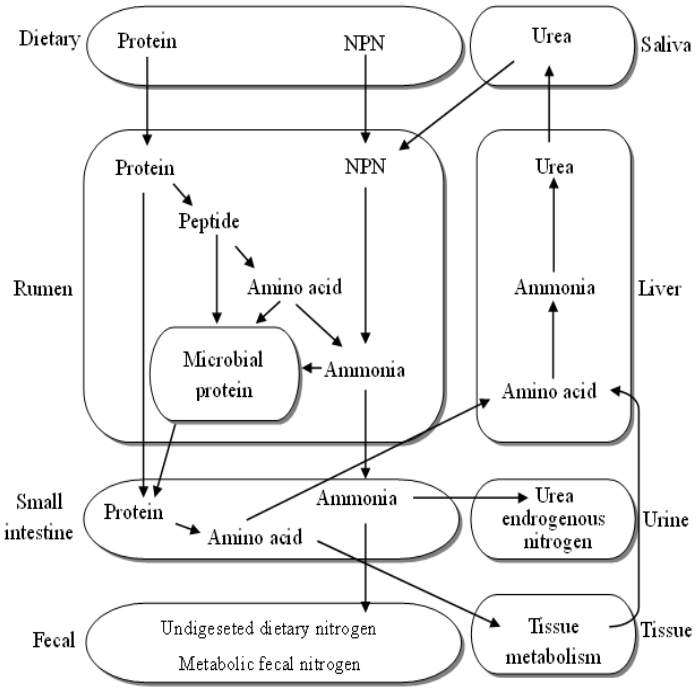
ยูเรีย สมบัติของยูเรีย และการนำไปใช้ประโยชน์

ยูเรีย (urea) จัดเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen, NPN) ที่สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งไนโตรเจน (N) ของจุลินทรีย์โดยยูเรียมีการนำมาใช้มากที่สุดในบรรดาสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน เนื่องจากหาได้ง่าย และมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งโปรตีนอื่นๆ อย่างเช่น ปลาป่น เนื้อป่น และกากถั่วเหลือง เป็นต้น (Wanapat, 2009)

ยูเรียมีลักษณะเป็นผลึกสีขาวสามารถดูดซึมความชื้นจากอากาศได้ ทำให้บางส่วนจับตัวกันเป็นก้อน แต่ละลายน้ำได้ดี มีสูตรทางเคมี คือ CH_4N_2O หรือ $CO(NH_2)_2$ บางครั้งอาจเขียน NH_2CONH_2 เพื่อแสดงถึงลักษณะโครงสร้างของยูเรีย และการจับตัวของโมเลกุลกลุ่มอะมิโน (NH_2) 2 กลุ่ม กับโมเลกุลกลุ่มคาร์บอนิล (C=O) ยูเรียที่บริสุทธิ์มีไนโตรเจนประกอบอยู่ 46.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเท่ากับมีโปรตีนหยาบ 291 เปอร์เซ็นต์ (46.6 × 6.25) ยูเรียประเภทนี้ส่วนใหญ่ใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับพืช แต่ก็พบว่า สามารถนำมาเสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ เนื่องจากมีราคาถูกกว่ายูเรียที่ผลิตขึ้นสำหรับเป็นอาหารสัตว์โดยเฉพาะ (feed grade urea) ที่เคลือบด้วยสารป้องกันการดูดความชื้น ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดีเช่นเดียวกัน แต่จะมีไนโตรเจนประกอบอยู่น้อยกว่า โดยมีไนโตรเจนเพียง 42 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับโปรตีนหยาบ 262 เปอร์เซ็นต์ (42 × 6.25) เท่านั้น

ยูเรียเมื่อเข้าสู่กระเพาะรูเมนจะถูกไฮโดรไลซีส (hydrolysis) โดยเอนไซม์ยูริเอส (urease) จากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้เป็นแอมโมเนีย (NH_3) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งจะเกิดขึ้นค่อนข้างเร็ว แอมโมเนียที่ได้นี้จะถูกจุลินทรีย์นำไปทำปฏิกิริยากับกรดคีโตที่ผลิตได้จากกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมนได้เป็นกรดอะมิโนซึ่งจะนำไปสร้างเป็น

โปรตีนในเซลล์ของจุลินทรีย์ (microbial protein, MCP) แต่ถ้าหากจุลินทรีย์ใช้แอมโมเนียไม่ทันจะทำให้มีปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงในกระเพาะรูเมน โดยสัตว์จะมีการดูดซึมแอมโมเนียไปที่ตับเพื่อลดความเป็นพิษโดยเปลี่ยนเป็นยูเรีย และขับทิ้งทางปัสสาวะ แต่มียูเรียบางส่วนสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยผ่านทางน้ำลาย และผนังกระเพาะรูเมน โดยเฉพาะในช่วงที่สัตว์ได้รับอาหารที่มีไนโตรเจนต่ำ หรืออยู่ในระยะอดอาหาร (ภาพที่ 3)



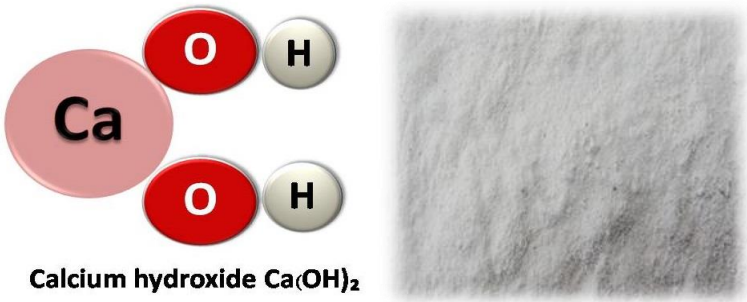
ภาพที่ 3 เมแทบอลิซึมของไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน
ที่มา: Leng และ Nolan (1984)

Cherdthong และ Wanapat (2010) ได้อธิบายว่า การให้อาหารสัตว์อย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยลดปริมาณของยูเรีย และการปล่อยก๊าซแอมโมเนีย โดยที่ระบบการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของมลพิษ ไม่ว่าจะเป็นมลพิษในดิน ในน้ำ และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (NO_2) จะมีผลต่อคุณภาพอากาศ นอกจากนี้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ยูเรียก็สามารถลดการปลดปล่อยแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนให้ช้าลงได้โดยใช้สารประกอบยูเรียสลายช้า (slow-release urea) ได้แก่ ไบยูเร็ต (biuret) สเตเรีย (starea) ยูเรียฟอสเฟต (urea phosphate) ฟอร์มัลดีไฮด์เคลือบยูเรีย (formaldehyde treated urea) และพอลิเมอร์เคลือบยูเรีย (polymer-coated urea) นอกจากนี้ แคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) ถือว่าเป็นสารที่ช่วยลดอัตราการปล่อยแอมโมเนียจากยูเรียได้ผลดี การทดลอง

ในห้องปฏิบัติการโดยใช้ส่วนผสมของยูเรียและแคลเซียมซัลเฟต (urea-calcium sulphate mixture) ช่วยลดความเข้มข้นของแอมโมเนีย ตลอดจนช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเมื่อเปรียบเทียบกับยูเรียที่ผลิตสำหรับเป็นอาหารสัตว์โดยเฉพาะ (feed grade urea)

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ สมบัติของแคลเซียมไฮดรอกไซด์

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide) มีสูตรทางเคมี คือ $Ca(OH)_2$ มีชื่อพ้องอื่นๆ เช่น calcium hydrate, slaked lime, hydrated lime, carboxide, calcium dihydroxide และ lime water องค์ประกอบทางเคมี ประกอบด้วย แคลเซียม (calcium, Ca) 54.09 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน (hydrogen, H) 2.72 เปอร์เซ็นต์ ออกซิเจน (oxygen, O) 43.19 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 74.10 ลักษณะเป็นผง หรือของแข็งสีขาว (ภาพที่ 4) ไม่มีกลิ่น จุดเดือด 580 องศาเซลเซียส มีสภาพเป็นด่างแก่ เมื่อละลายน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 14 (USDA, 2002)



ภาพที่ 4 โครงสร้างทางเคมี และลักษณะทางกายภาพของแคลเซียมไฮดรอกไซด์
ที่มา: Anonymous (2016)

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ เกิดจากการนำวัสดุที่ได้จากการเผาหินปูน (แคลเซียมคาร์บอเนต) โดยใช้ความร้อนสูง จะได้เป็นปูนสุก (แคลเซียมออกไซด์, CaO, lime) เมื่อเย็นตัวลงแล้วพรมน้ำให้ชุ่ม ปูนสุกจะทำปฏิกิริยากับน้ำได้เป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ส่วนที่เป็นผงแห้งได้เป็นปูนขาว และส่วนที่เป็นสารแขวนลอย คือ น้ำปูนไลม์ (milk of lime) เหมาะกับการนำไปใช้ในกระบวนการที่ไม่ผ่านความร้อน เช่น ระบบบำบัดน้ำเสีย การดึงสารเจือปนในการผลิตน้ำประปา เป็นต้น

การใช้ประโยชน์ในด้านปศุสัตว์ โดยใช้ควบคุมสภาพของวัสดุรองพื้น เช่น แกลบ ฟาง ขี้กบ ฯลฯ ให้มีสภาพเป็นด่างเพื่อลดปัญหาต่างๆ เหล่านี้ ช่วยลดหรือเจือจางความเป็นพิษของสารอนินทรีย์ และสารอินทรีย์ต่างๆ ที่ปนมากับมูลสัตว์ในฟาร์ม เช่น ฟาร์มไก่ สุกร ลดผลกระทบ

จากแก๊สพิษที่เป็นปัญหาต่อระบบทางเดินหายใจของสัตว์ ลดปัญหาการเพาะฟักของไข่แมลงวัน ไร แมลงปีกแข็งในวัสดุรองพื้น นอกจากนี้ ประโยชน์ทางด้านอาหารสัตว์ Dias และคณะ (2011) ได้ศึกษา การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์หมักยอดอ้อยเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในโค พบว่า ปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของยอดอ้อยหมักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ระดับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม คือ 12 กรัมต่อกิโลกรัมยอดอ้อยสด

ผลการใช้ยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์และหรือยูเรียในการปรับปรุงอาหารหยาบในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ผลต่อปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้

Wanapat และคณะ (2009) ได้ศึกษาการใช้ฟางข้าวหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นแหล่งอาหารหยาบในแม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ จำนวน 3 ตัว โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 เลี้ยงด้วยฟางข้าวหมักยูเรีย 5.5 เปอร์เซ็นต์ (ยูเรียปริมาณ 5 กรัม ในน้ำ 100 ลิตร ร่วมกับฟางข้าว 100 กรัมวัตถุแห้ง) และกลุ่มที่ 3 เลี้ยงด้วยฟางข้าวหมักยูเรีย 2.2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.2 เปอร์เซ็นต์ (ยูเรียปริมาณ 2.0 กรัม และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.0 กรัมในน้ำ 100 มิลลิลิตร ร่วมกับฟางข้าว 100 กรัมวัตถุแห้ง) พบว่า ค่าปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ และความสามารถในการย่อยอาหารของโคนมมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในกลุ่มที่ใช้ฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย 5.5 เปอร์เซ็นต์ และในกลุ่มที่ใช้ฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย 2.2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.2 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7) ซึ่งสอดคล้องกับ Polyorach และ Wanapat (2014) ที่ศึกษาในโคเนื้อลูกผสมพื้นเมือง พบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งในฟางข้าวที่หมักยูเรีย 50 กรัมต่อกิโลกรัม ฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย 20 กรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 20 กรัมต่อกิโลกรัม และฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย 30 กรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 20 กรัมต่อกิโลกรัม สูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ปรับปรุงคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทำนองเดียวกับการทดลองของ Sahoo และคณะ (2002) ที่ได้ทำการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวสาลีด้วยยูเรีย และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อศึกษาปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแกะพันธุ์มูซาฟฟาร์นาการี (Muzaffarnagari) ด้วยสูตรอาหาร 3 กลุ่มการทดลอง ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 ฟางข้าวสาลีปรับปรุงคุณภาพด้วยการหมักยูเรีย 21 วัน (ยูเรีย 4 กิโลกรัม ต่อฟางข้าวสาลี 100 กิโลกรัมวัตถุแห้ง) กลุ่มที่ 2 ฟางข้าวสาลีปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียโดยไม่หมัก (ยูเรีย 1.5 กิโลกรัม ต่อฟางข้าวสาลี 100 กิโลกรัมวัตถุแห้ง) กลุ่มที่ 3 ฟางข้าวสาลีปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์หมักไว้ 21 วัน (ยูเรีย 3 กิโลกรัม ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 3 กิโลกรัม ต่อฟางข้าวสาลี 100 กิโลกรัมวัตถุแห้ง) พบว่า ปริมาณการกินได้

และการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ในกลุ่มที่ 1 และ 3 สูงกว่าในกลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เช่นเดียวกับ การย่อยได้ของเซลลูโลส ส่วนการย่อยได้ของโปรตีนรวม ทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ ผนังเซลล์ และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ซึ่งมีค่าสูงสุดในกลุ่มที่ 1, 3 และ 2 ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ขณะที่ Gunan และคณะ (2016) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์หมักชานอ้อย เพื่อใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคเนื้อลูกผสมโคพื้นเมือง 4 ตัว โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม เลี้ยงด้วยฟางข้าวไม่หมัก) กลุ่มที่ 2 เลี้ยงด้วยชานอ้อยไม่หมัก กลุ่มที่ 3 เลี้ยงด้วยชานอ้อยหมักยูเรีย 4 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 4 เลี้ยงด้วยชานอ้อยหมักยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุแห้ง ในกลุ่มที่ 1, 3 และ กลุ่มที่ 4 มีค่าสูงกว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งในกลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และปริมาณการย่อยได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลส ในกลุ่มที่ 3 และ 4 สูงกว่าในกลุ่มที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายด่างสามารถทำลายพันธะเคมีของเอสเทอร์ที่เชื่อมระหว่างลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ทำให้โครงสร้างทางกายภาพของผนังเซลล์พองตัว ลักษณะเหล่านี้จะมีผลให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถย่อยสลายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตได้ง่ายยิ่งขึ้น (Fadel Elseed *et al*., 2003) ทำนองเดียวกันความเข้มข้นของด่างสามารถทำลายพันธะของลิกนินภายในโครงสร้างเซลล์ของผนังเซลล์พืชที่ต่อกันเป็นโครงสร้างยาว จึงทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้เพิ่มขึ้น (Rezende *et al*.,2011)

ตารางที่ 7 ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโคนมที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

Items	Treatments			SEM
	Untreated rice straw	5.5% urea-treated rice straw	2.2%urea+2.2% $Ca(OH)_2$ treated rice straw	
Straw DM intake				
Kg/day	4.4[a]	6.0[b]	6.3[b]	0.09
%BW daily	1.10[a]	1.45[b]	1.55[c]	0.01
g/kg $BW^{0.75}$ daily	45.8[a]	66.5[b]	70.1[c]	1.10
Total DM intake				
Kg/day	9.9[a]	12.3[b]	11.8[b]	0.55
%BW daily	2.51[a]	2.98[b]	2.88[b]	0.18
g/kg $BW^{0.75}$ daily	98.6[a]	133.2[b]	127.5[b]	6.64
Apparent digestibility (%)				
DM	49.5[a]	60.5[b]	61.6[b]	2.89
OM	53.5[a]	63.5[b]	65.5[b]	3.95
CP	50.1[a]	58.9[b]	60.3[b]	4.01
NDF	45.1[a]	55.3[b]	59.3[c]	0.75
ADF	40.3[a]	49.2[b]	53.2[c]	0.55

[a, b, c] Means in the same row with different superscripts differ ($P<0.05$)

ที่มา: Wanapat และคณะ (2009)

ตารางที่ 8 ปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของแกะที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

Attributes	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	Pooled SE
Dry matter intake (g/d)*	836.8[a]	602.4[b]	888.5[a]	31.11
Apparent digestibility (%)				
DM (%) *	49.8[a]	42.6[b]	47.9[a]	0.88
OM (%) **	55.5[a]	44.4[c]	49.5[b]	0.89
CP (%)	31.5	37.0	32.4	0.96
CF (%) **	75.8[a]	61.7[b]	64.8[b]	0.68
NDF (%) **	69.9[a]	47.2[c]	62.6[b]	0.85
ADF (%) **	62.3[a]	48.3[b]	59.7[a]	0.98
Cellulose (%) **	72.9[a]	57.2[b]	69.0[a]	1.00
Hemicellulose (%) **	93.4[a]	39.4[c]	71.9[b]	0.76

[a, b, c] Means in the same row with different superscripts differ * ($P<0.05$), ** ($P<0.01$).

ที่มา: Sahoo และคณะ (2002)

ผลต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

ผลการใช้ยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์หมักฟางข้าวเป็นอาหารโคนมต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน Wanapat และคณะ (2009) รายงานว่า ประชากรของแบคทีเรียในของเหลวในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย และหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ในกลุ่มที่ 2 และ 3 มีจำนวนสูงกว่า กลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 9) ขณะที่ประชากรของโปรโตซัว และเชื้อรา ไม่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรียโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อ (roll tube technique) พบว่า กลุ่ม total viable bacteria และ cellulolytic bacteria มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) สอดคล้องกับ Polyorach และ Wanapat (2014) ที่ได้สรุปไว้ว่า ฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ส่งผลให้ประชากรของแบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยเซลลูโลสมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวที่ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพ ส่วนในกลุ่มที่ใช้ฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย 5.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดด่างในกระเพาะรูเมน และค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่กรดไขมันระเหยง่ายโดยเฉพาะกรดแอซิติก พบว่า มีความเข้มข้นลดลง ($P<0.05$) และกรดโพรพิโอนิกมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ดังนั้น กรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกจึงมีสัดส่วนความเข้มข้นลดลง ($P<0.05$) ตามลำดับของกลุ่มการทดลอง ดังนี้ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยฟางข้าวหมัก ยูเรีย 5.5

เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เลี้ยงด้วยฟางข้าวหมักยูเรีย 2.2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.2 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 9 ผลของฟางข้าวหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อจำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโคนม

Items	Treatments			SEM
	Untreated rice straw	5.5%urea-treated rice straw	2.2%urea+2.2% $Ca(OH)_2$ treated rice straw	
Total direct count, cell/ml				
Bacteria, $\times 10^{10}$	0.7[a]	1.2[b]	1.5[b]	0.33
Protozoa, $\times 10^{5}$	7.1	8.3	9.2	0.85
Fungi zoospores, $\times 10^{5}$	2.8	3.1	3.2	2.10
Ruminal bacterial groups, CFU/ml				
Total viable bacteria, $\times 10^{10}$	2.3[a]	3.4[b]	3.7[b]	0.32
Cellulolytic bacteria, $\times 10^{8}$	1.2[a]	2.4[b]	2.7[b]	0.13
Amylolytic bacteria, $\times 10^{7}$	4.3	5.1	4.9	2.31
Proteolytic bacteria, $\times 10^{7}$	1.0	1.6	1.5	3.22

[a,b,] Means in the same row with different superscripts differ ($P<0.05$).

ที่มา: Wanapat และคณะ (2009)

ตารางที่ 10 ผลของฟางข้าวหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคนม

Items	Treatments			SEM
	Untreated rice straw	5.5%urea-treated rice straw	2.2%urea+2.2% $Ca(OH)_2$treated rice straw	
Ruminal pH	6.48[a]	6.78[b]	6.81[b]	0.08
Ruminal temperature, °C	39.3	39.7	39.5	0.55
NH3-N, mg/100 ml	13.7[a]	17.3[b]	16.7[b]	0.75
BUN, mg/100 ml				
Before feeding	11.4[a]	13.5[b]	12.3[a]	0.51
After feeding (4 h)	17.2[a]	19.5[b]	18.2[a]	0.61
Means	14.3[a]	16.5[b]	15.7[b]	0.31
MUN, mg/100 ml	14.5[c]	15.8[a]	15.1[b]	0.23
Molar proportion of VFA (mol/100 mol)				
Total VFA, mmol/l	98.9[a]	105.2[b]	107.6[c]	1.51
Acetic acid (C2), %	71.3[a]	67.6[b]	66.3[b]	0.24
Propionic acid (C3), %	19.5[a]	22.6[b]	23.9[a]	0.49
Butyric acid (C4), %	9.2	9.8	9.8	3.96
C2/C3 ratio	3.7[a]	3.0[b]	2.8[c]	0.04

[a, b, c] Means in the same row with different superscripts differ ($P<0.05$).

ที่มา: Wanapat และคณะ (2009)

ผลต่อสมดุลไนโตรเจน

เมื่อพิจารณาค่าสมดุลไนโตรเจน Polyorach และ Wanapat (2014) ได้ทำการศึกษาการปรับสภาพฟางข้าวด้วยยูเรีย และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในโคเนื้อ ด้วยสูตรอาหาร 4 กลุ่มการทดลอง ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 ฟางข้าวที่ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพ กลุ่มที่ 2 ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรีย 50 กรัมต่อกิโลกรัม กลุ่มที่ 3 ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรีย 20 กรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 20 กรัมต่อกิโลกรัม และกลุ่มที่ 4 ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรีย 30 กรัมต่อกิโลกรัมร่วมกับ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 20 กรัมต่อกิโลกรัม พบว่า ค่าสมดุลไนโตรเจน (N balance) ไม่ว่าจะเป็น ปริมาณการกินได้ของไนโตรเจน (N intake) ไนโตรเจนในมูล (faecal N) ไนโตรเจนในปัสสาวะ (urinary N) ไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (N absorption) ไนโตรเจนที่

ถูกกักเก็บ (N retention) ในกลุ่มควบคุมต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในระหว่างกลุ่มการทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ที่มีการปรับปรุงคุณภาพ (ตารางที่ 11) ในขณะที่ Sahoo และคณะ (2002) ได้ทำการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวสาลีด้วยยูเรีย และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ในแกะพันธุ์มูซาฟฟาร์นาการี พบว่า ค่าสมดุลไนโตรเจน (N balance) ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง มีค่าเป็นบวก แต่ในกลุ่มการทดลองที่ 3 (ฟางข้าวสาลีปรับสภาพด้วยยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์หมักไว้ 21 วัน) มีค่าสูงกว่าในกลุ่มการทดลองที่ 1 (ฟางข้าวสาลีปรับปรุงคุณภาพด้วยการหมักยูเรีย 21 วัน) และกลุ่มที่ 2 (ฟางข้าวสาลีปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียโดยไม่หมัก) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) แสดงดังตารางที่ 12 อาจจะเนื่องมาจากสัตว์ได้รับไนโตรเจนในระดับที่เหมาะสม

ตารางที่ 11 ผลของการหมักฟางข้วยด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อค่าสมดุลไนโตรเจนในโคเนื้อ

Item	Untreated rice straw	50 g/kg urea-treated rice straw	20 g/kg urea + 20 g/k $Ca(OH)_2$ -treated rice straw	30 g/kg urea + 20 g/k $Ca(OH)_2$ -treated rice straw	SEM	p-Value
Nitrogen balance (g/day)						
N intake	53.5[a]	104.2[b]	99.4[b]	103.2[b]	5.92	**
Faecal N	24.8[a]	41.9[b]	40.5[b]	41.4[b]	1.28	**
Urinary N	21.5[a]	37.3[b]	37.7[b]	38.3[b]	0.83	**
N absorption	31.5[a]	65.3[b]	61.0[b]	66.4[b]	3.51	**
N retention	10.0[a]	28.0[b]	23.3[b]	28.1[b]	3.66	*

[a,b]SEM, standard error of the mean; ns, no significance; *P < 0.05; **P < 0.01; Values on the same row with different superscripts differ (P < 0.05).

ที่มา: Polyorach และ Wanapat (2014)

ตารางที่ 12 ผลของการหมักฟางข้าวด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อค่าสมดุลไนโตรเจนในแกะ

Particulars	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	Pooled SE
N intake (g/d)	10.5[a]	7.7[b]	10.9[a]	0.36
Faecal N (g/d)	7.2[a]	4.8[b]	7.4[a]	0.31
Urinary N (g/d)	2.4	2.3	1.5	0.15
Nitrogen balance (g/d)	+0.94[b]	+0.50[b]	+2.00[a]	0.12
N balance (mg/kg$W^{0.75}$/d)	57.3[b]	29.5[b]	117.9[a]	7.12
N retained as % of intake	9.3[b]	6.1[b]	18.3[a]	1.31
N retained as % of N absorbed	28.9[b]	16.5[b]	57.3[a]	3.15

[a, b] Means in the same row with different superscripts differ ($P<0.01$).

ที่มา: Sahoo และคณะ (2002)

จากการศึกษาวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่าการปรับปรุงผลพลอยได้ทางเกษตรด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นแนวทางหนึ่งที่ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิ์ภาพการใช้ประโยชน์ของโภชนะตลอดจนส่งผลต่อการปรับปรุงคุณภาพในการผลิตสัตว์ได้ อย่างไรก็ตาม การนำยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์มาหมักกับทางใบปาล์มน้ำมันสด ยังมีการศึกษาวิจัยที่จำกัด ดังนั้นการทดลองนี้จึงได้ทำการศึกษาผลของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมเสร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในรูเมน และการใช้ประโยชน์ไนโตรเจนในแพะ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมเสร็จต่อการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักย่อย จำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้

บทที่ 2
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

1. แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย –แองโกลนูเบียน50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุประมาณ 24-26 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 31.63±1.00 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว
2. โรงเรือนสำหรับเลี้ยงแพะ และกรงขังเดี่ยวสำหรับการทดลองหาการย่อยได้ในสัตว์ (metabolism cages) รางอาหาร และภาชนะใส่น้ำ
3. วัตถุดิบอาหารสัตว์ ประกอบด้วย ข้าวโพดป่น กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ปลาป่น เกลือ และไดแคลเซียมฟอสเฟต เป็นต้น
4. แร่ธาตุและวิตามินผสม
5. ยาถ่ายพยาธิภายนอกและภายใน ได้แก่ ไอเวอร์เมกติน, IDECTIN, ® The British Dispensary ((L.P) CO., Ltd., ประเทศไทย)
6. วิตามินเอดีอี (ADE) บริษัท Woerden-Holland-P.O.B. 78
7. ปูนขาว และยูเรีย
8. ถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร พร้อมฝาปิด
9. ผ้าใบพลาสติกขนาด 3×5 เมตร
10. เครื่องชั่งอาหารยี่ห้อ Azano รุ่น WSS-15
11. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ เช่น ถังพลาสติก ขวดพลาสติก ผ้าขาวบาง เครื่องชั่ง ถุงพลาสติก และยาง
12. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหาร เช่น แก้ว ถุงพลาสติก และยาง
13. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเลือด เช่น เข็มฉีดยา สำลี แอลกอฮอล์ หลอดเก็บเลือดที่บรรจุสารแฮพาริน (heparin) ปริมาณ 4 มิลลิลิตร
14. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน ได้แก่ ขวดพลาสติก บีกเกอร์ เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง ยี่ห้อ HANNA instrument (HI 9813 microcomputer pH meter) กระบอกตวง stomach tube และ vacuum pump
15. เครื่องชั่งน้ำหนักแพะ
16. อุปกรณ์ในตรวจการนับจำนวนจุลินทรีย์โดยวิธีนับตรง ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 10x, 20x และ 40x) อุปกรณ์กดนับเม็ดเลือด และ hematocytometer

17. สารเคมีและเครื่องมือในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยประมาณ (Proximate analysis)

18. สารเคมีและเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีดีเทอร์เจนท์ (Detergent method)

19. ตู้อบ (Hot air oven) ยี่ห้อ Binder รุ่น FED 720

20. เครื่องบดยี่ห้อ (Willy mill) ยี่ห้อ Dietz

21. เครื่องปั่นเหวี่ยงยี่ห้อ Hermel Z 230

22. อุปกรณ์ทำความสะอาดคอก ได้แก่ ไม้กวาด ผงซักฟอก และแปรงถูพื้น

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุประมาณ 24-26 เดือน และมีน้ำหนักเฉลี่ย 31.63±1.00 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ก่อนนำเข้าการทดลองทำการการกำจัดพยาธิภายนอก และพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (ไอเดกติก, IDECTIN,® The British Dispensary (L.P) CO., Ltd., ประเทศไทย) ขนาด 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม แพะทุกตัวได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักอย่างเต็มที่ ร่วมกับอาหารข้นในระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นเวลา 30 วัน เพื่อปรับให้แพะทุกตัวมีสภาพร่างกายที่ใกล้เคียงกัน

2. ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรีย และแคลเซียมไฮดรอกไซด์

การเตรียมทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรีย และแคลเซียมไฮดรอกไซด์โดยทางใบปาล์มน้ำมันที่ใช้เป็นทางใบปาล์มน้ำมันที่ตัดออกระหว่างการเก็บทะลายปาล์มน้ำมัน ณ สถานีวิจัยและฝึกภาคสนามคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. คลองหอยโข่ง จ.สงขลา นำทางใบปาล์มน้ำมันมาสับด้วยเครื่องสับหญ้าเพื่อให้มีขนาดความยาวประมาณ 1.00-1.50 เซนติเมตร มาการทำการหมักด้วยยูเรีย และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยมีสัดส่วนตามปัจจัยที่ศึกษา คือ ยูเรียและหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์: น้ำ: ทางใบปาล์มน้ำมันสด 5: 5: 100 ส่วนทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ใช้ยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างละ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ละลายน้ำพร้อมกันแล้วนำมาราดบนทางใบปาล์มน้ำมันที่บดสับแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นนำมาใส่ในถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร อัดให้แน่นและปิดฝาให้สนิท ใช้

ระยะเวลาในการหมักประมาณ 1 เดือน ก่อนที่จะนำมาผสมเป็นอาหารทดลองมีการสุ่มถังหมักแต่ละทรีทเมนต์ทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และลักษณะเนื้อสัมผัสของทางใบปาล์มหมักแต่ละสูตร

3. อาหารผสมเสร็จ

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารผสมเสร็จที่มีสัดส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบ 60:40 โดยใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรีย และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Urea and calcium hydroxide treated oil palm frond, UCOPF) เป็นแหล่งอาหารหยาบ ประกอบด้วย 1. อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 2. อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ 3. อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และ 4. อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนรวมเฉลี่ยเท่ากับ 12.62, 17.77, 11.98 และ 15.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีโภชนะที่ย่อยได้รวมเท่ากับ 64.54, 65.50, 63.57 และ 65.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

4. การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ 4 × 4 จัตุรัสละติน (4 × 4 Latin squares design) โดยมีกลุ่มทดลอง หรือทรีทเมนต์ (treatment) คือ อาหารผสมเสร็จสูตรต่างๆ ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 (T1) อาหารผสมเสร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก (กลุ่มควบคุม) (Fermented oil palm frond, FOPF)

ทรีทเมนต์ที่ 2 (T2) อาหารผสมเสร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ (urea treated oil palm frond, UOPF)

ทรีทเมนต์ที่ 3 (T3) อาหารผสมเสร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ($Ca(OH)_2$-treated oil palm frond, COPF)

ทรีทเมนต์ที่ 4 (T4) อาหารผสมเสร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ (urea+$Ca(OH)_2$-treated oil palm frond, UCOPF)

โดยสุ่มแพะแต่ละตัวให้ได้รับอาหารตามที่กำหนด (ตารางที่ 14) ในการทดลองแบ่งระยะเวลาการทดลองออกเป็น 4 ช่วงการทดลอง (period) แต่ละช่วงการทดลองใช้เวลาทั้งหมด 22 วัน ประกอบด้วย ระยะปรับตัวสัตว์ 15 วัน และระยะเก็บข้อมูล 7 วัน รวมระยะเวลาการทดลองทั้งหมด 88 วัน แสดงดังภาพที่ 5

ตารางที่ 13 สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารผสมเสร็จ และคุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

วัตถุดิบ	ระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักในอาหารผสมเสร็จ (%)			
	T1	**T2**	**T3**	**T4**
FOPF[1]	40.0	00.0	00.0	00.0
UOPF 5%[2]	00.0	40.0	00.0	00.0
COPF 5%[3]	00.0	00.0	40.0	00.0
UCOPF 2.5%[4]	00.0	00.0	00.0	40.0
ข้าวโพดบด	35.80	35.80	35.80	35.80
กากถั่วเหลือง	7.90	7.90	7.90	7.90
ปลาป่น	0.40	0.40	0.40	0.40
กระถินป่น (รวมก้านใบ)	5.40	5.40	5.40	5.40
กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	7.20	7.20	7.20	7.20
กากน้ำตาล	2.20	2.20	2.20	2.20
ไดแคลเซียม	0.30	0.30	0.30	0.30
เกลือ	0.20	0.20	0.20	0.20
ไวตามินและแร่ธาตุรวม[5]	0.60	0.60	0.60	0.60
รวม	100.0	100.0	100.0	100.0
คุณค่าทางโภชนะ (%)				
โปรตีนรวม	12.62	17.77	11.98	15.12
โภชนะที่ย่อยได้รวม	64.54	65.50	63.57	65.90
ราคา (บาท/กิโลกรัม)[6]	8.92	9.52	8.98	9.24

หมายเหตุ:

[1]ทรีทเมนต์ที่ 1 (T1) อาหารผสมเสร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก (กลุ่มควบคุม) (Fermented oil palm frond, FOFP)

[2]ทรีทเมนต์ที่ 2 (T2) อาหารผสมเสร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรีย 5% (urea treated oil palm frond, UOPF)

[3]ทรีทเมนต์ที่ 3 (T3) อาหารผสมเสร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% ($Ca(OH)_2$-treated oil palm frond, COPF)

[4]ทรีทเมนต์ที่ 4 (T4) อาหารผสมเสร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% (urea+$Ca(OH)_2$-treated oil palm frond, UCOPF)

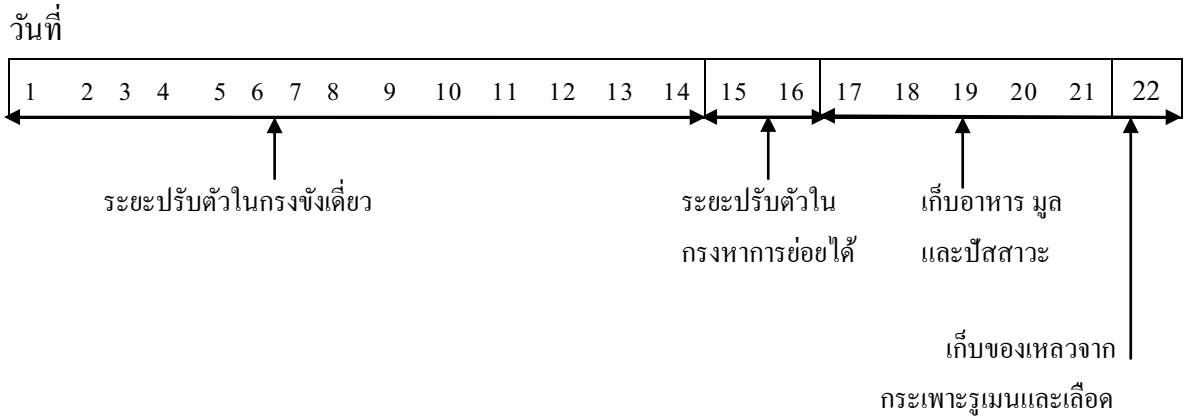
[5]ประกอบด้วย วิตามินเอ 2.50 ล้านหน่วยสากล วิตามินดี 3 0.50 ล้านหน่วยสากล วิตามินอี 8,000 หน่วยสากล โคบอลต์ 0.08 กรัม ซีลีเนียม 0.08 กรัม ไอโอดีน 0.34 กรัม ทองแดง 4.00 กรัม แมงกานีส 17.00 กรัม สังกะสี 23.00 กรัม เหล็ก 27.00 กรัม โปแทสเซียม31.00 กรัม และแมกนีเซียม 35.00 กรัม

[6]ข้าวโพดบด 12 บาท/กิโลกรัม กากถั่วเหลือง 18.29 บาท/กิโลกรัม ใบกระถิน 13 บาท/กิโลกรัม ปลาป่น 40.70 บาท/กิโลกรัม กากปาล์มน้ำมัน 8.40 บาท/กิโลกรัม เกลือ 7 บาท/กิโลกรัม แร่ธาตุรวม 60 บาท/กิโลกรัม ไดแคลเซียม18 บาท/กิโลกรัม กากน้ำตาล 22 บาท/กิโลกรัม ทางใบปาล์มน้ำมัน (FOPF) 2 บาท/กิโลกรัม ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรีย 5% (UOPF 5%) 3.5 บาท/กิโลกรัม ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% (COPF) 2.4 บาท/กิโลกรัม ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5% (UCOPF) 2.8 บาท/กิโลกรัม (ราคาวัตถุดิบที่สั่งซื้อโดยโรงผสมอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ณ วันที่ 11 ตุลาคม พ.ศ. 2559)

ตารางที่ 14 แผนผังการทดลอง

ระยะเวลาของการสลับสูตรอาหารทดลอง	ลำดับแพะทดลอง			
	1	**2**	**3**	**4**
ระยะที่ 1	A	B	C	D
ระยะที่ 2	B	A	D	C
ระยะที่ 3	D	C	A	B
ระยะที่ 4	C	D	B	A

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษ A, B, C, D และE คืออาหารทดลองทรีทเมนต์ที่ 1, 2, 3 และ4 ตามลำดับ



ภาพที่ 5 ระยะทดลอง และการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทดลอง

5. วิธีการทดลอง

5.1 การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

5.1.1 ระยะปรับสัตว์ (adjusting period) ทำการสุ่มสัตว์ทดลองตามแผนการทดลองแบบ 4 ×4 Latin square design ให้สัตว์ได้รับอาหารตามกลุ่มทดลองเป็นเวลา 14 วัน โดยให้กินอาหารผสมเสร็จอย่างเต็มที่ทุกกลุ่มทดลอง เพื่อทำการศึกษาปริมาณการกินได้อย่างอิสระ (voluntary feed intake) แบ่งการให้อาหารออกเป็น 2 เวลา คือ ช่วงเช้าให้อาหารเวลา 08.00 น. และช่วงบ่ายให้อาหารเวลา 16.00 น. ในการให้อาหารช่วงเช้า ทำการชั่งให้ (ให้เช้า) และชั่งอาหารที่เหลือ (เหลือเย็น) และในช่วงบ่ายทำการชั่งอาหารให้ (ให้เย็น) และชั่งอาหารที่เหลือ (เหลือเช้า) เพื่อนำไปหาปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน ทำการจดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทั้งเช้าและเย็นทุกวัน ปริมาณการกินได้ต่อวันคำนวณโดยสูตร

ปริมาณการกินได้ต่อวัน (วัตถุแห้ง) = อาหารให้ตอนเช้า (วัตถุแห้ง) – อาหารเหลือตอนเช้า (วัตถุแห้ง) + อาหารให้ตอนเย็น (วัตถุแห้ง) - อาหารเหลือตอนเย็น (วัตถุแห้ง)

ในระยะนี้สัตว์อยู่ในกรงขังเดี่ยวที่มีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลาและมีการทำความสะอาดอ่างน้ำทุกๆ วัน (เช้า-เย็น) และทำความสะอาดคอกในช่วงเช้าทุกวัน

5.1.2 ระยะเก็บตัวอย่าง (collection period) ระยะนี้สัตว์อยู่บนกรงเมแทบอลิซึม (metabolism crate) ทำการปรับสัตว์ให้มีความคุ้นเคยกับกรงเป็นเวลา 2 วันแรก และในช่วง 6 วันหลัง ทำการเก็บตัวอย่างอาหาร มูล และปัสสาวะติดต่อกันในช่วง 5 วันของแต่ละช่วงการทดลอง ตามวิธีการเก็บแบบทั้งหมด (total collection) (Schnieder and Flatt, 1975) และทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนโดยทำการสอดท่อลงไปที่กระเพาะรูเมน และเก็บตัวอย่างเลือด ในวันที่ 22 (วันสุดท้าย) ของแต่ละช่วงการทดลอง ในการให้อาหารให้ตามกลุ่มทดลองเหมือนช่วงปรับสัตว์ แต่ให้เพียง 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการกินได้ทั้งหมดในช่วงระยะปรับสัตว์ เพื่อให้สัตว์ทดลองกินอาหารหมดตามสัดส่วนที่กำหนดในกลุ่มทดลอง

5.2 การเก็บข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง

5.2.1 การเก็บตัวอย่างอาหาร

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารผสมเสร็จในแต่ละช่วงการทดลองทุกสัปดาห์ ทั้งอาหารที่ให้ (เช้า-เย็น) และอาหารที่เหลือ (เช้า-เย็น) หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้งและนำมาปรับการกินได้ของสัตว์ในแต่ละวัน และอีกส่วนหนึ่งสุ่มเก็บจากแต่ละช่วงการทดลองแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมงและนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี เช่น วัตถุแห้ง โปรตีนรวม และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์ ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ตามวิธีการของ Van Soest และคณะ (1991)

5.2.2 การชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง

ชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองเป็นจำนวน 3 ครั้งในแต่ละช่วงการทดลอง คือ ครั้งที่ 1 ชั่งก่อนเข้างานทดลอง เป็นช่วงก่อนเข้าระยะปรับสัตว์ทดลองช่วงการทดลองที่ 1 ชั่งครั้งที่ 2 หลังจากปรับสัตว์และจะนำสัตว์ขึ้นกรงเมแทบอลิซึม และครั้งที่ 3 หลังจากเสร็จการทดลองในแต่ละช่วงการทดลอง คือ หลังจากเก็บตัวอย่างบนกรงเมแทบอลิซึม ทำการจดบันทึก ตลอดจนกระทั่งเสร็จการทดลองเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง

5.2.3 การวัดและการสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid)

สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมนของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่มทดลองที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหารของวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง โดยวิธีการใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump ปริมาณ 100 มิลลิลิตร นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันทีโดยใช้ pH meter (HANNA instruments HI 98153 microcomputer pH meter) และหลังจากนั้น สุ่มเก็บประมาณ 60 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริก 1 โมลาร์ (H_2SO_4) จำนวน 1 มิลลิลิตรต่อของเหลวจากรูเมน 10 มิลลิลิตร เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนที่ใส (supernatant) เก็บไว้ประมาณ 20-35 มิลลิลิตร นำไปเก็บในตู้แช่แข็งอุณหภูมิประมาณ –20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH_3-N) โดยวิธีการกลั่น (Bremner and Keeney, 1965) โดยใช้เครื่อง KJELTEC AUTO 2200 Analyzer (Foss, TECATOR) และของเหลวอีกส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด (total volatile fatty acid, TVFA) และกรดไขมันระเหยง่ายที่สำคัญได้แก่ กรดแอซิติก(acetic acid, C_2) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C_3) และกรดบิวทิริก (butyric acid, C_4) นำค่าปริมาณของกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริกมาคำนวณปริมาณแก๊สมีเทนตามวิธีการของ Moss และคณะ (2000) ดังนี้

ปริมาณแก๊สมีเทน (mol/L) = (0.45 × ปริมาณกรดแอซิติก) – (0.275 × ปริมาณ กรดโพรพิโอนิก) + (0.40 × ปริมาณของกรดบิวทิริก)

สุ่มเก็บของเหลวกระเพาะรูเมน 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกขนาด 30 มิลลิลิตร เติมฟอร์มาลีน (formalin) เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (10 % formalin solution in 0.9 % 9 normal saline) ปริมาณ 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาตรวจนับ จำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา โดยวิธีนับตรง (total direct count) ตามวิธีของ Galyean (1989)

5.2.4 เก็บตัวอย่างเลือด ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหารของวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง โดยเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ใส่หลอดที่มีเฮพพารีน (heparinized) เพื่อป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัวหลังจากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที ใช้เวลา 10 นาทีและเก็บส่วน plasma ใส่ตู้เย็นแช่แข็งที่อุณหภูมิ

–20 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (blood urea-nitrogen, BUN) (Crocker, 1976)

5.2.5 การสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

การเก็บปัสสาวะในช่วงสัตว์อยู่บนกรงเมแทบอลิซึม โดยทำการเก็บติดต่อกัน 5 วันในช่วงสุดท้ายของระยะเก็บตัวอย่างใช้วิธีการเก็บแบบทั้งหมด โดยใช้ถังพลาสติกขนาดความจุ 5 ลิตร ซึ่งมีถาดรูปกรวยวางไว้บนถังพลาสติกคอยรองรับปัสสาวะตลอดเวลา ในถังเติมกรดซัลฟูริก 1 โมลลาร์ H_2SO_4 ในสัดส่วน 1M H_2SO_4 ต่อปัสสาวะ 1: 10 เพื่อเป็นการตรึงไนโตรเจนในปัสสาวะและปรับให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของปัสสาวะมีค่าอยู่ระหว่าง 2-3 ทั้งนี้เพื่อหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่จะเข้าไปย่อยสลายไนโตรเจนในปัสสาวะ ทำการวัดปริมาตรทั้งหมดที่ได้ในแต่ละวันและทำการสุ่มเก็บไว้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมดเพื่อนำไปรวมกับวันที่ 2, 3, 4 และ 5 แล้วทำ การสุ่มอีกครั้งประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาทีนาน 15 นาที เก็บเฉพาะส่วนใสหลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะตามวิธีการของ AOAC (1990) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสมดุลไนโตรเจน (nitrogen balance) ต่อไป

5.2.6 การสุ่มเก็บตัวอย่างมูล

เริ่มทำการเก็บพร้อมกับการเก็บปัสสาวะ โดยเก็บ 5 วันติดต่อกันในช่วงท้ายของการทดลอง ใช้วิธีการเก็บแบบทั้งหมด (total collection) โดยทำการเก็บในช่วงเช้าเวลา 06.30 น. โดยการชั่งน้ำหนักมูลทั้งหมด การเก็บมีถาดรองมูลซึ่งอยู่ด้านหลังของถาดรองปัสสาวะก่อนเก็บทำการคลุกทุกส่วนให้เข้ากันและแบ่งเก็บเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1: เก็บประมาณ 200 กรัมนำไปอบที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้งของมูลที่ขับถ่ายออกมาในแต่ละวัน

ส่วนที่ 2: เก็บไว้ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมูลทั้งหมดในแต่ละวันนำไปเก็บไว้ที่ –20 องศาเซลเซียสทำการเก็บเช่นนี้จนครบ 5 วันแล้วนำมูลทั้งหมดในปริมาณที่เท่ากันของแต่ละกลุ่มทดลองที่เก็บไว้มาคลุกให้เข้ากันทำการสุ่มเก็บอีกครั้ง 5 เปอร์เซ็นต์และนำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมงหรือจนกว่าจะแห้งสนิทแล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 0.1 มิลลิเมตรเพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในอาหารเพื่อนำไปคำนวณหาการย่อยได้ตามวิธีการของ Schnieder และ Flatt (1975) ดังสมการต่อไปนี้

$$\textbf{การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (\%)} = 100 - 100 \times \frac{\left(\text{น้ำหนักมูลปรับแห้ง}\right)}{\text{น้ำหนักของอาหารที่กินปรับแห้ง}}$$

$$\textbf{การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - 100 \times \frac{(\%\text{โภชนะในมูล} \times \text{น้ำหนักมูลปรับแห้})}{\%\ \text{โภชนะในอาหาร} \times \text{น้ำหนักของอาหารที่กินปรับแห้ง}}$$

6. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ อาหารผสมเสร็จ และมูล ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม และเถ้า โดยใช้วิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) สำหรับการวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ดัดแปลงตามวิธีการของ Van Soest และคณะ (1991) การวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตเจนในของเหลวกระเพาะรูเมน โดยการกลั่นตามวิธีการของ Bermner และ Keeney (1965)

การวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยง่าย ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนส่งตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น โดยใช้เครื่อง High-performance liquid chromatography (HPLC) (Hewlett Packard) ประกอบด้วย water 510 pump (Millipore), UV Detector 210 นาโนเมตร ODS reverse phase column (5μ, 40 $\times$ 250 มิลลิเมตร) ดัดแปลงตามวิธีการของ Samuel และคณะ (1997)

สำหรับการวิเคราะห์หาระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น และระดับกลูโคสในกระแสเลือด ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่คลินิกหาดใหญ่แล็บ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยทั้งนี้การวิเคราะห์หาระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ใช้เครื่อง spectrophotometerการวิเคราะห์ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดใช้วิธี GOD-PAP method โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Glucose Liquicolor® ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นใช้วิธีการ Liqui Color Procedure No. 2440 (Bull et al., 2000)

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ สมดุลไนโตรเจน ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน กรดไขมันระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น และระดับกลูโคสในกระแสเลือด มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลอง 4×4 จัตุรัสลาติน โดยใช้คำสั่งในโปรแกรม Proc GLM และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

บทที่ 3
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 15 พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Wan Zahari และคณะ (2003) ณัฐฐา (2552) Chanjula และคณะ (2015) และ Suryani และคณะ (2016) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 96.80-89.27 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 4.70-7.86 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.20-2.97 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 3.96-10.73 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 66.90-76.09 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 55.60-58.10 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณวัตถุแห้งทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีค่าสูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เนื่องมาจากในกระบวนการหมักผู้ทดลองไม่ได้เติมน้ำ ซึ่งในทางใบปาล์มน้ำหมักกลุ่มอื่นๆ ได้มีการนำยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์มาละลายน้ำก่อนผสมเข้าไปในทางใบปาล์มหมัก ส่งผลให้ความชื้นในทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีค่าต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงค่าความชื้นของทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ พบว่า มีความชื้นที่เหมาะสมในการทำพืชหมัก ซึ่งความชื้นที่เหมาะสมของพืชหมักควรอยู่ที่ระดับ 65-70 เปอร์เซ็นต์ (วิโรจน์, 2559) ส่วนปริมาณเถ้า พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นแร่ธาตุจึงส่งผลให้มีปริมาณเถ้าสูงกว่า ปริมาณโปรตีนรวม พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าโปรตีนรวมสูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิต ($P<0.01$) เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส มีปริมาณลดลงในทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เมื่อเปรียบเทียบกับทางใบปาล์มน้ำมันหมักกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) สอดคล้องกับ Wanapat และคณะ (2013) ที่ได้รายงานเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และฟางข้าวหมักยูเรีย พบว่า ฟางข้าวหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีปริมาณของผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ต่ำกว่าฟาง

ที่ไม่ได้หมัก สำหรับพลังงานรวม พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักทั้ง 4 สูตร มีพลังงานรวม 3.61-4.26 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง

ตารางที่ 15 องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (สภาพสด)

องค์ประกอบทางเคมี	ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก				SEM[1]	P-value
	FOPF	UOPF 5%	COPF 5%	UCOPF 5%		
วัตถุแห้ง	37.16^{A}	31.33^{C}	34.33^{B}	34.00^{B}	0.31	0.004
เถ้า	7.34^{C}	6.94^{C}	13.66^{A}	9.89^{B}	0.54	0.005
โปรตีนรวม	7.98^{C}	16.26^{A}	5.61^{D}	12.07^{B}	0.26	0.003
ไขมันรวม	0.78	0.88	0.89	0.88	0.07	0.54
ผนังเซลล์	78.98^{AB}	82.18^{A}	67.29^{C}	74.27^{B}	1.87	0.007
ลิกโนเซลลูโลส	66.50^{A}	65.61^{A}	56.59^{B}	63.47^{A}	1.73	0.006
ลิกนิน	26.45^{a}	24.29^{a}	19.36^{b}	22.81^{ab}	1.28	0.03
พลังงานรวม (เมกกะแคลอรี/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)	4.14	4.26	3.61	3.59	-	-
ลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก						
ค่าสี						
L* ค่าความสว่าง	33.83^{A}	23.90^{B}	21.74^{B}	23.67^{B}	1.39	0.001
a* ค่าสีแดง	1.09^{B}	3.39^{A}	4.12^{A}	3.70^{A}	0.50	0.004
b* ค่าสีเหลือง	21.30^{A}	16.27^{AB}	14.04^{B}	14.27^{B}	1.11	0.002
pH	4.54^{C}	8.82^{A}	8.09^{B}	8.19^{B}	0.06	0.001
กลิ่น	กลิ่นหอมเหมือนผลไม้ดอง	กลิ่นแอมโมเนียจากยูเรียมาก	กลิ่นหอมเหมือนผลไม้ดอง	กลิ่นแอมโมเนียจากยูเรียเล็กน้อย	-	-
เนื้อสัมผัส	นิ่ม เล็กน้อยยังมีส่วนแข็งปานกลาง	นิ่มปานกลางยังมีส่วนแข็งเล็กน้อย	นิ่มมากยุ่ยเปื่อยไม่มีส่วนแข็ง	นิ่มมากยุ่ยเปื่อยไม่มีส่วนแข็ง	-	-
สีที่ประเมินด้วยสายตา	เขียวอมเหลือง	เขียวคล้ำ	น้ำตาลอมเขียวคล้ำ	น้ำตาลอมเขียวคล้ำ		-

[A, B] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=3)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง หลังจากหมักทางใบปาล์มน้ำมัน 30 วัน พบว่า กลุ่มทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อย่างไรก็ตาม เมื่อตรวจสอบลักษณะทางคุณภาพ พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด่างที่แตกต่างกัน มีกลิ่นเฉพาะตัวโดยเฉพาะทางใบปาล์มน้ำมันที่มีส่วนผสมของยูเรียมีกลิ่นค่อนข้างเหม็นแอมโมเนีย ส่วนค่าสีจากการประเมินด้วยสายตา พบว่า สีส่วนใหญ่ไปในทางสีเขียวคล้ำ สอดคล้องกับแนวภาพมาตรฐานแกนเทียบสี L*, a* และ b* ที่ได้จากเครื่องวัดสี (CHROMA METER CR-400)

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียม ไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ (ตารางที่ 16) พบว่า อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนรวมเท่ากับ 17.77 และ 15.12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากไม่มีส่วนผสมของยูเรีย อย่างไรก็ตาม พบว่า องค์ประกอบ ของผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน ของอาหารผสมเสร็จทั้ง 4 สูตร มีองค์ประกอบที่ใกล้เคียงกัน และพลังงานรวม พบว่า อาหารผสมเสร็จทั้ง 4 สูตร มีค่าพลังงานรวม เท่ากับ 4.33, 4.30, 4.09 และ 4.21 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 16 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	อาหารผสมเสร็จ			
	FOPF	**UOPF 5%**	**COPF 5%**	**UCOPF 5%**
วัตถุแห้ง	97.71	97.23	97.90	97.58
เถ้า	6.24	5.43	8.60	7.43
อินทรียวัตถุ	93.76	94.57	91.40	92.57
โปรตีนรวม	12.62	17.77	11.98	15.12
ไขมันรวม	2.36	2.45	2.59	2.47
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง[1]	20.99	17.52	18.22	19.09
ผนังเซลล์	57.80	56.83	58.61	55.89
ลิกโนเซลลูโลส	31.87	32.71	32.56	31.43
ลิกนิน	9.63	10.03	10.24	10.05
เฮมิเซลลูโลส[2]	25.93	24.11	26.05	24.46
เซลลูโลส[3]	22.23	22.69	22.32	21.38
พลังงานรวม (เมกกะแคลอรี/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)	4.33	4.30	4.09	4.21

หมายเหตุ:

[1]/คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง = 100 – (%โปรตีนรวม + %ผนังเซลล์ + %ไขมันรวม + %เถ้า)

[2]/เฮมิเซลลูโลส = ผนังเซลล์ – ลิกโนเซลลูโลส

[3]/เซลลูโลส = ลิกโนเซลลูโลส – ลิกนิน

ปริมาณอาหารที่กินได้

ผลการใช้อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมดทั้งที่คิดเป็นกิโลกรัมต่อวัน และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวหรือกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก ของทุกกลุ่ม (ตารางที่ 17) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยปริมาณการกินได้ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 1.05-1.13 กิโลกรัมต่อวัน แตกต่างจาก

การศึกษาของ Wanapat และคณะ (2009) ที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรีย 5.5 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าวหมักยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.2 เปอร์เซ็นต์ ในโคนม พบว่า โคนมที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรียและฟางข้าวหมักยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีปริมาณการกินได้อย่างอิสระ และการย่อยได้ของโภชนะสูงกว่าฟางข้าว ($P< 0.05$) ปริมาณการกินได้ที่แตกต่างกันอาจเนื่องจากชนิดของสัตว์ ระยะการเจริญเติบโตของสัตว์ และลักษณะของฟางข้าวหมักยูเรียที่ความน่ากินมากกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจากกลิ่นเหม็นของแอมโมเนีย และความน่ากินของทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย สอดคล้องกับรายงานของ Paengkoum และคณะ (2006) ที่ทำการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียที่ระดับ 10-50 กรัมต่อกิโลกรัมในแพะ พบว่า เมื่อแพะได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียที่ระดับ 10-30 กรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณการกินอย่างอิสระเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มของระดับยูเรียมากกว่า 30 กรัมต่อกิโลกรัม แพะมีปริมาณการกินได้อย่างอิสระลดลง ($P<0.05$) เนื่องจากความน่ากินลดลง และกลิ่นของแอมโมเนีย อย่างไรก็ตาม จากรายงานของ Wanapat และคณะ (1985) พบว่า ฟางข้าวหมักยูเรีย 5.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถปรับปรุงการย่อยได้ และเพิ่มปริมาณการกินอาหาร เนื่องจากความเข้มข้นของด่างสามารถทำลายพันธะเอสเทอร์ระหว่างลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส จนทำให้เส้นใยโครงสร้างเซลล์พืชพองได้ ส่งผลให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถย่อยโครงสร้างคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างได้ง่ายขึ้น ทำให้เพิ่มการย่อยได้ของโภชนะได้ดีขึ้นและเพิ่มปริมาณการกินได้ให้สูงขึ้น ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในฟางข้าวสามารถช่วยเพิ่ม ปริมาณการกินได้ในโค จาก 6.56 เป็น 6.89 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน (Qingxiang, 2002)

ตารางที่ 17 ปริมาณอาหารที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารผสมเสร็จ				SEM[1]	P-value
	FOPF	UOPF 5%	COPF 5%	UCOPF 5%		
ปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด						
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	1.10	1.05	1.13	1.11	0.04	0.41
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	2.98	2.81	3.16	2.99	0.16	0.54
กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก	73.52	69.39	77.09	73.08	3.16	0.50

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

ปริมาณโภชนะที่กินได้

ปริมาณโภชนะที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 18 พบว่า ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุ ของแพะทุกกลุ่มมีค่าเท่ากับ 1.035, 0.965, 1.015 และ 1.007 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับการศึกษาของ ภูวดล (2560) ซึ่งได้ทำการศึกษาการใช้อาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในแพะ พบว่า แพะมีปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 1.030-1.130 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ มีการกินได้สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เนื่องจากปริมาณของยูเรียที่สูงในทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย ทำให้สัตว์สามารถกินโปรตีนได้สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ ลิกเซลลูโลส และลิกนิน พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ เท่ากับ 0.632, 0.577, 0.652 และ 0.607 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ทำนองเดียวกัน ปริมาณ การกินได้ของลิกโนเซลลูโลสและลิกนินของแพะทุกกลุ่ม เท่ากับ 0.350, 0.335, 0.365 และ

0.346 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ และ 0.115, 0.100, 0.112 และ 0.107 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 18 ปริมาณโภชนะที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารผสมเสร็จ				SEM[1]	P-value
	FOPF	UOPF 5%	COPF5%	UCOPF 5%		
ปริมาณโภชนะที่กินได้						
อินทรียวัตถุ						
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	1.035	0.965	1.015	1.007	0.03	0.64
โปรตีนรวม						
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.140[b]	0.182[a]	0.135[b]	0.165[ab]	0.009	0.04
ผนังเซลล์						
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.632	0.577	0.652	0.607	0.03	0.45
ลิกโนเซลลูโลส						
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.350	0.335	0.365	0.342	0.01	0.46
ลิกนิน						
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.115	0.100	0.112	0.107	0.006	0.41

[a,b]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 19 พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง 65.14 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้อาหารผสมเสร็จที่มีมีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ 62.09, 62.89 และ 63.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ 67.01 และ67.96 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนในแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับ Wannapat และคณะ (2009) ซึ่งทำการศึกษาการใช้ฟางข้าวหมักร่วมกับยูเรีย 5.5 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าวหมักยูเรีย 2.2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.2 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับฟางข้าวในโคนม พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีนรวม ในฟางข้าวหมักยูเรีย 5.5 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าวหมักยูเรีย 2.2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.2 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าฟางข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Polyorach และ Wanapat (2014) ได้ทำการศึกษาการใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย 50 กรัมต่อกิโลกรัมฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างละ 20 กรัมต่อกิโลกรัมฟางข้าว และฟางข้าวหมักยูเรีย 30 กรัมต่อกิโลกรัมร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 20 กรัมต่อกิโลกรัมฟางข้าว เปรียบเทียบกับฟางข้าวในโคเนื้อ พบว่า กลุ่มที่โคเนื้อที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย 50 กรัมต่อกิโลกรัมฟางข้าว ฟางข้าวหมักยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างละ 20 กรัมต่อกิโลกรัมฟางข้าว และฟางข้าวหมักยูเรีย 30 กรัมต่อกิโลกรัม ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 20 กรัมต่อกิโลกรัมฟางข้าว มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีนรวมสูงกว่าโคเนื้อที่ได้รับฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของด่างสามารถทำลายพันธะเอสเทอร์ระหว่างลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส จนทำให้เส้นใยโครงสร้างเซลล์พืชพองได้ ส่งผลให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถย่อยโครงสร้างคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างได้ง่ายขึ้น ทำให้เพิ่มการย่อยได้ของโภชนะได้ดีขึ้น (Wanapat *et al*., 1985)

แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์สูงกว่าอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน พบว่า แพะทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม จากการรายงานของ Wannapat และคณะ (1996) รายงานว่าการใช้ด่างในการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบสามารถทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะและปริมาณการกินได้ของสัตว์เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นด่างสามารถทำลายพันธะเอสเตอร์ระหว่างลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และ

เซลลูโลส ซึ่งสามารถเปลี่ยนโครงสร้างของพืช จึงทำให้การย่อยได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การใช้ด่างในการปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวช่วยส่งผลให้โครงสร้างพืชมีพื้นผิวที่เพิ่มขึ้น ทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถเข้าไปย่อยได้สูงขึ้นและทำให้เพิ่มอัตราการไหลผ่านของฟางข้าวที่ผ่านการย่อยในทางเดินอาหารของโคเร็วขึ้น (Mapato *et al*., 2010)

เมื่อพิจารณาโภชนะที่ย่อยได้รวมของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อยู่ในช่วง 63.57-65.90 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อาจเนื่องจากอาหารที่ใช้ทดลองในครั้งนี้เป็นอาหารผสมเสร็จซึ่งโภชนะที่ใช้อาจแตกต่างกันไม่มากจึงทำโภชนะที่ย่อยได้รวมของแพะไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 19 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารผสมเสร็จ				SEM[1]	P-value
	FOPF	UOPF 5%	COPF 5%	UCOPF 5%		
สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)						
วัตถุแห้ง	62.09^{C}	62.89^{BC}	63.60^{B}	65.14^{A}	0.38	0.007
อินทรียวัตถุ	64.03^{B}	64.78^{B}	67.01^{A}	67.96^{A}	0.35	0.001
โปรตีนรวม	56.04^{b}	67.09^{a}	61.18^{ab}	65.60^{a}	2.11	0.03
เถ้า	31.72	29.59	26.70	29.79	4.78	0.90
ไขมันรวม	55.98	56.51	65.48	63.42	3.19	0.17
ผนังเซลล์	55.25^{b}	56.24^{ab}	61.31^{a}	60.72^{a}	1.46	0.05
ลิกโนเซลลูโลส	36.31	38.63	42.41	41.66	2.33	0.31
ลิกนิน	23.99	21.19	32.31	25.97	3.37	0.22
โภชนะที่ย่อยได้รวม[2]	64.54	65.50	63.57	65.90	0.84	0.30

[1]SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

[2]โภชนะที่ย่อยได้รวม = DCP + DCF + DNFE + (DEE × 2.25)

[A, B]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

[a, b]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

สำหรับปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ แสดงในตารางที่ 20 พบว่าอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ 0.657, 0.627, 0.680 และ 0.680 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับ Gunun และคณะ (2013) ที่รายงานว่า การใช้ยูเรียหมักร่วมกับฟางข้าวทำให้ปริมาณของโภชนะที่ย่อยได้สูงขึ้น ปริมาณไขมันที่ย่อยได้ ปริมาณผนังเซลล์ที่ย่อยได้ ปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่ย่อยได้ และปริมาณลิกนินที่ย่อยได้ในแพะทั้ง 4 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 2.39 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง สูงกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก (2.28 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่เมื่อคิดในหน่วย เมกกะแคลอรีต่อวัน พบว่า แพะทุกกลุ่มที่ได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่แพะได้รับเพียงพอกับความต้องการของแพะน้ำหนัก 30 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโต 150 กรัมต่อวัน ซึ่งต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยเฉลี่ย 2.38 เมกกะแคลอรีต่อวัน (NRC, 1981)

ตารางที่ 20 ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารผสมเสร็จ				SEM	P-value
	FOPF	UOPF 5%	COPF 5%	UCOPF 5%		
ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ (กิโลกรัม/ตัว/วัน)						
อินทรียวัตถุ	0.657	0.627	0.680	0.680	0.03	0.48
โปรตีนรวม	0.075[b]	0.125[a]	0.080[b]	0.107[ab]	0.01	0.05
ไขมันรวม	0.017	0.012	0.020	0.017	0.002	0.26
ผนังเซลล์	0.347	0.325	0.402	0.365	0.02	0.25
ลิกโนเซลลูโลส	0.122	0.130	0.155	0.142	0.01	0.32
ลิกนิน	0.025	0.022	0.037	0.027	0.004	0.25
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้*						
เมกกะแคลอรี/วัน	2.50	2.37	2.58	2.58	0.10	0.44
เมกกะแคลอรี/กิโลกรัมวัตถุแห้ง	2.28[b]	2.33[ab]	2.32[ab]	2.39[a]	0.01	0.01

*พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกกะแคลอรี/วัน) = ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กก.) × 3.8 (Kearl, 1982)

*, [b]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 21 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) สอดคล้องกับรายงานของ Polyorach และ Wanapat (2014) ที่พบว่า การใช้ยูเรียและยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์หมักฟางข้าวทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อสูงกว่าโคเนื้อที่ได้รับฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่าง ค่อนข้างคงที่ (6.49-6.72) ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อย

สลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) และจุลินทรีย์ที่ย่อยของโปรตีน (proteolytic bacteria) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.38-6.58 (Kopency and Wallace, 1982)

ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 21 พบว่า ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าแพะทุกกลุ่ม ($P<0.01$) รองลงมา คือ แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มหมัก และอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อาจเนื่องจากปริมาณของยูเรียในสูตรอาหารที่สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ Wanapat และคณะ (2013) ที่พบว่า ปริมาณของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของโคนมที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรียและฟางข้าวหมักยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์สูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งระดับที่ปกติของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 15-30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการสังเคราะห์โปรตีนจุลินทรีย์ (Perdok and Leng, 1990) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดสัตว์ อาหาร โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต และปริมาณโปรตีนที่กินได้ (Lewis, 1975)

ตารางที่ 21 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารผสมเสร็จ				SEM	P-value
	FOPF	UOPF 5%	COPF 5%	UCOPF 5%		
ค่าความเป็นกรด-ด่าง						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	6.59^{b}	6.69^{ab}	6.73^{ab}	6.94^{a}	0.08	0.03
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	6.38	6.53	6.51	6.50	0.08	0.54
เฉลี่ย	6.49^{b}	6.61^{ab}	6.62^{ab}	6.72^{a}	0.04	0.05
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	12.14^{B}	17.50^{A}	11.43^{B}	13.57^{B}	0.91	0.01
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	12.86^{C}	22.86^{A}	13.21^{C}	16.43^{B}	0.64	0.001
เฉลี่ย	12.50^{C}	20.18^{A}	12.32^{C}	15.00^{B}	0.60	0.001

^{A,B,C}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

^{a,b,c}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด ปริมาณกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทิริก สัดส่วนของแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก และสัดส่วนกรดแอซิติกและกรดบิวทิริกต่อกรดโพรพิโอนิก ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 22 พบว่า กรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดจากของเหลวกระเพาะรูเมนเวลาที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร) ของแพะทุกกลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าอยู่ในช่วง 107.56-120.53 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ แต่พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดที่ 4 ชั่วโมง (หลังกินอาหาร) เท่ากับ 113.45, 115.04 และ 122.08 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ และปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดเฉลี่ย เท่ากับ 113.90, 115.74 และ 121.31 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก (P<0.05) สอดคล้องกับรายงานของ Wanapat และคณะ (2013) ที่ได้ศึกษาการใช้ยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ รวมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์ ในฟางข้าว และฟางข้าวหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับฟางข้าว พบว่า โคที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าวหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ มีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าว อาจเนื่องจากปริมาณของผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินของทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ลดลง ส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุ ปริมาณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของแพะเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Sutton (1985) ที่รายงานว่า ปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายที่ถูกผลิต มีความสัมพันธ์กับปริมาณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ ถ้าหากปริมาณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น ปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยปกติแล้วปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะแปรผันในระหว่าง 70-150 มิลลิโมลต่อลิตร (บุญล้อม, 2541)

ปริมาณกรดแอซิติก เวลาที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และเวลาที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 61.97 และ 63.98 เปอร์เซ็นต์สูงกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทำนองเดียวกับปริมาณกรดแอซิติก เฉลี่ย พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 62.98 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมัน

หมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และปริมาณกรดโพรพิโอนิก ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) พบว่า แพะทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 24.42-28.58 เปอร์เซ็นต์ และ 24.88-31.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่พบว่าปริมาณกรดโพรพิโอนิกเฉลี่ยของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากด่างทำให้ปริมาณของผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลสลดลง ส่งผลให้มีการย่อยได้สูงขึ้นจึงทำให้ปริมาณของกรดแอซิกติกลดลง แต่กรดโพรพิโอนิกผลิตสูงขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณกรดโพรพิโอนิกจะผันแปรตามปริมาณอาหารข้น (บุญล้อม, 2541) ปริมาณความเข้มข้นของกรดบิวทิริก ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) และความเข้มข้นเฉลี่ยของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 12.22-17.13 เปอร์เซ็นต์ 11.12-14.66 เปอร์เซ็นต์ และ 11.67-15.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับโดยปกติปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายจะผันแปรไปตามชนิดของอาหารและระยะเวลาหลังจากให้อาหาร ปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายที่มีมากที่สุด คือ กรดแอซิติกโดยมีประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด และอาจจะลดลงเมื่อสัดส่วนของอาหารข้นเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณของกรดโพรพิโอนิกจะมีประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด เมื่อระดับของอาหารข้นสูงขึ้น ทำให้ปริมาณของกรดโพรพิโอนิกมีปริมาณสูงขึ้นตามปริมาณอาหารข้น ส่วนกรดบิวทิริกจะไม่ผันแปร โดยจะมีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด (บุญล้อม, 2541) ทำนองเดียวกับ Hungate (1966) กล่าวว่า ความเข้มข้นของกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริกในกระเพาะรูเมนควรอยู่ที่ 62, 16 และ 22 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายทั้งหมด ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จากการรายงานของปิ่น และวสันณ์ (2558) พบว่า แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด กรดแอซิติก โพรพิโอนิก และบิวทีริก อยู่ในช่วง 74.05-79.23 มิลลิโมลต่อลิตร 68.00-70.20, 19.18-20.95 และ 6.33-6.76 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด

สัดส่วนปริมาณของกรดแอซิติกต่อโพรพิโอนิก ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนปริมาณของกรดแอซิติกต่อโพรพิโอนิกไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) แต่แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทาง

ใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ มีสัดส่วนปริมาณของกรดแอซิติกต่อโพรพิโอนิกสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อาจเนื่องมาจากปริมาณของสัดส่วนกรดโพรพิโอนิกที่สูงขึ้นเมื่อเพิ่มระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Ebrahimi และคณะ (2015) ที่ได้ทำการศึกษา ปริมาณอาหารข้น เปรียบเทียบกับอาหารข้นร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 25 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 50 เปอร์เซ็นต์ ในแพะ พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้น และอาหารข้นร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของสัดส่วนกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก 1.79 และ 1.89 ซึ่งต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องมาจากในแพะที่ได้รับอาหารข้นร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 50 เปอร์เซ็นต์ ได้รับเยื่อใยสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างไรก็ตาม สัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกต่ำนั้นจะช่วยทำให้เก็บพลังงานได้สูงขึ้น เพราะกรดโพรพิโอนิก ให้ประสิทธิภาพของพลังงานสูงกว่ากรดแอซิติก (Van Soest, 1994)

สัดส่วนปริมาณของกรดแอซิติกและกรดบิวทีริกต่อกรดโพรพิโอนิก ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ มีสัดส่วนของ กรดแอซิติกและกรดบิวทีริกต่อกรดโพรพิโอนิกสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อย่างไรก็ตาม สัดส่วนของกรดแอซิติกและกรดบิวทีริกต่อกรดโพรพิโอนิกลดลงในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากปริมาณของกรดโพรพิโอนิกที่เพิ่มขึ้น โดยปกติสัดส่วนของกรดบิวทีริกจะไม่ค่อยผันแปร (ฉลอง, 2541)

ปริมาณของแก๊สมีเทนที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแก๊สมีเทนไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแก๊สมีเทนสูงกว่ากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และ พบว่า

อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีการปลดปล่อยแก๊สมีเทนต่ำกว่าอาหารผสมเสร็จกลุ่มอื่น เนื่องจากในอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างสูง ทำให้ปริมาณของกรดแอซิติกในกระเพาะรูเมนต่ำ แต่มีปริมาณของกรดโพรพิโอนิกสูง จึงส่งผลให้ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สมีเทนต่ำไปด้วย ซึ่งกรดแอซิติกและบิวทิริกเป็นสารตั้งต้นในการผลิตแก๊สมีเทน (ยิ่งลักษณ์, 2560) โดยทำให้เกิดการรีดิวซ์คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ด้วยไฮโดรเจน (H_2) เกิดเป็นแก๊สมีเทน ($CO_2+H_2=CH_4$) แต่ในกระบวนการสังเคราะห์กรดโพรพิโอนิกไม่มีแก๊สมีเทนเกิดขึ้น

ตารางที่ 22 กรดไขมันระเหยง่าย และแก๊สมีเทนในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารผสมเสร็จ				SEM	P-value
	FOPF	UOPF 5%	COPF 5%	UCOPF 5%		
กรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด (มิลลิโมลต่อลิตร)						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	107.56	114.36	116.45	120.53	5.52	0.46
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	101.90^{b}	113.45^{a}	115.04^{a}	122.08^{a}	3.16	0.02
เฉลี่ย	104.73^{b}	113.90^{ab}	115.74^{a}	121.31^{a}	3.06	0.04
กรดแอซิติก (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด)						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	60.74^{a}	61.97^{a}	55.27^{b}	58.52^{ab}	1.38	0.05
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	58.34^{ab}	63.98^{a}	55.87^{b}	54.23^{b}	2.04	0.05
เฉลี่ย	59.54^{AB}	62.98^{A}	55.57^{B}	56.37^{B}	1.12	0.01
กรดโพรพิโอนิก (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด)						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	24.42	25.80	27.59	28.58	1.46	0.28
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	29.06	24.88	30.10	31.10	1.39	0.07
เฉลี่ย	26.74^{bc}	25.34^{c}	28.85^{ab}	29.84^{a}	0.74	0.02
กรดบิวทีริก (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด)						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	14.83	12.22	17.13	12.89	1.95	0.36
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	12.59	11.12	14.02	14.66	1.00	0.16
เฉลี่ย	13.71	11.67	15.57	13.77	1.40	0.36

ตารางที่ 22 กรดไขมันระเหยง่าย และแก๊สมีเทนในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ (ต่อ)

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารผสมเสร็จ				SEM	P-value
	FOPF	UOPF 5%	COPF 5%	UCOPF 5%		
กรดแอซิติก : กรดโพรพิโอนิก						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	2.51	2.43	2.03	2.07	0.14	0.10
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	2.05	2.67	1.86	1.75	0.20	0.07
เฉลี่ย	2.28^{A}	2.55^{A}	1.94^{B}	1.91^{B}	0.07	0.01
กรดแอซิติกและกรดบิวทิริก : กรดโพรพิโอนิก						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	3.13	2.91	2.67	2.53	0.21	0.28
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	2.49	3.13	2.33	2.22	0.20	0.07
เฉลี่ย	2.81^{AB}	3.02^{A}	2.50^{BC}	2.37^{C}	0.09	0.01
แก๊สมีเทน (โมลต่อลิตร)						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	26.98	26.14	24.63	24.14	0.97	0.23
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	23.82	26.84	23.01	22.27	1.00	0.07
เฉลี่ย	25.40^{AB}	26.49^{A}	23.82^{BC}	23.21^{C}	0.48	0.01

$^{A, B, C}$ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

$^{a, b, c}$ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

จำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน แปรผันตามชนิดของอาหาร เพราะกระบวนการหมักส่วนใหญ่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเป็นหลัก (Van Soest, 1994) จำนวนประชากรของแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 23 พบว่า แพะทั้ง 4 กลุ่ม มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และซูโอสปอร์เชื้อราทั้งหมดในกระเพาะรูเมน ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) และค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.88-4.16 $\times$ 10^{9} และ 3.27-5.29 $\times$ 10^{5} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่รายงานว่า จำนวนประชากรแบคทีเรีย และ ซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 10^{10}-10^{12} และ 10^{4}-10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้จำนวนโปรโตซัว ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และจำนวนโปรโตซัวทั้งหมด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.31-1.96$\times 10^{6}$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเมื่อพิจารณาชนิดของโปรโตซัว คือ โปรโตซัวกลุ่ม

Holotrich sp. และ *Entodiniomorph* sp. พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.008-0.03×10^6 และ 1.73-2.06×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยปกติแล้วโปรโตซัว กลุ่ม *Entodiniomorph* sp. มีมากกว่าโปรโตซัว *Holotrich* sp. (Russel and Gahr, 2000) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ประชากรแบคทีเรียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับการศึกษาของ Wanapat และคณะ (2009) ที่ได้ศึกษาการใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย 2.2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.2 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าวหมักยูเรีย 5.5 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับฟางข้าวในโคนม พบว่า โคนม กลุ่มที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย 2.2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.2 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าวหมักยูเรีย 5.5 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนแบคทีเรียสูงกว่าโคที่ได้รับฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อย่างไรก็ตาม โคนมทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันในด้านประชากรโปรโตซัว และประชากรเชื้อรา ทำนองเดียวกับการศึกษาของ ปิ่น และวสันณ์ (2558) ได้รายงานว่า แพะลูกผสมพื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา และทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราร่วมกับยูเรีย มีจำนวนประชากรแบคทีเรียและเชื้อราอยู่ในช่วง 1.62-2.45 × 10^{10}เซลล์ต่อมิลลิลิตรและ 2.03-2.46 × 10^6เซลล์ต่อมิลลิลิตร และพบว่าประชากรโปรโตซัวทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.43-2.76 ×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร อย่างไรก็ตาม ประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของอาหารที่สัตว์ได้รับ อายุสัตว์ ระยะเวลาในการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน สภาพความกรด-ด่างของกระเพาะรูเมน และสัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบ เป็นต้น (Van Soest, 1994)

ตารางที่ 23 จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อรา ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารผสมเสร็จ				SEM	P-value
	FOPF	UOPF 5%	COPF 5%	UCOPF 5%		
แบคทีเรียทั้งหมด (×10^9 เซลล์/มิลลิลิตร)						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	3.89	4.04	3.01	3.56	0.31	0.19
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	4.07	4.28	4.74	4.76	0.45	0.65
เฉลี่ย	3.98	4.15	3.88	4.16	0.268	0.85
โปรโตซัวทั้งหมด (×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร)						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	1.56	1.31	1.96	1.90	0.39	0.64
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	2.00	2.26	2.22	2.23	0.46	0.97
เฉลี่ย	1.78	1.79	2.09	2.06	0.35	0.86

ตารางที่ 23 จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อรา ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ (ต่อ)

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารผสมเสร็จ				SEM	P-value
	FOPF	UOPF 5%	COPF 5%	UCOPF 5%		
กลุ่ม Holotrich						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	0.01	0.01	0.02	0.005	0.008	0.64
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	0.02	0.03	0.04	0.01	0.01	0.34
เฉลี่ย	0.01	0.02	0.03	0.008	0.007	0.24
กลุ่ม Entodiniomorph						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	1.46	1.30	1.94	1.90	0.43	0.67
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	1.99	2.22	2.17	2.22	0.46	0.98
เฉลี่ย	1.73	1.76	2.06	2.06	0.35	0.87
ซูโอสปอร์เชื้อราทั้งหมด ($\times 10^5$ เซลล์/มิลลิลิตร)						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	5.79	2.54	3.00	3.99	0.68	0.06
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	4.78	3.99	3.79	3.78	0.54	0.55
เฉลี่ย	5.29	3.27	3.39	3.89	0.47	0.08

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

เมแทบอไลท์ในกระแสเลือด

ปริมาณความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ความเข้มข้นของกลูโคส และปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ในกระแสเลือดแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 24 สำหรับความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดแพะที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ที่เวลา 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) และความเข้มข้นเฉลี่ย พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ และแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนที่ 0 ชั่วโมง เท่ากับ 27.04 และ 24.92 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ที่ 4 ชั่วโมง เท่ากับ 28.01 และ 25.31 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และความเข้มข้นเฉลี่ย เท่ากับ 27.53 และ 25.12 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Wanapat และคณะ (2009)

ที่พบว่า ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนของโคนมที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย และฟางข้าวหมักยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีค่าสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับฟางข้าว ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในแพะ ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมในแพะ อยู่ในช่วง 11.2-27.7 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Lloyd, 1982) ซึ่งค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ปกติจะผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุ อาหาร ปริมาณโปรตีนที่กินได้ และโดยเฉพาะระดับของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน ดังนั้นการเพิ่มของระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน ส่งผลต่อการเพิ่มระดับของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (Preston *et al*., 1965) เนื่องจากยูเรียเป็นผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการย่อยสลายโปรตีน เมื่อในกระเพาะรูเมนมีการหมักย่อยโปรตีนจะเกิดเป็นแอมโมเนียแล้วจุลินทรีย์นำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนจุลินทรีย์ ส่วนแก๊สแอมโมเนียส่วนเกินจะถูกดูดซึมที่ตับและถูกเปลี่ยนไปเป็นยูเรียแล้วถูกขับออกโดยผ่านทางกระแสเลือด ซึ่งสามารถใช้ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดเป็นตัวบ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนที่กินได้ (เมธา, 2533)

ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดของแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) มีค่าอยู่ในช่วง 60.00-64.75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดมีค่าอยู่ในช่วง 61.25-64.50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร แต่พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีการผลิตของกรดโพรพิโอนิกสูง ส่งผลให้ปริมาณของความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดสูงขึ้น ซึ่งกรดโพรพิโอนิกจากการหมักอาหารข้นในกระเพาะรูเมนเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กลูโคส (เมธา, 2533) อย่างไรก็ตาม ระดับปกติของกลูโคสในกระแสเลือดแพะอยู่ในช่วง 50-75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Keneko, 1980)

ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น พบว่าแพะทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 26.50-29.00 และ 25.75-27.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยของเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 25.37-27.50เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแพะในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงปกติ (22-38 เปอร์เซ็นต์) (Jain, 1993) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแพะลูกผสมพื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 29.63-31.13

เปอร์เซ็นต์ (ณัฐฐา, 2552) และ 30.62-32.37 เปอร์เซ็นต์ (Chanjula *et al*., 2015) โดยทั่วไปปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นเป็นเครื่องมือที่ใช้ชี้วัดสุขภาพสัตว์เบื้องต้นว่ามีความผิดปกติของเลือดหรือไม่ ซึ่งถ้าหากปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่ำกว่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโลหิตจาง (anemia) ในทางตรงกันข้ามหากปริมาณเม็ดเลือดแดงอันแน่นมีค่าสูงกว่าปกติ สัตว์มีอาการของโรคโพลีซัยธีเมีย (polycythemia) ซึ่งเกิดจากการสร้างเม็ดเลือดแดงที่มากผิดปกติ (ไชยณรงค์, 2541)

ตารางที่ 24 ปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจน ปริมาณกลูโคส และปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารผสมเสร็จ				SEM[1]	P-value
	FOPF	UOPF 5%	COPF 5%	UCOPF 5%		
ยูเรีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	14.74[b]	27.04[a]	14.00[b]	24.92[a]	0.96	0.001
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	14.81[b]	28.01[a]	14.79[b]	25.31[a]	0.92	0.0002
เฉลี่ย	14.78[b]	27.53[a]	14.39[b]	25.12[a]	0.90	0.0003
กลูโคส (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	62.25	64.75	60.00	63.00	1.28	0.07
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	61.50[b]	64.25[ab]	62.50[ab]	65.00[a]	0.91	0.03
เฉลี่ย	61.88	64.50	61.25	64.00	0.92	0.09
ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (เปอร์เซ็นต์)						
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	29.00[a]	27.00[b]	27.75[ab]	26.50[b]	0.40	0.02
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	26.00	26.25	27.00	25.75	1.21	0.89
เฉลี่ย	27.50	26.62	25.37	26.12	0.76	0.58

[a, b]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

สมดุลของไนโตรเจนและการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ แสดงในตารางที่ 25 พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์ม

น้ำมันหมัก และอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนปริมาณการขับไนโตรเจน พบว่าแพะทุกกลุ่มมีปริมาณการขับไนโตรเจนทางมูล ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.24-9.741 กรัมต่อตัวต่อวัน แต่แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ และไนโตรเจนที่ขับออกทั้งหมด สูงกว่าแพะกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สอดคล้องกับ Wanapat และคณะ (2013) ซึ่งได้ทำการศึกษาการใช้ฟางหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ ฟางข้าวหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับฟางข้าวในโคนม พบว่า โคนมกลุ่มที่ได้รับฟางหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ ฟางข้าวหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ และไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อาจเนื่องจากปริมาณการกินได้อย่างอิสระ และปริมาณการกินได้ของโปรตีนสูงในอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ และไนโตรเจนที่ขับออกสูงเช่นกัน ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับ มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้อย่างอิสระ

เมื่อพิจารณาค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง11.11-15.61 กรัมต่อตัวต่อวัน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ดูดซึมของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักและทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกาย พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งถ้าหากสัตว์ได้รับไนโตรเจนจากอาหารน้อย สัตว์จะเพิ่มการเก็บกักไนโตรเจนในร่างกาย โดยลดการขับออกของยูเรียทางปัสสาวะทำให้ยูเรียหมุนเวียนกลับสู่กระเพาะรูเมนต่อไป (Church, 1979) อย่างไรก็ตาม จากการทดลองครั้งนี้ พบว่า สมดุลของไนโตรเจนและการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีค่าเป็นบวกในแพะทุกกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ไม่มีผลกระทบต่อสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน เนื่องจากแพะทุกกลุ่มได้รับไนโตรเจนสูง

กว่าความต้องการของร่างกาย ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของแพะทุกกลุ่มที่มีค่าเกินระดับที่แนะนำสำหรับการเจริญที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ซึ่งอยู่ในช่วง 5-8 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Satter and Slyter, 1974)

ตารางที่ 25 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารผสมเสร็จ				SEM	P-value
	FOPF	UOPF 5%	COPF5%	UCOPF 5%		
ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ (กรัม/ตัว/วัน)						
ไนโตรเจนที่ได้รับทั้งหมด	22.09^{b}	29.12^{a}	21.26^{b}	26.03^{ab}	1.73	0.05
ไนโตรเจนที่ขับออก (กรัม/ตัว/วัน)						
มูล	9.74	9.46	8.24	9.10	0.38	0.12
ปัสสาวะ	1.24^{B}	4.04^{A}	1.06^{B}	4.15^{A}	0.54	0.01
ไนโตรเจนที่ขับออกทั้งหมด	10.98^{ab}	13.50^{a}	9.31^{b}	13.25^{a}	0.82	0.03
ไนโตรเจนที่ดูดซึม (กรัม/ตัว/วัน)	12.35^{b}	19.65^{a}	13.02^{b}	16.93^{ab}	1.55	0.04
ไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกาย (กรัม/ตัว/วัน)	11.11	15.61	11.95	12.78	1.52	0.27
ไนโตรเจนที่ดูดซึม (เปอร์เซ็นต์)	55.96^{b}	67.02^{a}	61.11^{ab}	65.46^{a}	2.15	0.03
ไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกาย (เปอร์เซ็นต์)	50.52	53.46	56.16	50.31	3.18	0.55

$^{A, B}$ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

$^{a, b}$ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

บทที่ 4
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาผลของอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. แพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้อย่างอิสระ และปริมาณการกินได้ของโภชนะ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และผนังเซลล์ โภชนะที่ย่อยได้รวม และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2. การใช้อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน แต่พบว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมไนโตรเจนต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

3. แพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะ รูเมน เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในของเหลวกระเพาะรูเมน ขณะที่ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม พบว่า

ปริมาณของแก๊สมีเทนในแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีปริมาณสูงกว่า อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) จำนวนประชากรแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ปริมาณเมล็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน และความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดของแพะทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ ในอาหารแพะไม่ส่งผลกระทบต่อนิเวศวิทยาภายในกระเพาะรูเมนของแพะ

จากผลการศึกษา พบว่า สามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพื่อใช้เป็นอาหารผสมเสร็จสำหรับแพะได้ ทั้งนี้การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถช่วยลดราคาค่ายูเรีย ดังนั้นการใช้ยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในการปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันจึงเป็นแนวทางในการปรับปรุงทางใบปาล์มน้ำมันให้มีโภชนะสูงขึ้นส่งผลให้สัตว์ใช้ประโยชน์ได้สูงขึ้น อีกทั้งยังเป็นการนำทางใบปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรในภาคใต้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้สูงสุด

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมเสร็จต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอาหารผสมเสร็จสำหรับแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ควรมีการศึกษาสมรรถภาพการผลิต ต้นทุนในการเลี้ยง และคุณภาพซากของแพะ โดยใช้อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ รวมทั้งการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์กับเกษตรกรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2547. มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักของกองอาหารสัตว์. เอกสารคำแนะนำกองอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ขวัญดาว แต่งตั้ง, เจษฎา เนรมิตศรัทธา และวุฒิชัย ผอมทอง. 2549. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะ. รายงานปัญหาพิเศษ สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จารุณี อิ่มเอิบ, อังคณา หาญบรรจง, องอาจ อินสังข์ และอรุณี อิงคกุล. 2551. องค์ประกอบทางเคมีและค่าการสลายตัวในกระเพาะรูเมนของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุของทางใบปาล์มน้ำมัน. ใน การประชุมทางวิชาการ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 29 มกราคม- 1 กุมภาพันธ์ 2551 หน้า 235-244.

จีระชัย กาญจนพฤติพงศ์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2529. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ฟางหญ้าหมักยูเรียกับฟางข้าว ราดสารละลายยูเรีย-กากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับวัวนมรุ่นเพศผู้. รายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 24. วันที่ 27-29 มกราคม 2529 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 27-35.

ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์. 2541. โลหิตวิทยาของสัตว์เลี้ยงและการวิเคราะห์. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณัฐฐา รัตนโกศล. 2552. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2548. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และสมเกียรติ สีสนอง. 2548. การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน. *ใน* เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. (ธีระ เอกสมทราเมษฐ์). พิมพ์ครั้งที่ 2, หน้า 25-81. สงขลา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บัญชา สัจจาพันธ์. 2555. สถานการณ์การผลิต การบริโภคและการตลาดแพะ ในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: region9.dld.go.th/Section/education/pdf/ed-goat/ed-goat2.pdf. [เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม 2558].

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และบุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2525. การประเมินคุณภาพพืชหมัก. *ใน* วิธีการวิเคราะห์และทดลองทางโภชนศาสตร์สัตว์. หน้า 103-111. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2546. การเลี้ยงดูและการจัดการแพะ. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประดิษฐ์ อาจชมภู, ศิริศักดิ์ บริรักษ์ธนกุล, เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ, สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒนะ และสมพร จันทระ. 2551. การพัฒนาทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะ. เอกสารประกอบสัมมนาวิชาการการพัฒนาอาชีพการเลี้ยงแพะอย่างยั่งยืนงานแพะแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ณ สวนสมเด็จพระศรีนครินทร์ นครศรีธรรมราช 23 เมษายน 2551 หน้า 57-66.

ปริญญา เฉิดโฉม, กนกพร ภาคีฉาย, อุไรวรรณ อินทศร และปราโมทย์ เพชรศรี. 2558. แนวโน้มการบริโภคเนื้อแพะและแกะในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้. ว. สงขลานครินทร์ 1:201-222.

ปิ่น จันจุฬา และวสันณ์ เพชรรัตน์. 2558. ผลของ fungal treatment ต่อการย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักและสมรรถภาพการผลิตของแพะขุน. รายงานวิจัย รหัสโครงการ NAT570154C. สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปิ่น จันจุฬา. 2555. หลักการผลิตโคเนื้อ. สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ภูวดล เหมชะรา. 2560.ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพฯ: หจก. ฟันนี่พับบลิชชิ่ง.

ยิ่งลักษณ์ มูลสาร. 2560. การจัดการอาหารสัตว์เพื่อลดภาวะโลกร้อน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิจัยกรุงศรี. 2559. อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: https://www.krungsri.com/bank/getmedia/b0779e2e-ef70-43eb-91ff [เข้าถึงเมื่อ 25 ตุลาคม 2560].

วินัย ประลมพ์กาญจน์. 2538. อาหารและการให้อาหารแพะ. สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2559. TMR ยุคใหม่โคนมไทย. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. 2560. ข้อมูลเกษตรกร/ปศุสัตว์ใน (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://ict.dld.go.th/th2/index.php/th/report/11-report-thailand-livestock (เข้าถึงเมื่อ 30 ธันวาคม 2558).

สมเกียรติ สายธนู. 2538. การเลี้ยงแพะ. สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สายัณห์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. กรุงเทพฯ: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2559. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุนทร รอดด้วง. 2555. ผลของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักในอาหารผสมสำเร็จต่อสมรรถภาพการผลิตและลักษณะซากแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวนิต คูประเสริฐ. 2537. โภชนะศาสตร์สัตว์. สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ, ฉิชตา เป็งทินา, พรทิพย์ แสนยอง, นพพล ชุบทอง, ชัยวัฒน์ อาจิน และ ณรกมล เลาห์รอดพันธ์. 2555. ผลของการเสริมยูเรียและกากน้ำตาลต่อคุณภาพของเปลือกข้าวโพดหมักและการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโคดอย. แก่นเกษตร 40 (ฉบับพิเศษ 2) : 187-192.

อนุสรณ์ เชิดทอง, เมธา วรรณพัฒน์, อนุธิดา เสนคำสอน, ธงศักดิ์ คัสมาศ, เรียนชัย เรืองอุไร, นภาพร วาระภิลา และวรุณ โคตะ. 2557. การปรับปรุงคุณภาพของชานข้าวฟ่างหวานด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์โดยการศึกษาด้วยเทคนิคการผลิตแก๊ส. วารสารสัตวศาสตร์แห่งประเทศไทย 1 (พิเศษ): 197-200.

AbdKarim, N. A. and M. Y. Sudin. 2015. A comparative study on the chemical composition of fermented oil palm fronds (OPF) by using probiotics with fresh unfermented OPF. J. Agrobiotech. 6:234-241.

Abu Hassan, O., M. Ishida, S. Oshino and Z. Ahmud Tajuddin. 1995. Utilization of oil palm trunk and fronds as feed for ruminant. Proceedings of the 1st International Symposium on the Integration of Livestock and Oil palm Production, Kuala Lumpur, Malaysia, 25–27 May 1995, pp. 127-136.

Anderson, T and P. Hoffman. 2006. Focus on Forage. Wisconsin: College of Agriculture and Life science. University of Wisconsin.

Anonymous. 2016. Chemical structure and physical characteristics of calcium hydroxide. Available at: http://www.slideshare.net/merina_90/calcium-carbonate-gcse-science. (Accessed on 25 January 2016)

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. The 16th ed. Arlington, V. A. : Association Official. Analytical Chemists.

Bremner, J. M. and D. R. Keeney. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonium nitrate and nitrate. Anal. Chem. Acta. 32:485-493.

Bull, B. S., J. A. Koepke and E. Simson. 2000. Procedure for Determining Packed Cell Volume by The Hematocrit Method (3rd ed.). Pennsylvania: NCCLS publication.

Cao, Y., Y. Zang, L. V. Renlong, T. Takahashi, N. Yoshida and H. Yang. 2014. Effects of adding urea on fermentation quality of pruned persimmon branch silage and its digestibility, preference, nitrogen balance and rumen fermentation in beef cattle. J. Anim. Sci. 85:193-347.

Chanjula, P., V. Petcharat and C. Promkot. 2015. Nutritive value of oil palm frond treated with white rot fungi. Proceedings of the 5th International Conference on Sustainable Animal Agricultural for Developing Countries (5th SAADC 2015), Chonburi, Thailand, 27-30 October, 2015, pp. 135-138.

Chanjula, P., V. Petcharat, P. Hamchara and A. Cherdthong. 2016. Effect of fungal treated oil palm frond in the diet of goats. Proceedings Animal Science congress (17th AAAP 2016), Fukguoka, Japan, 22 –25 August, 2016, pp. 885-888.

Cherdthong, A., and M. Wanapat. 2010. Development of urea products as rumen slow-release feed for ruminant production: a review. Aust. J. Basi. Appl. Sci. 125: 2232-2241.

Church, D. C. 1979. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Vol. I. Corvallis. Oregon: O & B Books Inc.

Crocker, C. L. 1976. Rapid determination of urea-nitrogen in serum or plasma without deproteinization. Am. J. Med. Technol. 33: 361-365.

Dahlan, I., Islam, M. and A. M. Rajion. 2000. Nutrient intake and digestibility of fresh ensiled and pelleted oil palm (*Elaeis quineensis*) frond by goats. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13:1407-1413.

Dias, A. M., Í. Tavo and L. C. V. Damasceno. 2011. Sugar cane treated with calcium hydroxide in diet for cattle: intake, digestibility of nutrients and ingestive behavior. Rev. Brasil. Zootec. 40:1799-1806.

Ebrahimi, M., M. A. Rajion, M. Y. Goh, P. Shokryzadan, A. Q. Sazili and M. F. Jahromi. 2015. Feeding oil palm (*Elaeis guineensis*, Jacq.) fronds alters rumen protozoal population and ruminal fermentation pattern in goats. Italian. J. Anim. Sci. 14:403-409.

FadelElseed, A. M. A., J. Sekine, M. Hishinuma and K. Hamana. 2003. Effects of ammonia, urea plus calcium hydroxide and animal urine treatments on chemical composition and in sacco degradability of rice straw. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 16:368-373.

Fazaeli, H. and A. R. Talebian Masoodi. 2006. Spent wheat straw compost of *Agaricus bisporus* mushroom as ruminant feed. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 6:845-851.

Galyean, M. 1989. Laboratory Procedure in Animal Nutrition Research. New Mexico: Department of Animal and Life Science New Mexico State University.

Gunun N., M. Wanapat, P. Gunun, A. Cherdthong, P. Khejornsart and S. Kang. 2016. Effect of treating sugarcane bagasse with urea and calcium hydroxide on feed intake, digestibility, and rumen fermentation in beef cattle. Trop. Anim. Health. Prod. 48:1123–1128.

Gunun, P., M. Wanapat and N. Anantasook. 2013. Effects of physical form and urea treatment of rice straw on rumen fermentation, microbial protein synthesis and nutrient digestibility in dairy steers. Asian Australas. J. Anim. Sci. 12:1689-1697.

Hamed, A. H. M. and M. E. Elimam. 2010. Performance and digestibility in Nubian goats fed stream treated sorghum stover. Pak. J. Nutr. 9:298-301.

Hart, F. J. and M. Wanapat. 1992. Physiology of digestion of urea-treated rice straw in swamp buffaloes. Asian-Aus. J. Anim. Sci. 5:617–622.

Hungate, R. E. 1966. The Rumen and Its Nicrobes. (ed. R. E. Hungate). New York: Academic Press.

Ishida, M and O. Abu Hassan. 1997. Utilization of oil palm frond as cattle feed. JARQ. 13:41-47.

Islam, M., I. Dahlan, M. A. Rajion and Z. A. Jelan. 2000. Productivity and nutritive values of different fraction of oil palm *(Elaeis guineensis*) frond. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13:1113-1120.

Jain, N. C. 1993. Essentials of Veterinary Hematology (1st ed.). Philadelphia : Lea & Febiger: pp. 295–306.

Kaneko, J. J. 1980. Appendixes. In Clinical Biochemistry of Domestic Animals (3rd ed.). (ed. J. J. Kaneko) pp. 877-901. New York: Academic Press.

Kawamoto, H., W. Z. Mohamed, N. I. M. Sukur, M. S. M. Ali, Y. Islam and S. Oshio. 2001. Palatability, digestibility and voluntary intake of processed oil palm fronds in cattle. Japan Agric. Res. Quart. 35:195-200.

Kim, S. W., S. B. Park, M. J. Kim, D. H. Kim and D. G. Yim. 2014. Effects of different levels of concentrate in the diet on physicochemical traits of korean native black goat meats. Korean J. Food Sci. Anim. 34:457-463.

Kopency, J. and R. J. Wallace. 1982. Cellular location and some properties of proteolytic enzymes of rumen bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 43:1026-1033.

Leng, R. A., and J. V. Nolan. 1984. Nitrogen metabolism in the rumen. J. Dairy. Sci. 67:1072-1089.

Lewis, D. 1975. Blood urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant. J. Agri. 48:438-442.

Lloyd, S. 1982. Blood characteristics and the nutrition of ruminants. Br. Vet. J. 138:70-85.

Mapato. C., M. Wanapat and A. Cherdthong. 2010. Effects of urea treatment of straw and dietary level of vegetable oil on lactating dairy cows. Trop. Anim. Health Prod. 42:1635-1642.

Mohd Sukri, H. 2003. Fattening of beef cattle with oil palm by-products – Oil palm frond based diets. The 8th Meeting of the Regional Working Group on Grazing and Feed Resources for Southeast Asia. Kualalumpur, Malaysia, 22-28 September 2003, pp. 71-75.

Mohd Sukri, I., O. Mohd.Ariff, O. Atil and D. Ahmad Khusairi. 1999. The effects of oil -palm by-products based rations on growth, carcass characteristics and quality of beef cattle in

Morand-Fehr, P. 1991. Goat Nutrition. Rome: European Association for Animal Production Publication.

Moss, R. A., J. P. Jouany and J. Newbold. 2000. Methane production by ruminants : its contribution to global. Ann. Zootech. 49:231–253.

Mushi, D. E., J. Safari, L. A. Mtenga, G. C. Kifaro and L. O. Eik. 2009. Growth and distribution of non-carcass components of Small East African and F1 Norwegian crossbred goats under concentrate diets. Livest. Sci. 126:80-86.

Musnandar, E., A. Hamidah and R. A. Muthalib. 2011. The effect of fermented oil palm frond in diet on body weight gain and meat quality of goat. J. Indonesian. Trop. Anim. Agric. 36:120-125.

Nocek, J. E. and J. B. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. J. Dairy. Sci. 71:2070-2107.

NRC. 1981. Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries. Washington, D.C.: National Academy Press.

Ørskov E. R. 1999. New challenges for livestock research and production in Asia. Outlook on Agriculture 28: 179–185.

Oude Elferink, S. J. W. H., Driehuis, F., Gottschal, J. C. and S. F. Spoelstra. 2000. Silage fermentation processes and their manipulation. *In* Silage Making in the Tropics with Particular Emphasis on Smallholders. (ed. L. 't Mannetje) 1 September - 15 December 1999. Rome: FAO Press. pp.17-30.

Paengkoum, P., J. B. Liang, Z. A. Jelan and M. Basery. 2006. Utilization of steam-treated oil palm frond in growing goat: I Supplementation with dietary urea. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 19:1305-1313.

Perdok, H. B. and Leng, R. A. 1990. Effect of supplementation with protein meal on the growth of cattle given a basal diet of untreated or ammoniated rice straw. Asian Australas. J. Anim. Sci. 3:269-279.

Polyorach, S. and M. Wanapat. 2014. Improving the quality of rice straw by urea and calcium hydroxide on rumen ecology, microbial protein synthesis in beef cattle. J. Anim. Phy. Anim. Nut. 99:449-456.

Pralomkarn, W., S. Saithanoo, S. Kochapakdee and B. W. Norton. 1995. Effect of genotype and plane of nutrition on carcass characteristics of Thai Native and Ango-Nubian X Thai native male goats. Small Rumin. Res. 16:21-25.

Preston R. L. and R. A. Leng. 1987. Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropic and Sub-Tropics. Armidale: Penambull Book.

Preston, R. L., D. D. Schnakanberg and W. H. Pander. 1965. Protein utilization in ruminant. I Blood urea nitrogen as affected by protein intake. J. Nutr. 86:281-287.

Qingxiang, M. 2002. Animal Production Based on Crop Residues-Chinese Experiences. Rome: FAO Press.

Rezende, C. A., M. A. Lima, P. Maziero, E. R. Azevedo, W. Garcia and I. Polikarpov. 2011. Chemical and morphological characterization of sugarcane bagasse submitted to a delignification process for enhanced enzymatic digestibility. Biotechnology for Biofuels 4: 54.

Russel, R. W. and S. A. Gahr. 2000. Modeling Nutrient in Farm Animals. New York: CABI Publishing.

Sahoo, B., M. L. Saraswat., N. Haque. and M. Y. Khan. 2002. Chemical treatment of wheat straw on intake and nutrient utilization in sheep. Indian. J. Anim. Sci. 72:1162-1165.

Salah. N., D. Sauvant and H. Archimède. 2014. Nutritional requirements of sheep, goats and cattle in warm climates: a meta-analysis. Animal 9:1439–1447.

Samuel, M., S. Sagathewan, J. Thomas and G. Mathen. 1997. An HPLC method for estimation of volatile fatty acids of ruminal fluid. Indian J. Anim. Sci. 67:805-807.

Satter, L. D. and L. L Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. Br. J. Nutr. 32:199-208.

Schneider, B. H and W. P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feeds through Digestibility Experiments. Georgia: The University of Georgia Press.

Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1980. Principle and Procedures of Statistics : A Biometrical Approach (2^{nd} ed.). New York : McGraw-Hill Book Co. Inc.

Sundstol, F., A. N. Said and J. Arnason. 1979. Factors influencing the effect of chemical treatment on the nutritive value of straw. Acta Agricola Scandinavica 2:179-190.

Suryani, H., M. Zain, R. W. S. Ningrat and N. Jamarun. 2016. Supplementation of direct fed microbial (DFM) on *in vitro*. Pak. J. Nutr. 15:90-95.

Sutton, J. D. 1985. Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. J. Dairy Sci. 68:1110-1120.

Tan, Z. L., D. X. Lu, W. Y. Niu, C. Y. Han, X. P. Ren, R. Na and S. L. Lin. 2002. Effects of dietary structural to nonstructural carbohydrate ratio on rumen degradability and digestibility of fiber fractions of wheat straw in sheep. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 15:1591-1598.

USDA. 2002. Calcium hydroxide crops. Washington, D.C. : National Organic Standards Board Technical Advisory Panel Review Page Compiled by OMRI for the USDA National Organic Program.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. (2nd ed.) New York: Cornell University Press.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Method for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.

Wan Zahari, M., O. Abu Hassan, H. K. Wong and J. B. Liang. 2003. Utilization of oil palm frond - based diets for beef and dairy production in malaysia. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 16:625-634.

Wanapat M, M. Chenost, F. Munoz, and C. Kayouli. 1996. Methods for improving the nutritive value of fibrous feed: Treatment and supplementation. Ann. Zootech. 45:69-10.

Wanapat M. 1994. Supplementation of straw-based diets for ruminants in Thailand. In: Improving Animal Production Systems based on Local Feed Resources. Proceedings “Sustainable Animal Production and the Environment”.(7th AAAP) Animal Science Congress, July 11-16 1994, Bali, Indonesia.

Wanapat, M., S. Kang, N. Hankla and K. Phesatcha. 2013. Effect of rice straw treatment on feed intake, rumen fermentation and milk production in lactating dairy cows. Afr. J. Agric. Res. 8: 1677–1687.

Wanapat. M., F. Sundstol and T. H. Germo. 1985. A comparison of alkali treatment method to improve the nutritive value of straw I. digestibility and metabolizability. Anim. Feed Sci. Technol. 12:295-309.

Wanapat. M., S. Polyorach, K. Boonnop, C. Mapato and A. Cherdthong. 2009. Effect of treating rice straw with urea or urea and calcium hydroxide upon intake, digestibility, rumen fermentation and milk yield of dairy cows. Livest. Sci. 125:238-243.

Zaman, M. S. and F. Owen. 1990. Effect of calcium hydroxide or urea treatment of barley straw on intake and digestibility in sheep. Small Rumin. Res. 3:237-248.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพประกอบการทดลอง

ภาพที่ 1 ทางใบปาล์มน้ำมัน

ภาพที่ 2 การบดสับทางใบปาล์มน้ำมัน

ภาพที่ 3 ยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์

ภาพที่ 4 การเตรียมทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

ภาพที่ 5 ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ 30 วัน

ภาพที่ 6 การวัดสีทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

ภาพที่ 7 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างของเหลวในรูเมน

ภาพที่ 8 การวัด pH ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

ภาพที่ 9 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเลือดแพะ

ภาพที่ 10 การเก็บตัวอย่างเลือดแพะ

ภาพที่ 11 การเก็บตัวอย่างของเหลวในรูเมน

ภาพที่ 12 การเก็บตัวอย่างอุจจาระและปัสสาวะ

ภาพที่ 13 การชั่งน้ำหนักแพะ

ภาพที่ 14 ตู้อบตัวอย่างอาหาร

ภาพที่ 15 การนับจุลินทรีย์ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนโดยวิธีการนับตรง

ภาพที่ 16 การเจือจางความเข้มข้นของตัวอย่างจุลินทรีย์ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ภาคผนวก ข
การนับประชากรจุลินทรีย์ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน
โดยวิธีนับตรง (Total direct count)

การนับกลุ่มจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ได้แก่ โปรตัวซัว แบคทีเรีย และเชื้อรา ตามวิธีการนับตรง Total direct count โดย Galyean (1989)

1. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ศึกษา

1.1 อุปกรณ์

- ขวดพลาสติกใสสำหรับเก็บตัวอย่าง ขนาด 30 มิลลิลิตร
- สไลด์ Haematocytometer ซึ่งมีขนาดกว้าง 1 มิลลิเมตร ยาว 1 มิลลิเมตร และลึก 0.1 มิลลิเมตรและ clover grass
- บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
- กระดาษทิชชู
- ปิเปตอัตโนมัติขนาด 1,000 และ 5,000 ไมโครลิตร
- กล้องจุลทรรศน์ (Model Carl zeissaxiostar 1031-031)

1.2 สารเคมี

- น้ำเกลือ Normal saline (0.85 % w/v)
- Formalin (10 % v/v)
- น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

2. การเตรียม 10 % Formalin in normal saline (fixing solution)

2.1 การเตรียมสารละลาย fixing solution โดยใช้ formalin ที่มีความเข้มข้น 10 % (v/v) ผสมกับ normal saline (0.85%) ซึ่งเป็นตัวทำละลาย เช่น ถ้าต้องการเตรียม fix solution ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร จะต้องใช้ normal saline 900 มิลลิลิตร และ formalin 100 มิลลิลิตร

3. การเก็บตัวอย่างเพื่อใช้ศึกษา

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนจะทำในวันสุดท้ายของแต่ละระยะในการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างก่อนให้อาหาร (ชั่วโมงที่ 0) และสุ่มตัวอย่างอีกครั้งหลังจากให้อาหาร (ชั่วโมงที่ 4) โดยดูดของเหลวจากกระเพาะรูเมนด้วยกระบอกฉีดยาขนาด 3 มิลลิลิตร โดย

ดูดของเหลวปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดบรรจุ 10 % formalin in normal saline ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอนับจำนวนจุลลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4. การนับจำนวนแบคทีเรีย (Bacterial count)

ทำการเจือจางความเข้มข้นของตัวอย่างของเหลวจากเดิม 10 เท่า เป็น 100 เท่า โดย การดูดตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตรและเขย่าให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำปิเปตอัตโนมัติดูดตัวอย่างที่เจือจางแล้วจากหลอด หยดลงบนสไลด์ haematocytometer และวาง coverslip ปิดทับด้านบนให้ตัวอย่างกระจายทั่ว (ระวังอย่าให้เกิดฟองน้ำเวลาปิด cover slip) แล้วทำการนับโดยนับจำนวน 20 ช่องเล็ก ใช้กำลังขยาย 400 เท่า ในแนวทแยงมุมและนับจำนวน 2 ซ้ำ แล้วนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรแบคทีเรีย โดยสูตร ดังนี้

$$Y = X \times F \times D$$

เมื่อ Y = จำนวนประชากรแบคทีเรีย
X = ค่าเฉลี่ยที่นับได้
D = dilution factor
F = square factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4×10^6

5. การนับจำนวนประชากรโปรโตซัว (Protozoa count)

การนับจำนวนประชากรของโปรโตซัวจากตัวอย่างที่เก็บมา สามารถนับได้เลย โดยไม่ต้องทำการเจือจางอีก โดยใช้กำลังขยาย 100 เท่า นับทั้งหมดใน 1 ช่องใหญ่ ซึ่งประกอบด้วย 400 ช่องเล็ก ทำการนับ 2 ซ้ำ หลังจากนั้นทำการคำนวณประชากรโดยใช้สูตร ดังนี้

$$Y = X \times F \times D$$

เมื่อ Y = จำนวนประชากรโปรโตซัว
X = ค่าเฉลี่ยที่นับได้
D = dilution factor
F = square factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4×10^4

6. การนับจำนวนประชากรเชื้อรา (Fungal zoospores count)

การนับประชากรเชื้อราใช้วิธีการเดียวกับการนับโปรโตซัว เพียงแต่นับเพียง 25 ช่องกลาง ทำการนับ 2 ซ้ำ และคำนวณหาจำนวนประชากรเชื้อราตามสูตร ดังนี้

$$Y = X \times F \times D$$

เมื่อ Y = จำนวนประชากรเชื้อรา

X = ค่าเฉลี่ยที่นับได้

D = dilution factor

F = square factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4×10^5

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายสุรเดช เพชรอาวุธ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5810620048

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาสัตวศาสตร์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2545

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

นักวิชาการสัตวบาลปฏิบัติการ สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดนครศรีธรรมราช กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปี พ.ศ. 2557-ปัจจุบัน

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

สุรเดช เพชรอาวุธ, ปิ่น จันจุฬา และอนุสรณ์ เชิดทอง. 2560. ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อปริมาณการกินได้ และเมแทบอไลท์ในกระแสเลือดของแพะ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (ฉบับพิเศษ 2) 48: 161-168.