ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

Effect of Fungal Treated Oil Palm Frond on Feed Intake, Digestibility, Ruminal Fermentation, and Nitrogen Balance in Goats

ภูวดล เหมชะรา

Puwadon Hamchara

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
2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

ผู้เขียน นายภูวดล เหมชะรา

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่น จันจุฬา)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ เชิดทอง)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่น จันจุฬา)

.....กรรมการ

(ผู้ชวยศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ เชิดทอง)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. โอภาส พิมพา)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องอาจ อินทร์สังข์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นจันจุฬา)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ เชิดทอง)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ.....
(นายภูวดล เหมชะรา)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายภูวดล เหมชะรา)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

ผู้เขียน นายภูวดล เหมชะรา

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของอาหารผสมเสร็จ ที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา *Lentinus sajor-caju* ทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ โดยศึกษาในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุประมาณ 15-16 เดือน และมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 31.88±4.31 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว ใช้แผนการทดลองแบบ 4×4 จัตุรัสลาติน ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ผนังเซลล์ลิกนิน และโภชนะรวมที่ย่อยได้ ของอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน และลิกโนเซลลูโลสของอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในของเหลวกระเพาะรูเมน ของอาหารทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของกรดไขมันระเหยง่าย พบว่า แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดโพรพิโอนิกสูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ขณะที่ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือด และปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) แต่อาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนสูงกว่าทางใบปาล์มน้ำน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ดังนั้น สามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมเสร็จสำหรับเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนของแพะ

Thesis Title	Effect of Fungal Treated Oil Palm Frond on Feed Intake, Digestibility, Ruminal Fermentation, and Nitrogen Balance in Goats
Author	Mr. Puwadon Hamchara
Major Program	Animal Science
Academic Year	2016

ABSTRACT

This study aimed to examine effects of levels of *Lentinus sajor-caju* treated oil palm frond (FTOPF) replaced the OPF at 0, 33, 67, and 100 % on feed intake, digestibility, rumen fermentation, and nitrogen balance in goats. Four of 15-16 months old male crossbred (50 % Thai Native – Anglo Nubian) goats with averages of initial body weight (BW) of 31.88±4.31 kg were arranged according toa 4×4 Latin Square design. The results showed that total dry matter intake had no statistic significance ($P>0.05$) by inclusion of FTOPF. However, the efficiency values of digestibility of DM, OM, NDF, ADL, and TDN on FTOPF, were higher ($P<0.01$) in treatment with 33, 67, and 100% of FTOPF as compared with 0% of FTOPF with statistic significance. While the efficiency values of digestibility of CP and ADF on FTOPF were higher ($P<0.05$) in treatment with 33, 67, and 100% of FTOPF as compared with 0% of FTOPF with statistic significance. The ruminal fluid pH, NH_3-N, and rumen micro-organism for all groups had no significance ($P>0.05$) by FTOPF levels. The propionate (C_3) was lower in goats fed with 0% of FTOPF than those of other groups ($P<0.05$) with statistic significance. The BUN, blood glucose, and pack cell volume were similar among treatments ($P>0.05$). However the amount of nitrogen efficiency was the lowest in goat fed with 0% of FTOPF than those of other groups ($P<0.01$) with statistic significance.

This study suggested that FTOPF could be effectively used as roughage substitution for OPF in the total mixed ration diet at 100 %, for 50 % Thai Native-Anglo Nubian goats. Which had no adverse effects on nutrient utilization, rumen ecology, and nitrogen balance of goats.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และบุคลากรหลายฝ่ายที่ให้ความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้า ท่านแรกข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ปิ่น จันจุฬา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ นอกจากนี้ท่านยังให้คำปรึกษาและแนวคิดที่ดีในการทำงาน และการใช้ชีวิตของข้าพเจ้า ท่านที่สองข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อนุสรณ์ เชิดทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อำนวยความสะดวกและความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้าในการทำงานวิจัย ณ ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรอาหารสัตว์เขตร้อน (TROFREC) ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และขอขอบพระคุณ ดร.ณัฐพัชร์ ศรีหะนัลต อาจารย์ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้คำแนะนำและให้ความรู้เกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงเชื้อราที่ใช้เป็นอาหารทดลองครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ. ดร.โอภาส พิมพา และ ผศ. ดร.องอาจ อินทร์สังข์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณสหัทยา พงศ์ประยูร นักวิชาการหมวดแพะ และเจ้าหน้าที่หมวดแพะ ภาควิชาสัตวศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกขณะที่ทดลอง และขอขอบพระคุณ คุณสุจิตร์ ชลดำรงค์กุล และคุณณัฐฐารัตน โกศล เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างทดลองและนักศึกษาทุกท่านที่ช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณสถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ ระยะที่ 2 (CoE-ANRB: phase 2) และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนเงินวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่น้องในครอบครัวของข้าพเจ้า ที่คอยให้กำลังใจในการเรียนการทำวิทยานิพนธ์และสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษาต่อครั้งนี้ คุณความดีจากความรู้แห่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้ที่มีพระคุณทั้งหลายที่คอยประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

ภูวดล เหมชะรา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(8)
สารบัญ	(9)
รายการตาราง	(10)
รายการภาพประกอบ	(12)
รายการภาพประกอบภาคผนวก	(13)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(14)
บทที่	
1. บทนำ	1
ตรวจเอกสาร	3
วัตถุประสงค์	35
2 วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	36
วัสดุและอุปกรณ์	36
วิธีการทดลอง	37
3 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	46
4 สรุปและข้อเสนอแนะ	74
สรุป	74
ข้อเสนอแนะ	75
เอกสารอ้างอิง	76
ภาคผนวก	87
ก ภาพประกอบการทดลอง	88
ข การนับประชากรจุลินทรีย์ในของเหลวกระเพาะรูเมนโดยวิธีนับตรง	91
ค น้ำหนักของแพะทดลองในแต่ระยะเวลาทดลอง	94
ประวัติผู้เขียน	95

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณจำนวน ปศุสัตว์ โคเนื้อ โคนม กระบือ แพะ และ แกะในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2554-2558	4
2	ปริมาณพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในภาคใต้ ปี พ.ศ. 2555-2558	14
3	องค์ประกอบทางโภชนะของทางใบปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์และฟางข้าว	16
4	องค์ประกอบทางเคมีของแต่ละส่วนของทางใบปาล์มน้ำมัน	17
5	ระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและลักษณะซากโค	19
6	ระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่อประสิทธิภาพการให้นมในโคซาฮีวาลฟรีเซี่ยน	20
7	สัดส่วนของวัตถุดิบ (คิดเป็นวัตถุแห้ง) ที่ใช้ประกอบสูตรอาหารผสมเสร็จ และคุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)	39
8	ผังการทดลอง	40
9	องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมัน ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราและอาหารผสมเสร็จ ที่ประกอบด้วย ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)	48
10	ปริมาณอาหารที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จ ที่ประกอบด้วย ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ	50
11	ปริมาณโภชนะที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จ ที่ประกอบด้วย ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ	52
12	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ	55
13	ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ	57

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	ค่าความเป็นกรด-ด่าง และแอมโมเนีย-ไนโตเจนในกระเพาะรูเมน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ.....	60
15	กรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ.....	65
16	จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัวและซูโอสปอร์เชื้อรา ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ.....	67
17	ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ยูเรีย-ไนโตรเจน และปริมาณกลูโคส ในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ.....	70
18	ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ.....	73

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของทางใบปาล์มน้ำมัน.....	15
2	ส่วนประกอบของเห็ด…….....	23
3	บทบาทของ SOD ต่อกระบวนการย่อยลิกนิน.....	25
4	การสร้าง H_2O_2 โดยเอนไซม์ glyoxal oxidase และการสร้าง H_2O_2 โดยเอนไซม์ aryl alcohol oxidase.....	26
5	กระบวนการ oxidative และบริเวณที่เอนไซม์ LiP ตัดโครงสร้าง non-phenolic arylglycerol-ß-aryl ether และ MnP ตัดโครงสร้าง terminal phenolic arylglycerol-ß-aryl ether.....	27
6	กระบวนการย่อยสลายลิกโนเซลลูโลสของเชื้อรากลุ่ม WRF.....	28
7	ระยะทดลอง และการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทดลอง.....	41

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	เชื้อรา *Lentinus sajor-caju*.....	88
2	การย้ายเชื้อราลงสู่เมล็ดข้าวฟ่าง.....	88
3	เมล็ดข้าวฟ่างหลังฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน.....	88
4	การบดทางใบปาล์มน้ำมัน.....	88
5	การบรรจุทางใบปาล์มน้ำมันบดใส่ถุงเพาะเห็ด.....	88
6	การนึ่งฆ่าเชื้อทางใบปาล์มน้ำมันบด.....	88
7	การย้ายหัวเชื้อราลงถุงเพาะเห็ด.....	89
8	การเจริญเติบโตของเชื้อรา 3 สัปดาห์.....	89
9	การนำทางใบปาล์มน้ำมันออกจากถุงและการตากแดด.....	89
10	อาหารผสมเสร็จที่ใช้ทดลอง.....	89
11	การชั่งน้ำหนักแพะ.....	89
12	การเลี้ยงแพะในกรงหาการย่อยได้.....	90
13	การสุ่มเก็บตัวอย่างเลือดแพะ.....	90
14	การสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวกระเพาะรูเมน.....	90
15	การวัดความเป็นกรด-ด่างของของเหลวจากกระเพาะรูเมน.....	90
16	การเก็บตัวอย่างรูเมนเพื่อวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตเจนและนับจุลินทรีย์..	90

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)
FTOPF	=	fugal treated oil palm frond (ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา)
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)
WRF	=	white rot fungi (ราผุสีขาว)

บทที่ 1
บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

เชื้อราผุสีขาว (white rot fungi, WRF) จัดเป็นเชื้อเห็ดราชั้นสูงในกลุ่มเชื้อราทั้งหมด ซึ่งเป็นเห็ดราที่ไม่มีพิษมนุษย์สามารถรับประทานได้การดำรงชีพของเชื้อเห็ดราอาศัยการย่อยสลายซากพืชและซากสัตว์ โดยการปล่อยเอนไซม์ชนิดต่างๆ (ทิพย์วรรณ, 2552) แต่ที่น่าสนใจ เกี่ยวกับเชื้อเห็ดรากลุ่ม WRF เนื่องจากมีความสามารถย่อยสลายพันธะลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน และสารประกอบอะโรมาติก (aromatic) อื่นๆ (Okano et al., 2005) นอกจากนี้เชื้อรายังสามารถเปลี่ยนลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) ให้กลายเป็นโปรตีนที่ใช้เป็นอาหารของสัตว์ได้ (Adamovic et al., 1998) ยิ่งไปกว่านั้นเชื้อเห็ดราสามารถเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างในเซลล์พืชไปเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (Tan et al., 2002) อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีการใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรมาใช้เป็นอาหารหยาบทดแทนสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบสามารถช่วยให้สัตว์เคี้ยวเอื้องมีการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ทางการเกษตรได้สูงขึ้น (Ishida and Abu Hassan, 1997; Paengkoum et al., 2006; Sarnklong et al., 2010) ซึ่งการใช้เชื้อเห็ดราในการปรับปรุงคุณภาพแหล่งอาหารหยาบก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ได้รับการยอมรับ จากการทดลองใช้ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อราในโคนม พบว่า โคนมมีปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) การย่อยได้ ปริมาณน้ำนม ไขมันนม และโปรตีนในน้ำนมสูงขึ้น (Fazaeli et al., 2004b) เช่นเดียวกับการศึกษาในแพะ พบว่า แพะที่ได้รับฟางข้าวหมักเชื้อรา มีปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) การย่อยได้ และโภชนะที่ย่อยได้รวมสูงขึ้นเช่นกัน (Shrivastava et al., 2012) จากการขยายตัวเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในปี พ.ศ. 2558 มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมด 4,696,559 ไร่ และยังมีแนวโน้มการขยายตัวของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2559) ทำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันสูงขึ้นซึ่งผลผลิตปาล์มน้ำมันจะมีความสัมพันธ์กับผลพลอยได้ที่เกิดจากการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน เรียกว่า ทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF) ในปาล์มน้ำมันที่โตเต็มที่สามารถเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มทุกๆ 15 วัน และต้องตัดทางใบปาล์มน้ำมันทุกครั้งที่มีการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์ม ดังนั้น ในแต่ละเดือนจะมีการตัดทางใบปาล์มน้ำมันออกอย่างน้อย 2 ทางใบต่อต้น หรือคิดเป็น 44 ทางใบต่อไร่ เมื่อใช้อัตราการปลูก 22 ต้นต่อไร่ (ธีระ และคณะ, 2548) จากการประมาณการเบื้องต้น คาดว่าน่าจะมีทางใบปาล์มน้ำมันสดประมาณ 17.34 ล้านตันต่อปี (น้ำหนักสดประมาณ 10.34 กิโลกรัมต่อทางใบ) (Islam et al., 2000) ซึ่งทางใบปาล์มน้ำมันที่ได้สามารถนำมาใช้เป็นอาหารหยาบ และทดแทนแหล่งอาหารหยาบสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (Wan Zahari

et al., 2003) อย่างไรก็ตาม การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสำหรับเลี้ยงสัตว์ยังมีข้อจำกัด ซึ่งพบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันมีส่วนประกอบของผนังเซลล์ (cell wall) ลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) สูง (70.0 และ 45.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และมีปริมาณลิกนิน (lignin) ประมาณ 20.5-26.6 เปอร์เซ็นต์ (Ishida and Abu Hassan, 1997) ขณะที่ มีโปรตีนรวม (crude protein)และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) ต่ำ (4.2-6.2 เปอร์เซ็นต์ และ 4.9 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม) (Ishida and Abu Hassan, 1997) เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้ทำให้ความสามารถในการย่อยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันต่ำในโค (35.6-40.0 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) (Ishida and Abu Hassan, 1997; Kawamoto, 2001) อย่างไรก็ตาม การใช้เชื้อเห็ดรากลุ่ม WRF ในการปรับปรุงคุณภาพของทางใบปาล์มน้ำมันซึ่งสามารถทำให้สัตว์เคี้ยวเอื้องมีการใช้ประโยชน์จากทางใบปาล์มน้ำมันได้สูงขึ้น ในปัจจุบันมีรายงานเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันโดยใช้เชื้อรากลุ่ม WRF ยังมีจำกัด จากการศึกษา Chanjula และคณะ (2015b) ที่ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบของเชื้อรา 6 ชนิด บนทางใบปาล์มน้ำมัน ได้แก่ *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus djamor*, *Lentinus squarrosulus*, *Schizophyllum commune*, *Lentinus polychrous* และ *Lentinus sajor-caju* จากการศึกษา พบว่า เชื้อรา *Lentinus sajor-caju* และ *Schizophyllum commune* สามารถย่อยสลายผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนบนทางใบปาล์มน้ำมันสูงกว่าเชื้อราชนิดอื่น ($P<0.05$) นอกจากนี้ Chanjulaและคณะ (2016) ศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา *Lentinus sajor-caju* ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์และทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราร่วมกับยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารผสมเสร็จ เปรียบเทียบกับทางปาล์มน้ำมันในแพะ จากการศึกษา พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา มีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ โปรตีน ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน สูงกว่า ($P<0.05$) แพะกลุ่มอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมัน จึงเป็นเรื่องน่าสนใจอย่างยิ่ง เกี่ยวกับระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา *Lentinus sajor- caju* ทดแทนทางใบปาล์มน้ำมัน ในการนำ มาใช้เป็นอาหารแพะ

ดังนั้น การทดลองนี้ จึงได้ทำการศึกษาการนำทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะโดยใช้เชื้อเห็ดตีนปลอก (*Lentinus sajor-caju*) ทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันในอาหารผสมเสร็จที่ระดับต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

ตรวจเอกสาร

แพะและสถานการณ์การผลิตแพะในประเทศไทย

แพะ (domestic goat) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Caprahircus*) เป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่มีความสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดีมีความทนทานต่อสภาพทุรกันดารในสภาพชนบท แพะยังเป็นสัตว์ที่มีความสามารถกินอาหารได้หลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นใบไม้หรือหญ้า (บุญเสริม, 2546) แต่ที่น่าสนใจ คือ แพะสามารถใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือจากการเกษตร เช่น ส่วนของลำต้น เปลือก และฝัก ซึ่งสัตว์กระเพาะเดี่ยวนำสิ่งเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้จำกัด หรือแหล่งอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำได้ดี (วินัย, 2538) นอกจากนี้แพะยังสามารถที่จะให้ผลผลิตได้เร็วและเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ได้เร็วกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นๆ

สถานการณ์การผลิตแพะในประเทศไทย

ปัจจุบันสถานการณ์การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่ามีการลดลงของการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในบางช่วงก็ตาม แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณความต้องการบริโภคเนื้อ และนม เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรภายในประเทศมีการเพิ่มขึ้นทุกปี (กรมการปกครอง, 2558) อีกทั้งนโยบายของภาครัฐที่ได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการเลี้ยงปศุสัตว์เพิ่มมากขึ้น โดยกรมปศุสัตว์ได้มีแผนในการพัฒนาการเลี้ยงสัตว์ไว้ใน แผนยุทธศาสตร์กรมปศุสัตว์ (พ.ศ. 2556-2560) มีดังนี้

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

ดังนั้น เมื่อพิจารณาถึงการผลิตของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2558 (ตารางที่ 1) พบว่า ประชากรโคเนื้อ โคนม กระบือ แพะและแกะ มีประชากรเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าประชากรของโคเนื้อ โคนม กระบือ และแกะมีจำนวนลดลงในช่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 ถึง ปี พ.ศ. 2557 อย่างไรก็ตามในปี พ.ศ. 2558 พบว่า มีประชากร โคเนื้อ โคนม กระบือ และแกะ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2557 แต่เมื่อ

พิจารณาถึงประชากรแพะ พบว่า แพะมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกปี เนื่องจากการส่งเสริมของรัฐบาลตามแผนยุทธศาสตร์

ตารางที่ 1 ปริมาณจำนวน ปศุสัตว์ โคเนื้อ โคนม กระบือ แพะ และ แกะในประเทศไทย ปี พ.ศ.2554-2558

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

ที่มา: ดัดแปลงจาก ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์ (2558)

ปริมาณการผลิตแพะ จากตารางที่ 1 พบว่ามีการขยายตัวและมีการเพิ่มจำนวนของแพะในช่วง ปี พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2558 ในปี พ.ศ. 2557 พบว่ามีแพะจำนวนทั้งสิ้น 468,377 ตัว และในปี พ.ศ. 2558 พบว่ามีแพะจำนวนทั้งสิ้น 539,583 ตัว โดยพบว่าแพะในปี พ.ศ. 2558 มีจำนวนเพิ่มขึ้น 15.20 เปอร์เซ็นต์ ในจำนวน 539,583 ตัว จำแนกออกเป็นแพะเนื้อจำนวน 515,093 ตัว โดยคิดเป็น 95.46 เปอร์เซ็นต์ และแพะนมจำนวน 24,490 ตัว คิดเป็น 4.54 เปอร์เซ็นต์ (ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์, 2558)

การเลี้ยงแพะในประเทศไทย พบว่ามีมานานแล้วมีการกระจายของแพะอยู่ทั่วทั้ง 4 ภาคของประเทศไทยทั้งภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ประชากรแพะที่เลี้ยงในแต่ละพื้นที่ พบว่า ภาคใต้มีการเลี้ยงแพะมากที่สุด รองลงมาคือ ภาคกลาง ภาคเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกรมปศุสัตว์, 2558) โดยประชากรแพะในพื้นที่ภาคใต้ มีประมาณ 271,730 ตัว รองลงมา คือ ภาคกลางมีประชากรแพะประมาณ 209,155 ตัว ภาคเหนือมีประชากรแพะประมาณ 38,876 ตัว และภาคอีสานมีประชากรแพะประมาณ 19,822 ตัว ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่ภาคใต้มีประชากรชาวมุสลิมมีอยู่อย่างหนาแน่นอีกทั้งแพะยังมีความสำคัญกับพิธีกรรมทางศาสนาอิสลามหลายพิธี คือ 1. พิธีการรับขวัญเด็กที่เกิดใหม่ (อากีเกาะห์) โดยถ้าหากเด็กที่เกิดเป็นเพศชายจะใช้แพะในการรับขวัญจำนวน 2 ตัว แต่ถ้าเป็นเด็กเพศหญิงจะใช้แพะในการรับขวัญจำนวน 1 ตัว 2. พิธีการแสดงความเสียสละต่อพระผู้เป็นเจ้า (กุรบ่าน)

จะทำการเชือดสัตว์เพื่อเป็นพลีทาน และแพะยังใช้ในงานพิธีมงคลต่างๆ เช่น พิธีแต่งงาน และขึ้นบ้านใหม่ (ซารีนา, 2550) นอกจากนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากในปี พ.ศ.2552 รัฐบาลได้มีนโยบายในการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงแพะเนื้อของเกษตรกรในพื้นที่ 5 จังหวัดชายแดนใต้ เพื่อรองรับอุตสาหกรรมฮาลาล และเพื่อเพิ่มโอกาสในการส่งออกไปยังกลุ่มประเทศเพื่อนบ้าน เช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย บรูไน เป็นต้น เพื่อรองรับการเปิดประชาคมอาเซียน (Asean Economics Community, AEC) (บัญชา, 2555) จากการศึกษาของ ปริญญา และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาแนวโน้มการบริโภคเนื้อแพะและแกะในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ จากการศึกษา พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคเนื้อแพะ 63.33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาบริโภคทั้งเนื้อแพะและแกะ 34.39 เปอร์เซ็นต์ และบริโภคเนื้อแกะเพียงอย่างเดียว 2.28 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งการบริโภคเนื้อแพะและแกะจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1.52 และ 2.03 เท่า ตามลำดับ จากสถานการณ์เพิ่มจำนวนของแพะและแนวโน้มความต้องการของผลิตภัณฑ์จากแพะที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดการในการเลี้ยงแพะในด้านต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านอาหาร

รูปแบบการในจัดการการเลี้ยงแพะในปัจจุบันของประเทศไทยมี 3 รูปแบบด้วยกัน คือ 1) การเลี้ยงแบบปล่อยให้แพะออกหากินเอง 2) การเลี้ยงแบบผูกล่าม โดยการใช้เชือกผูกล่ามที่คอแพะ แล้วเคลื่อนย้ายสถานที่แทะเล็มไปเรื่อยๆ 3) การเลี้ยงแบบขังคอกโดยหาน้ำและอาหารมาให้แบบนี้จะต้องใช้แรงงานและเงินทุนมากกว่าแบบอื่นๆ (สมเกียรติ, 2538) ขณะที่ บุญเสริม (2546) รายงานว่า ระบบการเลี้ยงแพะในประเทศไทยสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระบบ ได้แก่

1. ระบบการเลี้ยงแบบขังคอก หรือการเลี้ยงแบบนำอาหารหญ้ามาให้กิน (cut and carry) ระบบนี้จะมีการจัดการที่ดี เนื่องจากผู้เลี้ยงจะต้องหาอาหารหญ้าและน้ำสะอาดให้สัตว์กินภายในคอก 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

อย่างไรก็ตามการเลี้ยงแพะส่วนใหญ่ของเกษตรกรเป็นแบบปล่อยให้หากินเองและการเลี้ยงแพะแบบผูกล่ามอาจทำให้ได้ผลผลิตน้อยและแพะมีการเจริญเติบโตช้า โดยพบว่า แพะที่มีน้ำหนัก 15 กิโลกรัม เลี้ยงในสภาพชนบทที่มีการจัดการไม่ดีใช้เวลาในการเลี้ยงประมาณ 330 วัน ส่วนแพะที่มีการจัดการที่ดีจะใช้เวลาเลี้ยงเพียง 210 วัน (วินัย, 2538) ดังนั้นการที่จะให้ได้ผลผลิต

จากแพะที่ดีทั้งปริมาณและคุณภาพ มีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้อง เช่น พันธุ์ การจัดการดูแล และที่สำคัญคือการจัดการด้านอาหารเป็นปัจจัยที่มีสำคัญมาก ถึงแม้ว่าแพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่สามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งอาหารหยาบ และผลพลอยได้ทางเกษตร แต่ในการผลิตแพะเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี แพะจำเป็นต้องได้รับ โภชนะโปรตีน พลังงาน แร่ธาตุจากอาหารข้นที่ครบถ้วน และอาหารหยาบอย่างเพียงพอทั้งปริมาณและคุณภาพ (วินัย, 2538; บุญเสริม, 2546) สำหรับชนิดของอาหารที่แพะได้รับแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ อาหารหยาบ อาหารข้น และอาหารผสมเสร็จ

อาหารข้น คือ อาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนะต่อหน่วยปริมาตรสูง แต่มีปริมาณเยื่อใยต่ำ (น้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์) สามารถจำแนกวัตถุดิบอาหารข้นตามชนิดและปริมาณโภชนะหลักได้เป็น 2ชนิด 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

แม้ว่าแพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีกระเพาะรูเมนเหมือนกับโคและมีความสามารถในการใช้อาหารหยาบชนิดต่างๆได้ เช่นหญ้า ใบไม้ และผลพลอยได้ทางการเกษตร อย่างไรก็ตามการได้มาซึ่งผลผลิตทั้งเนื้อและนมจากแพะจำเป็นต้องมีการจัดการให้แพะได้รับโภชนะทั้งโปรตีน พลังงาน แร่ธาตุ และวิตามินที่ได้จากอาหารข้นที่เสริมให้แก่แพะ จากการศึกษาของ Pralomkarn และคณะ (1995) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของแพะ 3 พันธุ์ พื้นเมืองไทย ลูกผสมแองโกลนูเบียน–พื้นเมืองไทย 25 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมแองโกลนูเบียน–พื้นเมืองไทย 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ที่ได้รับหญ้า (โปรตีนรวม 3.7 เปอร์เซ็นต์) วันละ 50 กรัม และทำการเสริมอาหาร

ข้น (โปรตีนรวม 18 เปอร์เซ็นต์) แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1. ระดับเพื่อการดำรงชีพ 2.ระดับ 1.2 เท่าเพื่อการดำรงชีพ 3.ระดับ 1.4 เท่าเพื่อการดำรงชีพ และ 4.ระดับเต็มที่ พบว่า การเสริมอาหารข้นในระดับเต็มที่ แพะมีการเจริญเติบโตสูงกว่าการเสริมอาหารข้นในระดับ 1.4 เท่าเพื่อการดำรงชีพและ 1.2 เท่าเพื่อการดำรงชีพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และยังพบว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นระดับเต็มที่ และระดับการดำรงชีพ (1.2และ 1.4 เท่าเพื่อการดำรงชีพ) ส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่ำกว่าการเสริมอาหารข้นในระดับเพื่อการดำรงชีพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)ทำนองเดียวกันกับการศึกษาของ Mushi และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาการเสริมอาหารข้นต่อคุณภาพซากแพะ ลูกผสมแอฟริกันนอร์วีเจียน 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 พบว่าน้ำหนักซากของแพะที่ได้รับการเสริมอาหารข้นที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้น้ำหนักซากอุ่น (12.80 กิโลกรัมต่อซีก) สูงกว่า การเสริมอาหารข้นที่ระดับ 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 พบว่าการเสริมอาหารข้นแบบกินเต็มที่ ทำให้แพะมีน้ำหนักซาก เปอร์เซ็นต์ซาก และเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่ากลุ่มที่เสริมอาหารข้นระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว 2.0 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และ 2.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบซากแพะ พบว่าเนื้อแพะมีปริมาณโปรตีนรวม ไขมันรวม และปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายสั้น ในแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นแบบกินเต็มที่ สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการรวบรวมเอกสารจะเห็นได้ว่าการเสริมอาหารข้นให้แก่แพะสามารถช่วยทำให้อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของซากแพะ อย่างไรก็ตามเนื่องจากราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีขายอยู่ในท้องตลาด มีราคาปรับตัวสูงขึ้นเรื่อยๆ จึงมีความจำเป็นในการวิจัยหาวัตถุดิบอาหารสัตว์หรือผลพลอยได้ทางการเกษตรอื่นที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาทดแทน เพื่อมาลดต้นทุนราคาอาหารที่นับวันจะสูงขึ้นเรื่อยๆ

บทบาทของจุลินทรีย์และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นสัตว์ที่มีลักษณะของกระเพาะพิเศษกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว เนื่องจากภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องเปรียบเสมือนบ่อหมักอาหารขนาดใหญ่ โดยมีการทำงานรวมกันของกลุ่มจุลินทรีย์ขนาดเล็กหลายชนิดในการหมักย่อยอาหารที่สัตว์ได้รับเข้าไป จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในกระเพาะรูเมนเป็นพวกไม่ชอบออกซิเจน แต่อาจมีพวกที่สามารถใช้ออกซิเจนได้เล็กน้อย จุลินทรีย์ที่เข้ามาอาศัยภายในกระเพาะรูเมนเริ่มตั้งแต่อายุประมาณ 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 ไขมันรวมทั้งพวกที่สร้างมีเทน 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. จะมีขนาดใหญ่มีขน (cilia) ปกคลุมอยู่รอบๆเซลล์ รูปร่างคล้ายไข่ เคลื่อนไหวได้รวดเร็วใช้น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงาน ส่วนกลุ่ม *Entodiniomorphs* sp. มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน โดยจะมีขนเฉพาะบริเวณด้านหน้าหรือปาก เพื่อให้ในการโบกอาหารและเคลื่อนไหว โปรโตซัวกลุ่มนี้ชอบกินอาหารที่เป็นแป้งมากกว่าน้ำตาล ปริมาณประชากรของโปรโตซัวจะแปรผันไปตามชนิดอาหารที่สัตว์กิน โดยถ้าอาหารที่สัตว์ได้รับเป็นอาหารข้นสูงจะมีโปรโตซัวมาก โปรโตซัวบางชนิดสามารถย่อยเยื่อใยได้เช่นเดี่ยวกับแบคทีเรียและเชื้อรา นอกจากนี้โปรโตซัวยังกินแบคทีเรีย แป้ง โปรตีน และคลอโรพลาสเป็นอาหารด้วย การกินดังกล่าวมีทั้งข้อดีและข้อเสีย เพราะมีรายงานว่า โปรโตซัวสามารถเก็บคาร์โบไฮเดรตไว้ในรูปของอะไมโลเพคติน เพื่อเป็นแหล่งพลังงานในยามขาดแคลนได้ ถ้าสัตว์ได้รับอาหารข้นสูง การเก็บแป้งและน้ำตาลไว้ในตัวโปรโตซัวสามารถลดความรุนแรงของการเกิดสภาพกรด (acidosis) ในกระเพาะรูเมนได้ และมีรายงานว่า การกำจัดโปรโตซัว (defaunation) จะทำให้ประชากรแบคทีเรียเพิ่มขึ้นและการย่อยเยื่อใยได้สูงขึ้น รวมทั้งทำให้สัตว์มีผลผลิตที่เพิ่มขึ้นด้วย (เทอดชัย, 2548)

3. เชื้อรา ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมนเป็นกลุ่มที่อยู่ได้ในสภาพที่ไร้ออกซิเจน (anaerobic fungi) เป็นจุลินทรีย์ชนิดยูแคริโอตชั้นต่ำ ที่พบได้ทั่วไปในกระเพาะรูเมนแต่มีประชากรค่อนข้างต่ำ

กว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่น โดยมีปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อราสามารถสร้างเอนไซม์ย่อยพันธะระหว่างเฮมิเซลลูโลสและลิกนินได้ ทำให้มีการใช้ประโยชน์ของเยื่อใยดีขึ้น นอกจากนั้นเชื้อรายังมีการสร้างไรซอยด์ (rhizoid) มีลักษณะเหมือนรากไม้ โดยไรซอยด์แทงเข้าไปในผนังเซลล์พืชทำให้เซลล์แตกหรือถูกทำลาย ซึ่งทำให้จุลินทรีย์กลุ่มอื่นโดยเฉพาะแบคทีเรียเข้าไปย่อยต่อได้ง่าย จึงทำให้การย่อยเยื่อใยได้สูงขึ้น นอกจากนี้เชื้อราสามารถลดการสูญเสียพลังงานจากอาหารสัตว์ที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินเข้าไป โดยเปลี่ยนเอา chitin ซึ่งปกติย่อยไม่ได้ให้มาเป็นผนังเซลล์ของเชื้อรา และสามารถใช้เป็นประโยชน์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (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 มีการพัฒนาจนกระทั้งเข้าสู่ระยะ maturity ก็จะมีการปลดปล่อยซูโอสปอร์ออกมาและมีวงจรชีวิตเดิม (Hungate, 1966)

การใช้ประโยชน์ของคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

คาร์โบไฮเดรตถือเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและตัวสัตว์ โดยสามารถแบ่งกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตตามโครงสร้างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1. คาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate) ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และเพคติน (pectin) 2. คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate) ได้แก่ แป้งและน้ำตาล อีกทั้งยังรวม อะระแบน (arabans) ฟรุคแตน (fructans) กาแลคแตน (galactans) และเบต้ากลูแคน (ß-glucans) (เมธา, 2533) คาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์ปล่อยออกมาให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น กลูโคส (glucose) หรือเพนโตส (pentose) โดยผ่านวิถีต่างๆ จากนั้นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนแปลงต่อไปอย่างรวดเร็วโดยจุลินทรีย์เป็นไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งเป็นตัวกลางสำคัญในการสร้างกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acid, VFA) ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมันที่ระเหยง่าย ซึ่งเป็นผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญ ได้แก่ กรดแอซิติก (acetic acid, C_2) กรดโพรพิโอนิก (propionic, C_3) กรดบิวทีริก (butyric acid, C_4) เป็นหลัก และกรดวาลาริค (valeric acid, C_5) ไอโซวาลาริค (isovaleric acid) และไอโซบิวทีริก (isobityric acid) อาจพบได้บางแต่ในปริมาณน้อย สัตว์จะดูดซึมผ่านผนังหนังกระเพาะรูเมน

เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป กรดไขมันระเหยง่ายเหล่านี้เป็นส่วนที่สำคัญในการสร้างพลังงานแก่สัตว์เคี้ยวเอื้อง (เมธา, 2533)

การใช้ประโยชน์ของโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

โปรตีนที่สัตว์ได้รับจากอาหารแบ่งออกเป็น 2 ประเภท แบ่งตามความสามารถในการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง คือ โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen degradable protein, RDP) เป็นโปรตีนที่ย่อยสลายโดยแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน สัตว์นำมาใช้ในการสร้างเซลล์ และโปรตีนที่สลายในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein, RUP) เป็นโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน โดยจะไหลผ่านไปยังกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก จะถูกย่อยโดยน้ำย่อยให้เป็นกรดอะมิโน และสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป แหล่งโปรตีนที่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับจากอาหาร อยู่ในรูปไนโตรเจนสามารถแบ่งออกได้เป็นโปรตีนแท้ (true protein) และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช้โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) เช่น กรดอะมิโนอิสระ กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) เอไมด์ (amide) เอมีน (amine) ยูเรีย และสารประกอบอินทรีย์ เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์ และแอมโมเนียมซัลเฟต (เทอดชัย, 2548)

การย่อยได้และเมแทบอลิซึมของสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้เป็นเปปไทด์กรดอะมิโน และแอมโมเนีย ต่อจากนั้นจะเกิดการสลายตัวกรดอะมิโนส่วนหนึ่งโดยกระบวนการดิแอมิเนชั่น (deamination) โดยอาศัยจุลินทรีย์ได้เป็นแอมโมเนีย และแอลฟาคีโตแอซิส (α-keto acid) แล้วจุลินทรีย์ หรือตัวสัตว์เองนำไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์เป็นโปรตีนจุลินทรีย์โดย 80 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ถูกสังเคราะห์โดยใช้แอมโมเนียส่วน อีก 20 เปอร์เซ็นต์ (เมธา, 2533) ใช้กรดอะมิโนโดยตรง ส่วนแอลฟาคีโตแอซีส อาจถูกสลายตัวต่อไปเพื่อใช้ในการสังเคราะห์สารประกอบอื่น หรือใช้เป็นแหล่งพลังงาน เช่น กรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดไอโซบิวทีริก และกรดไอโซวาเลอริค

ปริมาณแอมโมเนียในของเหลวในกระเพาะรูเมนเป็นตัวกลางที่บ่งบอกถึงการสลายโปรตีนและสังเคราะห์โปรตีน ถ้าโปรตีนถูกสลายอย่างรวดเร็วเกินกว่าที่จุลินทรีย์จะนำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนของตัวเองจะทำให้มีแอมโมเนียอยู่ในของเหลวกระเพาะรูเมนมาก (เสาวนิต, 2537) แอมโมเนียจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน ไปยังหลอดเลือดดำขนาดใหญ่เข้าสู่ตับ จากนั้นตับจะเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นยูเรีย โดยผ่านวัฏจักรยูเรีย (urea cycle) และส่งออกมาในกระแสเลือด ยูเรียส่วนหนึ่งถูกขับออกทางปัสสาวะ ระดับความเข้มข้นปกติของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 10-30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Perdok and Leng, 1990) หากค่ายูเรียต่ำกว่านี้ แสดงถึงปริมาณแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนที่ไม่เพียงพอ แสดงให้เห็นว่าโปรตีนในอาหาร

ไม่เพียงพอ แต่ถ้าหากค่ายูเรียสูงกว่าค่าปกติแสดงว่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนเกินความจำเป็นของจุลินทรีย์จะนำไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากโปรตีนในอาหารสูงเกินไป

การใช้ประโยชน์ของไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ไขมันเป็นสารที่ให้พลังงานกลุ่มหนึ่งในสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยมีองค์ประกอบของธาตุคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และ ออกซิเจน (O) เป็นหลัก ซึ่งโมเลกุลของไขมัน ประกอบด้วย กลีเซอรีน (glycerine) 1 โมเลกุล และกรดไขมัน 3 โมเลกุล อาจเป็นกรดไขมันต่างชนิดกันได้ ไขมันมีหลายชนิด แล้วแต่ชนิดของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) เช่น กรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก เป็นต้น และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) เช่น กรดลิโนเลอิก กรดโอเลอิก และกรดลิโนเลนิก เป็นต้น (เสาวนิต, 2537) และไขมันยังมีพลังงานสูงกว่าโภชนะอื่นเมื่อเปรียบเทียบในปริมาณที่เท่ากัน ประมาณ (2.25 เท่า)

โดยทั่วไปในพืชอาหารสัตว์จะมีไขมันประมาณ 4-6 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งโดยแยกเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ กลีเซอไรด์ (glyceride) แวค์ (waxes) สเตอรอล (sterols) และฟอสโฟลิปิด (phospholipids) เมธา (2533) กล่าวว่า การเสริมไขมันในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีประโยชน์ ดังนี้

1. การเติมไขมันในอาหารช่วยเพิ่มความหนาแน่นของพลังงาน อาจทำให้สัตว์ได้รับพลังงานเพิ่มขึ้น

2. เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากพลังงาน โดยไขมันที่เสริมจะช่วยทำให้สัดส่วนพลังงานและโภชนะอื่นๆ เหมาะสมยิ่งขึ้น

3. ถ้าในสูตรอาหารมีระดับของเมล็ดธัญพืชสูง การเพิ่มระดับการกินได้ของพลังงานที่ย่อยได้ ทำได้โดยการทดแทนแป้งด้วยไขมัน ทั้งนี้จะเป็นการปรับตัวสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นให้เหมาะสม ทำให้การหมักในกระเพาะรูเมนเป็นไปอย่างปกติ และเป็นการเพิ่มระดับไขมันนม

ฉลอง (2541) กล่าวว่า การเมแทบอลิซึมไขมันกระเพาะรูเมน เริ่มขึ้นเมื่อสัตว์ได้รับไขมันโดยไขมันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในกระเพาะรูเมน 3 กระบวนการ ได้แก่

1. Hydrolysis ไขมันไตรกลีเซอไรด์ ถูกไฮโดรไลซ์ให้เป็นกลีเซอรอลและกรดไขมัน ส่วนไขมันที่อยู่ในรูปอื่นๆ เช่น phospholipid หรือ galactolipid ก็จะถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นกลีเซอรอล กรดไขมัน กาแลคโตส หรือฟอสเฟต โดยอาศัยแบคทีเรียที่มี lypolytic activity ซึ่งกลีเซอรอลจะถูกเมแทบอไลท์ต่อไปด้วยแบคทีเรีย *Selenomonas ruminantium* ให้เป็นกรดโพรพิโอนิก เพื่อเป็นแหล่งกลูโคสหรือถูกเมแทบอไลท์ต่อไป

2. Hydrogenation เป็นการเติมไฮโดรเจนเข้าไปในส่วนของ double bond ของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่อิ่มตัว

(saturated fatty acid) ทำให้กรดไขมันที่สัตว์เคี้ยวเอื้องดูดซึมที่ลำไส้เล็กจะเป็นกรดไขมันอิ่มตัว ทำให้ไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะเป็นแบบแข็ง (hard fat) ซึ่งไขมันในร่างกายสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วย stearic (C 18:0) ในรูปของ trans-isomers และ branched chain acids เป็นส่วนใหญ่ ปฏิกิริยาการเกิด hydrogenation นี้นอกจากจะเกิดโดยการทำงานของแบคทีเรียแล้วยังพบว่ามีการทำงานของโปรโตซัวร่วมด้วย

3. Isomerization กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวจากพืชมักจะอยู่ในรูป cisเป็นส่วนใหญ่ แต่เมื่อเข้าไปในกระเพาะรูเมนมักจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปtrans ซึ่งเรียกว่า geometrical isomers นอกจากนี้อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของพันธะคู่ เรียกว่า positional isomers (ฉลอง, 2541)

ผลจากการย่อยและเมแทบอลิซึมของไขมันในกระเพาะรูเมน ที่ทำให้เกิดผลเสียต่อการย่อยได้ของ cellulose เมแทบอลิซึมไนโตรเจนในรูเมนเลวลงและลดปริมาณไขมันนมให้น้อยลง ทำให้การใช้ไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจำกัด โดยใช้ในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารทั้งหมด และสามารถเพิ่มได้ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ในสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูง (เทอดชัย, 2548) จากการศึกษา พบว่า กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวจะเป็นพิษต่อจุลินทรีย์มากกว่ากรดไขมันที่อิ่มตัว โดยไขมันจะไปขัดขวางการเจริญเติบโตของจุลิทรีย์ การเติมเยื่อใย หรือ calcium ions ลงไปสามารถช่วยแก้ไขได้

ผลการหมักย่อยไขมันในกระเพาะรูเมนทำให้ได้กรดไขมันเกิดขึ้น ซึ่งกรดไขมันที่มีคาร์บอนต่ำกว่า 12 ตัว ถูกดูดซึมภายในกระเพาะรูเมน ส่วนกรดไขมันที่มีคาร์บอนมากกว่า 12 ตัว ไม่สามารถดูดซึมผ่านกระเพาะรูเมนได้ และจุลินทรีย์นำกรดไขมันชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์ได้น้อย กรดไขมันเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นกรดสเตียริก (stearic acid) และไขมันในเซลล์ของจุลินทรีย์จะผ่านไปยังลำไส้เล็ก และถูกดูดซึมผ่านมิวโคซาลเซลล์ (mucosal cell) ของลำไส้เล็กเข้าสู่ระบบน้ำเหลือง นอกจากนี้ไขมันบางส่วนที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ในกระเพาะรูเมนจะผ่านเข้าสู่ลำไส้เล็กจะถูกน้ำดีและน้ำย่อยจากตับอ่อน (pancreatic lipase) ย่อยได้กรดไขมัน ซึ่งดูดซึมร่วมกับกรดไขมัน ซึ่งจะถูกดูดซึมร่วมกับกรดไขมันสายสั้น อย่างไรก็ตาม กรดไขมันเกือบทั้งหมดจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ทำให้การย่อยได้ที่แท้จริงของไขมัน (true digestibility) มีค่าเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์(เทอดชัย, 2548)

ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ (*Elaeis guineensis* Jacq.) จัดเป็นพืชผสมข้าม ใบเลี้ยงเดี่ยว อยู่ในวงศ์ปาล์ม (Palmae ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็น Arecaceae)เป็นพืชยืนต้นที่สามารถให้ผลผลิตทะลายสดได้ตลอดทั้งปี นอกจากนี้ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น โดยเฉพาะพื้นที่ควรเป็นพื้นที่ลาดชั้นไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ อยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 10 องศาเหนือ

กับเส้นละติจูด 10 องศาใต้ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันอยู่ในช่วง 22-32 องศาเซลเซียส และนอกจากนี้ปาล์มน้ำมันยังจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย (ธีระ และคณะ, 2548) ปัจจุบันปาล์มน้ำมันสามารถปลูกได้ประมาณ 42 ประเทศทั่วโลกเท่านั้น เมื่อแบ่งตามศักยภาพในการผลิตน้ำมันพืชแล้วจะสามารถแยกได้ 3 กลุ่ม (ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2555)

1. ประเทศที่ผลิตน้ำมันพืชเกินความต้องการใช้ในประเทศ มีจำนวน 11 ประเทศ แต่มีเพียง 4 ประเทศที่มีศักยภาพในการส่งออกน้ำมันพืช คือ มาเลเซีย อินโดนีเซีย สหรัฐอเมริกา และบราซิล

2. ประเทศที่ผลิตน้ำมันพืชเพียงพอกับความต้องการใช้ในประเทศ มีจำนวน 18 ประเทศ ซึ่งประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้

3. ประเทศที่ผลิตน้ำมันพืชไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในประเทศ มีจำนวน 47 ประเทศ ประเทศที่เป็นผู้นำเข้ารายใหญ่ ได้แก่ รัสเซีย จีน เกาหลีเหนือ เกาหลีใต้ อินเดีย ปากีสถาน รวมถึง เวียดนาม และกัมพูชา

เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตปาล์มน้ำมันของโลกตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2553-2558 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 9.62 เปอร์เซ็นต์ต่อปี เนื่องจากการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันของประเทศผู้ผลิตรายใหญ่ ได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย และไทยโดยพบว่า พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทยใน ปี พ.ศ. 2555-2558 เนื้อที่ให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันของไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 6.27 เปอร์เซ็นต์ และ 11.86 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ตามลำดับ โดยปี พ.ศ. 2558 มีเนื้อที่ให้ผลผลิต 4.28 ล้านไร่ มีผลผลิต 16.90ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากเนื้อที่ให้ผลผลิต 4.02 ล้านไร่ มีผลผลิต 12.47 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2557 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) พื้นที่ทั้งหมดที่ปลูกปาล์มน้ำมันของประเทศไทยมีทั้งหมด 4,696,559 ไร่ ส่วนใหญ่พบปลูกอยู่มากทางภาคใต้มีพื้นที่ทั้งหมด 4,011,503 ไร่ รองลงมา คือ ภาคกลางมีพื้นที่ทั้งหมด 482,293 ไร่ ภาคตะวันออกมีพื้นที่ทั้งหมด 135,266 ไร่ และภาคเหนือมีพื้นที่ทั้งหมด 67,497 ไร่ จังหวัดในภาคใต้มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด ได้แก่ สุราษฎร์ธานี กระบี่ ชุมพร นครศรีธรรมราช พังงา ตรัง สตูล ระนอง นราธิวาส สงขลา พัทลุง ปัตตานี ยะลา และภูเก็ต ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2559) (ตารางที่ 2) จากแนวโน้มการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นในปัจจุบันส่งผลให้ปริมาณผลพลอยได้จากการปลูกปาล์มน้ำมันสูงขึ้นเช่นกัน โดยเฉพาะทางใบปาล์มน้ำมัน เมื่อเกษตรกรเก็บเกี่ยวผลทะลายปาล์ม เกษตรกรจะมีการตัดทางใบปาล์มออกหลังจากเก็บทะลายปาล์มน้ำมัน อย่างน้อยจะต้องตัดทางใบปาล์มน้ำมันออกเดือนละ 2 ทางใบต่อต้น หรือ คิดเป็น 44 ทางใบต่อไร่ เมื่อใช้อัตราการปลูก 22 ต้นต่อไร่ ส่วนใหญ่เกษตรกรนำทางใบปาล์มน้ำมันมาคลุมโคนต้นปาล์มน้ำมันเพื่อรักษาความชุ่มชื้นแก่ดิน (ธีระ และคณะ, 2548) นอกจากนี้ทางใบปาล์มน้ำมัน

ยังสามารถนำมาทดแทนอาหารหยาบในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในช่วงเวลาขาดแคลนพืชอาหารสัตว์หรือในช่วงที่อาหารประเภทอื่นมีราคาแพง (Abu Hassan et al., 1995)

ตารางที่ 2 ปริมาณพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในภาคใต้ ปี พ.ศ.2555-2558

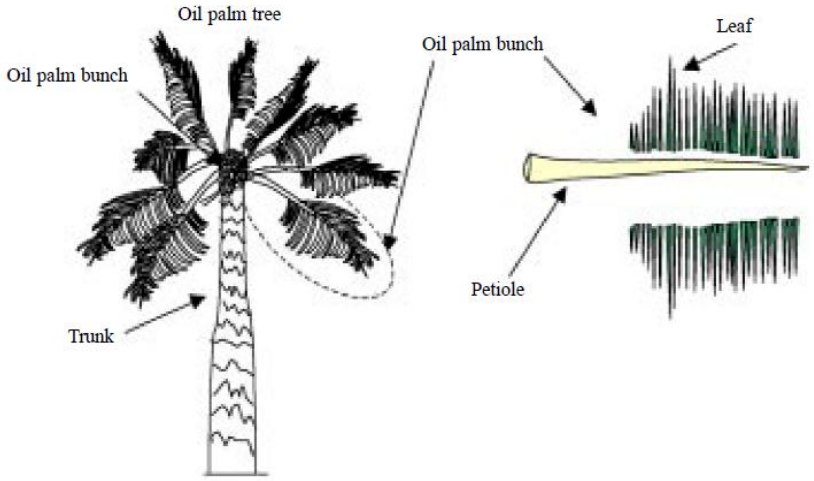
จังหวัด	พื้นที่ปลูกน้ำมัน (ไร่)			
	2555	**2556**	**2557**	**2558**
สุราษฎร์ธานี	1,028,145	1,044,576	1,066,847	1,072,406
กระบี่	985,285	989,246	988,944	987,963
ชุมพร	834,110	832,960	839,419	857,205
นครศรีธรรมราช	312,523	326,626	351,792	351,370
พังงา	167,911	170,555	172,732	195,899
ตรัง	154,693	162,775	163,838	170,786
สตูล	106,030	104,069	105,372	105,247
ระนอง	87,486	88,888	90,701	99,927
นราธิวาส	46,983	47,455	47,560	52,798
สงขลา	33,274	40,217	46,775	48,052
พัทลุง	35,160	37,345	40,798	42,032
ปัตตานี	16,622	17,758	18,022	19,101
ยะลา	7,066	6,898	6,898	7,060
ภูเก็ต	1,307	1,657	1,657	1,657

ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร (2559)

ลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชตระกูลปาล์ม มีลำต้น เช่นเดียวกับมะพร้าว อินทผาลัม ตาลโตนด ลำต้นตั้งตรงมีกาบใบปกคลุมทำให้มองไม่เห็นข้อปล้อง ไม่มีกิ่งแขนง ลำต้นสูง 40-50 ฟุต (Ishida and Abu Hassan, 1997) พบว่า ลำต้นปาล์มน้ำมันที่อายุมาก (มาก 20 ปี) อาจจะมีความสูงประมาณ 15-18 เมตร โดยความสูงของต้นปาล์มน้ำมันจะเพิ่มปีละครึ่งเมตร (ธีระ และคณะ, 2548)ออกใบคล้ายมะพร้าว ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นใบประกอบแบบขนนก (pinnate) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของแกนทางใบ (rachis) ที่ใบย่อยรูปดาบ (leaflets) อยู่ 2 ข้าง กว้าง 3.5-5 เซนติเมตร และส่วนของก้านใบ (petiole) มีขนาดสั้นกว่าส่วนแรกและมีหนามสั้นๆ อยู่ 2ข้าง ทางใบปาล์มน้ำมันยาวประมาณ 5 เมตร ทางใบหนึ่งมีใบย่อยประมาณ 100-160 คู่ ใบอ่อนสีเขียวและเป็นมัน (Wan Zahari et al., 2003) (ภาพที่ 1) ปาล์มน้ำมันอายุประมาณ 5-6 ปี จะมีทางใบปาล์มน้ำมันอยู่ระหว่าง 30-40

ทางใบต่อปี หลังจากนั้นจะลดลงมาประมาณ 20-25 ทางใบต่อปีช่อดอกเกิดจากตาดอกบริเวณซอกทางใบติดกับต้น ซึ่งดอกจะพัฒนาไปเป็นดอกตัวผู้และตัวเมียแต่เกิดขึ้นคนละตำแหน่ง (ธีระ และคณะ, 2548)



ภาพที่ 1 ลักษณะของทางใบปาล์มน้ำมัน
ที่มา: Wan Zahari และคณะ (2003)

ส่วนประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมัน

ทางใบปาล์มน้ำมันมีองค์ประกอบทางโภชนะต่างๆ ดังนี้ โปรตีนรวม (crude protein, CP) 4.7 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม (crude fiber, CF) 38.5 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) 78.7 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) 55.6 เปอร์เซ็นต์ เถ้า (ash) 3.22 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (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 จากการศึกษา พบว่าองค์ประกอบของทางใบปาล์มน้ำมัน และหญ้าเนเปียร์มีค่าองค์ประกอบของ โปรตีนรวม (crude protein, CP) ไขมันรวม (ether extract, EE) เยื่อใยรวม (crude fiber, CF) คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (nitrogen free extract, NFE) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ (metabolizable energy, ME) ใกล้เคียงกัน แต่พบว่าทางใบปาล์มน้ำมันมีค่าโภชนะที่ย่อยได้รวมต่ำกว่าหญ้าเนเปียร์ แต่เมื่อนำทางใบปาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับฟางข้าว พบว่า ค่าองค์ประกอบทางเคมีของ โปรตีนรวม (crude protein, CP) และไขมันรวม (ether extract, EE) ในทางใบปาล์มน้ำมันสูงกว่าฟางข้าว (ตารางที่ 3) ขณะที่ Islam และ

คณะ(2000) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมัน (OPF) โดยแยกทางใบปาล์มน้ำมันออกเป็น 3 ส่วนประกอบด้วย ก้านใบ (petiole) ใบย่อย (leaflet) และก้านใบย่อย (midrib) จากการศึกษาพบว่า ปริมาณโปรตีนรวม ไขมันรวมและเถ้าในใบย่อยสูงกว่าก้านใบและก้านใบย่อยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (ตารางที่ 4) สอดคล้องกับการศึกษาของ จารุณี และคณะ (2551) ที่รายงานว่า องค์ประกอบทางเคมีของใบปาล์มน้ำมันมีปริมาณโปรตีนรวมไขมันรวม และปริมาณเถ้าสูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะทราบปริมาณของโปรตีนรวมว่ามีปริมาณใกล้เคียงกับหญ้าเนเปียร์ แต่กรดอะมิโนก็มีความสำคัญต่อการเลี้ยงสัตว์ จากการศึกษาชนิดของกรดอะมิโนในทางใบปาล์มน้ำมัน พบกรดอะมิโน ได้แก่ alanine, arginine, aspartic, glutamic, glycine, isoleucine, leucine, lysine, phenylalanine, proline, serine, tyrosine และ valine แต่ไม่พบ histidineในทางใบปาล์มน้ำมัน (Islam et al., 2000) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันมีปริมาณมากหรือน้อยนั้นขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น 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	41.6	-
ผนังเซลล์	78.7	-	78.2
ลิกโนเซลลูโลส	55.6	-	53.8
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)	4.90	5.95	-

ที่มา: [1/]MohdSukri (2003)

[2/]Fazaeli และ Talebian Masoodil (2006)

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของแต่ละส่วนของทางใบปาล์มน้ำมัน

สัดสวน	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

จากองค์ประกอบของทางใบปาล์มน้ำมันมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับหญ้าเนเปียร์ ดังนั้นจึงสามารถนำทางใบปาล์มน้ำมันมาเป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทนในช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบ สำหรับการนำทางใบปาล์มน้ำมันไปเป็นแหล่งอาหารหยาบในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น การใช้ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในโคเนื้อ (Ishida et al., 1994; Mohd Sukri et al., 1999; Wanzahari et al., 2000) โคนม (Abu Hassan et al., 1993; Abu Bakar et al., 2000) และแพะ (Paengkoum et al., 2006; Musnandar et al., 2011)

การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันในการเลี้ยงโคเนื้อ พบว่า มีการปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันหลายรูปแบบด้วยกัน Modhd Sukri และคณะ(1999) ได้ทำการศึกษา ระดับของทางใบปาล์มน้ำมันสดสับร่วมกับอาหารพื้นฐานกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เป็นอาหารผสมเสร็จ TMR โดยมีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันสับ 5 ระดับ 60, 50, 40, 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ในโคเนื้อพันธุ์ออสเตรเลียน-บราห์มัน จากการศึกษาระดับของทางใบปาล์มน้ำมันสับทั้ง 5 ระดับ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง (DMI) และการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่า ที่ระดับของทางใบปาล์มน้ำมันสับ 40 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนราคาอาหารถูกกว่าการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสับที่ระดับอื่น นอกจากนี้มีการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักมาใช้เป็นอาหารสำหรับการเลี้ยงโค Ishida และคณะ (1994) ได้ทำการศึกษาระดับสัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียต่ออาหารข้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เป็นอาหารผสมเสร็จ TMR4 ระดับดังนี้ 10:90, 30:70, 50:50 เปอร์เซ็นต์ และอาหารผสมเสร็จที่มีสัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่ออาหารข้น 50:50 เปอร์เซ็นต์ (control) จากการศึกษา พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ปริมาณ

การกินได้ (วัตถุแห้ง) และเปอร์เซ็นต์ซาก ในอาหารผสมเสร็จที่มีสัดส่วนทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียต่ออาหารข้น 10:90 และ 30:70 เปอร์เซ็นต์ ในสูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ทำนองเดียวกับอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) และเปอร์เซ็นต์ซาก พบว่าอาหารผสมเสร็จที่มีสัดส่วนทางปาล์มน้ำมันหมักยูเรียต่ออาหารข้นที่ระดับ 30:70 และ 50:50 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารผสมเสร็จ เปรียบเทียบกับอาหารผสมเสร็จที่มีสัดส่วนของระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่ออาหารข้น 50:50 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) และน้ำหนักซากสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในอาหารผสมเสร็จที่มีสัดส่วนทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรียต่ออาหารข้น 10:90 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับอาหารผสมเสร็จที่มีสัดส่วนทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักยูเรียต่ออาหารข้น 50:50 เปอร์เซ็นต์ และระดับในอาหารผสมเสร็จที่มีสัดส่วนทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่ออาหารข้น 50:50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5) สันติ และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาระดับของกากน้ำตาลในทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ต่อปริมาณการกินได้ และการใช้ประโยชน์ได้ในโคพื้นเมือง โดยให้โคได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักแบบเต็มที่ และเสริมอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว พบว่าปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) และอินทรียวัตถุของทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยกากน้ำตาลระดับต่างๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ในโคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อาจเนื่องมาจากกากน้ำตาลที่หมักร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันช่วยเพิ่มความน่ากินจึงทำให้โคพื้นเมืองกินได้มากขึ้น และการเพิ่มปริมาณของกากน้ำตาลตั้งแต่ 2-4 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้ปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสในโคพื้นเมืองสูงขึ้น

ตารางที่ 5 ระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและลักษณะซากโค

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารทดลอง			
	ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 10 %	ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย 30 %	ทางใบปาล์มน้ำมันหมักยูเรีย50 %	ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 50 %
น้ำหนักมีชีวิต (กิโลกรัม)				
น้ำหนักเริ่มต้น	229.10	226.50	232.90	229.40
น้ำหนักสุดท้าย	396.3[a]	336.4[ab]	333.8[b]	357.2[ab]
น้ำหนักเพิ่ม (กิโลกรัม/วัน)	0.75[a]	0.62[ab]	0.45[c]	0.57[bc]
ปริมาณการกินได้ (กิโลกรัมวัตถุแห้ง/วัน)	7.02[a]	6.10[ab]	5.48[b]	5.58[b]
น้ำหนักซาก (กิโลกรัม)	237.2[a]	210.2[ab]	189.0[b]	195.2[b]

[a, b, c] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ที่มา: Ishida และคณะ (1994)

ส่วนการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันในโคนม Abu Hassan และคณะ (1995) ได้ศึกษาถึงระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 2 ระดับ ดังนี้ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับฟางข้าวที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมเสร็จ ในโคนมพันธุ์ซาฮีวาลฟรีเซี่ยนจากการศึกษา พบว่าปริมาณการกินได้ของฟางข้าวสูงกว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ระดับ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องมาจากในฟางข้าวมีโภชนะต่ำกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักทำให้โคนมมีปริมาณการกินได้สูงขึ้นทำให้ปริมาณโภชนะที่โคนมได้รับไม่เพียงพอ แต่พบว่าปริมาณน้ำนมที่ปรับที่ระดับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์ (4% FCM) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ระดับ 30, 50 และฟางข้าว 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามทางใบปาล์มน้ำมันหมักระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้อัตราส่วนของปริมาณน้ำนมที่ปรับที่ระดับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์ต่อพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้สูงกว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าวที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทำนองเดียวกับทางใบปาล์มหมักที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณน้ำนมที่ปรับที่ระดับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าระดับทางใบปาล์มหมักและฟางข้าว 50 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในโคกลุ่มที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีสัดส่วนของอาหารข้นสูงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6) สอดคล้องกับศึกษาของ Abu Bakar และคณะ (2000)

ที่ได้ทำการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใช้หญ้ากินนีในโคนม พบว่าระดับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 30 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับหญ้ากินนี ทำให้ปริมาณผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น ดังนั้นการนำทางใบปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นอาหารโคสามารถใช้ได้ถึง 30-50 เปอร์เซ็นต์ (Abu Hassan et al., 1993)

ตารางที่ 6 ระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่อประสิทธิภาพการให้นมในโคซาฮีวาลฟรีเซี่ยน

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารทดลอง		
	ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 30 %	ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 50 %	ฟางข้าว 50 %
ปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง (กิโลกรัม/วัน)	6.46[b]	5.86[c]	8.28[a]
ปริมาณน้ำนมที่ปรับที่ระดับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์ (กิโลกรัม/วัน)	6.93	5.73	6.48
ปริมาณน้ำนม:พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (กิโลกรัม/เมกะจูล)	0.109[a]	0.088[b]	0.096[b]

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

ที่มา: Abu Hassan และคณะ (1995)

นอกจากนี้ยังพบการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเพื่อเป็นอาหารสำหรับการเลี้ยงแพะจากการศึกษาของ ณัฐฐา (2552) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับระดับของกากน้ำตาล 4 ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยการเสริมอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลทั้ง 4 ระดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ทำนองเดียวกับ ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) อินทรียวัตถุที่กินได้ และปริมาณโปรตีนที่กินได้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ สันติ และคณะ (2555) ที่ศึกษาระดับของกากน้ำตาล 0-6 เปอร์เซ็นต์ ในทางใบปาล์มน้ำมันหมัก พบว่า ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ในโคพื้นเมือง นอกจากนี้มีรายงานการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันยังสามารถใช้ในการขุนแพะ จากการศึกษาของ Musnandar และคณะ (2011) ที่ศึกษาระดับของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักทดแทนหญ้า 3 ระดับ คือ 0, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารผสมเสร็จ โดยมีอัตราอาหารส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น 60:40 เปอร์เซ็นต์ ต่อคุณภาพซากแพะ จากการศึกษา พบว่า การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักทดแทนหญ้าใน

ระดับ 0, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อค่าโภชนะที่ย่อยได้ ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) และองค์ประกอบทางเคมีของซาก (P>0.05) แต่การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักทดแทนหญ้าในระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน น้ำหนักซาก และเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่าการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ขณะที่การศึกษาของสุนทร (2555) ได้ทำการศึกษาระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับอาหารข้นเพื่อใช้เป็นอาหารผสมเสร็จในแพะ โดยใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับอาหารข้นแตกต่างกัน 4 สูตร ดังนี้ คือ 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่า การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับอาหารข้นที่ระดับ 50:50 และ 60:40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณอาหารที่ได้กินต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่า การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05)ขณะที่เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น ของแพะทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) จากการศึกษาของ ไชยวรรณ และวันวิศาข์ (2555) ได้ทำการศึกษาระดับการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในทางใบปาล์มน้ำมันหมัก มีระดับเอนไซม์ ดังนี้ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งโดยใช้อาหารผสมเสร็จที่มีอัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น 60:40 เปอร์เซ็นต์ ในแพะลูกผสมบอร์-พื้นเมือง 50 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษา พบว่า การใช้เอนไซม์ย่อยเยื่อใยที่ระดับต่างในทางใบปาล์มน้ำมันหมัก มีปริมาณการกินได้ น้ำหนักสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ทำนองเดียวกับ น้ำหนักซากแพะ เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเปอร์เซ็นต์ไขมัน และเปอร์เซ็นต์กระดูกไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) นอกจากนี้มีรายงานการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดต่อสมรรถภาพแพะขุนและกรดไขมันในซากแพะ Ebrahimi และคณะ (2013) ได้ทำการศึกษาทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดทดแทนในอาหารข้น 3 ระดับ 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อสมรรถภาพของแพะขุน และกรดไขมันในซากแพะ จากการศึกษา พบว่า น้ำหนักตัวสุดท้าย และอัตราการเจริญเติบต่อวันของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดทั้ง 3 ระดับไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่าที่ระดับของทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 50 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ซาก น้ำหนักซากอุ่นและความหนาไขมันสันหลังต่ำกว่าที่ระดับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 0 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) แต่มีปริมาณของ n-3 polyunsaturated fatty acid (PUFA) ในทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าระดับทางใบปาล์มอัดเม็ดที่ระดับ 0และ 25เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) มากกว่านั้น Ebrahimi และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษากรดไขมันในเนื้อแพะที่ได้รับทางใบปาล์มอัดเม็ดทดแทนอาหารข้น 3 ระดับ 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการศึกษาในกล้ามเนื้อ3 ส่วน คือ *longissimus dorsi* (LD) *biceps fermoris* (BF) และ *intraspinatus* (IS) จากการศึกษา พบว่า ระดับของทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดทดแทนอาหารข้นระดับที่ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของ total saturated fatty acid (SFA) และ n-6 polyunsaturated fatty acid ในเนื้อส่วน *longissimus dorsi* และ *biceps fermoris*

สูงกว่าแพะที่ได้รับทางใบปาล์มอัดเม็ดระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่พบว่า ปริมาณ n-3 polyunsaturated ในกล้ามเนื้อทั้ง 3 ส่วน ของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มอัดเม็ดระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าระดับทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เห็ดราและลักษณะทั่วไปของเห็ดรา

เห็ดรา (Fungus หรือ Fungi) เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวจัดอยู่ในกลุ่มยูแคริโอต (Eukaryote) อยู่ในอาณาจักรเห็ดราหรือฟังไจ (Kingdom Fungi) โครงสร้างของเห็ด มีผนังเซลล์ที่ประกอบไปด้วยสารเซลลูโลส และไคตินส่วนเส้นใย และดอกเห็ด จะไม่มีคลอโรฟิลล์ได้รับสารอาหารจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และซับซ้อนจนเป็นโมเลกุลเล็กและดูดซึมเข้าเซลล์ (saprophyte) (ทิพย์วรรณ, 2552)

Webster และ Weber (2007) ได้จำแนกเห็ดราออกเป็น 4 ไฟลัม ได้แก่

1. Basidiomycota เชื้อรากลุ่มนี้สร้างเซลล์สืบพันธุ์บนอวัยวะที่คล้ายกระบอง (Basidium) ภายในมี Basidiospore เป็นเชื้อราที่ผลิตบาสิดิโอสปอร์ (Basidiospore) ซึ่งจะงอกเป็นสายเป็นแบบแฮพลอยด์ เรียก Primary mycelium จากนั้นผนังของไมซีเลียมจะมารวมกันได้เป็นเซลล์ที่มีนิวเคลียสสองอัน แต่ละอันเป็น n เรียกว่า ไดคาริโอต (Dikaryote) เส้นใยที่เป็นไดคาริโอตนี้จะรวมกันเป็นโครงสร้างที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์หรือ Tertiary mycelium ซึ่งเป็นส่วนที่เรียกว่าดอกเห็ด เมื่อจะมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ นิวเคลียสทั้งสองอันรวมเข้าเป็น 2n จากนั้นจึงแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างสปอร์อีก ส่วนใหญ่เป็นเห็ดทั้งที่สามารถรับประทานได้ เช่น เห็ดหอม เห็ดนางฟ้า และมีบางส่วนเป็นเห็ดที่รับประทานไม่ได้

2. Ascomycota เป็นกลุ่มราที่พบมากที่สุด โดยส่วนใหญ่รากลุ่มนี้จะมีหลายเซลล์เป็นเห็ดที่มีลักษณะเป็นรูปถ้วย มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในถุงแอสคัส ภายในมีแอสโคสปอร์ เช่น ยีสต์ (yeast)

3. Chytridiomycota เป็นราที่มีแฟลกเจลล่า และมีการสร้างสปอร์ที่มีแฟลกเจลเลตมักอยู่ร่วมกัน กับสาหร่าย ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำ จัดเป็นราที่โบราณที่สุด พบตามพืชน้ำที่ตายแล้วหรือตามเศษหินเศษทรายในน้ำ เป็นปรสิตในพืชน้ำและสัตว์ เช่น Batrachochytrium เป็นปรสิตในกบ

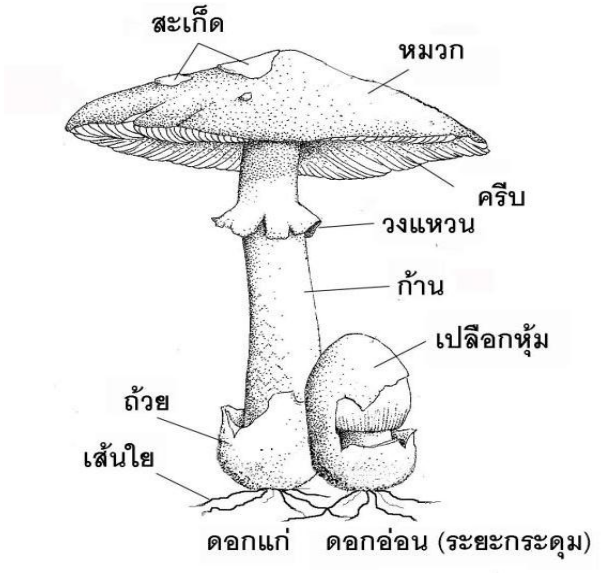
4. Zygomycota หรือไซโกต ฟังไจ เป็นพวกที่อาศัยอยู่บนดิน เช่น ราดำ บางชนิดก่อให้เกิดโรคราสนิม บางชนิดใช้ผลิตกรดฟูมาลิก Rhizopusnigricans มีการสร้างไซโกสปอร์จากเซลล์ใหม่ที่เกิดจากการปฏิสนธิ ตัวอย่าง เช่น ราขนมปัง เมื่อเส้นใยของราที่ต่างกันมาพบกัน จะเกิดการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ มีการรวมของนิวเคลียสได้เป็น ไซโกสปอร์ (2n) ส่วนที่เป็นไซโกสปอร์

นี้จะเป็นระยะพักของรามีผนังหนาเป็นสีดำ เมื่อสภาวะเหมาะสมไซโกสปอร์จะงอก และสร้างส่วนที่เรียกว่า สปอรแรงเกีย (sporangia) จะเกิดการแบ่งตัวแบบไมโอซิส สร้างสปอร์ที่เป็น n เมื่อสปอร์นี้งอกจะได้เส้นใยที่มีนิวเคลียสเป็นแฮพลอยด์

เห็ดจัดเป็นเชื้อราที่มีวิวัฒนาการสูงกว่าเชื้อราอื่นๆ โดยเห็ดจะมีเส้นใยซึ่งสามารถรวมตัวกันเกิดเป็นโครงสร้างหรือดอกขนาดใหญ่มองเห็นด้วยตาเปล่า เห็ดจะถูกจัดจำแนกไว้ 2 ไฟลัม คือ Basidiomycota และ Ascomycota (อนงค์ และคณะ, 2551) วงจรชีวิตของเห็ดทุกชนิดมีลักษณะคล้ายคลึงกัน เริ่มจากเมื่อสปอร์ตกไปอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ก็จะงอกเป็นเส้นใยราและกลุ่มเส้นใยรา (mycelium) แล้วรวมเป็นกลุ่มก้อนเกิดเป็นดอกเห็ด เมื่อดอกเห็ดเจริญเติบโตขึ้นจะสร้างสปอร์ซึ่งปลิวหรือหลุดไปงอกเป็นเส้นใยราได้อีก (ราชบัณฑิต, 2539)

ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของเห็ด

อุทัยวรรณ (2550) ได้กล่าวว่า ลักษณะโครงสร้างสร้างของเห็ดแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันออกไปอย่างไรก็ตามลักษณะโครงสร้างของเห็ด (ภาพที่ 2) จะประกอบด้วย หมวกเห็ด ครีบ ก้าน แอนนูลัส เยื่อหุ้มดอกเห็ด และสปอร์ ดังนี้



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของเห็ด
ที่มา: อุทัยวรรณ (2550)

1. หมวกเห็ด (piteusหรือ cap) เป็นส่วนบนของดอกเห็ดที่เจริญเติบโตขึ้นไปในอากาศ เมื่อเห็ดเจริญเติบโตเต็มที่จะกางออกคล้ายร่ม รูปร่างของหมวกอาจจะแตกต่างกันไป เช่น เป็นรูปกรวย รูประฆัง ผิวด้านบนเรียบ ขรุขระ มีเกล็ด หรือมีขน

2. ครีบ (lamella หรือ gill) เป็นแผ่นบางๆ ที่อยู่ด้านล่างหมวก เรียงเป็นรัศมีออกไปรอบก้าน บางชนิดเชื่อมติดกันบางตอน ครีบเป็นแหล่งกำเนิดของสปอร์ มีชั้นเยื่อกำเนิดสปอร์บุอยู่รอบ

3. ก้าน (stipe หรือ stalk) มีขนาด รูปร่าง และสีสันแตกต่าง ตอนบนยึดติดกับหมวกหรือยึดติดกับครีบ มีทั้งผิวเรียบ ขรุขระ มีขน หรือมีเกล็ด บางชนิดมีวงแหวน เนื้อก้าน ประกอบด้วยเส้นใยหยาบที่สานกันแน่นหรือสานกันอย่างหลวมๆ เห็ดบางชนิดไม่มีก้าน เช่น เห็ดเผาะ บางชนิดมีรากยาวลึกลงไปในดิน เช่น เห็ดโคน

4. แอนนูลัส (annulus หรือ ring) เป็นวงแหวนหรือม่าน (veil) ที่ยึดก้านดอกและขอบหมวกไว้เมื่อดอกอ่อน เมื่อหมวกบานเยื่อดังกล่าวจะขาดออกจากขอบหมวก คงเหลือส่วนที่ยึดติดกับก้านเป็นวงแหวน เรียกว่า เยื่อขอบหมวก (volva outer veil) เห็ดหลายชนิดไม่มีแอนนูลัส

5. เยื่อหุ้มดอกเห็ด (volva, outer veil หรือ universal veil) เป็นเยื่อชั้นนอก เมื่อดอกเห็ดเจริญขึ้น ตอนบนของเยื่อจะแตกออกเพื่อให้หมวกและก้านยืดตัวสูงขึ้น

6. เนื้อในเห็ด (context) เนื้อที่อยู่ใต้ผิวหมวกและในเนื้อก้าน

7. เยื่อหุ้มส่วนสร้างสปอร์ (peridium) เยื่อหุ้มอับสปอร์หรือเยื่อหุ้มดอก

8. สปอร์ (spore) สปอร์ของดอกเห็ดส่วนมากมีจำนวนโครโมโซมเพียงชุดเดียว (haploid) เกิดบนฐานดอกหรือก้านรูปกระบอก หรือเกิดเป็นอับหรือถุงซึ่งเรียงกันอย่างมีระเบียบ

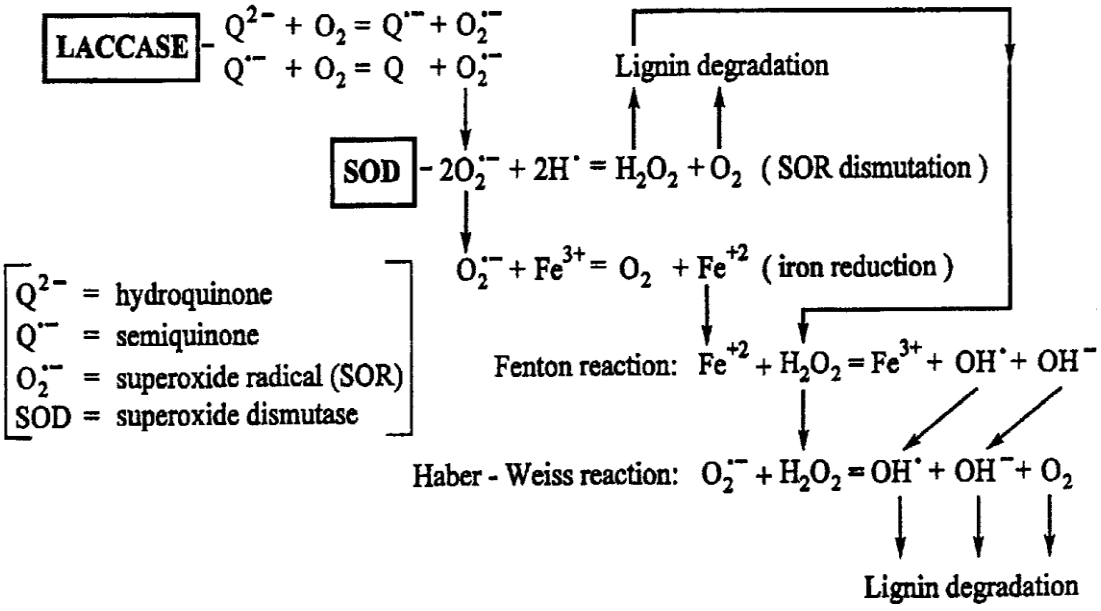
9. เส้นใย (mycelium) เห็ดทุกชนิดมีเส้นใยราแบบมีผนังกันแบ่งออกเป็นเซลล์ มี 3 ระยะ คือ 1) กลุ่มเส้นใยราปฐมภูมิ (primary mycelium) เป็นเส้นใยที่เจริญออกมาจากสปอร์มี 1 นิวเคลียส 2) กลุ่มเส้นใยราทุติยภูมิ (secondary mycelium) เกิดได้ 2 แบบ คือ เกิดจากเส้นใยราปฐมภูมิที่พัฒนาเจริญเป็นเส้นใยราทุติยภูมิได้เอง และเกิดจากการผสมของเส้นใยราปฐมภูมิจากสปอร์ที่เข้ากันได้ 3) กลุ่มเส้นใยราตติยภูมิ (tertiary mycelium) คือ เส้นใยราทุติยภูมิที่พัฒนารวมตัวกันแน่นเป็นดอกเห็ด (fruiting body)

การดำรงชีพของเห็ดรา

เห็ดราทั่วไปมีการดำรงชีพโดยปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และซับซ้อนจนเป็นโมเลกุลเล็กและดูดซึมเข้าเซลล์ (saprophyte) (ทิพย์วรรณ, 2552) เห็ดราสามารถย่อยผนังเซลล์พืชลิกโนเซลลูโลส ลิกนินและสารประกอบอะโรมาติกอื่นๆ (Krik et al.,

1976; Tour et al., 1995; Martinaez et al., 2001) ซึ่งเชื้อรากลุ่ม (white rot fungi, WRF) มีความสามารถแตกพอลิเมอร์ (depolymerization) ของลิกนินให้เป็นมอนอเมอร์หน่วยย่อย โดยโครงสร้างพอลิเมอร์ของลิกนิน ประกอบไปด้วย มอนอเมอร์ของแอลกอฮอล์ cinnamyl alcohols (monolignols) 3 ชนิด *p*-coumaryl (4-hydroxycinnamyl), coniferyl (4-hydroxy-3-methoxycinnamyl) และ sinapyl (4-hydroxy-3, 5-dimethoxycinnamyl) เป็นสารตั้งต้นสร้างหน่วยย่อยลิกนิน 3 กลุ่ม 1. *p*-hydroxyphenyl (*H*) 2. guaiacyl (*G*) 3.syringly (*S*) หน่วยย่อยของลิกนินจะต่อกันด้วยหลายพันธะและพันธะคาร์บอน (C-C) (Martinaez et al., 2001) โดยการปล่อยเอนไซม์ 3 ชนิด ได้แก่ lignin peroxidase (LiP), manganese-dependent peroxidase (MnP) และ laccaseซึ่งการทำงานของเอนไซม์ LiP และ MnP จะทำงานร่วมกันกับไฮโดเจนเปอร์ออกไซม์ (H_2O_2) การได้มาของไฮโดเจนเปอร์ออกไซม์ได้มาจาก 2 กระบวนการ ดังนี้

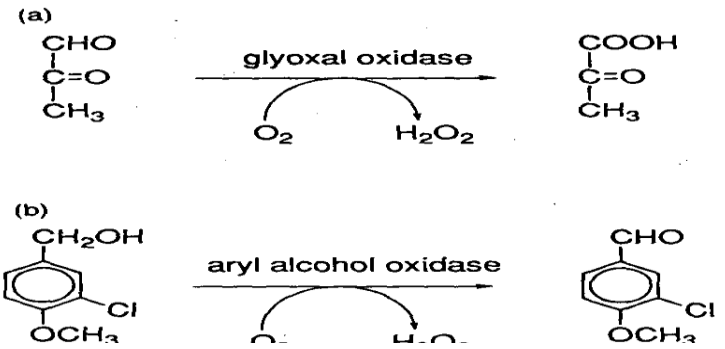
1. การทำงานของเอนไซม์ SOD (superoxide dismutase) เกิดจากการต่อต้าน oxidative stress โดย SOD จะ catalyze สารอนุมูลอิสระ superoxide anion radicals ($O_2^{\cdot-}$SORs) ไปเป็นออกซิเจน O_2และ H_2O_2อนุมูลอิสระ SORs จะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ quinone redox cycling เป็นกระบวนการรับส่งอิเล็กตรอนของสารกลุ่ม quinone โดยมีเอนไซม์ laccase มากระตุ้นในระหว่างกระบวนการ (Malarczyk et al., 1995) แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 บทบาทของ SOD ต่อกระบวนการย่อยลิกนิน

ที่มา: Malarczyk และคณะ (1995)

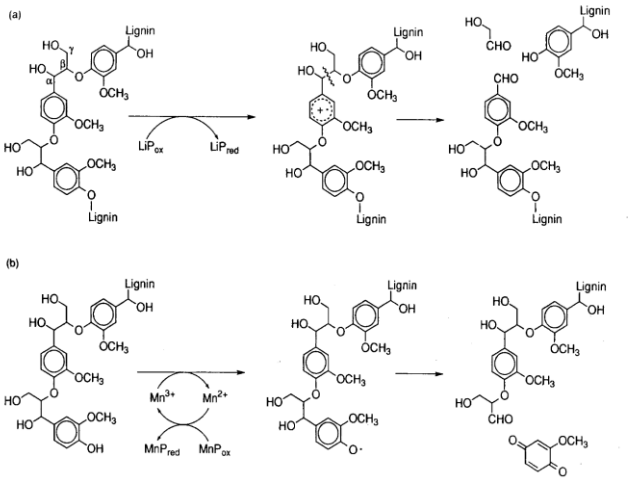
2. การทำงานของเอนไซม์ glyoxal oxidase (GLOX) และ aryl alcohol oxidase (AAOs) เอนไซม์ GLOX จะเปลี่ยนออกซิเจนให้กลายเป็น H_2O_2 โดยการรับอิเล็กตรอนจากตัวให้อิเล็กตรอนจากกลุ่มของ 1-3 คาร์บอนแอลดีไฮด์ บางครั้งอาจจะได้อิเล็กตรอนจาก glyoxal และ methylglyoxal เป็นสารตั้งต้น ผลผลิตจากเอนไซม์ H_2O_2 จะทำงานร่วมกับเอนไซม์ LiP โดยไป oxidize arylglycerol beta-aryl ether ของลิกนิน (ภาพที่ 4) ส่วนการทำงานของเอนไซม์ AAOs จะมีสารตั้งต้นเป็น chloroanisyl alcohols และ alkoxybenzyl alcohols เพื่อสร้าง H_2O_2 ทำงานร่วมกับเอนไซม์ LiP



ภาพที่ 4 การสร้าง H_2O_2 โดยเอนไซม์ glyoxal oxidase และการสร้าง H_2O_2 โดยเอนไซม์ aryl alcohol oxidase

ที่มา: Hemmel (1997)

การทำงานของเอนไซม์ LiP catalyzed oxidation จะได้อิเล็กตรอน 1 อิเล็กตรอน จากสารตั้งต้นที่เป็นกลุ่มวงแหวนอะโรมาติก หลังจากนั้นมันจะตัดตรงพันธะ C_a-C_β โครงสร้างของ arylglycerol beta-aryl etherเป็นส่วนโครงสร้างลิกนินที่เป็น non-phenolic ในกระบวนการ depolymerzation และเอนไซม์ MnP ก่อนการ Oxidaze จะเกิดกระบวนการ chelate ให้อิเล็กตรอนจาก Mn^{2+} เป็น Mn^{3+}จะเกิดการ Oxidaze โดยตัดพันธะ C_a-aryl ในส่วนที่เป็นโครงสร้างลิกนิน phenolic แสดงดังภาพที่ 5



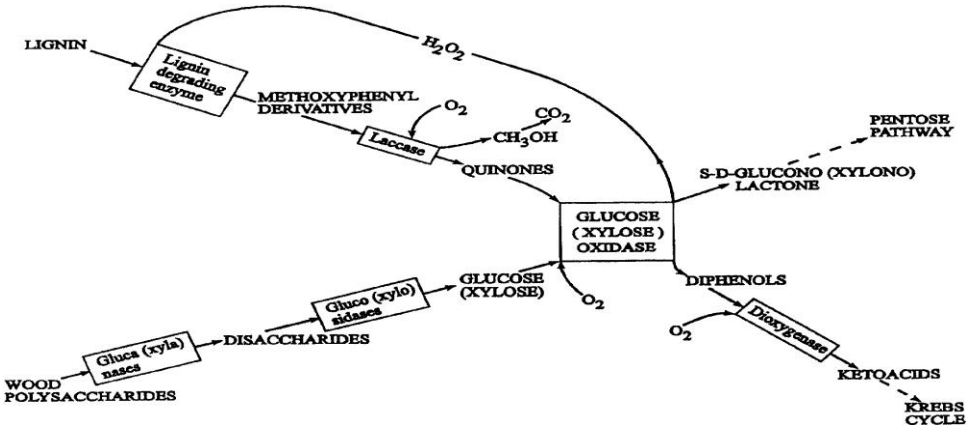
ภาพที่ 5 กระบวนการ oxidative และบริเวณที่เอนไซม์ LiP ตัดโครงสร้าง non-phenolic arylglycerol-ß-aryl ether และ MnP ตัดโครงสร้าง terminal phenolic arylglycerol-ß-aryl ether

ที่มา: Kirk และคณะ (1986)

การทำงานร่วมกันของเอนไซม์ในขณะย่อยผนังหนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลส

Leonowiez และคณะ (1999) ได้เสนอรูปแบบการทำงานร่วมกันของเอนไซม์จากเห็ดรากลุ่ม WRF ในการย่อยผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลส โดยเริ่มจากเอนไซม์ glucose-1-oxidase (GOD) จะทำงานร่วมกับเอนไซม์ MnP และเอนไซม์ Laccase โดยเอนไซม์ GOD ย่อยสลายสารกลุ่มน้ำตาล glucose และ xylose จากการย่อยสลายสารกลุ่ม wood polysaccharides เมื่อ GOD ย่อยสลาย glucose จะเกิด H_2O_2 ไปร่วมกับการทำงานของเอนไซม์ MnP ขณะเดียวกัน เอนไซม์ Laccase ให้ อิเล็กตรอนกับ Quinone เปลี่ยนไป phenols การทำงานของ GOD เป็นแบบ Feedback ร่วมกับเอนไซม์ lignin peroxidase (LiP และ MnP) ซึ่งเป็นเอนไซม์แรกที่ย่อยสลายลิกนิน เอนไซม์ Laccase จะมีหน้าที่เป็นตัว Demethylation โดย glucose ที่ได้เกิดจากการ cellulose hydrolysis ของเอนไซม์กลุ่ม cellulose เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ GOD โดยกระบวนการ glucose oxidase ต้องการ O_2 หลังจากนั้นจะถูกแทนที่ โดย quinine ที่เอนไซม์ laccase ได้จากย่อย lingnin oligomer กระบวนการ glucose oxidase ทำให้ได้ D-glucose-d-lactose จะเข้าสู่กระบวนการ pentose phosphate pathway หรือในกระบวนการ glycolysis ของเห็ดราเพื่อใช้ดำรงชีพต่อไปส่วน H_2O_2จะรวมตัว MnP เพื่อทำให้พันธะลิกนินแตกออก ภายในโครงสร้างลิกนินจะมีหมู่ methoxyl เอนไซม์ laccase จะตัดหมู่ methoxyl และเอนไซม์ กลุ่ม peroxidase จะย่อยลิกนินจนมีขนาดเล็กลง และสร้างเป็น quinines ในกระบวนการ secondary polymerization เพื่อเป็นการรักษาสมดุลของกระบวนการ glucose oxidase

หลังจากนั้น quinones ถูก reduce จนเป็น phenols เป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ protocatechuate 3, 4-dioxigenase (P34D) หรือเอนไซม์กลุ่ม diogenase ตัวอื่น กลายเป็น Keto acid เข้าสู่วัฏจักรเครบส์ (krebs cycle) เพื่อใช้ในการดำรงชีพของเห็ดราต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กระบวนการย่อยสลายลิกโนเซลลูโลสของเชื้อรากลุ่ม WRF
ที่มา: Leonowiez และคณะ (1999)

เชื้อเห็ดตีนปลอก (*Lentinus sajor-caju*)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Lentinus sajor-caju* ชื่อพ้อง *Agaricus sajor-caju*

Kingdom Fungi

Phylum Basidiomycota

Class Agaricomycetes

Order Polypoles

Family Polyporaceae

Genus Lentinus

Specific Epithet sajor-caju

ลักษณะทั่วไปของเห็ดตีนปลอก คือ หมวกเห็ดมีลักษณะรูปกรวยลึก สีเทาอ่อน ขาวนวล หรือสีเทาอ่อนอมน้ำตาลอ่อน เส้นผ่าศูนย์กลาง 3-9 เซนติเมตร ผิวเรียบ ขอบม้วนงอเข้าแต่จะเหยียดตรงและหยักเป็นคลื่น เนื้อบางและเหนียวกระด้างขึ้นเมื่อเก็บไว้นานหรือดอกแก่ ครีบสีขาวยาวเรียวลงไปติดก้านและเรียงชิดกัน มีความยาว 4 ขนาด สันครีบเรียบหรือจักฟันเลื่อยเล็กๆ ก้านรูปทรงกระบอก สีเหมือนหมวก ยาว 0.8-3 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-1.5 เซนติเมตร อยู่

กึ่งกลางหรือเยื้องไปข้างใดข้างหนึ่ง บนก้านมีแอนนูลัสเป็นแผ่นบางๆ ติดอยู่โดยรอบ สปอร์รูปยาว โค้งเล็กน้อย สีขาว ขนาด 0.5-2.5 × 5-9 ไมครอน ผิวเรียบ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2539)

เห็ดตีนปลอกมีเขตการกระจายพันธุ์ในประเทศไทยทางภาคเหนือ ภาคตะวันตกเฉียงเหนือ และพบทางภาคใต้ (กรมป่าไม้, 2557) ขึ้นตามตอไม้ผุ กินได้ ในต่างประเทศพบทางเอเชียตอนใต้ และประเทศเขตร้อนทั่วโลก ซึ่งเห็ดตีนปลอกจะแตกต่างจากเห็ดนางฟ้าตรงที่เห็ดตีนปลอกมีแอนนูลัส แต่เห็ดนางฟ้าไม่มีแอนนูลัส มีเนื้ออ่อนนุ่ม ไม่เหนียว มีครีบใหญ่ และหนากว่าเห็ดตีนปลอก (ราชบัณฑิตยสถาน, 2539)

การปรับปรุงและการเพิ่มคุณภาพอาหารหยาบ โดย white rot fungi (WRF)

การใช้เชื้อรา WRFปรับปรุงคุณภาพในฟางข้าว

การเพิ่มคุณค่าของอาหารหยาบโดยใช้เชื้อรากลุ่ม WRF ได้มีการใช้อย่างแพร่หลาย เพื่อปรับปรุงคุณภาพฟางข้าว โดยเฉพาะการใช้เชื้อเห็ดสกุล *Pleurotus* (Adamovic et al., 1998) จากการศึกษาของ Adamovic และคณะ (1998) ได้ทำการศึกษาระดับของปริมาณฟางข้าวที่ถูกทดแทนด้วยฟางข้าวหมัก โดยใช้เชื้อเห็ด *Pleurotus ostreatus* 3 ระดับ ดังนี้ 0, 10 และ 17 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารผสมเสร็จ พบว่า ปริมาณการกินได้ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในอาหารผสมเสร็จที่ใช้ฟางข้าวที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อเห็ดแต่ละระดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวันในอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวที่หมักด้วยเชื้อเห็ดที่ระดับ 17 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่าระดับ 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนการศึกษาการใช้เชื้อเห็ด *Pleurotus ostreatus* ในโคนม Fazaeli และคณะ(2002) ได้ทำการศึกษาการทดแทนฟางข้าวด้วยฟางข้าวที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อเห็ด *Pleurotus ostreatus* 4 ระดับ ดังนี้ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษา พบว่าปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) โภชนะที่ย่อยได้รวม ปริมาณของไขมันนม และองค์ประกอบทางเคมีของนม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าการเพิ่มระดับของฟางข้าวที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อเห็ดทำให้ไขมันนม และองค์ประกอบทางเคมีของนมมีแนวโน้มที่สูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Fazaeli และคณะ (2004a) ที่ได้ทำการศึกษาระดับฟางข้าวหมักด้วยเชื้อเห็ด *Pleurotus ostreatus* ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับฟางข้าวที่ไม่ผ่านการหมักด้วยเชื้อเห็ด จากการศึกษาพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยเชื้อเห็ดที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณน้ำนม ปริมาณไขมันนม และโปรตีนในน้ำนมสูงกว่ากลุ่มของฟางข้าวที่ไม่ผ่านการหมักด้วยเชื้อเห็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และ Fazaeli และคณะ (2004b) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการใช้ฟางข้าวหมักด้วยเชื้อเห็ด 3 รูปแบบ ประกอบด้วย 1. ฟางข้าวที่ไม่ผ่านการหมักด้วยเชื้อเห็ด (control)

2. ฟางข้าวที่หมักด้วยเชื้อเห็ดก่อนเก็บผลผลิต และ 3. ฟางข้าวที่ถูกหมักด้วยเชื้อเห็ดหลังจากเก็บผลผลิตเห็ดไปแล้ว จากการศึกษา พบว่า ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุ และปริมาณการกินได้ของอนินทรียวัตถุ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวที่ถูกหมักด้วยเชื้อเห็ด และฟางข้าวถูกหมักด้วยเชื้อเห็ดหลังจากเก็บเห็ดไปแล้ว แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าวที่ไม่ผ่านการหมักด้วยเชื้อเห็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อย่างไรก็ตาม ระดับของฟางข้าวที่ผ่านการเก็บเห็ดไปแล้วควรใช้ทดแทนที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ (Fazaeli and Masoodi, 2006) ทำนองเดียวกับ Oh และคณะ (2010) ได้ทำการศึกษาการเสริมวัสดุเพาะเห็ด *Pleurotus eryngiia* และ *Pleurotus osteratus* เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมวัสดุเพาะเห็ด (control) ต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และค่าเคมีในเลือดของโคเนื้อพันธุ์ Hanwoo จากการศึกษา พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าแอมโมเนีย-ไนโตเจน ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด ค่ากลูโคส โปรตีนทั้งหมด ค่ายูเรีย-ไนโตรเจน และโปรตีนอัลบูมินในกระแสเลือดของโคเนื้อแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วน Hassan และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาการใช้ฟางข้าวบาร์เลย์หมักเชื้อเห็ด *Pleurotus osteratus* และฟางข้าวบาเลย์หมักยูเรีย เปรียบเทียบกับฟางข้าวบาร์เลย์ที่ไม่ผ่านหมัก (control) โดยเสริมอาหารข้น 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว ต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของแกะคาราดีเพศผู้ จากการศึกษา พบว่า แกะกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวบาร์เลย์หมักเชื้อเห็ด *Pleurotus osteratus* มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ เยื่อใยรวม ลิกโนเซลลูโลส ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) และปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุสูงกว่าแกะกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวบาร์เลย์หมักยูเรีย และกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวไม่ผ่านการหมัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สอดคล้องกับการศึกษาของ Shrivastava และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาโดยใช้เชื้อเห็ด *Ganoderma* sp. rckk02 หมักฟางข้าว เปรียบเทียบกับฟางข้าวที่ไม่ผ่านการหมักด้วยเชื้อเห็ดในการประเมินการย่อยได้ในแพะ จากการศึกษา พบว่า ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) การย่อยได้ของโปรตีน และปริมาณ โภชนะที่ย่อยได้รวมในกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อเห็ด *Ganoderma* sp. rckk02 สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวที่ไม่ผ่านการหมักด้วยเชื้อเห็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) Samsudin และคณะ (2013) ทำการศึกษาการหมักฟางข้าวด้วยเชื้อรา *Aspergillus niger* ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์เปรียบเทียบกับฟางข้าวที่ไม่ผ่านการหมัก โดยศึกษาการย่อยได้ของวัตถุแห้งในแพะโดยใช้ถุงไนลอนจากการศึกษา พบว่า ฟางข้าวที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อราร่วมกับจุลินทรีย์มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่า ฟางข้าวที่หมักด้วยเชื้อราและฟางข้าวที่ไม่ผ่านการหมักด้วยเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) Mahesh และ Mohini (2013) ได้ทำการศึกษาการใช้ฟางข้าวสาลีหมักด้วยเชื้อรา *Crinipellis* sp. เปรียบเทียบกับฟางข้าวสาลีที่ไม่ผ่านการหมักด้วยเชื้อราโดยศึกษาการย่อยได้ด้วยเทคนิคผลผลิตแก๊ส (*in vitro* gas production) และการย่อยได้ในโคพันธุ์ซาลฮิวาลเพศผู้หลังอย่านม จากการศึกษา พบว่า การผลิตแก๊ส การย่อยได้ที่

แท้จริงของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ในฟางข้าวสาลีที่ถูกหมักด้วยเชื้อรา *Crinipellis* sp.สูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ผ่านการหมักด้วยเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และการศึกษาปริมาณการกินได้และการย่อยได้ในโค พบว่า ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) โภชนะที่ย่อยได้รวมและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ในฟางข้าวที่ถูกหมักด้วยเชื้อรา *Crinipellis* sp. สูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ผ่านการหมักด้วยเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) Kholif และคณะ (2014) ทำการศึกษาระดับของฟางข้าวที่หมักด้วยเชื้อราในอาหารผสมเสร็จ 3 ระดับ 0, 25 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนและผลผลิตน้ำนมในแพะ จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) ของฟางข้าวที่หมักด้วยเชื้อรา 3 ระดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่า ฟางข้าวที่ถูกหมักเชื้อราระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าฟางข้าวที่ถูกหมักด้วยเชื้อราที่ระดับ 0 และ 45 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาถึงปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด ค่าแอมโมเนียไนโตเจน และปริมาณไนโตเจนทั้งหมดของฟางข้าวที่หมักด้วยเชื้อราระดับ 0 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าฟางข้าวที่หมักด้วยเชื้อราระดับ 25 และ 45 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่ปริมาณไขมันนมของกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวที่หมักด้วยเชื้อราที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่า ฟางข้าวที่หมักด้วยเชื้อราที่ระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ต่อมา Shahzad และคณะ (2016) ได้ทำการศึกษาการใช้อาหารผสมเสร็จที่มีระดับฟางสาลีหมักเชื้อรา *Arachiotus* sp. ทดแทนฟางข้าวสาลี 4 ระดับ คือ 0, 33, 64 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในกระบือ พบว่า กระบือที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา *Arachiotus* sp. ที่ระดับ 33 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญ เติบโตต่อวัน ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) ปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวม ปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ ปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลส การย่อยได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของโปรตีนรวม การย่อยได้ของผนังเซลล์ และการย่อยได้ของลิกโนเซลลูโลส สูงกว่ากระบือกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา *Arachiotus* sp. ที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง ปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวม การย่อยได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของผนังเซลล์ และการย่อยได้ของลิกโนเซลลูโลส ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในกลุ่มกระบือที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา *Arachiotus* sp. ที่ระดับ 0, 33 และ 64 เปอร์เซ็นต์

ผลการใช้เชื้อรา white rot fungi ปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมัน

Rahman และคณะ(2011) ได้ทำการคัดเลือกเชื้อเห็ดกลุ่ม white rot fungi 9 ชนิด ได้แก่ *Ceriporiopsis subvermispora, Pleurotus ostreatus, Phlebia brevispora, Lentinula edodes,*

Pleurotus eryngii, Trametes versicolor, Bjerkandera adusta, Ganoderma lucidum, และ *Schizophyllum commune* จากการศึกษาพบว่า เชื้อรา *Ceriporiopsis subvermispora* ที่ใช้เวลาบ่ม 3 สัปดาห์ *Lentinula edodes* และ *Phlebia brevispora* ที่ใช้เวลาบ่ม 9 สัปดาห์ ศึกษาโดยใช้จลศาสตร์การผลิตแก๊ส พบว่าสามารถทำให้การย่อยได้ปรากฏของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน (apparent rumen degradable carbohydrate, ARDC) การผลิตกรดไขมันระเหยง่าย (VFA) และการย่อยได้ของอินทรียวัตถุโดยใช้เอนไซม์ cellulose (cellulase degraded organic matter, CDOM) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อรากลุ่มอื่นๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ Tuyen และคณะ (2013) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้เชื้อรา 4 ชนิด ได้แก่ *Ceriporiopsis subvermispora*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus eryngii* และ *Pleurotus ostreatus* หมักผลพลอยได้ทางการเกษตร คือ ซังข้าวโพด ทางใบปาล์มน้ำมัน และชานอ้อย เปรียบเทียบกับผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ไม่ได้ผ่านการหมักเชื้อรา (control) พบว่า เชื้อราทั้ง 4 ชนิด สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตแก๊สรวมในทางใบปาล์มน้ำมันประมาณ 68 -132 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มปริมาณผลผลิตแก๊สรวมในชานอ้อยประมาณ 65 -71 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณผลผลิตแก๊สรวมไม่เพิ่มในซังข้าวโพด เมื่อพิจารณาถึงชนิดเชื้อรา พบว่า เชื้อรา *Ceriporiopsis subvermispora* และ *Lentinula edodes* สามารถย่อยลิกนินโดยคำนวณจากผลผลิตแก๊สได้สูงกว่าเชื้อรา *Pleurotus eryngii* และ *Pleurotus ostreatus*

Imsya และคณะ (2013)ได้ทำการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยเชื้อรา *Phanerochaetae chrysosporium* ทดแทนหญ้าเนเปียร์ในอาหารผสมเสร็จ4ระดับ 0, 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน จากการศึกษาพบว่า การทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุ 71.27 และ 69.66 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อราที่ระดับ 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ (มีค่า 66.47, 58.34 และ 55.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และ (64.78, 57.69 และ 54.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักด้วยเชื้อราทดแทนหญ้าเนเปียร์ที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับ 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และยังพบว่า ปริมาณของแบคทีเรียกลุ่ม Cellulolytic bacteria ค่าแอมโมเนีย-ไนโตเจน และปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดในทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อราทดแทนหญ้าเนเปียร์ที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 8.27 ซีแอฟยู/มิลลิลิตร 8.71 และ 163.47 มิลลิโมล สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อราที่ระดับ 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ (มีค่า 7.42, 7.15 และ 6.02 ซีแอฟยูต่อมิลลิลิตร) (7.72, 7.20 และ 6.05 มิลลิโมล) และ (159.82, 153.42 และ 150.06 มิลลิโมล) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การศึกษาเกี่ยวกับการใช้เชื้อรามาปรับปรุงทางใบปาล์มน้ำมันในประเทศไทย โดย Chanjula และคณะ (2015b) ได้ทำการศึกษากลุ่มเชื้อเห็ดที่กินได้จำนวน 6 ชนิด คือ 1. เห็ดนางรมฮังการี (*Pleurotus ostreatus*, PO) 2. เห็ดนางนวล (*Pleurotus djamor*, PD) 3. เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus*, LS)4. เห็ดแครง (*Schizophyllum commune*, SC) 5. เห็ดกระด้าง (*Lentinus polychrous*, LP) และ 6. เห็ดตีนปลอก (*Lentinus sajor-caju*, LSc) ตามลำดับ บนอาหารเลี้ยงเชื้อ คือ ทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm frond, OPF) ร่วมกับยูเรีย 3 ระดับ คือ 0, 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อเห็ดและองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมัน พบว่า เชื้อเห็ด *Lentinus sajor-caju* และ *Schizophyllum commune* มีความหนาแน่นของเส้นใยเชื้อราสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ส่วนองค์ประกอบทางเคมี พบว่าเชื้อเห็ด *Lentinus sajor-caju* และ *Schizophyllum commune* มีค่าผนังเซลล์ลิกโนเซลลูโลสของทางใบปาล์มน้ำมันลดลงต่ำกว่าเชื้อเห็ดกลุ่มอื่นๆ เนื่องจากสามารถย่อยองค์ประกอบของผนังเซลล์และทำลายพันธะลิกโนเซลลูโลสของทางใบปาล์มน้ำมันได้สูงขณะที่มีปริมาณของโปรตีนในทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราสูงกว่ากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาจเนื่องจากปริมาณของเส้นใยของเห็ดราที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของโปรตีนมีค่าเพิ่มขึ้น

Chanjula และคณะ (2016) ได้ทำการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา *Lentinus sajor-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 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) ในแพะทั้ง 3 กลุ่ม มีค่า (0.992, 1.051 และ 1.095 กิโลกรัมต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่า การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ในแพะกลุ่มที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา 30 เปอร์เซ็นต์ และแพะกลุ่มที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราร่วมกับยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ 30 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันไม่หมักเชื้อรา 30 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างไปเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง สอดคล้องกับการศึกษาของ (Tan et al., 2002) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และปริมาณแอมโมเนียที่เกิดขึ้นภายในของเหลวกระเพาะรูเมน พบว่า แพะแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ทำนองเดียวกับ ค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือด ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด และ ปริมาณเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรท ในแพะแต่ละกลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่า ค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวกระเพาะรูเมน

ของแพะ ค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือด และค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของแพะอยู่ในระดับปกติ

Chanjula และคณะ (2017) ได้ทำการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา*Lentinus sajor-caju* ในอาหารผสมเสร็จมีสัดส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบ 70:30 เปอร์เซ็นต์ ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และลักษณะซากของแพะขุน โดยในการศึกษาใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยมี 3 ปัจจัยทดลองที่ศึกษา ดังนี้ 1. ทางใบปาล์มน้ำมันที่ไม่หมักเชื้อรา 30 เปอร์เซ็นต์ 2.ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา 30 เปอร์เซ็นต์ และ 3.ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราร่วมกับยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษา พบว่า ปริมาณการกินได้อย่างอิสระของแพะทั้งในรูปเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกปริมาณการกินได้ของโภชนะ การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และเถ้าของแพะทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ทำนองเดียวเมื่อพิจารณาถึงอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น องค์ประกอบซากแพะและสัดส่วนซากสากล ได้แก่ สันสะเอว (loins) สันซี่โครง (rack) ไหล่ (shoulder) ขาหน้า (fore leg) อก (breast) และคอ (neck) ของแพะทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตาม พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันที่ไม่หมักเชื้อรามีน้ำหนักของสัดส่วนขาหลัง (hind leg) สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราร่วมกับยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ มีสัดส่วนของสะโพก (chump) สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ตามลำดับ

จากการรวบรวมเอกสารแสดงให้เห็นว่ามีการศึกษาโดยใช้เชื้อรากลุ่ม WRF มาปรับปรุงในฟางข้าวเป็นส่วนใหญ่ แต่การศึกษาในทางใบปาล์มน้ำมันน้อยมาก และจากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าเชื้อรา *Lentinus sajor-caju* (LSc) สามารถเจริญเติบโตได้ดีบนทางใบปาล์มน้ำมัน (Chanjula et al., 2015b) รวมทั้งการปรับปรุงทางใบปาล์มน้ำมันด้วยเชื้อรา *Lentinus sajor-caju* (LSc) มีการย่อยได้ของโภชนะสูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีการเสริมทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา (Chanjulaet al., 2016) ดังนั้น งานวิจัยในครั้งนี้จึงศึกษาผลการเสริม (fungal treated oil palm frond, FTOPF) (*Lentinus sajor-caju*) ที่ระดับต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้ทางปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในแพะ

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้ทางปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราต่อค่าเมแทบอไลท์ในกระแสเลือด กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนของแพะ

บทที่ 2
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

1. แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย–แองโกลนูเบียนเพศผู้ 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเฉลี่ยประมาณ 15-16 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 31.88±4.31 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว

2. โรงเรือนสำหรับเลี้ยงแพะและกรงขังเดี่ยวสำหรับการทดลองหาการย่อยได้ในสัตว์ (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 (AD3E) บริษัท Woerden-Holland-P.O.B. 78

7. อุปกรณ์สำหรับเพาะเลี้ยงเชื้อรา ตู้เขี่ยเชื้อ (Larminar flow) จานเพาะเลี้ยงเชื้อ (Petri dish) หม้อนึ่งความดัน (Autoclave) ขวดแก้ว เม็ดข้าวฟ่าง อาหารวุ้นเลี้ยงเชื้อรา (Potatodextrose agar, PDA)

8. อุปกรณ์สำหรับทำก้อนเชื้อเห็ด ถุงพลาสติกขนาด 12 ×7 เซนติเมตร ถุงพลาสติกขนาด 45×90เซนติเมตร ผ้าใบพลาสติกขนาด 3×5 เมตร

9. เครื่องชั่งอาหารยี่ห้อ Azano รุ่น WSS-15

10. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ เช่น ถังพลาสติก ขวดพลาสติก ผ้าขาวบาง เครื่องชั่ง ถุงพลาสติก และยาง

11. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหารเช่นแก้ว ถุงพลาสติก และยาง

12. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างเลือด เช่น เข็มฉีดยา สำลี แอลกอฮอล์ หลอดแฮพารีน ปริมาณ 4 มิลลิลิตร

13. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างของเหลวรูเมน ได้แก่ ขวดพลาสติก บีกเกอร์ เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง ยี่ห้อ HANNA instrument (HI 9813 microcomputer pH meter) กระบอกตวง stomach tube และ vacuum pump

14. เครื่องชั่งน้ำหนักแพะ

15. อุปกรณ์ในตรวจการนับจำนวนจุลินทรีย์โดยวิธี นับตรง ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 10x, 20x และ 40x) อุปกรณ์กดนับเม็ดเลือด และ Hematocytometer

16. สารเคมีและเครื่องมือในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (proximate analysis)

17. สารเคมีและเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิธี Detergent method

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

19. เครื่องบดยี่ห้อ (Willy mill) ยี่ห้อ Dietz

20. เครื่องปั่นเหวี่ยงยี่ห้อ Hermel Z 230

21. อุปกรณ์ทำความสะอาดคอก ได้แก่ ไม้กวาด ผงซักฟอก และแปรงถูพื้น

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมทางใบปาล์มน้ำมันหมักโดยเชื้อรา

เตรียมการหมักทางใบปาล์มน้ำมันด้วยเชื้อรา (fugal treated oil palm frond, FTOPF) หรือเห็ดตีนปลอก (*Lentinus sajor-caju,* LSc) โดยใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดที่ตัดออกระหว่างการเก็บทะลายปาล์มน้ำมัน จากต้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุประมาณ 9 – 10 ปี ณ สถานีวิจัยและฝึกภาคสนามคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (โดยทำการตัดส่วนก้านใบ petiole ที่มีหนามออกประมาณ 1 เมตร) ซึ่งทางใบปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดลองในครั้งนี้ ใช้ปาล์มน้ำมันพันธุ์ ทรัพย์ มอ. 1 โดยนำทางใบปาล์มมาสับย่อยด้วยเครื่องสับย่อยให้มีความยาว 1.00 - 1.50 เซนติเมตร นำไปบรรจุในถุงเพาะเห็ดขนาด 7×12 นิ้ว ปิดด้วยหัวจุกเพาะเห็ด หลังจากนั้นนำทางใบปาล์มน้ำมันที่บรรจุถุงเพาะเห็ดแล้วนำไปนึ่งในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น นำหัวเชื้อเห็ดตีนปลอกที่เพาะเลี้ยงในข้าวฟ่างย้ายลงในถุงเพาะเห็ดที่บรรจุทางใบปาล์มน้ำมันที่ผ่านการนึ่งแล้ว ประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด นำถุงเห็ดที่ย้ายเชื้อไปบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง 28-32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน ให้เชื้อเห็ดตีนปลอกเดินเต็มถุง หลังจากครบ 21 วัน นำทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราตากแดดจนแห้งเป็นเวลา 3 วัน เพื่อเก็บไว้ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบต่อไป

2. อาหารผสมเสร็จ

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารผสมเสร็จที่มีสัดส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบโดยมีอัตราส่วน 70:30 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา (fungal treated oil

palm frond, FTOPF) ทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามแผนการทดลอง โดยสูตรอาหารคำนวณให้มีโภชนะมีโปรตีนรวม15 เปอร์เซ็นต์ และโภชนะที่ย่อยได้รวม 76 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10) โดยสูตรอาหารผสมเสร็จทั้ง 4 สูตร มีระดับโภชนาการต่างๆ ตามคำแนะนำของ NRC (1981)

3. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุเฉลี่ย 15-16 เดือน และมีน้ำหนักเฉลี่ย 31.88 ± 4.31 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ก่อนนำเข้าการทดลองทำการกำจัดพยาธิภายนอก และพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (ไอเดกติก, IDECTIN,® The British Dispensary (L.P) CO., Ltd., ประเทศไทย) ขนาด 1 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม แพะทุกตัวได้รับหญ้าเนเปียร์สดตัดที่ 50 วัน อย่างเต็มที่ ร่วมกับอาหารข้นในระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นเวลา 30 วัน เพื่อปรับให้แพะทุกตัวมีสภาพร่างกายที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 7 สัดส่วนของวัตถุดิบ (คิดเป็นวัตถุแห้ง) ที่ใช้ประกอบสูตรอาหารผสมเสร็จ และคุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

วัตถุดิบ	ระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในอาหารผสมเสร็จ (%)			
	0	**33**	**67**	**100**
OPF[1]	30.0	20.0	10.0	0.0
FTOPF[2]	0.0	10.0	20.0	30.0
ข้าวโพดบด	45.0	45.0	45.0	45.0
กากถั่วเหลือง	7.3	7.3	7.3	7.3
ปลาป่น	0.4	0.4	0.4	0.4
กระถินป่น (รวมก้านใบ)	7.0	7.0	7.0	7.0
กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	7.0	7.0	7.0	7.0
กากน้ำตาล	2.03	2.05	2.09	2.10
ไดแคลเซียม	0.4	0.4	0.4	0.4
เกลือ	0.2	0.2	0.2	0.2
ยูเรีย	0.07	0.05	0.01	0.00
แร่ธาตุรวม[3]	0.7	0.7	0.7	0.7
รวม	100.0	100.0	100.0	100.0
โภชนะโดยการคำนวณ[4]				
โปรตีน (%)	15.0	15.0	15.0	15.0
โภชนะที่ย่อยได้รวม (%)	76.0	76.0	76.0	76.0
ราคา (บาท/กิโลกรัม)[5]	10.2	10.8	11.4	11.9

หมายเหตุ:

[1]OFP (oil palm frond): DM = 95.71%, CP = 5.54%, EE = 1.69%, NDF = 64.46%, ADF = 58.18%, ADL = 26.14%.

[2]FTOPF (fungaltreated oil palm frond): DM = 95.70%,CP = 6..18%, EE = 1.19%, NDF = 72.37%, ADF = 62.95, %ADL = 32.47%.

[3]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 โปแทสเซียม 31.00 กรัม และแมกนีเซียม 35.00 กรัม

[4]คำนวณจาก NRC (1981)

[5]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 ไดแคลเซียม 18 บาท/กิโลกรัม กากน้ำตาล 22 บาท/กิโลกรัม ทางใบปาล์มน้ำมัน (OFP) 2.99 บาท/กิโลกรัม ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา (FTOPF) 8.75 บาท/กิโลกรัม (ราคาวัตถุดิบที่สั่งซื้อโดยโรงผสมอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ณ วันที่ 5 มกราคม พ.ศ.2559)

4. การวางแผนการทดลอง

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

อาหารผสมเสร็จสูตรที่ 1 (กลุ่มควบคุม) อาหารผสมเสร็จที่มี FTOPF ทดแทน OPF ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์

อาหารผสมเสร็จสูตรที่ 2 อาหารผสมเสร็จที่มี FTOPF ทดแทน OPF ระดับ 33 เปอร์เซ็นต์

อาหารผสมเสร็จสูตรที่ 3 อาหารผสมเสร็จที่มี FTOPF ทดแทน OPF ระดับ 67 เปอร์เซ็นต์

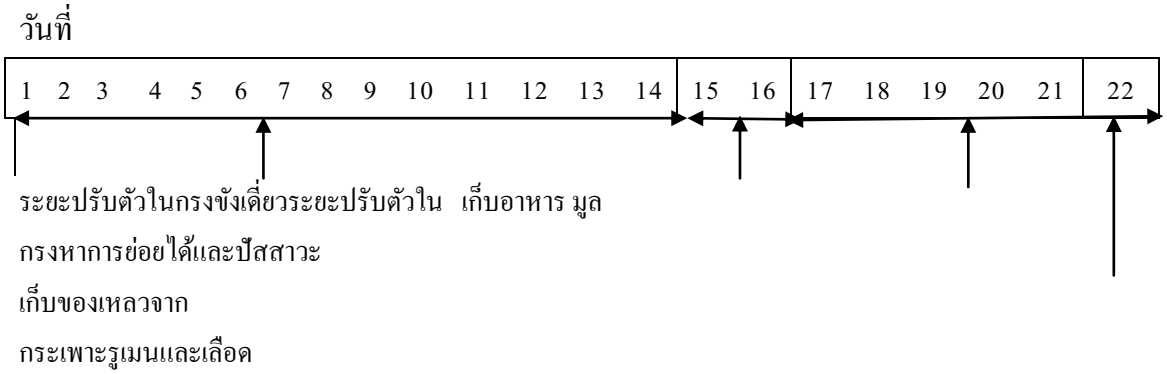
อาหารผสมเสร็จสูตรที่ 4 อาหารผสมเสร็จที่มี FTOPF ทดแทน OPF ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์

การทดลองประกอบด้วย 4 ช่วงการทดลอง (ตารางที่ 8) แต่ละช่วงการทดลองใช้เวลาทั้งหมด 22 วัน รวมระยะเวลาทั้งหมด 88 วัน ในแต่ละช่วงการทดลองแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะปรับตัว 14 วัน ระยะเก็บข้อมูล 8 วัน แสดงดังภาพที่ 7

ตารางที่ 8 ผังการทดลอง

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 และ D คือ อาหารผสมเสร็จสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ



ภาพที่ 7 ระยะทดลอง และการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทดลอง

5. วิธีการทดลอง

5.1 การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

5.1.1 ระยะปรับสัตว์ (adjusting period) ทำการสุ่มสัตว์ทดลองตามแผนการทดลองแบบ 4 × 4 Latin square design โดยสัตว์จะได้รับอาหารตามกลุ่มทดลองเป็นเวลา 14 วัน โดยสัตว์จะได้กินอาหารผสมเสร็จอย่างเต็มที่ทุกกลุ่มทดลองเพื่อทำการศึกษาปริมาณการกินได้อย่างอิสระ (voluntary feed intake) โดยแบ่งการให้อาหารออกเป็น 2 เวลา คือ ช่วงเช้าให้อาหารเวลา 08.00 น. และช่วงบ่ายให้อาหารเวลา 16.00 น. โดยในการให้อาหารช่วงเช้า ทำการชั่งให้ (ให้เช้า) และชั่งอาหารที่เหลือ (เหลือเย็น) และในช่วงบ่ายทำการชั่งอาหารให้ (ให้เย็น) และชั่งอาหารที่เหลือ (เหลือเช้า) เพื่อนำไปหาปริมาณการกินได้ในแต่ละวันโดยทำการจดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทั้งเช้าและเย็นทุกวันปริมาณการกินได้ต่อวันคำนวณโดยสูตร

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

ในระยะนี้สัตว์อยู่ในกรงขังเดี่ยวที่มีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลาและมีการทำความสะอาดอ่างน้ำทุกๆวัน (เช้า-เย็น) และทำความสะอาดคอกในช่วงเช้าทุกวัน

5.1.2 ระยะเก็บตัวอย่าง (collection period) ระยะนี้สัตว์อยู่บนกรงเมแทบอลิซึม (metabolism crate) ทำการปรับสัตว์ให้มีความคุ้นเคยกับกรงเป็นเวลา 2 วันแรกและในช่วง 6 วันหลังทำการเก็บตัวอย่างอาหารมูล และปัสสาวะติดต่อกันในช่วง 5 วันของแต่ละช่วงการทดลองตามวิธีการเก็บแบบทั้งหมด (total collection) (Schnieder and Flatt, 1975) และทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนโดยทำการสอดท่อลงไปที่กระเพาะรูเมน และเก็บตัวอย่างเลือดในวันที่ 22 (วัน

สุดท้าย) ของแต่ละช่วงการทดลองในการให้อาหารให้ตามกลุ่มทดลองเหมือนช่วงปรับสัตว์ แต่ให้เพียง 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการกินได้ทั้งหมดในช่วงระยะปรับสัตว์เพื่อให้สัตว์ทดลองกินอาหารหมดตามสัดส่วนที่กำหนดในกลุ่มทดลอง

5.2 การเก็บข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง

5.2.1 การเก็บตัวอย่างอาหาร

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารผสมเสร็จในแต่ละช่วงการทดลองทุกสัปดาห์ ทั้งอาหารที่ให้ (เช้า-เย็น) และอาหารที่เหลือ (เช้า-เย็น) หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้งโดยนำมาปรับการกินได้ของสัตว์ในแต่ละวัน และอีกส่วนหนึ่งจะสุ่มเก็บจากแต่ละช่วงการทดลองแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมงและนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรเพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี เช่น วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โปรตีนรวม (crude protein, CP) เถ้า (ash) ตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์ neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) และacid detergent lignin (ADL) ตามวิธีการของ Van Soest และคณะ (1991)

5.2.2 การชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง

ชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองเป็นจำนวน 3 ครั้ง ในแต่ละช่วงการทดลอง 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 เติม 1M 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) และของเหลวอีกส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acid,

TVFA) และกรดไขมันระเหยได้ที่สำคัญได้แก่ กรดแอซิติก (acetic acid, C_2) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C_3) และกรดบิวทีริก (butyric acid, C_4)

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, 1967)

5.2.5 การสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

การเก็บปัสสาวะในช่วงสัตว์อยู่บนกรงเมแทบอลิซึมโดยทำการเก็บติดต่อกัน 5 วัน ในช่วงสุดท้ายของระยะเก็บตัวอย่างใช้วิธีการเก็บแบบทั้งหมด โดยใช้ถังพลาสติกขนาดความจุ 5 ลิตรซึ่งมีถาดรูปกรวยวางไว้บนถังพลาสติกคอยรองรับปัสสาวะตลอดเวลาในถังเติมกรดซัลฟูริก 1 โมลลาร์ H_2SO_4 ในสัดส่วน 1M H_2SO_4 ต่อปัสสาวะ 1: 10 เพื่อเป็นการตรึงไนโตรเจนในปัสสาวะและปรับให้ pH ของปัสสาวะมีค่าอยู่ระหว่าง 2-3 ทั้งนี้เพื่อหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่จะเข้าไปย่อยสลายไนโตรเจนในปัสสาวะทำการวัดปริมาตรทั้งหมดที่ได้ในแต่ละวันและทำการสุ่มเก็บไว้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมดเพื่อนำไปรวมกับวันที่ 2, 3, 4 และ 5 แล้วทำการสุ่มอีกครั้งประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาทีนาน 15 นาที เก็บเฉพาะส่วนใสหลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ ตามวิธีการของ 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 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้งของมูลที่ขับถ่ายออกมาในแต่ละวัน

ส่วนที่ 2: เก็บไว้ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมูลทั้งหมดในแต่ละวันนำไปเก็บไว้ที่ –20 องศาเซลเซียส ทำการเก็บเช่นนี้จนครบ 5 วัน แล้วนำมูลทั้งหมดในปริมาณที่เท่ากันของแต่ละกลุ่มทดลองที่เก็บไว้มาคลุกให้เข้ากันทำการสุ่มเก็บอีกครั้ง 5 เปอร์เซ็นต์ และนำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมงหรือจนกว่าจะแห้งสนิทแล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 0.1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในอาหารเพื่อนำไปคำนวณหาการย่อยได้ตามวิธีการของ Schnieder และ Flatt (1975) ดังสมการต่อไปนี้

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

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

6. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา อาหารผสมเสร็จ และมูล ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม และเถ้า โดยใช้วิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) สำหรับการวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ดัดแปลงตามวิธีการของ Van Soest และคณะ (1991) การวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตเจนในของเหลวกระเพาะรูเมน โดยการกลั่น ตามวิธีการของ 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 × 250 มิลลิเมตร) ดัดแปลงตามวิธีการของ Samuel และคณะ (1997)

สำหรับการวิเคราะห์หาระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น และระดับกลูโคสในกระแสเลือด ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่คลินิกหาดใหญ่แล็บ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยทั้งนี้การวิเคราะห์หาระดับยูเรีย-ไนโตเจนในกระแสเลือด ใช้เครื่อง

spectrophotometer การวิเคราะห์ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดใช้วิธี GOD-PAP method โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Glucose Liquicolor® ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (LiquiColor Procedure No. 2440) (Bull et al., 2000)

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ สมดุลไนโตรเจน ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันระเหยง่ายในของเหลวกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ระดับกลูโคสในกระแสเลือด มาวิเคราะห์โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลอง 4 × 4 จัตุรัสลาตินโดยใช้คำสั่งในโปรแกรม Proc GLM และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Kaps and Lamberson, 2004)

บทที่ 3
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมัน ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา และอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มที่ระดับแตกต่างกัน

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ ทางใบปาล์มน้ำมัน และทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา แสดงดังตารางที่ 9 พบว่าทางใบปาล์มน้ำมันมีวัตถุแห้ง 41.83 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์โภชนะบนฐานวัตถุแห้ง ประกอบด้วย อินทรียวัตถุ 92.76 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 5.54 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.85 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 7.37 เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตไม่เป็นโครงสร้าง 11.03 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 74.21 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 63.41 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 10.80 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 44.77 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 18.68 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม 4.69 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ซึ่งองค์ประกอบของทางใบปาล์มน้ำมันในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ (Wan Zahari et al., 2003; ณัฐฐา, 2552; Chanjula et al., 2015b และ Suryani et al., 2016) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย อินทรียวัตถุ 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 เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา พบว่ามีวัตถุแห้ง 39.47 เปอร์เซ็นต์ และโภชนะบนฐานวัตถุแห้ง ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 87.06 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 6.18 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.82 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 8.29 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตไม่เป็นโครงสร้าง 11.79 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 71.92 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 60.92 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 11.00 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 43.89 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 17.03 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม 4.33 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง จากผลการทดลองพบว่า การใช้เชื้อรามาปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมัน ทำให้ปริมาณโปรตีนรวมและเถ้าสูงขึ้น แต่ปริมาณของผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ลดต่ำลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Imsya และคณะ (2013) ที่ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา *Phanerochaetae chrysosporium* เปรียบเทียบกับทางใบปาล์มน้ำมัน พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา *Phanerochaetae chrysosporium* มีปริมาณโปรตีนรวมสูง แต่มีปริมาณผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินต่ำกว่าทางใบปาล์มน้ำมัน ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Chanjula และคณะ (2015b) ได้ทำการศึกษาของชนิดเชื้อเห็ดรากินได้ที่สามารถเจริญเติบโตบนทางใบปาล์มน้ำมัน โดยพบว่าเชื้อรา *Lentinus sajor-caju* สามารถ

เจริญเติบโตได้ดีกว่าเชื้อราชนิดอื่น และพบว่าการปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันโดยใช้เชื้อรา สามารถช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนรวม และสามารถลดองค์ประกอบของผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส นอกจากนี้ยังมีรายงานที่สอดคล้องในการใช้เชื้อราปรับปรุงคุณภาพ โดยพบว่าเชื้อราสามารถช่วยเพิ่มโปรตีนรวม แต่ลดปริมาณของ ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ทั้งในฟางข้าว (Karunanandaa et al., 1995; Jarafi et al., 2007) และฟางข้าวสาลี (Adamovic et al., 1998; Fazaeli et al., 2002; Shrivastava et al., 2012) จากการศึกษาของ Shahzad และคณะ (2016) เกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา *Arachniotus* sp. จากการศึกษา พบว่า ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา *Arachniotus* sp. มีปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนรวม และเปอร์เซ็นต์เถ้า ที่เพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณของผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ต่ำกว่าฟางข้าวสาลีที่ไม่หมักเชื้อรา อย่างไรก็ตามการใช้เชื้อราแต่ละชนิดควรเลือกเชื้อราที่เหมาะกับชนิดของผลพลอยได้ทางการเกษตรที่นำมาใช้ (Tuyen et al., 2013)

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม เถ้า ไขมันรวม คาร์โบไฮเดรตไม่เป็นโครงสร้าง ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส ลิกนิน และพลังงานรวม มีค่าอยู่ในช่วง 89.06–89.89 เปอร์เซ็นต์ 93.23-93.55 เปอร์เซ็นต์ 16.10-16.54 เปอร์เซ็นต์ 6.45-6.77 เปอร์เซ็นต์ 2.61-3.00 เปอร์เซ็นต์ 17.90-23.32 เปอร์เซ็นต์ 50.40-56.70 เปอร์เซ็นต์ 27.72-28.04 เปอร์เซ็นต์ 22.68-28.30 เปอร์เซ็นต์ 20.11-20.48 เปอร์เซ็นต์ 7.24-7.83 เปอร์เซ็นต์ และ 4.27-4.40 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ และเฮมิเซลลูโลส ลดลงเมื่อระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในอาหารเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในสูตรอาหารมีองค์ประกอบของ ผนังเซลล์ และเฮมิเซลลูโลสต่ำ (71.92 และ 11.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่หมักด้วยเชื้อรา ขณะที่เปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง เพิ่มขึ้นตามระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร สำหรับเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม เถ้า ไขมันรวม ลิกโนเซลลูโลส เซลลูโลส ลิกนิน และพลังงานรวมในอาหารผสมเสร็จแต่ละสูตรพบว่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมัน ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา และอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	ระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์)				ทางใบปาล์มน้ำมัน	ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา
	0	33	67	100		
วัตถุแห้ง	89.89	89.41	89.31	89.06	41.83	39.47
เถ้า	6.45	6.77	6.69	6.74	7.37	8.29
อินทรียวัตถุ	93.55	93.23	93.31	93.26	92.63	87.06
โปรตีนรวม	16.10	16.43	16.44	16.54	5.54	6.18
ไขมันรวม	2.85	2.76	2.61	3.00	1.85	1.82
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง[1/]	17.90	19.20	21.17	23.32	11.03	11.79
ผนังเซลล์	56.70	54.84	53.09	50.40	74.21	71.92
ลิกโนเซลลูโลส	28.04	27.99	27.74	27.72	63.41	60.92
เฮมิเซลลูโลส[2/]	28.30	26.85	25.35	22.68	10.80	11.00
เซลลูโลส[3/]	20.21	20.26	20.11	20.48	44.77	43.89
ลิกนิน	7.83	7.73	7.63	7.24	18.68	17.03
พลังงานรวม (เมกะแคลอรี/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)	4.35	4.36	4.40	4.27	4.69	4.33

หมายเหตุ:

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

[2/]เฮมิเซลลูโลส = ผนังเซลล์ – ลิกโนเซลลูโลส

[3/]เซลลูโลส = ลิกโนเซลลูโลส – ลิกนิน

ปริมาณอาหารที่กินได้

ปริมาณอาหารที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมัน 4 ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 10 พบว่า ปริมาณการกินได้ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณการกินได้ของอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมัน 4 ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่

แตกต่างกันทางสถิติ (P> 0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.07-1.22 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 3.05-3.35 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ซึ่งมีค่าเป็น 74.74-82.23 กรัมวัตถุแห้งต่อน้ำหนักเมแทบอลิก แต่เมื่อพิจารณาถึงแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่มากกว่าระดับ 67 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีปริมาณการกินได้ลดลงอาจเนื่องมาจากอาหาร มีกลิ่น และรสชาติไม่น่ากิน แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับการศึกษาของ Fazaeli และคณะ (2002) ที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อราทดแทนฟางข้าวสาลีในโคนม 4 ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของปริมาณการกินได้อย่างอิสระ ทั้งในแง่การกินได้ทั้งหมด (วัตถุแห้ง) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และการกินได้กรัมวัตถุแห้งต่อน้ำหนักเมแทบอลิก และการย่อยได้ของโภชนะเมื่อเพิ่มระดับของฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา ทำนองเดียวกับรายงานของ Fazaeli และ TalebianMasoodi (2006) ที่ทำการศึกษาการใช้ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อราภายหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต (spent wheat straw, SPWS) ทดแทนฟางข้าวสาลี 4 ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้ฟางข้าวหมักเชื้อราหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง และปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ เยื่อใยรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส แต่การใช้ฟางข้าวหมักเชื้อราหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตที่มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของโภชนะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เนื่องจากมีกลิ่น และรสชาติที่ไม่น่ากิน ขณะที่ Adamovic และคณะ (1998) รายงานว่าการเพิ่มปริมาณของฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา (ที่ระดับ 17 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ แต่พบว่าการใช้ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อราที่ระดับ ดังกล่าว มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่อวันลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) จากการศึกษาของ Shrivastava และคณะ (2012) พบว่า ปริมาณการกินได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวของฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา *Ganoderma* sp. rckk02 ในแพะเปรียบเทียบกับฟางข้าวสาลีที่ไม่หมักเชื้อรา ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ วัตถุแห้ง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)ในแพะทั้ง 2 กลุ่ม ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Kholif และคณะ (2014) ได้ทำการศึกษาการใช้ฟางข้าวหมักเชื้อรา *Pleurotus ostreatus* ทดแทนหญ้าที่ระดับต่างๆ ดังนี้ 0, 25 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารผสมเสร็จ โดยทดลองกับแม่แพะระยะให้นม พบว่า ปริมาณการกินได้ทั้งหมดกรัมต่อวันของแม่แพะทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่ากลุ่มที่ทดแทนฟางข้าวหมักเชื้อรา *Pleurotus ostreatus* ที่ระดับ 25 ถึง 45 เปอร์เซ็นต์ มีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ วัตถุแห้ง และผนังเซลล์ สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าวหมักเชื้อราที่ 0 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การศึกษาของ Chanjula และคณะ (2016) ได้ทำการศึกษาการใช้เชื้อรา *Lentinus sajor-caju* หมักทางใบปาล์มน้ำมัน เพื่อใช้เป็นอาหารผสมเสร็จในแพะ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันไม่หมักเชื้อรา

30 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับอาหารข้น 70 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 2 ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา 30 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับอาหารข้น 70 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 3 ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราร่วมกับยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับอาหารข้น 70 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษา พบว่า ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว กรัมต่อน้ำหนักเมแทบอลิกของแพะทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 10 ปริมาณอาหารที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา ในอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์)				SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	33	67	100		L	Q
ปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด							
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	1.11	1.22	1.17	1.07	0.07	0.81	0.46
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	3.22	3.35	3.05	3.06	0.20	0.56	0.84
กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก	77.82	82.23	75.67	74.74	4.63	0.59	0.68

[1/] **L**= linear, **Q** = quadratic

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

ปริมาณโภชนะที่กินได้

ปริมาณโภชนะกินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมัน 4 ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 11 พบว่าปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (1.035, 1.132, 1.087 และ 1.042 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ปริมาณการกินของอินทรียวัตถุคิดเป็นกรัมวัตถุแห้งต่อน้ำหนักเมแทบอลิก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (L, P=0.09) ทำนองเดียวกัน ปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ

100 เปอร์เซ็นต์ (0.190, 0.215, 0.200 และ 0.195 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) และปริมาณการกินได้ของไขมันรวมของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (0.032, 0.035, 0.027 และ 0.032 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ (0.630, 0.665, 0.620 และ 0.567 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ทำนองเดียวกัน ปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลสของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (0.305, 0.337, 0.325 และ 0.315 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) และปริมาณการกินได้ของลิกนินของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (0.087, 0.095, 0.087 และ 0.082 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 11 ปริมาณโภชนะที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา ในอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์)				SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	33	67	100		L	Q
ปริมาณโภชนะที่กินได้							
อินทรียวัตถุ							
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	1.03	1.13	1.08	1.04	0.06	0.93	0.28
กรัมวัตถุแห้ง/น้ำหนักเมแทบอลิก	67.32	79.93	88.32	80.44	5.45	0.09	0.10
โปรตีนรวม							
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.190	0.215	0.200	0.195	0.01	1.00	0.21
ไขมัน							
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.032	0.035	0.027	0.032	0.04	0.04	0.06
ผนังเซลล์							
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.630	0.665	0.620	0.567	0.04	0.25	0.32
ลิกโนเซลลูโลส							
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.305	0.337	0.325	0.315	0.01	0.82	0.26
ลิกนิน							
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.087	0.095	0.087	0.082	0.01	0.25	0.17

[1/] **L** = linear, **Q** = quadratic

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 12 พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้อาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) มีค่าอยู่ในช่วง 63.44-71.56และ 65.06-72.92เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับขณะที่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (L, $P=0.003$) และ (L, $P=0.002$) ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากเชื้อราสามารถ

ย่อยลิกนินออกจากลิกโนเซลลูโลสของทางใบปาล์มน้ำมันจึงส่งผลทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุสูงในอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับ 33-100 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อรายังช่วยทำลายโครงสร้างของเซลล์พืชทำให้จุลลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้ประโยชน์ได้สูง นอกจากนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการเปลี่ยนสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (soluble carbohydrate) และละลายน้ำไม่ได้ (insoluble carbohydrate) ในทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราซึ่งคล้ายกับผลการศึกษาการใช้ฟางข้าวหมักเชื้อรา พบว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าวหมักเชื้อรามีการย่อยได้ของโภชนะสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าว อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำ (Tan et al., 2002) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะสอดคล้องกับการศึกษาของ Fazaeli และคณะ (2004a) ที่รายงานว่าการเสริมฟางข้าวสาลีหมักเชื้อราที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม ($P<0.05$) เนื่องมาจากองค์ประกอบของผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินลดลง จึงทำให้การย่อยได้ของโภชนะสูงขึ้น ทำนองเดียวกับ Chanjula และคณะ (2016) รายงานว่าการเสริมทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ และทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราหมักรวมกับยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม ($P<0.05$) ซึ่งจากการศึกษาของ Fazaeli และคณะ (2002) พบว่าการใช้ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อราสามารถใช้ได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ ในขณะที่การใช้ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อราหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตที่มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Fazaeli and Talebian Masoodi, 2006)

สำหรับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (75.14,74.37 และ 73.79 เปอร์เซ็นต์) มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมสูงกว่ากลุ่มแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (64.95 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมมีแนวโน้มเพิ่มในรูปแบบเส้นตรง (L, $P=0.02$) เมื่อเพิ่มระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทำให้ปริมาณโปรตีนรวมสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากโปรตีนภายในเส้นใยเชื้อรา (mycelium) ที่มีอยู่ในทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา ยิ่งไปกว่านั้นปริมาณของผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ลดลง ทำให้การย่อยได้ของโปรตีนสูงขึ้น จากการศึกษาของ Shrivastava และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาการใช้เชื้อรา *Ganoderma* sp. rckk02 หมักฟางข้าวสาลี พบว่า ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรามีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และโปรตีนรวม

สูงกว่าฟางข้าวสาลีที่ไม่หมักเชื้อรา (P<0.05) เนื่องจากผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินลดลง ทำให้การย่อยได้ของโภชนะในฟางข้าวสาลีหมักเชื้อราสูงขึ้น

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน เพิ่มขึ้นเป็นรูปแบบเส้นตรง (L, P=0.02, 0.01 และ 0.04 ตามลำดับ) เมื่อเพิ่มระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา อาจเนื่องมาจากเมื่อเพิ่มระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา มีปริมาณผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินลดลง อย่างไรก็ตามปริมาณผนังเซลล์ ลิโนเซลลูโลส และลิกนิน มีสหสัมพันธ์เชิงลบกับการย่อยได้ของอาหาร (Hart and Wannapat, 1992) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Fazaeliและคณะ (2004a) พบว่าการใช้ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อราในอาหารที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส สูงกว่าอาหารกลุ่มที่ไม่ได้เสริมฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา(P<0.05) ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Kholif และคณะ (2014) พบว่าการใช้ฟางข้าวหมักเชื้อราในอาหารที่ระดับ 25 ถึง 45 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส สูงกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมฟางข้าวหมักเชื้อรา (P<0.05) เนื่องมาจากเชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ที่มาย่อยผนังเซลล์ จึงทำให้จุลลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้ประโยชน์ได้สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาโภชนะที่ย่อยได้รวมของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมัน ที่ระดับ 33, 67 และ 100 (71.37, 70.18 และ 72.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (61.78 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ทั้งนี้โภชนะที่ย่อยได้รวมเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง (L, P=0.001) เมื่อระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมัก เชื้อราเพิ่มขึ้น เนื่องจากอาหารผสมเสร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันในระดับสูง มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยต่ำ จึงส่งผลทำให้การย่อยได้ของโภชนะของสัตว์เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Fazaeli และคณะ (2004a) พบว่าการใช้ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อราในอาหารที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีโภชนะที่ย่อยได้รวมสูงกว่าอาหารกลุ่มที่ไม่ได้เสริมฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา (P<0.05) ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Shrivastava และคณะ (2012) พบว่าการใช้ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา *Ganoderma* sp. rckk02 มีค่าโภชนะที่ย่อยได้รวม (TDN) สูงกว่าฟางข้าวสาลีที่ไม่หมักเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อย่างไรก็ตามโภชนะที่ย่อยได้รวมยังขึ้นกับชนิดเชื้อรา และวัสดุเพาะเชื้อรา (Tuyen et al., 2012; Tuyen et al., 2013)

ตารางที่ 12 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์)				SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	33	67	100		L	Q
สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)							
วัตถุแห้ง	63.44^{B}	71.56^{A}	70.75^{A}	70.59^{A}	0.99	0.003	0.005
อินทรียวัตถุ	65.06^{B}	72.92^{A}	72.23^{A}	72.31^{A}	0.96	0.002	0.007
โปรตีนรวม	64.95^{b}	75.14^{a}	74.37^{a}	73.79^{a}	1.81	0.02	0.02
ไขมัน	69.30	76.15	76.13	79.62	2.63	0.04	0.54
ผนังเซลล์	55.21^{B}	66.00^{A}	64.11^{A}	61.81^{A}	1.29	0.021	0.002
ลิกโนเซลลูโลส	34.23^{b}	49.09^{a}	46.46^{a}	48.83^{a}	2.69	0.01	0.06
ลิกนิน	20.67^{B}	38.15^{A}	33.88^{A}	31.28^{A}	2.40	0.04	0.005
โภชนะที่ย่อยได้รวม[2/]	61.87^{B}	71.37^{A}	70.18^{A}	72.22^{A}	1.55	0.001	0.05

[1/] **L =** linear**, Q =** quadratic

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

[A, B]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

[a, b]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

สำหรับปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ แสดงในตารางที่ 13 พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (0.672, 0.827,0.777 และ 0.745 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และทำนองเดียวกับการกินได้ของปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ในแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (0.122, 0.162,0.152 และ 0.145 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ มีค่าเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นโค้งกำลังสอง (P, Q=0.04) อาจเนื่องมาจากปริมาณการกินได้ของอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรามีปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับ 33-67 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อทดแทนมากกว่า 67 เปอร์เซ็นต์ กลับมีการกินได้ที่ลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Fazaeli และคณะ (2002) ได้ทำการศึกษาระดับฟางข้าวหมักเชื้อรา *Pleurotus* (coded

P-41) ในอาหารโคนม พบว่าปริมาณการกินวัตถุแห้งได้อย่างอิสระของวัตถุแห้ง ในระดับที่ 0-30 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) จึงไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุที่ย่อยได้

ปริมาณผนังเซลล์ที่ย่อยได้ พบว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณผนังเซลล์ที่ย่อยได้ (0.347, 0.437,0.397 และ 0.342 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ)ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ปริมาณผนังเซลล์ที่ย่อยได้มีค่าเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นโค้งกำลังสอง (P, Q=0.04) ปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่ย่อยได้ พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่ย่อยได้ (0.167,0.145 และ 0.142กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (0.105 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) นอกจากนี้ปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่ย่อยได้มีค่าเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง (P, L=0.05) ทำนองเดียวกันปริมาณลิกนินที่ย่อยได้ พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณลิกนินที่ย่อยได้ (0.035 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมัน ที่ระดับ 0 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณลิกนินที่ย่อยได้ (0.17 และ 0.025 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) (P<0.01) แต่ไม่แตกต่างกันกับแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 67 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) และปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่ย่อยได้ มีค่าเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นโค้งกำลังสอง (P, Q=0.003)

พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (2.56, 3.14, 2.96 และ 2.82 เมกะแคลอรีต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่เมื่อคิดในหน่วย เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (2.58, 2.56 และ 2.56 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม) มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (2.31 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ซึ่งพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่แพะได้รับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปเส้นตรง (P, L=0.003) อาจเนื่องมาจากปริมาณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุที่สูงขึ้นในแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร

ผสมเสร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่แพะได้รับเพียงพอกับความต้องการของแพะน้ำหนัก 30 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโต 150 กรัมต่อวัน ต้องการพลังงานใช้ประโยชน์ได้โดยเฉลี่ย 2.38 เมกะแคลอรีต่อวัน (NRC, 1981)

ตารางที่ 13 ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์)				SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	33	67	100		L	Q
ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ (กิโลกรัม/ตัว/วัน)							
อินทรียวัตถุ	0.672	0.827	0.777	0.745	0.04	0.40	0.06
โปรตีนรวม	0.122	0.162	0.152	0.145	0.01	0.20	0.04
ไขมัน	0.025	0.025	0.025	0.030	0.003	0.41	0.53
ผนังเซลล์	0.347	0.437	0.397	0.342	0.02	0.67	0.04
ลิกโนเซลลูโลส	0.105^{B}	0.167^{A}	0.145^{A}	0.142^{A}	0.01	0.05	0.01
ลิกนิน	0.017^{C}	0.035^{A}	0.030^{AB}	0.025^{BC}	0.002	0.15	0.003
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้[2/]							
เมกะแคลอรี/วัน	2.56	3.14	2.96	2.82	0.15	0.43	0.06
เมกะแคลอรี/กิโลกรัมวัตถุแห้ง	2.31^{B}	2.58^{A}	2.56^{A}	2.56^{A}	0.03	0.003	0.01

[1/] **L** = linear, **Q** = quadratic

[2/] พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกะแคลอรี/วัน) = ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กก.) × 3.8 (Kearl, 1982)

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

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 14 ที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) มีค่าอยู่ในช่วง 6.38-6.58 ซึ่งความเป็นกรด-ด่างของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P> 0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่างเวลา 4 ชั่วโมง หลังจากให้อาหาร พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จมีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทน

ทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 67 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.13 สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จมีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 5.97 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จมีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) อาจเนื่องมาจากทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรามีแร่ธาตุแคลเซียมสูงกว่าทางปาล์มน้ำมัน ซึ่งแร่ธาตุแคลเซียมมีความเป็นด่างสูงส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่หมักเชื้อรา (Kim et al., 2011) นอกจากนี้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรามีการใช้ประโยชน์อย่างรวดเร็วจึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างกลับมาสูงขึ้น ก่อนชั่วโมงที่ 4 หลังจากให้อาหาร สอดคล้องกับการศึกษาของ Oh และคณะ (2010) ได้ทำการศึกษา เปรียบเทียบแหล่งอาหารหยาบ ระหว่างฟางข้าวหมักเชื้อรา *Pleurotus eryngii* ฟางข้าวหมักเชื้อรา *Pleurotus osteratus* เปรียบเทียบกับฟางข้าว พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมนในโคกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวหมักเชื้อรา *Pleurotus eryngii* และ *Pleurotus osteratus* แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ ฟางข้าว ในชั่วโมงที่ 3 หลังให้อาหาร และค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มกลับมาสูงอีกครั้งก่อนชั่วโมงที่ 4 หลังให้อาหาร ขณะที่ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 6.18-6.29 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นกรดด่างในกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม อยู่ในระดับปกติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chanjula และคณะ (2016) พบว่าการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนอยู่ในระดับปกติ ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Kholif และคณะ (2014) พบว่าการใช้ฟางข้าวหมักเชื้อราที่ระดับ 0 -45เปอร์เซ็นต์เป็นอาหารผสมเสร็จ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนอยู่ในระดับปกติเช่นกัน โดยค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมต่อการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์อยู่ระหว่าง 6.0-7.0 ซึ่งค่าเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการหมักย่อยโปรตีนอยู่ช่วง 5.5-7.0 (Kopency and Wallace, 1982) และค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายเยื่อใยอยู่ระหว่าง 6.5-6.8 (Grant and Mertens, 1992) แสดงให้เห็นว่า การใช้อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของแพะ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วงเวลา 0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร และ 4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดต่ำลงในชั่วโมงที่ 4 หลังการจากให้อาหาร แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อาจเนื่องมาจากกระบวนการหมักย่อยเกิดขึ้นเร็ว มีการผลิตกรดไขมันระเหยง่าย มีคุณสมบัติละลายน้ำซึ่งสามารถปล่อยและจับโปรตอน (H^+) ได้ (Forbes and France, 1993) ทำให้ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนลดลง ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Oh

และคณะ (2010) พบว่า เมื่อปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนต่ำลง

ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนในแพะทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง (23.22-27.86 และ 24.28-27.50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) โดยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของแพะมีค่าอยู่ในช่วง (23.75-27.68 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) แต่พบว่า เมื่อเพิ่มระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราเกินกว่าระดับ 67 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่ำลง อาจเนื่องมาจากปริมาณการการกินได้อย่างอิสระของอาหารที่ลดเมื่อระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราสูงกว่า 67เปอร์เซ็นต์ซึ่งค่าแอมโมเนีย-ไนโตเจนในของเหลวของแพะในการทดลองครั้งนี้ พบว่าแพะทั้ง 4 กลุ่มมีค่าอยู่ในช่วงปกติ จากการรายงานพบว่าการใช้เชื้อราในการปรับปรุงคุณภาพผลพลอยได้ทางการเกษตรทำให้ความเข้มข้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วงปกติทั้งในฟางข้าว (Kholif et al., 2014)ทางใบปาล์มน้ำมัน (Chanjula et al., 2016) ซึ่งระดับที่ปกติของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 15-30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการสังเคราะห์โปรตีนจุลินทรีย์ (Perdok and Leng, 1990) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดสัตว์ อาหาร โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีนที่กินได้ (Lewis, 1975) อย่างไรก็ตาม ปริมาณแอมโนเนีย-ไนโตรเจนในฟางข้าวหมักเชื้อราจะเพิ่มสูงสุดหลังจากให้อาหาร 1 ชั่วโมง (Oh et al., 2010) แต่จากการศึกษาของ Kim และคณะ (2011) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวหมักเชื้อรา *Agaricus bisporus* โดยพบว่า ฟางข้าวที่หมักเชื้อรามีปริมาณของโปรตีนที่ละลายน้ำได้สูงกว่าฟางข้าวที่ไม่หมักเชื้อรา ตรงกันข้ามฟางข้าวหมักเชื้อรามีโปรตีนที่ย่อยไม่ได้ในกระเพาะรูเมนต่ำกว่าฟางข้าวที่ไม่หมักเชื้อรา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)เนื่องจากโปรตีนที่ละลายน้ำได้ จุลินทรีย์สามารถใช้ได้ดี และผลจากการหมักย่อยโปรตีนที่ละลายได้ทำให้เกิดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของสัตว์สูง

ตารางที่ 14 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และแอมโมเนีย-ไนโตเจนในกระเพาะรูเมน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์)				SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	33	67	100		L	Q
ค่าความเป็นกรด-ด่าง							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	6.38	6.50	6.38	6.58	0.09	0.31	0.69
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	5.97[b]	6.01[ab]	6.13[a]	6.00[ab]	0.04	0.28	0.08
เฉลี่ย	6.18	6.26	6.26	6.29	0.05	0.16	0.67
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	23.22	27.86	27.86	25.71	1.96	0.42	0.13
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	24.28	26.43	27.50	25.72	1.81	0.53	0.32
เฉลี่ย	23.75	27.15	27.68	25.71	1.60	0.40	0.14

[1/] **L** = linear, **Q** = quadratic

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

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่าย ปริมาณกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทีริก สัดส่วนของแอซิติกต่อกรดโพรพิออนิกและสัดส่วนกรดแอซิติกและกรดบิวทีริกต่อกรดโพรพิโอนิกของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 15 พบว่ากรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดจากของเหลวกระเพาะรูเมนเวลาที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนกินอาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังจากให้อาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 67.98-77.04 และ 68.78-74.22 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ แต่พบว่า ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง (L, $P=0.03$) และค่าเฉลี่ยกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดจากของเหลวกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 68.38-75.63 มิลลิโมลต่อลิตร อาจเนื่องจากเมื่อระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราเพิ่มขึ้น พบว่า ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุ ปริมาณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของแพะ ในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Oh และคณะ (2010) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้วัสดุเพาะเห็ด *Pleurotus eryngiia* และ *Pleurotus osteratus* ทดแทนฟางข้าวในโคพื้นเมืองเกาหลี พบว่า ปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดของโคกลุ่มที่ได้รับฟางข้าว เปรียบเทียบกับวัสดุเพาะเห็ด *Pleurotus eryngiia* และ *Pleurotus osteratus* ทดแทนฟางข้าว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

(P>0.05) แต่วัสดุเพาะเห็ด *Pleurotus eryngiia* และ *Pleurotus osteratus* ทดแทนฟางข้าว มีแนวโน้มสูงกว่า ฟางข้าว ในชั่วโมงที่ 5 หลังจากให้อาหาร ทำนองเดียวกับการศึกษา Mahesh และ Mohini (2013) ได้ทำการศึกษาการใช้เชื้อรา *Crinipellis* sp. หมักฟางข้าวสาลีเปรียบเทียบกับฟางข้าวหมักเชื้อรา โดยใช้วิธีวัดผลผลิตแก๊ส จากการศึกษา พบว่า การใช้ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา *Crinipellis* sp. ปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดสูงกว่า การใช้ฟางข้าวสาลี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และนอกจากนี้ พบว่า ปริมาณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของการใช้ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา *Crinipellis* sp.สูงกว่า การใช้ฟางข้าวสาลี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เนื่องจากปริมาณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุมีความสัมพันธ์กับปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด สอดคล้องกับ Sutton (1985) รายงานว่าปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายที่ถูกผลิต มีความสัมพันธ์กับปริมาณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ ถ้าหากปริมาณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น ปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยปกติแล้วปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะแปรผันในระหว่าง 70-150 มิลลิโมลต่อลิตร (บุญล้อม, 2541)

ปริมาณกรดแอซิติก (C_2) เวลาที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (60.30 และ 58.53 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณสูงกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33 เปอร์เซ็นต์ (54.98 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อย่างไรก็ตามพบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 67 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดแอซิติกไม่แตกต่างกับแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ0, 33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) ปริมาณกรดแอซิติก เวลาที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแอซิติกของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (61.57 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงกว่าอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67และ 100 เปอร์เซ็นต์ (56.67, 57.33 และ 58.04 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) อย่างไรก็ตามปริมาณของกรดแอซิติกเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Q, P=0.02) และปริมาณกรดโพรพิโอนิก (C_3) เวลาที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) เวลาที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) และปริมาณกรดโพรพิโอนิกเฉลี่ย พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (20.10, 20.00 และ 20.05 เปอร์เซ็นต์) มีค่าต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (28.17,

26.56 และ 27.36 เปอร์เซ็นต์) (27.95, 27.83 และ 27.89 เปอร์เซ็นต์) และ (25.87, 28.47 และ 27.17 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อย่างไรก็ตามปริมาณกรดโพรพิโอนิก เวลาที่ 0ชั่วโมง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Q, $P=0.001$) เวลาที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) มีปริมาณกรดโพรพิโอนิกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง (L, $P=0.01$) และปริมาณกรดโพรพิโอนิกเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง (L, $P=0.0001$) อย่างไรก็ตามจากปริมาณของกรดแอซิติกที่ต่ำลง เมื่อเพิ่มปริมาณของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา และตรงข้ามกัน พบว่า ปริมาณของกรดโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา เนื่องจากเมื่อปริมาณของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่สูงขึ้นทำให้ปริมาณของผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลสลดลง อาจเนื่องจากปริมาณของกรดแอซิกติก และโพรพิโอนิกจะผันแปรตามปริมาณอาหารข้น (บุญล้อม, 2541) ปริมาณความเข้มข้นของกรดบิวทีริก (C_4) เวลาที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 14.55-19.60 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณของกรดบิวทีริก เวลาที่ 0 ชั่วโมง มีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, $P=0.02$) ปริมาณกรดบิวทีริก เวลาที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์(17.16 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ (13.80 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่ปริมาณของกรดบิวทีริก เวลาที่ 4 ชั่วโมง มีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, $P=0.01$) และค่าเฉลี่ยของกรดบิวทีริก ในแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ (18.38 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (15.97, 14.79 และ 14.79 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และค่าเฉลี่ยของกรดบิวทีริก มีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, $P=0.01$) โดยปกติปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายจะผันแปรไปตามชนิดของอาหารและระยะ เวลาหลังจากให้อาหาร ปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายที่มีมากที่สุด คือ กรดแอซิติกโดยมีประมาณ60-70 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด และอาจจะลดลงเมื่อสัดส่วนของอาหารข้นเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณของกรดโพรพิโอนิกจะมีประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด เมื่อระดับของอาหารข้นสูงขึ้นทำให้ปริมาณของกรดโพรพิโอนิก มีปริมาณสูงขึ้นตามปริมาณอาหารข้นส่วนกรดบิวทีริกจะไม่ผันแปร โดยจะมีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด (บุญล้อม, 2541) ทำนองเดียวกับ Hungate (1966) กล่าวว่า ความเข้มข้นของ C_2, C_4 และ C_3 ในกระเพาะรูเมนควรอยู่ที่ 62, 16 และ 22 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายทั้งหมด ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จากการรายงานของ ปิ่น และวสันณ์ (2558) พบว่า

แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด กรดแอซิติก โพรพิโอนิก และบิวทีริก อยู่ในช่วง 74.05-79.23 มิลลิโมลต่อลิตร 68.-70.20, 19.18-20.95, 6.33-6.76 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด สอดคล้องกับการศึกษาของ Oh และคณะ (2010) ได้ทำการศึกษาการใช้วัสดุเพาะเชื้อรา *Pleurotus eryngiia* และเชื้อรา *Pleurotus osteratus* ทดแทนฟางเปรียบเทียบกับฟางข้าว พบว่า ปริมาณของกรดแอซิติก โพรพิโอนิก และบิวทีริก ของทุกกลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่ Mahesh และ Mohini (2013) ได้ทำการศึกษาการใช้เชื้อรา *Crinipellis* sp. หมักฟางข้าวสาลี เปรียบเทียบกับ ฟางข้าวหมักเชื้อรา โดยใช้วิธีวัดผลผลิตแก๊ส พบว่า การใช้ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา *Crinipellis* sp. มีปริมาณของกรดแอซิติกต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ฟางข้าวสาลีไม่หมักเชื้อรา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และปริมาณของกรดโพรพิโอนิกในฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา *Crinipellis* sp. สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ฟางข้าวสาลี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สัดส่วนปริมาณของกรดแอซิติกต่อโพรพิโอนิก เวลาที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 3.33 สูงกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันทีระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (1.99, 2.09 และ 2.30) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และสัดส่วนปริมาณของกรดแอซิติกต่อโพรพิโอนิก เวลาที่ 0 ชั่วโมง มีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Q, $P=0.02$) ปริมาณของสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อโพรพิโอนิก เวลาที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.09-3.74 และสัดส่วนของปริมาณกรดแอซิติกต่อโพรพิโอนิกเฉลี่ยของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 3.53 สูงกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันทีระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (2.14, 2.09 และ 2.22) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และสัดส่วนปริมาณของกรดแอซิติกต่อโพรพิโอนิกเฉลี่ย มีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, $P=0.004$) จากปริมาณของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกลดลงเมื่อเพิ่มระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา อาจเนื่องมาจากปริมาณของสัดส่วนกรดโพรพิโอนิกที่สูงขึ้นเมื่อเพิ่มระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา ซึ่งพบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรามีปริมาณของผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสลดลง จึงทำให้ปริมาณของกรดโพรพิโอนิกสูง จากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Ebrahimi และคณะ (2015) ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณอาหารข้น เปรียบเทียบกับ อาหารข้นร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 25 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 50 เปอร์เซ็นต์ ในแพะ พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร

ข้น และอาหารข้นร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของสัดส่วนกรดแอซิติกต่อโพรพิโอนิก 1.79 และ 1.89 ซึ่งต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องมาจากในแพะที่ได้รับอาหารข้นร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด 50 เปอร์เซ็นต์ มีเยื่อใยสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Mahesh และ Mohini (2013) รายงานว่า ฟางข้าวที่หมักเชื้อรา *Crinipellis* sp. ทำให้มีปริมาณสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อโพรพิโอนิกลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวไม่หมักเชื้อรา เนื่องมาจากปริมาณของกรดโพรพิโอนิกในฟางข้าวหมักเชื้อรา *Crinipellis* sp. มีปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าว อย่างไรก็ตามสัดส่วนของกรดแอซิติต่อโพรพิโอนิกต่ำนั้นจะช่วยทำให้ เก็บพลังงานได้สูงขึ้น เพราะกรดโพรพิโอนิก ให้ประสิทธิภาพของพลังงานสูงกว่ากรดแอซิติก (Van Soest, 1994)

สัดส่วนปริมาณของกรดแอซิติกและบิวทีริกต่อโพรพิโอนิก เวลาที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 4.48 สูงกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (2.59, 2.61 และ 2.93) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และสัดส่วนปริมาณของกรดแอซิติกและบิวทีริกต่อโพรพิโอนิก เวลาที่ 0 ชั่วโมง มีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นโค้งกำลังสอง (Q, $P=0.02$) ปริมาณของสัดส่วนของกรดแอซิติกและบิวทีริกต่อโพรพิโอนิก เวลาที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.64-4.75 และสัดส่วนของปริมาณกรดแอซิติกและบิวทีริกต่อโพรพิโอนิกเฉลี่ยของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 4.61 สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (2.73, 2.63 และ 2.79) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และสัดส่วนปริมาณของกรดแอซิติกต่อโพรพิโอนิกเฉลี่ย มีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, $P=0.002$) อย่างไรก็ตาม สัดส่วนของกรดแอซิติกและบิวทีริกต่อโพรพิโอนิก ลดลงเมื่อเพิ่มระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราเนื่องจากปริมาณของกรดโพรพิโอนิกที่เพิ่มขึ้น โดยปกติสัดส่วนของกรดบิวทีริกจะไม่ค่อยผันแปร (ฉลอง, 2541)

ตารางที่ 15 กรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์)				SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	33	67	100		L	Q
กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด (มิลลิโมลต่อลิตร)							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	67.98	73.94	77.04	74.99	2.06	0.03	0.10
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	68.78	70.38	74.22	71.01	2.30	0.34	0.33
เฉลี่ย	68.38	72.16	75.63	73.00	1.57	0.04	0.08
กรดแอซิติก (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	60.30^{a}	54.98^{b}	57.49^{ab}	58.35^{a}	0.83	0.40	0.01
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	62.84	58.35	57.15	57.73	1.75	0.07	0.19
เฉลี่ย	61.57^{a}	56.67^{b}	57.33^{b}	58.04^{b}	0.99	0.06	0.02
กรดโพรพิโอนิก (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	20.10^{B}	28.17^{A}	27.95^{A}	25.87^{A}	0.92	0.006	0.001
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	20.00^{B}	26.56^{A}	27.83^{A}	28.47^{A}	1.76	0.01	0.14
เฉลี่ย	20.05^{B}	27.36^{A}	27.89^{A}	27.17^{A}	0.53	0.0001	0.0003
กรดบิวทีริก (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	19.60	16.85	14.55	15.78	1.06	0.02	0.11
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	17.16^{a}	15.10^{ab}	15.02^{ab}	13.80^{b}	0.62	0.01	0.52
เฉลี่ย	18.38^{a}	15.97^{b}	14.79^{b}	14.79^{b}	0.59	0.004	0.09
กรดแอซิติก: กรดโพรพิโอนิก							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	3.33^{a}	1.99^{b}	2.09^{b}	2.30^{b}	0.25	0.03	0.02
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	3.74	2.29	2.09	2.14	0.42	0.04	0.13
เฉลี่ย	3.53^{A}	2.14^{B}	2.09^{B}	2.22^{B}	0.19	0.003	0.008
กรดแอซิติกและกรดบิวทีริก : กรดโพรพิโอนิก							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	4.48^{a}	2.59^{b}	2.61^{b}	2.93^{b}	0.38	0.03	0.02
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	4.75	2.87	2.64	2.65	0.53	0.03	0.12
เฉลี่ย	4.61^{A}	2.73^{B}	2.63^{B}	2.79^{B}	0.25	0.002	0.006

[1/] **L** = linear, **Q** = quadratic,

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

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

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

จำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน แปรผันตามชนิดของอาหาร เพราะกระบวนการหมักส่วนใหญ่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเป็นหลัก (Van Soest, 1994) ดังนั้นจำนวนประชากรของแบคทีเรีย โปรโตซัวและซูโอสปอร์เชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 16 พบว่า แพะทั้ง 4 กลุ่ม มีจำนวนแบคทีเรียและซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมน ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.12-5.46 $\times$ 10^9 และ 2.42-2.72 $\times$ 10^6เซลล์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ สอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่รายงานว่า จำนวนประชากรแบคทีเรีย และซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 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 3.87-6.18 $\times$ 10^6เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเมื่อพิจารณาชนิดของโปรโตซัว คือ โปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich* sp.และ *Entodiniomorph* sp.พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.07-0.11$\times$ 10^6 และ -3.80-6.08 $\times10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดยปกติแล้วโปรโตซัวกลุ่ม *Entodiniomorph* sp. มีมากกว่าโปรโตซัว *Holotrich*sp. (Russell and Gahr, 2000) ซึ่งจากการศึกษาของ Imsya และคณะ (2013) ได้รายงานว่า ปริมาณจำนวนของแบคทีเรียที่ย่อยเยื่อใย (Cellulolytic bacteria) เมื่อใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา *Phanerochaetae chrysosporium* ทดแทนหญ้าเนเปียร์อยู่ในช่วง 6.02-8.27 $\times$ 10^{10}เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเมื่อเพิ่มระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา *Phanerochaetae chrysosporium* ทำให้แบคทีเรียที่ย่อยเยื่อใยลดลง เนื่องจากปริมาณของของแอมโมเนีย-ไนโตเจนที่เพิ่มขึ้นสูง แต่จากการศึกษาของ Kholif และคณะ (2014) ได้ทำการศึกษาการใช้ระดับฟางข้าวหมักเชื้อรา *Pleurotus ostreatus* 0, 25 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนหญ้า (Berseemclover) เป็นอาหารผสมเสร็จในแพะ พบว่า ปริมาณโปรตีนจุลินทรีย์ (Microbial protein) ในแพะกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวหมักเชื้อราที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่า กลุ่มที่ได้รับฟางข้าวหมักเชื้อราที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวหมักเชื้อราที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าใกล้เคียงกับการศึกษาของปิ่น และวสันณ์ (2558) ได้รายงานว่า แพะลูกผสมพื้นเมือง–แองโกลนูเบียน50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา และทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราร่วมกับยูเรีย มีจำนวนประชากรแบคทีเรียและเชื้อราอยู่ในช่วง 1.62-2.45$\times$ 10^{10} เซลล์ต่อมิลลิลิตร และ 2.03-2.46$\times$ 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และพบว่าประชากรโปรโตซัวทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.43-2.76$\times10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร อย่างไรก็ตาม ประชากรจุลลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนขึ้น อยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของอาหาร

ที่สัตว์ได้รับ อายุสัตว์ ระยะเวลาในการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน สภาพความเป็นกรด-ด่างของกระเพาะรูเมน และสัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบ เป็นต้น (Van Soest, 1994)

ตารางที่ 16 จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัวและซูโอสปอร์เชื้อรา ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์)				SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	33	67	100		L	Q
แบคทีเรียทั้งหมด ($\times 10^9$ เซลล์/มิลลิลิตร)							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	5.03	5.30	5.39	5.47	0.22	0.20	0.70
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	5.20	5.30	5.39	5.45	0.14	0.23	0.88
เฉลี่ย	5.12	5.30	5.39	5.46	0.10	0.21	0.76
โปรโตซัวทั้งหมด ($\times 10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร)							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	5.54	5.06	5.16	4.37	0.83	0.38	0.84
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	5.75	7.45	3.95	3.52	1.31	0.13	0.45
เฉลี่ย	5.65	6.18	4.56	3.87	1.90	0.13	0.49
กลุ่ม Holotrich							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	0.13	0.07	0.13	0.21	0.06	0.36	0.31
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	0.07	0.13	0.08	0.08	0.03	0.90	0.44
เฉลี่ย	0.10	0.10	0.11	0.07	0.02	0.40	0.46
กลุ่ม Entodiniomorph							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	5.41	4.99	5.03	4.16	0.81	0.34	0.78
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	5.68	7.32	3.87	3.44	1.32	0.13	0.46
เฉลี่ย	5.55	6.08	4.45	3.80	0.89	0.13	0.53
ซูโอสปอร์เชื้อราทั้งหมด ($\times 10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร)							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	2.26	2.26	2.42	2.59	0.14	0.13	0.58
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	2.57	2.75	2.81	2.87	0.41	0.62	0.88
เฉลี่ย	2.42	2.51	2.61	2.73	0.25	0.40	0.96

[1/] **L** = linear, **Q** = quadratic

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

เมแทบอไลท์ในกระแสเลือด

ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตเจน และความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 17 พบว่าแพะทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาตรเม็ดเลือดแดงอันแน่นที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 31.25-33.00 และ 30.00-31.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยของเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 31.00-32.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแพะในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงปกติ (22-38 เปอร์เซ็นต์) (Jain, 1993) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแพะลูกผสมพื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกันโดยอยู่ในช่วง 29.63-31.13 เปอร์เซ็นต์ (ณัฐฐา, 2552) และ 30.62-32.37 เปอร์เซ็นต์ (Chanjula et al., 2015b) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chanjula และคณะ (2016) พบว่า การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราและทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราร่วมกับยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลต่อค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในแพะซึ่งค่าเม็ดเลือดแดงอันแน่นอยู่ในช่วง 30.66-31.66 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ Park และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาการใช้วัสดุเพาะเชื้อรา *Pleurotus eryngii* ทดแทนรำข้าวสาลี 3 ระดับ 0, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ในกวาง จากการศึกษา พบว่า ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของกวางที่ได้รับวัสดุเพาะเชื้อราที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับวัสดุเพาะเชื้อราที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากปริมาณของธาตุเหล็กในวัสดุเพาะเชื้อรา เนื่องจากธาตุเหล็กส่งผลให้มีการสร้าง heme ในเม็ดเลือดแดงสูง ส่งผลให้จับกับออกซิเจนได้สูง โดยทั่วไปปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นเป็นเครื่องมือที่ใช้ชี้วัดสุขภาพสัตว์เบื้องต้นว่ามีความผิดปกติของเลือดหรือไม่ ซึ่งถ้าหากปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่ำกว่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโลหิตจาง (anemia) ในทางตรงกันข้ามหากปริมาณเม็ดเลือดแดงอันแน่นมีค่าสูงกว่าปกติ สัตว์มีอาการของโรคโพลีซัยธีเมีย (polycythemia) ซึ่งเกิดจากการสร้างเม็ดเลือดแดงที่มากผิดปกติ (ไชยณรงค์, 2541)

สำหรับความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดแพะ ที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33 และ 67 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนเท่ากับ 22.36, 21.51 และ 22.65 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นตรง (L, $P=0.01$) ขณะที่ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-

ไนโตรเจนในกระแสเลือดของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 19.75-22.60 และ 18.99-22.63 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตเจนเลือดของแพะลูกผสมพื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Chanjula และคณะ (2016) ที่ทำการศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในแพะ พบว่า มีค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตเจนในกระแสเลือดอยู่ในช่วง 17.69-20.65 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ขณะที่ Oh และคณะ (2010) พบว่า โคพื้นเมืองเกาหลีที่ได้รับวัสดุเพาะเชื้อรา *Pleurotus eryngiia* และ *Pleurotus osteratus* ทดแทนในฟางข้าวเปรียบเทียบกับฟางข้าว มีค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อยู่ในช่วง 11.15-9.53 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร อาจเนื่องมาจากพบว่าในกระบวนการหมักของกระเพาะรูเมนมีค่าของแอมโมเนีย-ไนโตเจนต่ำในวัสดุเพาะเชื้อราทดแทนฟางข้าว สอดคล้องกับการศึกษาของ Kholif และคณะ (2014) รายงานว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับฟางข้าวหมักเชื้อราระดับ 0-45 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตเจนในกระแสเลือดแพะ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตเจนในกระแสเลือดแพะ อยู่ในช่วง 11.2-27.7 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Lloyd, 1982) ซึ่งค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด แปรผันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุ ปริมาณโปรตีนที่กินได้ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับ แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน ดังนั้นการเพิ่มของระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนส่งผลต่อการเพิ่มระดับของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (Preston et al., 1965) เนื่องจากยูเรียเป็นผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการย่อยสลายโปรตีน เมื่อในกระเพาะรูเมนมีการหมักย่อยโปรตีนจะเกิดเป็นแอมโมเนียแล้วจุลินทรีย์นำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนจุลินทรีย์ ส่วนแก๊สแอมโมเนียส่วนเกินจะถูกดูดซึมที่ตับและถูกเปลี่ยนไปเป็นยูเรียแล้วถูกขับออกผ่านกระแสเลือด ซึ่งสามารถใช้ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดเป็นตัวบ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนที่กินได้ (เมธา, 2533)

ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดของแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) มีค่าอยู่ในช่วง 73.61-76.70 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรและความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 73.73-77.81 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดมีค่าอยู่ในช่วง 73.67-76.10 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าค่าความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดแพะลูกผสมพื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Chanjula และคณะ (2015a) ที่รายงานว่า ค่าความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดแพะเมื่อใช้กลีเซอรีนจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วในระดับ 0-6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเข้มข้น

ของกลูโคสในกระแสเลือดอยู่ในช่วง 73.97-79.38 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร นอกจากนี้ Oh และคณะ (2010) ได้รายงานว่า ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดของโคพื้นเมืองเกาหลี ที่ได้รับวัสดุเพาะเชื้อราทดแทนในฟางข้าว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในวัสดุเพาะเชื้อรา *Pleurotus eryngiia* และ *Pleurotus osteratus* ที่ทดแทนฟางข้าวเปรียบเทียบกับฟางข้าว โดยค่าอยู่ในช่วง 65.25-69.33 มิลลิกรัมเดซิลิตร เนื่องมาจากปริมาณของ กรดไขมันระเหยง่าย โดยเฉพาะกรดโพรพิโอนิกที่มีปริมาณไม่แตกต่างกันจึงทำให้ค่าความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Chanjula และคณะ (2016) ได้ทำการศึกษา การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา และการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรารวมกับยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบ กับทางใบปาล์มน้ำมันไม่หมักเชื้อรา 30 เปอร์เซ็นต์ ในแพะ พบว่า ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดแพะทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และมีค่าอยู่ในช่วง 82.80-84.66 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร อย่างไรก็ตาม ระดับปกติของกลูโคสในกระแสเลือดแพะอยู่ในช่วง 50-75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Keneko, 1980) ซึ่งกรดโพรพิโอนิกจากการหมักอาหารข้นในกระเพาะรูเมนจะเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กลูโคส (เมธา, 2533)

ตารางที่ 17 ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ยูเรีย-ไนโตรเจน และปริมาณกลูโคส ในเลือดของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์)				SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	33	67	100		L	Q
ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (เปอร์เซ็นต์)							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	31.25	32.75	32.75	33.00	0.67	0.13	0.38
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	30.75	30.00	31.75	31.75	0.59	0.12	0.54
เฉลี่ย	31.00	31.37	32.25	32.37	0.57	0.43	0.92
ยูเรีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	22.36[A]	21.51[A]	22.65[A]	18.21[B]	0.66	0.01	0.03
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	22.58	22.45	22.60	19.75	1.24	0.23	0.37
เฉลี่ย	22.47	21.98	22.63	18.99	1.19	0.40	0.54
กลูโคส (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)							
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	76.70	74.38	74.97	73.61	1.66	0.28	0.78
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	74.96	77.81	75.17	73.73	2.39	0.57	0.40
เฉลี่ย	75.83	76.10	75.07	73.67	1.87	0.72	0.86

[1/] **L** = linear, **Q** = quadratic

[A,B]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

สมดุลของไนโตรเจนและการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 18 พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับทั้งหมดจากอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 30.28-34.22 กรัมต่อตัวต่อวัน ส่วนปริมาณการขับไนโตรเจน พบว่าปริมาณการขับไนโตรเจนทางมูล ปัสสาวะ และไนโตรเจนที่ขับออกทั้งหมด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.96-10.61, 3.42-6.35 และ 11.38-16.58 กรัมต่อตัวต่อวัน ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกจากมูล มีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, P=0.05) และปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทั้งหมด มีแนวโน้มลดลงในรูปเส้นตรง (L, P=0.02) อาจเนื่องจากปริมาณการกินได้อย่างอิสระ และปริมาณการกินได้ของโภชนะโปรตีนของอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันของแพะแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน จึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ และไนโตรเจนที่ขับออกไม่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับ มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้อย่างอิสระสอดคล้องกับการศึกษาของ ปิ่น และวสันณ์ (2558) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ และไนโตรเจนที่ขับออกทั้งหมด ในแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เนื่องจากปริมาณการกินได้อย่างอิสระของแพะไม่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม ปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน พบว่า แพะทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 19.66-25.77 กรัมต่อตัวต่อวันขณะที่ปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 13.69 กรัมต่อตัวต่อวัน มีค่าไนโตรเจนที่กักเก็บต่ำกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 19.67 และ 19.98 กรัมต่อตัวต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และมีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, P=0.03) เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน พบว่า แพะกลุ่มได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (58.00, 56.69 และ 63.37 กรัมต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 45.26 กรัมต่อตัวต่อวัน แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง (L, P=0.01) สอดคล้องกับการศึกษา Shrivastava

และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา *Ganoderma* sp. rckk02 เปรียบเทียบกับฟางข้าวสาลี ในอาหารผสมเสร็จ พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรามีปริมาณไนโตรเจนกักเก็บ และสมดุลไนโตเจนสูงกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวสาลีโดยไม่หมักเชื้อรา ($P<0.01$) ทำนองเดียวกับการศึกษาของ Mahesh และ Mohini (2013) ได้ทำการศึกษาการใช้ฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา *Crinipellis* sp. เปรียบเทียบกับฟางข้าวสาลีในโคซาลฮิวาล พบว่า ค่าสมดุลไนโตรเจนในโคกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรามีค่าสูงกว่า โคที่ได้รับฟางข้าวสาลี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แตกต่างกับการศึกษาของ Fazaeli และ Masoodi (2006) ได้ทำการศึกษาระดับของฟางข้าวสาลีหมักเชื้อรา (หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต) ทดแทนฟางข้าวสาลี 4 ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถใช้เชื้อราหมักฟางข้าวสาลีที่ระดับ 0-20 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับและปริมาณไนโตรเจนที่กักเก็บ แต่เมื่อเพิ่มระดับของฟางข้าวสาลีที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับลดลง และไนโตรเจนที่กักเก็บมีค่าติดลบ เนื่องมาจากปริมาณการกินได้ที่ลดลง ซึ่งถ้าหากสัตว์ได้รับไนโตรเจนจากอาหารน้อยสัตว์จะเพิ่มการเก็บกักไนโตรเจนในร่างกาย โดยลดการขับออกของยูเรียทางปัสสาวะทำให้ยูเรียหมุนเวียนกลับสู่กระเพาะรูเมนต่อไป (Church, 1979) อย่างไรก็ตามจากการทดลองครั้งนี้ พบว่าสมดุลของไนโตรเจนและการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีค่าเป็นบวกในแพะทุกกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักด้วยเชื้อรา ไม่มีผลกระทบต่อสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน เนื่องจากแพะทุกกลุ่มได้รับไนโตรเจนสูงกว่าความต้องการของร่างกาย ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของแพะทุกกลุ่มที่มีค่าเกินระดับที่แนะนำสำหรับการเจริญที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ 5-8 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Satter and Slyter, 1974)

ตารางที่ 18 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในอาหารผสมเสร็จ (เปอร์เซ็นต์)				SEM	Contrast P-value	
	0	33	67	100		L	Q
ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ (กรัม/ตัว/วัน)							
ไนโตรเจนที่ได้รับทั้งหมด	30.28	34.22	32.21	31.37	1.77	0.87	0.22
ไนโตรเจนที่ขับออก (กรัม/ตัว/วัน)							
มูล	10.61	8.45	8.36	7.96	0.74	0.05	0.28
ปัสสาวะ	5.96	6.10	6.35	3.42	0.83	0.09	0.11
ไนโตรเจนที่ขับออกทั้งหมด	16.58	14.55	14.71	11.38	1.21	0.02	0.61
ไนโตรเจนที่ดูดซึม (กรัม/ตัว/วัน)	19.66	25.77	23.85	23.41	1.52	0.22	0.07
ไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกาย (กรัม/ตัว/วัน)	13.69^{b}	19.67^{a}	17.50^{ab}	19.98^{a}	1.32	0.03	0.23
ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (กรัม/ตัว/วัน)	45.26^{B}	58.00^{A}	56.69^{A}	63.37^{A}	2.19	0.01	0.21

[1/] **L** = linear, **Q** = quadratic

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

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

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (n=4)

บทที่ 4
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาผลของระดับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. แพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีปริมาณการกินได้อย่างอิสระและปริมาณการกินได้ของโภชนะของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ผนังเซลล์ ลิกนิน โภชนะที่ย่อยได้รวม และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

2. การใช้อาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน แต่พบว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

3. แพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 33, 67และ 100 เปอร์เซ็นต์ต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตเจน ในของเหลวกระเพาะรูเมนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ขณะที่ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างเช่นกัน อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณของกรดแอซิติก ปริมาณของกรดบิวทีริก สัดส่วนกรดแอซิติกต่อโพรพิโอนิก และสัดส่วนของกรดแอซิติกและบิวทีริกต่อโพรพิโอนิก ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าแพะที่ได้อาหารผสมเสร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33, 67 และ

100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) แต่พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 33-100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของกรดโพรพิโอนิกสูงกว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ขณะที่จำนวนประชากรแบคทีเรีย โปรโตซัวและซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ปริมาณเมล็ดเลือดแดงอันแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน และความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดของแพะทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราในอาหารแพะไม่ส่งผลกระทบต่อนิเวศวิทยาภายในกระเพาะรูเมนของแพะ

จากผลการศึกษา พบว่า สามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้เป็นอาหารผสมเสร็จสำหรับแพะ อย่างไรก็ตาม การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราที่ระดับมากกว่า 67 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มทำให้ปริมาณการกินได้อย่างอิสระลดลง แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการใช้เชื้อรามาปรับปรุงคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแนวทางในการปรับปรุงผลพลอยได้ทางการเกษตรให้มีโภชนะสูงขึ้นส่งผลให้สัตว์ใช้ประโยชน์ได้สูงขึ้น อีกทั้งยังเป็นการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรในภาคใต้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้สูงสุด

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันในอาหารผสมเสร็จต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ การใช้ระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันในอาหารผสมเสร็จสำหรับแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ควรมีการศึกษาสมรรถภาพ การผลิต ต้นทุนในการเลี้ยง และคุณภาพซากของแพะ โดยใช้อาหารผสมเสร็จที่มีระดับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อราทดแทนทางใบปาล์มน้ำมันที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์กับเกษตรกรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมการปกครอง. 2558. ระบบสถิติทางการทะเบียน. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://stat.dopa.go.th/stat/ statnew/upstat_age_disp.php [เข้าถึงเมื่อ 23 กันยายน 2559].

กรมป่าไม้. 2557. ระบบการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพ. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.biodiversity.forest.go.th. [เข้าถึงเมื่อ 5 ตุลาคม 2558].

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

ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น.ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

ไชยวรรณวัฒนจันทร์ และวันวิศาข์ งามผ่องใส. 2555. ผลของการใช้อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และลักษณะซากแพะ. แก่นเกษตร. 40: 331-342.

ซารีนา สือแม. 2550.การเลี้ยงแพะตามวิถีมุสลิม:แนวทางสู่ความสำเร็จ. ว. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 2: 72-81.

ณัฐฐารัตนโกศล. 2552. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ทิพย์วรรณ คล้ายบ้านใหม่. 2552. เอกสารประกอบการสอน จุลชีววิทยาทั่วไป. นครศรีธรรมราช: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

เทิดชัย เวียรศิลป์. 2540. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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

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

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

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

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

ปิ่น จันจุฬา และวสันณ์ เพชรรัตน์. 2558. ผลของ fungal treatment ต่อการย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก และสมรรถภาพการผลิตของแพะขุน. รายงานวิจัย รหัสโครงการ NAT570154C. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

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

ราชบัณฑิตยสถาน. 2539. เห็ดกินได้และเห็ดมีพิษในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.

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

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

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกรมปศุสัตว์. 2558. ข้อมูลเกษตรกร/ปศุสัตว์ใน (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://ict.dld.go.th/th2/index.php/th/report/11-report-thailand-livestock (เข้าถึงเมื่อ 18 สิงหาคม 2558).

ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 2555. การผลิตปาล์มน้ำมันไทยภายใต้กรอบ AEC ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. (ออนไลน์).สืบค้นจาก:http://www.zone9.oae.go.th/KM/km_new/Thai%20palm%20oil%20production%20under%20the%20AEC.pdf. (เข้าถึงเมื่อ 16 ธันวาคม 2559).

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

สันติ หมัดหมัน, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, วันวิศาข์ งามผ่องใส และเสาวนิต คูประเสริฐ. 2555. ผลของการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในโคพื้นเมือง. แก่นเกษตร. 40: 79-92.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2558. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุนทร รอดด้วง. 2555. ผลของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักในอาหารผสมสำเร็จต่อสมรรถภาพการผลิตและลักษณะซากแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

อนงค์ จันทร์ศรีกุล, พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์ และอุทัยวรรณ แสงวณิช. 2551. ความหลากหลายของเห็ดและราขนาดใหญ่ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุทัยวรรณ แสงวณิช. 2550. การศึกษาเห็ดในธรรมชาติ. บริษัท เท็กซ์ แอนด์เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ. 37หน้า.

Abd Karim, 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 Bakar, C., H. Kamaluddin, B. Selamat and I. Azahar. 2000. Maximizing intake of all oil palm (OPF) pellets by Sahiwal-Friesian replacement heifers reared under zero-grazing system of production. Proc. 22rd MSAP Ann. Conf, Kota Kinabalu, Malaysia, 29 May -1 June 2000, pp.139-140.

Abu Hassan, A. R., M. Azizan, M. Ishida and C. Abu Bakar. 1993. Oil palm fronds silage as a roughage source for milk production in Sahiwal-Friesian cows. Proc. 16th MSAP Ann. Conf, Pulau Langkawi, Malaysia, 8–9 June 1993, pp. 34–35.

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

Adamovic, M., G. Grubic, I. Milenkovic, R. Jovanovic, R. Protic, L. Sretenovic and L. J. Stoic´evic. 1998. The biodegradation of wheat straw by *Pleurotus ostreatus* mushrooms and its use in cattle feeding. Anim. Feed Sci. Technol.71:357–362.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. The 16th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington: VA, USA.

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.

Chanjula, P., S. Pongprayoon and S. Kongpan. 2015a. Feed intake and serum metabolite of goats fed crude glycerin from waste vegetable oil. Proceedings of the 5th International Conference on Sustainable Animal Agricultural for Developing Countries (5th SAADC 2015), Chonburi, Thailand, 27-30 October, 2015, pp. 131-134.

Chanjula, P., V. Petcharat and C. Promkot. 2015b. 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. Proceedings17th AAAP 2016 Animal Science congress in Fukguoka, Japan 22 –25 August, 2016, pp. 885-888.

Chanjula, P., V. Petcharat and A. Cherdthong. 2017. Effects of fungal (*Lentinus sajor-caju*) treated oil palm frond on performance and carcass characteristics in finishing goats. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 30:811-818.

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.

Ebrahimi, M., M. A. Rajion, Y. M. Goh and A. Q. Sazili. 2012. Impact of different inclusion levels of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) fronds on fatty acid profiles of goat muscles. J Anim Physiol Anim Nutr. 96:962-969.

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 protozoa population and ruminalfermentation pattern ingoats. Italian. J. Anim. Sci. 14:403-409.

Ebrahimi, M., M. A. Rajion, Y. M. Goh, A. Q. Sazili, A. F. Soleimani and J. T. Schonewile. 2013. Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) frond feeding of goats in the humid tropics. J. Anim. Vet. Adv. 12:431-438.

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

Fazaeli, H., H. Mahmodzadeh, Z. A. Jelan, Y. Rouzbehan, J. B. Liang and A. Azizi. 2004a. Utilization of fungal treated wheat straw in the diet of late lactating cow. Asian Australas. J. Anim. Sci**.** 17:467-472.

Fazaeli, H., H. Mahmozadeh, A. Azizi, Z. A. Jelan, J. B. Liang, Y. Rouzbehan and A. Osman.2004b. Nutritive value of wheat straw treated with *Pleurotus* fungi. Asian Australas. J. Anim. Sci**.** 17:1681-1688.

Fazaeli, H., Z. A. Jelan, H. Mahmodzadeh, J. B. Liang, A. Azizi and A. Osman. 2002. Effect of fungal treated wheat straw on the diet of lactating cows. Asian Australas. J. Anim. Sci. 11:1573-1578.

Forbes, J. and J. France. 1993. Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. Northamton: The University Press Cambridge.

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

Grant, R. J. and D. R. Mertens. 1992. Influence of buffer, pH and raw starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. J. Dairy Sci.75:2762-2768.

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.

Hammel. K. E. 1997. Fungal Degradation of Lignin. *In* Plant Litter Quality and Decomposition. (eds G. Cadisch and K. E. Giller). pp. 33-45.Wallingford: CAB INTERNATIONAL.

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

Hassan, S. A., M. S. Sarwar and K. M. Hassan. 2012. Evaluation of fungal or chemical treatments for barley straw in ruminants feeding. J. Agri. Sci. 8:232-241.

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

Imsya, A., E. B. Laconi, K. G. Wiryawanand Y. Widyastuti. 2013. *In vitro* digestibility of ration containing different level of palm oil frond fermented with *Phanerochaetae chrysosporiu*. Med. Pet. 36:131-136.

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

Ishida, M., O. Abu Hassan, T. Nakui and F. Terada. 1994. Oil palm fronds as ruminant feed. Newsletter for International Collaboration. Japan Agric. Res. Quart. 2:1235-1243.

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 Australas. J. Anim. Sci. 13:1113-1120.

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

Jarafi, M. A., A. Nikkhah, A. Sadeghi and M. Chamani. 2007. The effect of *Pleurotus* spp. fungi on chemical composition and in vitro digestibility of rice straw. Pak. J. Biol. Sci. 10: 2460-2464.

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

Kaps, M. and W. R. Lamberson. 2004. Biostatistics for Animal Science. UK: CABI Publishing.

Karunanandaa, K., D. E. Akin, L. L. Rigsby and D. J. Royse. 1995. Botanical fractions of rice straw colonized by white rot fungi: Changes in chemical composition and structure. Anim. Feed Sci. Technol. 55:179-199.

Kawamoto, H., W. Z. Mohamed, N. I. M. Sukur, M. S. M. Ali, Y. Islam and S. Oshio. 2001. Japan Agric. Res. Quart. 35:195-200.

Kearl L. C. 1982. Nutrient Requirements of Ruminant in Developing Countries. International Feedstuffs Institute, Utah Agricultural Experiment Station, Utah State University, Logan.

Kholif, A. E., H. M. Khattab, A. A. Shewy, A. Z. M. Salem, A. M. Kholif1, M. M. Sayed, H. M. Gado and M. D. Mariezcurrena. 2014. Nutrient digestibility, ruminal fermentation activities, serum parameters and milk production and composition of lactating goats fed diets containing rice straw treated with *Pleurotus ostreatus*. Asian Australas. J. Anim. Sci. 27:357-364.

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.

Kim, Y. I., W. M. Cho, S. K. Hong, Y. K. Oh and W. S. Kwak. 2011. Yield, nutrient characteristics, ruminal solubility and degradability of spent mushroom (*Agaricus bisporus*) substrates for ruminants. Asian Australas. J. Anim. Sci.24:1560-1568.

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

Krik, T. K., M. Tien, P. J. Kersten, M. D. Mozuch and B. Kalyanaraman. 1986. Ligninase of *Phanerochaete chrysosporium* mechanism of its degradation of non-phenolic arylglycerol-ß-aryl ether substructure of lignin. J. Biochem. 236:279-287.

Krik, T. K., W. J. Connors and J. G. Zeikus. 1976. Requirement for a growth substrate during lignin decomposition by two white-rot fungi. Appl. Environ. Microbiol. 32:192-194.

Leonowicz, A., A. Matuszewska, J. Luterek, D. Ziegenhagen, M. Wojtas´-Wasilewska, N. S. Cho and M. Hofrichter. 1999. Biodegradation of lignin by white rot fungi. Fun. Genet. Biol. 27:175–185.

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.

Mahesh M. S. and M. Mohini. 2013. Evaluation of *Crinipellis* sp. treated wheat straw based diet for ruminants under in vitro system. Indian. J. Anim. Nutr. 32:25-29.

Malarczyk, E., G. Nowak, M. Nowak, J. Kochman´ ska-Rdest, T. Fukuzumi and A. Leonowicz. 1995. Relations between SOD, laccase and other enzymes during the fruiting process of *Pleurotus* specia growing on a ligninocellulosic medium. *In* Proc. 6th Intern. Conf. Biotechnol. Pulp Paper Ind. (Ed. E. Srebotnik and K. Messner). Facultas-Universitatsverlag Vienna, Austria. pp. 641–644.

Martinez, A. T., S. Camarero, A. Gutierrez, P. Bocchini and G.C. Galletti. 2001. Studies on wheat lignin degradation by *Pleurotus* species using analytical pyrolysis. J. Anal. Appl. Pyrolysis. 58-59:401–411.

Mohd Sukri, H. 2003. Fattening of beef cattle with oil palm by-products – Oil palm frond based diets. 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 feedlot. MARDI - PORIM Project Report. 34:1-10.

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.

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

Oh, Y. K., W. M. Lee, C. W. Choi, K. H. Kim, S. K. Hong, S. C. Lee, Y. J. Seol, W. S. Kwak and N. Choi. 2010. Effects of spent mushroom substrates supplementation on rumen fermentation and blood metabolites in Hanwoo steers. Asian Australas. J. Anim. Sci. 23:1608-1613.

Okano, K., N. Ohkoshi, A. Nishiyama, T. Usagawa and M. Kitagawa. 2009. Improving the nutritive value of madake bamboo, phyllostachysbambusoides, for ruminants by culturing the white rot fungus *Ceriporiopsis subvermisspora*. Anim. Feed Sci. Technol. 152:278-285.

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 Australas. J. Anim. Sci. 19:1305-1313.

Park, J. H., S. W. Kim, Y. J. Do, H. Kim, Y. G. Ko, B. S. Yang, D. Shin and Y. M. Cho. 2012. Spent mushroom substrate influences elk (*Cervus Elaphus Canadensis*) hematological and serum biochemical parameters. Asian Australas. J. Anim. Sci. 25:320-324.

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.

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.

Rahmana, M. M., M. Lourenco, H. A. Hassim, J. J. P. Baars, A. S. M. Sonnenbergc, J. W. Cone, J. De Boever and V. Fievez. 2011. Improving ruminal degradability of oil palm fronds using white rot fungi. Anim. Feed Sci. Technol. 169:157–166.

Russel, R. W. and S. A. Gahr. 2000. Glucose available and associated metabolism (chapter 6). In: Modeling Nutrient in Farm Animals. pp. 121-147. New York: CABI Publishing.

Sarnklong, C., J. W. Coneja, W. Pellikaan and W. H. Hendriks. 2010. Utilization of rice straw and different treatments to improve its feed value for ruminants: A review. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 23:680–692.

Samsudin, A. A., M. F. Masori and A. Ibrahim. 2013. The effects of effective microorganisms (EM) on the nutritive values of fungal-treated rice straw. Malaysian J. Anim. Sci. 16:97-105.

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.

Shahzad, F., M. Abdullah, A. S. Chaudhry, J. A. Bhatti, M. A. Jabbar, F. Ahmed, T. Mehmood, M. Asim, S. Ahmed, Z. Kamran, I. Irshad and, and M. N. Tahir. 2016. Effects of varying levels fungal (*Arachniotus* sp.) treated wheat straw as an ingredient of total mixed ration on growth performance nutrient digestibility in niliravi buffalo calves. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 29:359-364.

Shrivastava, B., P. Nandal, A. Sharma, K. K. Jain, Y. P. Khasa, T. K. Das, V. Mani, N. J. Kewalramani, S. S. Kundu and R. C. Kuhad. 2012. Solid state bioconversion of wheat straw into digestible and nutritive ruminant feed by *Ganaderma*sp. rckk02. Biores. Technol. 107:347-357.

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.

Tuor, U., K. Winterhalter and A. Fiechter. 1995. Enzymes of white-rot fungi involved in lignin degradation and ecological determinants for wood decay. J. Biotech. 41:1-17.

Tuyen, D. V., H. N. Phuong, J. W. Cone, J.J. P. Baars, A.S. M. Sonnenberg and W.H. Hendriks. 2013. Effect of fungal treatments of fibrous agricultural by-products on chemical composition and *in vitro* rumen fermentation and methane production. Biores. Technol. 129: 256–263.

Tuyen, V. D., J. W. Cone, J. J. P. Baars, A. S. M. Sonnenberg and W. H. Hendriks. 2012. Fungal strain and incubation period affect chemical composition and nutrient availability of wheat straw for rumen fermentation. Biores. Technol. 111:336–342

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-Australas. J. Anim. Sci. 16:625-634.

Wan Zahari, M., O. M. Ariff, I. MohdSukri, A. Oshibe and H. Hayakawa. 2000. Oil palm by-products and urea molasses mineral blocks as feed resources for buffaloes in Malaysia. Third Asean Buffalo Congress, Kandy, Sri Lanka, 8 May 2000, pp. 8.

Webster, J. and R. W. S. Weber. 2007. Introduction to Fungi. New York: Published in the United States of America by Cambridge University Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ภาพประกอบ

ภาพที่ 1 เชื้อรา *Lentinus sajor-caju*

ภาพที่ 2 การย้ายเชื้อราลงสู่เมล็ดข้าวฟ่าง

ภาพที่ 3 เมล็ดข้าวฟ่างหลังฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน

ภาพที่ 4 การบดทางใบปาล์มน้ำมัน

ภาพที่ 5 การบรรจุทางใบปาล์มน้ำมันบดใส่ถุงเพาะเห็ด

ภาพที่ 6 การนึ่งฆ่าเชื้อทางใบปาล์มน้ำมันบด

ภาพที่ 7 การย้ายหัวเชื้อราลงถุงเพาะเห็ด

ภาพที่ 8 การเจริญเติบโตของเชื้อรา 3 สัปดาห์

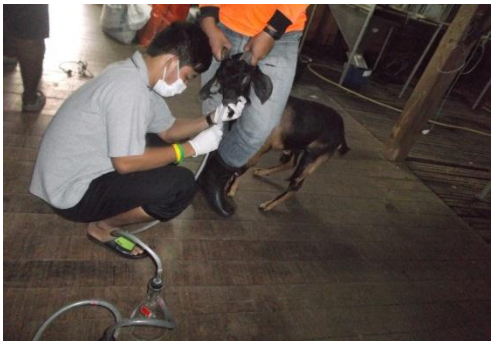
ภาพที่ 9 การนำทางใบปาล์มน้ำมันออกจากถุงและการตากแดด

ภาพที่ 10 อาหารผสมครบเสร็จที่ใช้ทดลอง

ภาพที่ 11 การชั่งน้ำหนักแพะ

ภาพที่ 12 การเลี้ยงแพะในกรงหาการย่อยได้

ภาพที่ 13 การสุ่มเก็บตัวอย่างเลือดแพะ



ภาพที่ 14 การสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวกระเพาะรูเมน

ภาพที่ 15 การวัดความเป็นกรด-ด่างของของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ภาพที่ 16 การเก็บตัวอย่างรูเมนเพื่อวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตเจนและนับจุลินทรีย์

ภาคผนวก ข
การตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน
โดยวิธีการนับตรง (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 โดยดูดของเหลวปริมาตร 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 โดยการดูดตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตรและเขย่าให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำปิเปตอัตโนมัติดูดตัวอย่างที่เจือจางแล้วจากหลอด หยดลงบนสไลด์ haematocytometer และวาง cover slip ปิดทับด้านบนให้ตัวอย่างกระจายทั่ว (ระวังอย่าให้เกิดฟองน้ำเวลาปิด cover slip) แล้วทำการนับโดยนับจำนวน 20 ช่องเล็ก ใช่กำลังขยาย 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 สามารถนับได้เลยโดยไม่ต้องทำการเจือจางอีก 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

ภาคผนวก ค
น้ำหนักของแพะทดลองแต่ละระยะทดลอง

ระยะเวลาการทดลอง	แพะทดลอง			
	1	**2**	**3**	**4**
ระยะที่ 1	A	B	C	D
น้ำหนักเริ่มต้น	36.50	34.50	27.50	29.00
น้ำหนักสิ้นสุด	41.00	39.00	26.50	28.50
ระยะที่ 2	B	C	D	A
น้ำหนักเริ่มต้น	41.00	39.00	26.50	28.50
น้ำหนักสิ้นสุด	44.50	45.00	25.00	35.00
ระยะที่ 3	C	D	A	B
น้ำหนักเริ่มต้น	44.50	45.00	25.00	35.00
น้ำหนักสิ้นสุด	47.00	48.00	29.00	37.00
ระยะที่ 4	D	A	B	C
น้ำหนักเริ่มต้น	47.00	48.00	29.00	37.00
น้ำหนักสิ้นสุด	46.50	44.00	31.00	37.00

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายภูวดล เหมชะรา

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5710620015

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (สัตวศาสตร์)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	2557

ทุนการศึกษา

1. ทุนอุดหนุนเพื่องานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา จากบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2. ทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากสถานความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ ระยะที่ 2 คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ภูวดล เหมชะรา, ปิ่น จันจุฬา และอนุสรณ์ เชิดทอง. 2559.ปริมาณการกินได้ และเมแทบอไลท์ในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเชื้อรา. แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 2) 44: 60-67.