ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อการย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในอาหารแพะ

Effect of Durian Peel Fermented with Lactic Acid Bacteria and Additives on Nutrient Digestibility, Rumen Ecology and Nitrogen Utilization in Goat Ration

ณัฐชา ปัญญาวุฒิ

Natcha Panyawoot

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
2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อการย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในอาหารแพะ

Effect of Durian Peel Fermented with Lactic Acid Bacteria and Additives on Nutrient Digestibility, Rumen Ecology and Nitrogen Utilization in Goat Ration

ณัฐชา ปัญญาวุฒิ

Natcha Panyawoot

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
2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อการย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในอาหารแพะ

ผู้เขียน นางสาวณัฐชา ปัญญาวุฒิ

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่น จันจุฬา)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนุสรณ์ เชิดทอง)

.....กรรมการ

(ดร. ปิตุนาถ หนูแสน)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่น จันจุฬา)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

.....

(ศาสตราจารย์ ดร. ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

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

ลงชื่อ .....
(นางสาวณัฐชา ปัญญาวุฒิ)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นางสาวณัฐชา ปัญญาวุฒิ)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อการย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในอาหารแพะ

ผู้เขียน นางสาวณัฐชา ปัญญาวุฒิ

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

ปีการศึกษา 2564

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเปลือกทุเรียนที่หมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก (แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14) เอนไซม์เซลลูเลส และกากน้ำตาลหรือร่วมกันในอาหารผสมสูตรรวมต่อการใช้ประโยชน์ของอาหาร การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในแพะลูกผสมพันธุ์พื้นเมือง-แองโกนูเบียน โดยศึกษาในแพะลูกผสมพันธุ์พื้นเมือง-แองโกนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ น้ำหนักเฉลี่ย 20.0±1.0 กิโลกรัม ใช้แผนการทดลองแบบ 5×5 ลาตินสแควร์ แพะทุกตัวได้รับอาหารผสมสูตรรวม 5 สูตร ที่มีเปลือกทุเรียนหมักไม่ใส่สารเสริม (กลุ่มควบคุม) เปลือกทุเรียนหมักร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ เปลือกทุเรียนหมักเอนไซม์เซลลูเลส 2 เปอร์เซ็นต์ เปลือกทุเรียนหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 1.0×10^5 cfu/g และเปลือกทุเรียนหมักด้วยกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 1.0×10^5 cfu/g ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณการกินได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายสารฟอกที่เป็นกรดมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) ระหว่างเปลือกทุเรียนหมักไม่ใส่สารเสริม และเปลือกทุเรียนหมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 เท่ากับ 0.24 กรัมต่อวัน และ 0.20 กรัมต่อวัน ตามลำดับ อาหารกลุ่มที่มีเปลือกทุเรียนหมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ และค่าความเข้มข้นของกรดโพรพิออนิกดีกว่า ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น และพบว่าอาหารกลุ่มที่มีเปลือกทุเรียนหมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 สามารถลดสัดส่วนความเข้มข้นของนกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิก การผลิตแก๊สเมทเธนได้ และการขับไนโตรเจนทางปัสสาวะ ($P<0.05$) ดังนั้นจึงสามารถใช้เปลือกทุเรียนที่หมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 สามารถใช้ได้ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งในสูตรอาหารสำหรับแพะรุ่นโดยไม่ส่งผลกระทบด้านลบต่อแพะ

Thesis Title	Effect of Durian Peel Fermented with Lactic Acid Bacteria and Additives on Nutrient Digestibility, Rumen Ecology and Nitrogen Utilization in Goat Ration
Author	Miss Natcha Panyawoot
Major Program	Animal Science
Academic Year	2021

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of fermented discarded-durian peel with lactic acid bacteria (*Lactobacillus casei* TH14), cellulase and molasses alone or their combination in a total mixed ration on feed utilization, digestibility, ruminal fermentation, and nitrogen utilization in growing crossbred Thai native-Anglo-Nubian goats. Five crossed breed Thai native-Anglo-Nubian goats (50%) at 9 to 12 months of ages and 20±1 of body weight (BW) was assigned to a 5 × 5 Latin square design. Evaluated treatments were fermented discarded-durian peel without additives (FDP), fermented discarded-durian peel with 5% of molasses (FDPM), fermented discarded-durian peel with 2% of cellulase (FDPC), fermented discarded-durian peel with 1.0×10^5 cfu/g fresh matter of *L. casei* TH14 (FDPL), and fermented discarded-durian peel with 5% of molasses and 1.0×10^5 cfu/g fresh matter of *L. casei* TH14 (FDPML). This study showed that acid detergent fiber intake was different ($P<0.05$) between FDP and FDPML, at 0.24 g/d and 0.20 g/d, respectively. FDPML had significantly ($P<0.05$) greater apparent nutrient digestibility and propionate concentration compared with other treatments. FDPML reduced the acetate to propionate ratio, methane production, and urinary nitrogen significantly ($P<0.05$). Based on this experiment, treating discarded-durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in combination could add 25% on a dry matter basis into the diet for growing goats without negative impact.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์จากคณาจารย์ และบุคลากรหลายฝ่ายที่ให้ความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้า ท่านแรกข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่น จันจุฬา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือสนับสนุน ให้คำแนะนำ แนวคิดที่ดีในการทำงาน ทั้งยังดูแลเอาใจใส่ตลอดระยะเวลาของการศึกษา จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อนุสรณ์ เชิดทอง ประธานกรรมการ และ ดร. ปิตุนาถ หนูแสน กรรมการ ที่ให้เกียรติเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณสหัทยา พงศ์ประยูร นักวิชาการหมวดแพะ และคุณสิริชัย คงปาน หมวดอาหารสัตว์ที่ให้ความช่วยเหลือ ในการใช้สถานที่โรงเรือนเลี้ยงแพะ โรงผสมอาหาร และขอขอบคุณ คุณสุจิตร์ ชลดำนงค์กุล และคุณณัฐฐา รัตนโกศล เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ที่ให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ตัวอย่างทดลอง

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ ระยะที่ 3 (CoE-ANRB: phase 3) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยประจำปี พ.ศ. 2563 และขอขอบคุณสาขาวิชานวัตกรรมการผลิตสัตว์และการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ และอุปกรณ์ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณบริษัทซีฮอร์ส อินเตอร์เทรด จำกัด อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา 90130 ที่สนับสนุนวัสดุเปลือกทุเรียนในการทดลอง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่น้อง และเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยสนับสนุน และให้กำลังใจในการเรียน และการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ คุณความดีจากความรู้แห่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าของมอบแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทั้งหลายที่คอยประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

ณัฐชา ปัญญาวุฒิ

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		(5)
Abstract		(6)
กิตติกรรมประกาศ		(7)
สารบัญ		(8)
รายการตาราง		(9)
รายการภาพประกอบ		(11)
รายการภาพประกอบภาคผนวก		(12)
สัญลักษณ์คำย่อ และตัวย่อ		(13)
บทที่ 1	บทนำ	1
	บทนำต้นเรื่อง	1
บทที่ 2	การตรวจเอกสาร	3
	วัตถุประสงค์	25
บทที่ 3	วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	26
	วัสดุ และอุปกรณ์	26
	วิธีการทดลอง	27
บทที่ 4	ผล และวิจารณ์ผลการทดลอง	36
บทที่ 5	สรุป และข้อเสนอแนะ	73
	สรุป	73
	ข้อเสนอแนะ	75
เอกสารอ้างอิง		76
ภาคผนวก		92
ประวัติผู้เขียน		96

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ประชากรแพะในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2560-2564	4
2.2	เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ทุเรียนของไทย ปี พ.ศ. 2559-2563	8
2.3	ผลผลิต และผลพลอยได้ของทุเรียนของไทย ปี พ.ศ. 2560-2563	9
2.4	องค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้จากทุเรียน	12
3.1	สัดส่วนของวัตถุดิบ (คิดเป็นวัตถุแห้ง) ที่ใช้ประกอบสูตรอาหารผสมสูตรรวม และคุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมสูตรรวม (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)	29
3.2	แผนผังการทดลอง	30
4.1	ลักษณะทางกายภาพของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริม ที่อายุหมัก 30 วัน	38
4.2	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริม ที่อายุหมัก 30 วัน	40
4.3	องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสูตรรวมที่ใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)	42
4.4	ปริมาณการกินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมที่มีเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริม	44
4.5	สัมประสิทธิ์การย่อยได้และปริมาณที่ย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมที่มีเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริม	47
4.6	ความเป็นกรดด่างและแอมโมเนีย-ไนโตรเจนกระเพาะรูเมนของแพะของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมที่มีเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริม	50
4.7	ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ของของเหลว และแก๊สมีเทนในกระเพาะรูเมนของแพะของที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมที่มีเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริม	54

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.8	จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อรา ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ	57
4.9	ยูเรีย- ไนโตรเจน ความเข้มข้นของกลูโคส และปริมาณเม็ดเลือดแดงที่อัดในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ	61
4.10	ค่าพลาสมาโปรตีนในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ	63
4.11	ค่าเม็ดเลือดแดงของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ	65
4.12	ค่าเม็ดเลือดขาวของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ	69
4.13	ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวม ใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ	72

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
3.1	ระยะเวลาทดลอง และการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทดลอง	31

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	เปลือกทุเรียน	93
2	สารเสริมที่ใช้ในการทดลอง กากน้ำตาล เอนไซม์เซลลูเลส และแลคโต-บาซิลลัส คาเซอิ TH14	93
3	ขั้นตอนการบดเปลือกทุเรียน	93
4	ขั้นตอนผสมเปลือกทุเรียนบดกับสารเสริม	93
5	ขั้นตอนนำเปลือกทุเรียนลงหมักในถังพลาสติก อัดให้แน่น และปิดฝาให้สนิท	93
6	สุ่มเปลือกทุเรียนหมักแต่ละสูตร มาวัดคุณภาพ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	93
7	เปลือกทุเรียนหมัก (กลุ่มควบคุม)	94
8	เปลือกทุเรียนหมักร่วมกับกากน้ำตาล	94
9	เปลือกทุเรียนหมักเอนไซม์เซลลูเลส	94
10	เปลือกทุเรียนหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14	94
11	เปลือกทุเรียนหมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14	94
12	เปลือกทุเรียนหมัก (บน) และอาหารผสมสูตรรวมที่ใช้เปลือกทุเรียนหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ (ล่าง)	94
13	แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้	95
14	การเก็บตัวอย่างมูล ปัสสาวะด้วยกรงเมแทบอลิซึม (metabolic cage)	95
15	การชั่งน้ำหนักแพะทดลอง	95
16	การเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำ บริเวณคอ	95
17	การเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมน	95
18	อุปกรณ์ในการนับจุลินทรีย์	95

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

a*	=	values are a measure of redness (ระดับความเข้มสีแดง)
A/G ratio	=	albumin to globulin ratio (สัดส่วนอัลบูมินต่อโกลบูมิน)
ADF	=	acid detergent fiber (ลิกโนเซลลูโลส)
ADFI	=	acid detergent fiber intake (ลิกโนเซลลูโลสที่กินได้)
ADL	=	acid detergent lignin (ลิกนิน)
ALB	=	albumin (อัลบูมิน)
b*	=	values are a measure of yellowness (ระดับความเข้มสีเหลือง)
BUN	=	blood urea nitrogen (ยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด)
BW	=	body weight (น้ำหนักตัว)
BWG	=	body weight gain (น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น)
C2	=	acetic acid (กรดอะซิติก)
C3	=	propionic acid (กรดโพรพิออนิก)
C4	=	butyric acid (กรดบิวทีริก)
CH_4	=	Methane (แก๊สมีเทน)
CP	=	crude protein (โปรตีนรวม)
CPI	=	crude protein intake (โปรตีนรวมที่กินได้)
DADF	=	digestible acid detergent fiber (ลิกโลเซลลูโลสที่ย่อยได้)
DCP	=	digestible crude protein (โปรตีนรวมที่ย่อยได้)
DM	=	dry matter (วัตถุแห้ง)
DMI	=	dry matter intake (วัตถุแห้งที่กินได้)
DNDF	=	digestible neutral detergent fiber (ผนังเซลล์ที่ย่อยได้)
DOM	=	digestible organic matter (อินทรียวัตถุที่ย่อยได้)
Eco	=	Eosinophil (เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล)
EE	=	ether extract (ไขมันรวม)

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ (ต่อ)

FDP	=	untreated discarded durian peel in TMR (เปลือกทุเรียนหมัก, กลุ่มควบคุม)
FDPC	=	treated discarded durian peel with cellulase in TMR (เปลือกทุเรียนหมักเอนไซม์เซลลูเลส)
FDPL	=	treated discarded durian peel with *L. casei* TH14 in TMR (เปลือกทุเรียนหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14)
FDPM	=	treated discarded durian peel with molasses in TMR (เปลือกทุเรียนหมักร่วมกับกากน้ำตาล)
FDPML	=	treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in TMR) (เปลือกทุเรียนหมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14)
GE	=	gross energy (พลังงานรวม)
GLB	=	globulin (โกลบูมิน)
Glu	=	glucose (กลูโคส)
HgB	=	hemoglobin (ฮีโมโกลบิน)
HUE	=	the color from the rainbow or spectrum of colors
L*	=	values are a measure of lightness (ระดับความสว่าง)
Lymp	=	lymphocyte (เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์)
MCH	=	mean corpuscular hemoglobin (ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง)
MCHC	=	mean corpuscular hemoglobin concentration (ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง)
MCV	=	mean corpuscular volume (ปริมาตรเม็ดเลือดแดง)
ME	=	metabolizable energy (พลังงานเมแทบอลิซึม)
Mono	=	monocyte (เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์)
NDF	=	neutral detergent fiber (ผนังเซลล์)
NDFI	=	neutral detergent fiber intake (ผนังเซลล์ที่กินได้)
OM	=	organic matter (อินทรียวัตถุ)

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ (ต่อ)

OMI	=	organic matter intake (อินทรียวัตถุที่กินได้)
PCV	=	packed cell volume (ปริมาณเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่น)
PMN	=	polymorphonuclear neutrophil (เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโตรฟิล)
RBC	=	red blood cell (เม็ดเลือดแดง)
RDW-CV	=	red blood cell distribution width (การกระจายตัวของเม็ดเลือดแดง)
SEM	=	standard error of the mean
TP	=	total protein (โปรตีนรวมในกระแสเลือด)
VFA	=	volatile fatty acid (กรดไขมันระเหยได้)
WBC	=	white blood cell (เม็ดเลือดขาว)

บทที่ 1
บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่ให้ผลตอบแทนเร็ว เนื่องจากผู้บริโภคนิยมบริโภคแพะที่น้ำหนัก 20-30 กิโลกรัม มีการจัดการที่ง่ายกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดใหญ่ ซึ่งจากการส่งเสริมการเลี้ยงแพะของปศุสัตว์ทำให้การผลิตแพะขยายตัวอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งมีตลาดรองรับในประเทศ และต่างประเทศ จึงทำให้ธุรกิจการเลี้ยงแพะเติบโตอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ปัจจุบันเกิดความขาดแคลนแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ ทำให้ต้องหาวัตถุดิบอาหารอื่นๆ มาใช้เป็นแหล่งอาหารสัตว์ เช่น ผลพลอยได้ทางการเกษตร ผลพลอยได้ของอุตสาหกรรม รวมทั้งพืชในท้องถิ่นที่มีราคาถูก หาได้ง่าย และยังมีระดับโปรตีน พลังงาน เพียงพอสำหรับนำมาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทุเรียนเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยม และได้ชื่อว่าเป็นราชาแห่งผลไม้ไทย เนื่องจากมีรสชาติที่หวานเนื้อสัมผัสนุ่ม และกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ อีกทั้งทุเรียนยังอุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต และน้ำตาลที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย เป็นแหล่งกรดอะมิโน และไขมันดีที่ไม่ผ่านกระบวนการทางเคมี ซึ่งช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด มีเส้นใยอาหารช่วยในการขับถ่าย มีองค์ประกอบของแร่ธาตุหลายชนิด เช่น โพแทสเซียม และสารประกอบซัลเฟอร์ที่ทำให้ร่างกายเกิดความร้อน และยังเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ (นพเก้า, 2561) และจากการขยายตัวของตลาดการส่งออกทุเรียนของไทยในปีที่ผ่านมา ทำให้มีผลผลิตทุเรียนสูงขึ้น ในทุเรียนหนึ่งผลมีองค์ประกอบ คือ เปลือก เนื้อ และเมล็ด จากข้อมูลการศึกษาพบว่า ทุเรียนมีส่วนที่บริโภคได้เพียง 20-30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผลเท่านั้น (วิวัฒน์ และคณะ, 2559) ส่วนอีก 70-80 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นเปลือกและเมล็ดทุเรียน (แตกต่างกันตามสายพันธุ์) ซึ่งยังมีคุณค่าทางอาหาร และมีองค์ประกอบทางเคมีที่น่าสนใจในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ จากการศึกษาของ Nuraini และ Mahata (2003) รายงานว่าเปลือกและเมล็ดทุเรียน ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 มีโปรตีนสูงถึง 10.31 เปอร์เซ็นต์ แต่เนื่องจากเปลือกทุเรียนมีส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรตอยู่สูง และมีองค์ประกอบของความชื้นอยู่สูงทำให้การเก็บรักษาเปลือกทุเรียนไว้ใช้เป็นแหล่งอาหารสัตว์มีอายุสั้น จึงต้องนำเปลือกทุเรียนมา

ปรับปรุงด้วยสารเสริมต่างๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะ โดย สิริวดี และคณะ (2564) รายงานว่าเปลือกทุเรียนที่หมักด้วยยีสต์ มีองค์ประกอบของโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้น และมีระดับโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่หมัก ในส่วนของการนำเปลือกทุเรียนมาใช้เป็นอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีรายงานของ Sulistyowati และคณะ (2019) ที่ใช้เปลือกทุเรียนหมักเป็นส่วนผสมในอาหารข้นของโคนม พบว่า สามารถใช้ได้สูงถึงระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ อัตราการหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจ และอุณหภูมิผิวทางทวารหนัก อย่างไรก็ตามข้อมูลการปรับปรุงเปลือกทุเรียนด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริม นำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในสัตว์เคี้ยวเอื้องยังมีอยู่อย่างจำกัด

ดังนั้นการทดลองนี้ จึงได้ทำการศึกษาผลการใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส เป็นแหล่งอาหารหยาบในแพะ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลการปรับปรุงเปลือกทุเรียน ซึ่งเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรด้วยสารเสริมต่างๆ และเป็นแนวทางแก่เกษตรกรในการนำเปลือกทุเรียนหมักมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไปในอนาคต

บทที่ 2

การตรวจสอบเอกสาร

แพะ

แพะ (Goat) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Capra aegagrus hircus* เป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก สามารถกินพืชอาหารสัตว์ได้หลากหลายชนิด รวมทั้งสามารถใช้ผลพลอยได้ต่างๆ เป็นแหล่งอาหารหยาบได้ หากเป็นแพะพื้นเมืองสามารถใช้อาหารคุณภาพต่ำได้ดี (บุญเสริม, 2546; วินัย, 2538) ใช้พื้นที่ในการเลี้ยงไม่มากจึงใช้ต้นทุนและการจัดการการเลี้ยงต่ำกว่าโค และกระบือ อีกทั้งแพะมีความสมบูรณ์พันธุ์สูง ให้รอบผลผลิตเร็ว มีโอกาสให้ลูกแฝดสูง สายพันธุ์ที่นิยมเลี้ยงมักผสมแพะพื้นเมืองเพื่อให้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม โรค และแมลงรบกวน อีกทั้งการนำแพะต่างประเทศเข้ามายังช่วยปรับปรุงโครงสร้าง หรือลักษณะของแพะพื้นเมืองได้ เช่น ลูกผสมบอร์ที่เป็นแพะเนื้อขนาดใหญ่ ลูกผสมแองโกลนูเบียนที่มีโครงร่างสูงเพรียว เป็นต้น

การเลี้ยงแพะในประเทศไทย

การเลี้ยงแพะในประเทศไทยมีมานานโดยมีการเลี้ยงกระจายกันทั่วทุกภูมิภาคทั้งภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ การเลี้ยงแพะในแต่ละพื้นที่ในปี พ.ศ. 2563 พบว่า ภาคใต้มีการเลี้ยงสูงกว่าภาคอื่น คือ 391,817.00 ตัว รองลงมาคือภาคกลาง 331,928.00 ตัว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 139,579.00 ตัว และ ภาคเหนือ 99,560.00 ตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 2.1) แพะเป็นสัตว์ที่เลี้ยงกันแพร่หลายในภาคใต้ เนื่องจากภาคใต้มีชาวมุสลิมอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น และแพะก็มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับความเชื่อในพิธีกรรมทางศาสนาของชาวมุสลิม เช่น การรับขวัญเด็กแรกเกิด การขึ้นบ้านใหม่ การทำบุญต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคใต้ตอนกลางที่มีการเลี้ยงแพะเป็นจำนวนมาก เช่น จังหวัดพัทลุง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ และตรัง แต่รูปแบบการเลี้ยงแพะยังเป็นแบบการเลี้ยงหลังบ้าน (ปล่อยให้หากินเอง กินหญ้าหรือของเหลือต่างๆ ตามตลาด) เลี้ยงร่วมกับการทำเกษตรอื่นๆ หรือเลี้ยงเป็นอาชีพเสริม

เมื่อรัฐบาลหันมาส่งเสริมการเลี้ยงแพะตามนโยบาย “ไทยเข้มแข็ง” ในปี พ.ศ. 2553 ส่งผลให้ราคาแพะเนื้อในท้องตลาดเพิ่มสูงขึ้นจากการที่พ่อค้าคนกลางต้องการจัดหาแพะเข้าร่วมโครงการดังกล่าว ทำให้การปศุสัตว์เพื่อผลิตแพะขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยกรมปศุสัตว์ (2563) รายงานว่าประชากรแพะในปี พ.ศ. 2560 มีการเลี้ยงทั่วประเทศ 652,964.00 ตัว จากเมื่อปี พ.ศ. 2559 ที่มีเพียง 509,382.00 ตัว ซึ่งมีการขยายประชากรแพะเพิ่มขึ้นถึง 28.19 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อดูจากข้อมูลประชากรในปี พ.ศ. 2561, 2562, 2563 และ 2564 ก็จะเห็นได้ว่ามีการขยายประชากรแพะเพิ่มขึ้น 9.33, 16.62, 15.66 และ 4.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2.1) และยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามความต้องการของตลาด รวมถึงช่องทางการตลาดทางเลือกแก่เกษตรกรที่มากขึ้น อย่างการซื้อขายพันธุ์แพะกันเองของเกษตรกรเพื่อนำไปขยายพันธุ์หรือขุนต่อหรือขายให้กับผู้บริโภคโดยตรง ขายให้พ่อค้าคนกลาง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557 อ้างโดย จิรวรรณ, 2564) อีกทั้งมีตลาดที่รองรับการจัดซื้อโดยชาวมุสลิมเพื่อนำไปทำพิธีกรรมทางศาสนา รวมทั้งในพิธีการแต่งงาน หรืองานมงคลอื่นๆ และการส่งออกแพะไปยังประเทศเพื่อนบ้านอย่าง จีน และเวียดนาม ที่มีความเชื่อว่าการรับประทานเนื้อแพะจะช่วยทำให้ร่างกายแข็งแรง (จิรวรรณ, 2564) ซึ่งทำให้เห็นว่าตลาดแพะยังมีการขยายตัวได้อย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 2.1 ประชากรแพะในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2560-2564

ปี พ.ศ.	ภาคเหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคกลาง	ภาคใต้	รวม	เพิ่มขึ้น (%)*
2560	49,424.00	46,478.00	233,431.00	323,631.00	652,964.00	28.19
2561	57,610.00	56,935.00	256,548.00	342,779.00	713,872.00	9.33
2562	75,302.00	96,489.00	283,768.00	376,974.00	832,533.00	16.62
2563	99,560.00	139,579.00	331,928.00	391,817.00	962,884.00	15.66
2564	142,262.00	241,344.00	190,024.00	428,248.00	1,001,878.00	4.05

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2565)

หมายเหตุ: เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) = (ประชากรแพะปีนี้-ประชากรแพะปีก่อน) /ประชากรแพะปีก่อน x 100

การจัดการอาหารแพะ

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งอาศัยจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในกระเพาะรูเมนในการหมักย่อยอาหารและสังเคราะห์วิตามิน จึงทำให้สามารถใช้พืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพต่ำเป็นแหล่งอาหารได้ โดยเรียกว่า อาหารหยาบ ซึ่งเป็นอาหารที่มีเยื่อใยสูงกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ส่วนใหญ่ได้จากพืชอาหารสัตว์ และผลพลอยได้จากการเกษตรใช้เลี้ยงเป็นอาหารหลัก โดยอาหารหยาบจะมีอยู่ 2 ชนิดคือ อาหารหยาบสด หมายถึง อาหารหยาบที่อยู่ในสภาพสดมีความชื้นสูง 70–85 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ พืชอาหารสัตว์ในทุ่งหญ้าที่สัตว์เข้าไปแทะเล็ม พืชที่ตัดสดมาให้สัตว์กิน เช่น หญ้าแพงโกลา ถั่วฮามาต้า และกระถิน เป็นต้น โดยพืชอาหารสัตว์สดที่ตัดเมื่ออายุน้อยจะมีโภชนะที่ดีกว่าพืชอาหารอายุมาก ในส่วนของอาหารหยาบแห้ง (dry forages and roughages) หมายถึง อาหารหยาบสดที่นำมาตากเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยทำให้มีความชื้นไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ ปกติแพะมีความต้องการอาหารหยาบสดวันละประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวแพะ (ไชยวรรณ, 2562)

แต่อย่างไรก็ตามการให้อาหารหยาบเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิต การให้อาหารข้นเสริมสามารถเพิ่มความสมบูรณ์ของสุขภาพ เพิ่มผลผลิตทั้งการให้เนื้อ และนมได้ รวมถึงมีคุณค่าทางอาหารสูง เยื่อใยต่ำ ซึ่งแพะสามารถย่อยและนำไปใช้ประโยชน์ได้สูง ได้แก่ เมล็ดธัญพืช และผลพลอยได้จากโรงงานต่างๆ อาหารข้นสำเร็จรูปคือวัตถุดิบอาหารข้นที่ผสมเสร็จแล้ว หรือหัวอาหารที่ได้จากการผสมวัตถุดิบต่างๆ เพื่อให้มีสารอาหารเหมาะสมครบถ้วนตามความต้องการของสัตว์ มีทั้งชนิดผง และที่ผ่านกระบวนการอัดเป็นเม็ด โดยปกติแพะมีความต้องการอาหารข้นวันละประมาณ 0.50-1.00 กิโลกรัม หรือประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวแพะ และควรระวังอย่าให้อาหารที่มีสารต้านหรือทำลายจุลินทรีย์ เพราะอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของกระเพาะรูเมนได้ นอกจากนั้นแพะยังต้องการน้ำ และแร่ธาตุเสริมเป็นประจำอีกด้วย แพะต้องการน้ำกินวันละประมาณ 5-9 ลิตร ความต้องการน้ำมากน้อยขึ้นอยู่กับสภาพตัวแพะ และภูมิอากาศ

ในปัจจุบันจึงนิยมใช้อาหารผสมสูตรรวม หรืออาหาร TMR (TMR, total mixed ration) โดยการนำอาหารหยาบ และอาหารข้นมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม และคำนวณโภชนะตามความต้องการของสัตว์ อีกทั้งยังทำให้การจัดการอาหารเป็นไปได้ง่ายขึ้น เพราะ

เกษตรกรไม่ต้องเสียเวลาในการให้อาหารหยาบแยกกับอาหารข้น และยังสามารถควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารแยกกัน โดยปกติมักใช้สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่ 60:40 หรือ 40:60 จากการรายงานของ Meakawa และคณะ (2002) ที่ศึกษาผลของระดับความเข้มข้นและการจัดการการให้อาหารต่อกิจกรรมการเคี้ยว การผลิตน้ำลาย และค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะ และลำไส้เล็กของโคนมที่กำลังให้นม พบว่ากลุ่มอัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น 40:60, 50:50 และ 60:40 มีปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกัน ในทำนองเดียวกันกับ สุนทร และคณะ (2554) ที่ศึกษาการประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสูตรรวมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส พบว่ากลุ่มที่ใช้อาหาร TMR ที่อัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น 60:40 และ 50:50 มีค่าอัตราการผลิตแก๊สเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ อัตรา 80:20 และ 70:30 แต่ทั้ง 4 สูตรมีปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับ Vibart และคณะ (2010) ที่ศึกษาผลของการเปลี่ยนอัตราผสมทั้งหมดด้วยทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ต่อการหมักในกระเพาะหมัก พบว่ากลุ่มที่ใช้อาหาร TMR ที่อัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น 40:60 มีค่ากรดไขมันระเหยได้ (กรดอะซิติก และกรดโพรพิออนิก) สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$) นอกจากนี้การใช้อาหาร TMR สามารถลดการสูญเสียอาหารหยาบจากการเลือกกินของสัตว์ได้ และยังสามารถเพิ่มผลผลิตของสัตว์ได้อีกด้วย ตามรายงานของ ภัทยา และคณะ (2548) ที่ศึกษาผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารผสมสำเร็จโดยใช้ซังข้าวโพด ร่วมกับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อกระบวนการหมักใน กระเพาะรูเมน ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโครีดนม พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR อัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น 40:60 ที่มีโปรตีน 14-18 มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเพิ่ม สูงขึ้น ส่งผลให้โคนมได้รับโปรตีน และอินทรียวัตถุ เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง ($P<0.05$) ทำให้ผลผลิตน้ำนม และปริมาณโปรตีนในน้ำนมเพิ่มสูงขึ้นแบบเส้นตรง ($P<0.05$) ส่งผลทำให้ของแข็งไม่รวมไขมันในน้ำนมเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง ($P<0.01$)

การเลี้ยงแพะ ให้ได้ผลตอบแทนที่ดีและเร็ว นอกจากการทำการตลาดแล้วยังต้องคำนึงถึงการผลิตแพะให้ได้คุณภาพ ทั้งมีการลงทุนตั้งแต่ค่าโรงเรือน ค่าวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ในการจัดการ ค่าสายพันธุ์ และที่สำคัญคือต้นทุนค่าอาหาร ในปัจจุบันพบว่าเกษตรกรมีค่าใช้จ่ายของแหล่งอาหารหยาบเพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากคนหันมาสนใจในการทำปศุสัตว์ ทำให้มีจำนวนสัตว์มากขึ้น

ในขณะที่พื้นที่เพาะปลูกแหล่งอาหารหยาบคงที่ และมีแนวโน้มลดลงจากการนำพื้นที่ไปใช้ประโยชน์กับกิจการที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงกว่า (ไชยวรรณ, 2562) หรือปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชเศรษฐกิจเพื่อรองรับการขาดแคลนพลังงาน เช่น มันสำปะหลัง อ้อย ปาล์มน้ำมัน เป็นต้น ส่งผลให้พื้นที่ปลูกพืชอาหารสัตว์ลดลง ทำให้อาหารหยาบมีไม่เพียงพอ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง (สำนักพัฒนาอาหารสัตว์, 2563) ซึ่งในการผลิตแพะจะมีต้นทุนค่าอาหารอยู่ถึง 70-80 เปอร์เซ็นต์ หากสามารถลดต้นทุนส่วนนี้ได้ก็จะสามารถแบ่งเบาภาระของเกษตรกรได้ จึงต้องมีการเสาะหาวัตถุดิบ และวิธีการต่างๆ ที่จะนำมาลดต้นทุนส่วนนี้ลง ซึ่งมักจะนิยมใช้พืชที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นเพื่อลดค่าขนส่ง ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม และผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ไม่มีมูลค่าหรือมีราคาถูกมาใช้หรือทดแทนในสูตรอาหาร เนื่องจากมีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมเกษตรทำให้ในแต่ละปีมีผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเหล่านี้จำนวนมาก ทุเรียนถือเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่กำลังเป็นที่นิยมในช่วงนี้ โดยมีตลาดส่งออกไปต่างประเทศจำนวนมาก โดยเฉพาะประเทศจีนที่นิยมบริโภคทุเรียนของไทย

ทุเรียน

ทุเรียน (Durian) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Durio zibethinus* murr เป็นพืชที่นิยมปลูกในแถบเอเชีย โดยเป็นพืชพื้นเมืองของบรูไน อินโดนีเซีย และมาเลเซีย เป็นไม้ผลยืนต้นไม่ผลัดใบ ลำต้นตรง สูง 25-50 เมตร ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยวรูปไข่แกมขอบขนานปลายใบ ดอกเป็นช่อแบบดอกสมบูรณ์เพศ มีลักษณะดอกคล้ายระฆังสีขาว ให้ผลเมื่ออายุ 4-5 ปี (แตกต่างกันตามสายพันธุ์) ผลเป็นชนิดผลเดี่ยว สีเขียวแกมน้ำตาล เมื่อสุกจะมีกลิ่นหอมคล้ายอัลมอนด์ เนื้อมีสีเหลืองนิ่มคล้ายคัสตาร์ด รสชาติหวานนุ่ม แต่ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งเกิดจากส่วนผสมของสารระเหยอย่างเอสเทอร์ คีโตน และสารประกอบกำมะถัน จึงทำให้บางคนบอกว่าทุเรียนมีกลิ่นหอม ในขณะที่บางคนบอกว่ามีกลิ่นเหม็น โดยทั่วโลกมีทุเรียนเพียง 9 ชนิดเท่านั้นที่สามารถรับประทานได้ และมีเพียงสายพันธุ์ *Durio zibethinus* ที่ได้รับความนิยม โดยมีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ สายพันธุ์หมอนทอง และสายพันธุ์ก้านยาว ที่มีตลาดรองรับในหลายประเทศ (กฤติยา, 2557; นพเก้า, 2561 และสมพร, 2562)

ประเทศไทย มีการปลูกทุเรียนเป็นพืชเศรษฐกิจ และเป็นแหล่งผลิตทุเรียนส่งออกระดับโลก ทำให้มีการปลูกทุเรียนเป็นจำนวนมาก และในช่วงหลายปีที่ผ่านมา การส่งออกทุเรียนของไทยขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะตลาดการนำเข้าของจีนที่เพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดด ส่งผลให้ราคาทุเรียนสูงขึ้น ซึ่งเป็นการสร้างแรงจูงใจต่อการขยายพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร (สมพร, 2562) และจากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่าเนื้อที่ยืนต้นในปี พ.ศ. 2559 ที่มีพื้นที่ 715,341.00 ไร่ เพิ่มขึ้นเป็น 827,263.00, 879,813.00, 1,010,116.00 และ 1,069,668.00 ไร่ ในปี พ.ศ. 2560, 2561, 2562 และ 2563 เนื้อที่ให้ผลผลิตจากเดิม 581,659.00 ไร่ เพิ่มเป็น 642,315.00 676,249.00 676,249.00 729,466.00 และ 797,553.00 ไร่ ตามลำดับ ในส่วนของผลผลิตต่อไร่ของทุเรียนเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับพื้นที่ให้ผลผลิต โดยผลผลิตจากเดิม 890.00 กิโลกรัมต่อไร่ เพิ่มขึ้นเป็น 1,030.00 1,124.00 1,405.00 และ 1,399.00 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2.2) ถึงแม้ว่าการดูแลทุเรียนนั้นมีความยุ่งยาก เนื่องจากทุเรียนเป็นพืชที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศได้ต่ำ (เมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่น) ติดผลยาก มีแมลงศัตรูพืชเยอะ อีกทั้งยังไวต่อโรคจากเชื้อแบคทีเรีย เช่น โรครากเน่า แต่ราคาผลผลิตที่ได้ยังคุ้มค่าพอให้เกษตรกรหันมาลงทุนมากยิ่งขึ้นในทุกๆ ปี

ตารางที่ 2.2 เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ทุเรียนของไทย ปี พ.ศ. 2559-2563

ปี (พ.ศ.)	เนื้อที่ยืนต้น (ไร่)	เนื้อที่ให้ผลผลิต (ไร่)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
2559	715,341.00	581,659.00	890.00
2560	827,263.00	642,315.00	1,030.00
2561	879,813.00	676,249.00	1,124.00
2562	1,010,116.00	729,466.00	1,405.00
2563	1,069,668.00	797,553.00	1,399.00

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2565)

นอกจากส่วนของเนื้อทุเรียนที่นิยมรับประทานเป็นแหล่งพลังงาน ทั้งรูปแบบเนื้อสุก และรูปแบบแปรรูปแล้ว ยังมีส่วนของเมล็ดและเปลือกทุเรียนที่เหลือจากการบริโภคที่ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จำนวนมาก เนื่องจากทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีผลขนาดใหญ่ ทำให้เมื่อ

เทียบปริมาณเนื้อทุเรียนหนึ่งผลแล้ว พบว่า น้ำหนักเนื้อทุเรียนมีประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล (เจตนิพัทธ์ และจักราวุธ, 2561) และเมล็ดประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล (วิวัฒน์ และคณะ, 2559) ส่วนที่เหลือเป็นเปลือก และก้าน ซึ่งมีน้ำหนักประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำหนักผล (ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์) ทำให้อุตสาหกรรมการส่งออกทุเรียนของไทย ทั้งแบบส่งผลสดทั้งผล แบบแกะส่งเฉพาะเนื้อ และแบบแปรรูปต่างๆ มีส่วนเหลือทิ้งเป็นเปลือก และเมล็ดจำนวนมาก ซึ่งเมื่อดูจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เพาะปลูก ที่จะส่งผลต่อจำนวนผลผลิตทำให้มีผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมทุเรียนในปี พ.ศ. 2560 เป็นเปลือก 330,865.50 ตัน เมล็ด 198,519.30 ตัน หรือเพิ่มขึ้น 27.76 เปอร์เซ็นต์จากผลผลิตปีก่อน ในปี พ.ศ. 2561, 2562 และ 2563 ผลผลิตทุเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 759,828.00, 1,017,097.00 และ 111,111,928.00 ตัน ผลพลอยได้ที่เป็นเมล็ด 227, 948.40, 508,548.50 และ 555,964.00 ตัน ผลพลอยได้ที่เป็นเปลือก 379,914.00, 508,548.50 และ 555,964.00 ตัน หรือเพิ่มขึ้น 14.82, 33.86 และ 9.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2.3) และหากคิดการเพิ่มขึ้นของผลผลิตทุเรียนจากปี พ.ศ. 2560 ถึง 2563 จะเท่ากับ 68.03 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนผลผลิตทุเรียนที่เพิ่มขึ้น ก็ทำให้ได้ผลพลอยได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนขึ้นเกินกว่าครึ่งของผลผลิตทุเรียนในปี พ.ศ. 2560

ตารางที่ 2.3 ผลผลิต และผลพลอยได้ของทุเรียนของไทย ปี พ.ศ. 2560-2563

ปี (พ.ศ.)	ผลผลิต (ตัน)	เมล็ด (ตัน)*	เปลือก (ตัน)*	เพิ่มขึ้น (%)*
2560	661,731.00	198,519.30	330,865.50	27.76
2561	759,828.00	227,948.40	379,914.00	14.82
2562	1,017,097.00	305,129.10	508,548.50	33.86
2563	1,111,928.00	333,578.40	555,964.00	9.32

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2565)

หมายเหตุ: เมล็ด (ตัน) คำนวณมาจาก เมล็ดมีน้ำหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักผล (วิวัฒน์ และคณะ, 2559) เปลือก (ตัน) คำนวณมาจากเปลือกมีน้ำหนัก 50 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักผล เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) = (ผลผลิตปีนี้-ผลผลิตปีก่อน) /ผลผลิตปีก่อน x 100

องค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้จากทุเรียน

ผลพลอยได้จากทุเรียนมีการนำไปแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์อยู่บ้าง โดยเมล็ดทุเรียนชาวบ้านนิยมนำมาต้ม คั่ว หรือทอดในน้ำมัน ทานเนื้อเมล็ดเช่นเดียวกับเมล็ดขนุนหรือเมล็ดจำปาดะ ซึ่งจะมีลักษณะเนื้อแน่นและเหนียวกว่าเล็กน้อย ในส่วนของเปลือกทุเรียน นั้นมีการนำเปลือกทุเรียนมาทำเป็นถ่าน นำมาผลิตทำเป็นกระดาษสา ใช้เป็นเชื้อเพลิง ผลิตไบโอเอทานอลจากเปลือกทุเรียน (จิรศักดิ์ และณัตติยา, 2554) และการนำเปลือกทุเรียนไปหมักทำเป็นปุ๋ยหมักชีวภาพ แม้ว่าผลพลอยได้ของทุเรียนจะมีการศึกษาเพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ทำให้ลดปริมาณเศษเหลือทิ้งแล้วก็ตาม แต่ก็ยังเป็นเพียงส่วนน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับการขยายตัวของอุตสาหกรรมทุเรียนที่เติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นหากสามารถเพิ่มช่องทาง หรือแนวทางในการนำผลพลอยได้เหล่านี้มาทำให้เกิดประโยชน์ก็จะสามารถลดเศษเหลือทิ้งที่อาจก่อเป็นมลภาวะลงได้ ลดค่าใช้จ่ายของหน่วยงานภาครัฐ และเอกชนที่ต้องเข้ามาจัดการในส่วนนี้ รวมทั้งอาจลดค่าใช้จ่ายในส่วนของอาหารสัตว์ของเกษตรกรได้โดยการนำผลพลอยได้มาใช้ในการปศุสัตว์

ผลพลอยได้ของทุเรียน ได้แก่ เมล็ด และเปลือกทุเรียน มีองค์ประกอบทางเคมีที่น่าสนใจ (ตารางที่ 2.4) เมล็ดทุเรียนมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต โดยมีคาร์โบไฮเดรต 73.77 เปอร์เซ็นต์ (มหัทธนี และคณะ, 2561) จากการศึกษาของ สุนันท์ และคณะ (2532) พบว่าเมล็ดทุเรียนสดมีโปรตีนหยาบ 8.40 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.67 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 6.40 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 3,966.00 กิโลแคลอรี ใกล้เคียงกับรายงานของ มหัทธนี และคณะ (2561) พบว่าเมล็ดทุเรียนสดมีโปรตีนหยาบ 8.72 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 4.71 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยรวม 2.90 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ Sugiarto และ Toana (2018) รายงานถึงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดทุเรียนที่นำมาผ่านความร้อนด้วยวิธีการตาก ต้ม คั่ว พบว่า มีค่าองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกันมากนัก มีค่าโปรตีนอยู่ในช่วง 6.10-7.10 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.90-1.10 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 2.90-4.20 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 3,513.00-3,518.00 กิโลแคลอรี และถ้าหากนำมาบดเป็นผงแป้ง ซึ่งเอาส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลออกให้เหลือเพียงส่วนเนื้อเมล็ดสีขาวด้านในจะมีองค์ประกอบของไขมัน และเยื่อใยน้อยกว่า คือ มีไขมัน 0.40 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 1.40 เปอร์เซ็นต์ แต่ระดับโปรตีนไม่แตกต่างกัน

มากนัก (วิวัฒน์ และคณะ, 2559) เปลือกและเมล็ดทุเรียนในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 มีโปรตีน 10.30 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.20 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 22.20 เปอร์เซ็นต์

ในส่วนผลพลอยได้ที่มีปริมาณมากที่สุดในองค์ประกอบของทุเรียนหนึ่งผล (มีประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักผล) เปลือกทุเรียนมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเยื่อใย จากการศึกษาของ สุนันท์ และคณะ (2532) รายงานว่าเปลือกทุเรียนสดมีโปรตีนหยาบ 3.24 เปอร์เซ็นต์ มีองค์ประกอบของผนังเซลล์ (NDF) และลิกโนเซลลูโลส (ADF) เท่ากับ 42.10 และ 30.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพลังงาน 3,803.00 กิโลแคลอรี สอดคล้องกับ ธนรรษมลวรรณ และคณะ (2558) พบว่าเปลือกทุเรียนสดมีโปรตีนหยาบ 3.82 เปอร์เซ็นต์ มีองค์ประกอบของผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส 40.30 และ 20.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ Suphalucksana และ Sangsoponjit (2016) รายงานถึงค่าองค์ประกอบทางเคมีที่มากกว่า คือ มีโปรตีนหยาบ 7.39 เปอร์เซ็นต์ มีองค์ประกอบของผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส เท่ากับ 55.20 และ 45.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีพลังงาน 4,160.00 กิโลแคลอรี อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางเคมีอาจแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ ฤดูกาล และแหล่งที่มาของวัตถุดิบ

แนวทางการปรับปรุงเปลือกทุเรียนหมัก

จากตารางที่ 2.4 เปลือกทุเรียนมีองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบอาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ แต่เนื่องจากเปลือกทุเรียนมีความชื้น และมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายอยู่สูง จึงทำให้อายุการเก็บรักษาเปลือกทุเรียนสั้นลง และส่วนของเปลือกที่สัมผัสกับเนื้อทุเรียนจะมีน้ำตาลหรือเนื้อติดมาด้วยทำให้เปลือกทุเรียนเน่าเสียได้เร็ว โดยมีอายุการเก็บรักษาที่ 3-5 วันเท่านั้น จึงต้องหาแนวทางในการเก็บรักษา และปรับปรุงคุณภาพทุเรียนให้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถนำเปลือกทุเรียนมาใช้ในช่วงของการขาดแคลนอาหารหยาบได้ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง แต่ข้อมูลการทำเปลือกทุเรียนหมักยังมีจำกัด มีเพียงรายงานของ Suphalucksana และ Sangsoponjit (2016) ได้นำเปลือกทุเรียนมาหมักด้วย $NaCl_2$ 1 เปอร์เซ็นต์, $NaNO_3$ และยีสต์ พบว่าเปลือกทุเรียนหมักทั้ง 3 สูตรมีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเปลือกทุเรียนสด ($P>0.05$) คือมีโปรตีน 7.28-7.53 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.70-0.96 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 29.80-35.57 เปอร์เซ็นต์ และ

พลังงาน 3,979.21-4,206.78 กิโลแคลอรี (ตารางที่ 2.4) และรายงานของ สิริวดี และคณะ (2564) ที่ศึกษาผลของการหมักยีสต์ ต่อการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของผลพลอยได้และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อเป็นอาหารสำหรับโคเนื้อ พบว่าผลพลอยได้ คือ เปลือกทุเรียน เปลือกสับปะรด และฟักทองที่หมักด้วยยีสต์ สามารถเพิ่มคุณค่าโภชนะ และสามารถนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ โดยเปลือกทุเรียนที่หมักด้วยยีสต์มีโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้นจาก 8.92 เป็น 22.92 เปอร์เซ็นต์ และระยะที่หมักแตกต่างกัน 0, 7 และ 14 วัน ทำให้โปรตีนหยาบมีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้จากทุเรียน

Dry matter basis, %	DM	CP	EE	CF	Ash	NFE	NDF	ADF	ADL	GE kcal/kg	ที่มา
เมล็ดสด	93.09	8.40	0.67	6.40	8.05	69.57	37.95	20.40	10.90	3,966.00	สุนันท์ และคณะ (2532)
	92.25	8.72	4.71	2.15	2.90	-	-	-	-	-	มหัทธนี และคณะ (2561)
เมล็ดตากแดด	-	7.10	0.90	2.90	1.70	76.80	-	-	-	3,528.00	Sugiarto และ Toana (2018)
เมล็ดต้ม	-	6.10	1.10	4.20	1.70	76.90	-	-	-	3,513.00	
เมล็ดคั่ว	-	6.40	1.00	3.70	1.80	77.10	-	-	-	3,515.00	
แป้งเมล็ด	12.69	6.70	0.40	1.40	3.60	-	75.10	-	-	3,604.40	วิวัฒน์ และคณะ (2559)
เปลือกและเมล็ด (1:1)	-	10.30	3.20	22.30	-	50.50	-	19.82	10.82	-	Nuraini และคณะ (2012)
เปลือกสด	91.45	3.24	0.92	21.75	9.20	56.34	42.10	30.70	3.40	3,803.00	สุนันท์ และคณะ (2532)
	95.30	3.82	-	-	7.50	-	40.30	20.01	10.35	-	ธนรรษมลวรรณ และคณะ (2558)
	92.30	7.39	0.50	36.60	5.10	-	55.20	45.54	7.62	4,160.63	Suphalucksana และ
เปลือกหมัก $NaCl_2$ 1%	87.70	7.28	0.70	31.40	10.40	-	50.10	39.60	6.58	3,979.21	Sangsoponjit (2016)
เปลือกหมัก $NaNo_3$	88.60	8.28	0.96	29.80	6.22	-	51.06	41.24	8.61	4,206.78	
เปลือกหมักยีสต์	90.40	7.53	0.77	35.57	7.33	-	61.96	48.34	8.67	4,125.50	

การเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์มีการทำมาอย่างยาวนาน เพื่อให้เกษตรกรสามารถเก็บพืชอาหารสัตว์ไว้สำหรับเลี้ยงสัตว์ในช่วงที่ขาดแคลนอาหารได้ การเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์มีหลากหลายวิธี ได้แก่ การตากพืชให้แห้ง แล้วเก็บไว้ในรูปแบบของฟาง การหมักหรือการดองพืชไว้ในที่ที่มีออกซิเจนต่ำ โดยกระบวนการหมักจะเกิดขึ้นเมื่อจุลินทรีย์ที่อยู่บนพื้นผิวของชิ้นอาหารหมักเริ่มใช้โภชนะในชิ้นอาหารนั้น ซึ่งจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ให้การหมักดำเนินไปได้สมบูรณ์ คือ จุลลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ (water soluble carbohydrate, WSC) เป็นแหล่งอาหาร เพื่อผลิตกรดออกมา และกรดแลคติกนี้จะไปช่วยยับยั้งทำลาย หรือเปลี่ยนสภาพแวดล้อมของอาหารหมักให้จุลินทรีย์หรือเชื้อราที่ทำให้เกิดการเน่าเสียไม่สามารถเติบโต หรือเพิ่มจำนวนได้ (เสมอใจ, 2554) ดังนั้นพืชอาหารหมักที่ดีควรมีลักษณะ สีเขียวแกมเหลือง (หรือคล้ายคลึงกับหญ้าชนิดที่นำมาหมัก) ไม่มีสีดำของเชื้อรา มีกลิ่นเปรี้ยวคล้ายผลไม้ดอง ไม่เหม็นฉุนหรือเหม็นเน่า เนื้อสัมผัสมีเนื้อแน่น มีส่วนใบ และลำต้นที่ยังคงสภาพเดิม และไม่มีสิ่งเจือปน (กรมปศุสัตว์, 2547) และการใส่สารเสริมถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถช่วยให้เกิดการหมักได้ดีขึ้นและช่วยปรับปรุงคุณภาพของพืชหมักได้

แบคทีเรียกรดแลคติก

แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก สามารถพบได้ทั่วไปบนชิ้นอาหาร โดยแบ่งกลุ่มแบคทีเรียจากการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดแลคติดได้ 2 แบบ คือ แบบฮอมอเฟอร์เมนเททีฟ (homofermentative) สามารถผลิตกรดแลคติกจากการใช้น้ำตาลประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติก (acetic acid) 5 เปอร์เซ็นต์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เล็กน้อย และแบบเฮทเทอโร-เฟอร์เมนเททีฟ (heterofermentative) หลังจากกระบวนการใช้น้ำตาลจะผลิตกรดแลคติก 50 เปอร์เซ็นต์ และอีก 50 เปอร์เซ็นต์ เป็น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก (formic acid) เอทานอล (ethanol) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และสามารถจำแนกแบคทีเรียจากการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดตรเป็นกรด-แลคติดได้ 3 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่เกิดการหมักแบบ homofermentative ได้แก่ *Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus delbruckii* กลุ่มที่เกิดการหมักทั้ง 2 แบบ ได้แก่ *Lactobacillus plantarum,*

Lactobacillus casei และ *Lactobacillus sake* และกลุ่มที่เกิดการหมักแบบ heterofermentative (สุมณฑา, 2545)

ในการหมักอาหารมักนิยมใช้แบคทีเรียสกุล *Lactococcus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียในสกุล *Streptococcus* ที่แยกออกมา โดยมีรูปร่างกลม หรือรูปร่างคล้ายไข่ อยู่เป็นคู่หรือต่อเป็นสายยาว ไม่เคลื่อนที่ และไม่มีแคปซูล สามารถทนออกซิเจนได้เล็กน้อย (facultative anaerobe) เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 10–30 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และในที่มีเกลือแกง 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกในพืชอาหารหมักเป็นการเพิ่มจำนวนประชากรจุลินทรีย์เริ่มต้น เพื่อให้การแข่งขันของจุลินทรีย์ของกลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติกเกิดขึ้นมากกว่า ทำให้ไปยับยั้งจุลินทรีย์อื่นๆ จากรายงานของ Weinberg และคณะ (2007) ได้ศึกษาผลของการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกต่อค่าการย่อยได้ของโภชนะของข้าวสาลี และข้าวโพดหมัก พบว่า ภายหลังการบ่ม 24 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ ทำให้ประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และผนังเซลล์เพิ่มขึ้น และจากการศึกษาของ นริศรา และคณะ (2563) ที่ศึกษาผลของการเสริม *L. plantarum* BCC 65951 ต่อคุณภาพการหมักของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมัก โดยวิธีวัดแก๊สในห้องปฏิบัติการ และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน พบว่าทุกกลุ่มมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และปริมาณกรดไขมันระเหยได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่การใช้ *L. plantarum* BCC 65951 ในหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ทำให้หญ้าหมักมีกรดแลกติก กรดอะซิติก กรดโพรพิออนิก และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูง และมีการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนช่วง 2 ชั่วโมงแรกได้ดีกว่าอีกด้วย ในทำนองเดียวกันกับ Cai และคณะ (1999) ที่เปรียบเทียบการใช้เชื้อ *Lactobacilli* กับ *Enterococci* ในการหมักอัลฟาฟ่า และไรย์อิตาเลี่ยน พบว่า เชื้อ *L. casei* และ *L. plantarum* สามารถเพิ่มกรดแลคติก และลดการสูญเสียน้ำของวัตถุแห้งได้ดีกว่า ในขณะที่ Nishino และ Touno (2005) ศึกษาลักษณะและความเสถียรของการหมักข้าวไรย์กราสอิตาลีสับ และเฟสทูโลเลียม โดยใช้เชื้อ *L. casei* และ *L. buchneri* พบว่าการหมักด้วย *L. casei* สามารถเพิ่มกรด-แลคติกและลดกรดอะซิติกได้ และการหมักด้วย *L. buchneri* ลดกรดแลคติคและเพิ่มกรดอะซิติก และ 1,2-propanediol และการหมักด้วย *L. casei* และ *L. buchneri* สามารถลดการสูญเสียน้ำของวัตถุแห้งได้

นอกจากนี้การเสริมแบคทีเรียกลุ่มแลคติกจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้แล้ว ยังสามารถใช้เป็นสารเสริมสำหรับโคกระบือ ซึ่งช่วยในการเกาะติด (adhesion) ของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก และขัดขวางการเกาะของแบคทีเรียก่อโรคในทางเดินอาหารของสัตว์ (Huber, 1997) จากรายงานของ นิตยา และคณะ (2564) ที่รายงานว่าหญ้าหมักที่เสริมด้วยแบคทีเรีย *P. pentosaceus* R5, *L. plantarum* G4 และ *L. fermentum* N4 หรือเชื้อผสมของสายพันธุ์ G4+N4, G4+R5 และ N4+R5 มีแนวโน้มปริมาณของเยื่อใยลดลงกว่ากลุ่มควบคุม และการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกจะช่วยพัฒนาคุณภาพหญ้าหมักโดยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียกลุ่ม *Clostridia* และยังช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะได้ สอดคล้องกับ Nishino และคณะ (2007) พบว่า การเสริมเชื้อ *L. casei* และ *L. buchneri* สามารถลด Biogenic amines ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดโรค หรือการแพ้ในพืชหมักได้ การเติม *L. casei* ในการหมักสามารถทำให้การหมักเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

L. casei ที่ได้รับการคัดเลือกสายพันธุ์ที่สามารถเติบโตได้ที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำและผลิตกรดแลคติกมากกว่าไอโซเลทอื่นๆ คือแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 (Khota et al., 2016) จากการศึกษาของ Pholsen และคณะ (2016) ที่ศึกษาลักษณะเฉพาะและการประยุกต์ใช้แบคทีเรียกรดแลคติกในการเตรียมหญ้าหมักเขตร้อน ได้แก่ หญ้ากินนีสีม่วงสด หญ้ากินนีสีม่วงแห้ง และข้าวฟ่างโดยใช้ แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 และแลคโตบาซิลลัส แพลนทารัม TH 21 และ TH 64 พบว่ากลุ่มที่หมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกมีแบคทีเรียแอโรบิก และเชื้อโคลิฟอร์มลดลง รวมทั้งมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ อีกทั้งยังมีกรดบิวทิริกและแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น และกลุ่มที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 มีความเข้มข้นของกรดแลคติกสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับ Khota และคณะ (2017) ที่ศึกษาคุณภาพการหมักและการผลิตก๊าซมีเทนในหลอดทดลองของข้าวฟ่างหมักที่หมักด้วยเซลลูเลส และแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 พบว่าข้าวฟ่างที่หมักด้วยเซลลูเลส และแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 สามารถคงสภาพความเป็นกรด-ด่างของข้างฟ่างหมัก ยับยั้งการเจริญของเชื้อโคลิฟอร์ม และเชื้อราได้ดี อีกทั้งกลุ่มที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 ยังลดการสูญเสียน้ำของวัตถุแห้ง และมีโปรตีนหยาบสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กากน้ำตาล

กากน้ำตาล (molasses) เป็นผลพลอยได้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลทราย ซึ่งไม่สามารถจะตกผลึกน้ำตาลได้อีก เป็นเนื้อของสิ่งที่ไม่ใช่น้ำตาลที่ละลายปนอยู่ในน้ำอ้อย โดยการผลิตน้ำตาลทราย 1 ตัน จะเกิดผลพลอยได้เป็นกากน้ำตาลประมาณ 50 กิโลกรัม (กนกวรรณ, 2550) ประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส น้ำตาลอินเวอร์ทหรือสารให้ความหวาน (invert sugar) และสารเคมี เช่น ปูนขาว ที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำอ้อย ลักษณะเป็นของเหลวสีดำหนืด มีระดับพลังงานระดับต่ำถึงปานกลางขึ้นอยู่กับความเข้มข้น การนำกากน้ำตาลมาใช้ในด้านอาหารสัตว์นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีหลายรูปแบบ ทั้งการใช้รดหรือผสมก่อนให้อาหารกับโค เพื่อเพิ่มความน่ากินให้กับพวกอาหารหยาบอย่างฟางต่างๆ สามารถใช้ในการปรับปรุงโภชนะของอาหารหยาบ และยังสามารถใช้กากน้ำตาล เป็นแหล่งอาหารของเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่มีอยู่ในวัตถุดิบอาหาร โดยแบคทีเรียกลุ่มแลคติกจะไปเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ ให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ ซึ่งทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ทำให้แบคทีเรียกลุ่มอื่นที่ทำให้อาหารเน่าเสียไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (เสมอใจ, 2554) เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ สันติ และคณะ (2555) ที่ศึกษาผลการหมักใบทาง-ปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเสริมกากน้ำตาลไม่ส่งผลต่อค่าองค์ประกอบทางเคมี แต่มีแนวโน้มของโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริม และสอดคล้องกับ รัชดาภรณ์ (2560) พบว่าการเสริมกากน้ำตาลในพืชหมัก สามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของอาหาร และทำให้โคมีปริมาณการกินอาหารได้เพิ่มขึ้น และจากรายงานของ Yuan และคณะ (2015) ที่ศึกษาผลของสารเติมแต่งต่างๆ ต่อคุณภาพการหมัก การย่อยได้ในหลอดทดลอง และความเสถียรของอาหารหมักแบบผสมทั้งหมด พบว่า การเสริมกากน้ำตาล 3 กรัมต่อกิโลกรัม และการเสริมกากน้ำตาลร่วมกับแลคติกแบคทีเรีย สามารถลดความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มกรดแลคติก และกรดไขมันระเหยได้ของอาหารหมักได้

เอนไซม์เซลลูเลส

เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) พบได้จากจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และโปรโตซัว ประกอบด้วยกลุ่มเอนไซม์ (complex enzyme) ที่ทำงานร่วมกัน คือ C1 enzyme หรือ hydrogen bondase ทำหน้าที่กระตุ้นการแตกตัวของเซลลูโลส โดยทำให้พันธะไฮโดรเจนอ่อนลง C2 enzyme หรือ ß-1,4 glucanase เข้าสลายพันธะในเซลลูโลสที่ละลายน้ำได้ โดยแบ่งออกเป็น

3 กลุ่ม คือ กลุ่ม endo- ß-1,4 glucanase เข้าย่อยแบบสุ่มทำให้เซลลูโลสพองตัว กลุ่ม exon- ß-1,4 glucanase เข้าย่อยด้าน non-reducing end ย่อยเซลลูโลสได้เซลโลเดกซ์ตริน และเซลโลไบโอส และกลุ่ม ß-glucosidase ย่อยสารที่ได้จากการย่อยของกลุ่มก่อนหน้าได้เป็นกลูโคส แต่ไม่สามารถย่อยเซลลูโลสได้โดยตรง โดยเอนไซม์เซลลูเลสสามารถเข้าจับและทำลายพันธะของโพลีแซคคาไรด์หรือคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน (complex carbohydrate) ที่จับกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกแบบที่นอกเหนือจากพันธะ ∂(1-4) และ ∂(1-6) ที่พบในแป้ง อย่างเช่นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชที่ประกอบด้วย ß(1-4), ß(1-6) และ ß(1-3) ของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน (Choct, 1997; วรรณพร. มปป) สามารถทำงานได้ดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 4.80 ซึ่งการเสริมเซลลูเลสในพืชหมักช่วยให้แบคทีเรียกรดแลคติกที่มีอยู่ในพืชหมักมีแหล่งอาหารเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Weinberg *et al*., 1995) จากรายงานของ Donmez และคณะ (2003) ที่ศึกษาการหมักข้าวโพดด้วยสารเสริมต่างๆ พบว่า เซลลูเลสที่ระดับ 0.01 เปอร์เซ็นต์ สามารถปรับปรุงคุณภาพพืชอาหารหมักได้ ไม่แตกต่างกับการเติมกรดแลคติก และการเติมกากน้ำตาล ในขณะที่รายงานของ สีอุดม และคณะ (2560) ศึกษาผลของการเสริมไซแลนเนส และเซลลูเลสหมักหญ้าเนเปียปากช่อง 1 พบว่า กลุ่มที่เสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม นอกจากนี้ ปริมาณเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเป็นเส้นตรงกับระยะเวลาในการหมัก รายงานของ Boonthep และคณะ (2011) ที่ศึกษาผลของระดับเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในอาหารผสมสูตรรวมที่มีใบปาล์มน้ำมันหมักต่อจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส พบว่ากลุ่มที่เสริมเอนไซม์ (2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งของอาหาร) มีค่าศักยภาพการผลิตแก๊สสูงกว่ากลุ่มไม่เสริม และการเสริมที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริม 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และจากการรายงานของ So และคณะ (2020) ที่ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 เอนไซม์เซลลูเลส และกากน้ำตาล พบว่า กลุ่มที่ใช้สารเสริมมี NDF ลดลงกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และการหมักด้วยสารเสริมทำให้ความเป็นกรด-ด่าง และค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงมีกรดแลคติก จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ดังนั้นการหมักด้วย แลคโต-บาซิลลัส คาเซอิ TH14 และกากน้ำตาลร่วมกัน ทำให้เกิดการส่งเสริมคุณภาพที่ดีที่สุดของหญ้าหมักชานอ้อย

การใช้พืชอาหารหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการใช้ประโยชน์ได้

แพะเป็นสัตว์เลี้ยงง่ายโตไว สามารถใช้อาหารคุณภาพต่ำเป็นอาหาร และเปลี่ยนเป็นโปรตีนได้ โดยใช้ในการเจริญเติบโต ผลิตเนื้อและนม แต่การเลี้ยงในปัจจุบันมีการแข่งขันทางการตลาดมากขึ้น ทำให้ต้องเร่งผลิตแพะเข้าสู่ตลาด อีกทั้งยังต้องรักษาคุณภาพ และต้นทุนการผลิตให้ไม่ขาดทุน ในขณะที่สถานการณ์การผลิตอาหารสัตว์มีแนวโน้มของต้นทุนเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีการหาแหล่งของวัตถุดิบทดแทน เช่น ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม และผลพลอยได้จากการเกษตร ที่ยังไม่มีมูลค่า หรือมีราคาถูกเข้ามาใช้ในสูตรอาหารสัตว์ เพื่อลดหรือคงต้นทุนการผลิตไว้ แต่การนำวัตถุดิบนั้นมาใช้อาจต้องมีการปรับปรุงคุณภาพก่อน และต้องประเมินการกินได้ ซึ่งเป็นการประเมินการยอมรับของสัตว์ ว่ามีความน่ากิน หรือส่งผลต่อการกินของสัตว์หรือไม่ การย่อยได้ เพื่อประเมินโภชนะที่มีอยู่ในวัตถุดิบว่าสามารถย่อยแล้วนำไปใช้ได้มากน้อยเพียงใด ผลกระทบต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องมีกระเพาะรูเมนทำหน้าที่สำคัญในการหมักย่อยอาหาร หากวัตถุดิบที่ได้รับมีผลกระทบต่อนิเวศวิทยาของกระเพาะรูเมนย่อมส่งผลต่อการกินได้ การย่อยได้ การนำไปใช้ประโยชน์ของสัตว์ และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนได้เบื้องต้นก่อนนำมาเป็นแหล่งวัตถุดิบใช้ในการเลี้ยงสัตว์ระยะยาว

ในปัจจุบันที่มีการเลี้ยงขนาดใหญ่ การตัดหญ้าสดให้สัตว์กินต่อวันค่อนข้างสิ้นเปลืองเวลา และการปล่อยแทะเล็มในแปลงก็ต้องใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ จึงทำให้การให้พืชอาหารหมักเป็นที่นิยม มีรายงานการใช้พืชอาหารคุณภาพต่ำมาหมักของ Saka และคณะ (2020) ที่ศึกษาอิทธิพลของอาหารที่มีระดับของข้าวฟางมอลต์ดิบและฟางมอลต์หมักต่อระบบนิเวศของกระเพาะ-รูเมน การย่อยได้ และการใช้ไนโตรเจนของแพะแคระแอฟริกาตะวันตก พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เถ้า อินทรียวัตถุ โปรตีน และ ADF กลุ่มที่ได้รับข้าวฟางมอลล์หมักที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ดีว่ากลุ่มที่ได้รับข้าวฟางมอลล์ที่ระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) และจำนวนจุลินทรีย์หมักที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม เชื้อรา และโปรโตซัว

สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่กรดไขมันระเหยได้ของทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในปัจจุบันการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย และมีการพัฒนา คัดแยก สายพันธุ์ และชนิดแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีประสิทธิภาพในการหมัก ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ไขมัน เยื่อใยรวม และ NDF สูงขึ้น สอดคล้องยุพา และคณะ (2560) ที่ศึกษาการปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติกจากน้ำพืชหมักเปลือกผลไม้ การย่อยได้ของโภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสมบอร์-พื้นเมือง โดยหมักเปลือกข้าวโพดด้วยน้ำหมักสับปะรด 1 เปอร์เซ็นต์ และอีกกลุ่มหมักด้วยกากน้ำตาล 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่ากลุ่มที่หมักมีค่าองค์ประกอบทางเคมีของ NDF และ ADF ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ (NDFI) และเซลลูโลสร่วมกับลิกนิน (ADFI) ของกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติก และกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และจากการรายงานของ Santoso และคณะ (2021) ที่ศึกษาการเติมแบคทีเรียเซลลูโลไลติกในอาหารจากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรสำหรับแพะ Kacang พบว่าปริมาณการกินได้ของกลุ่มที่เติมแบคทีเรียเซลลูโลไลติกไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่การเติมแบคทีเรียเซลลูโลไลติกส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สารเสริมอีกชนิดที่นิยมใช้ในการหมักพืชอาหารสัตว์ คือ กากน้ำตาล รายงานการศึกษาของ พรพรรณ และคณะ (2564) ที่ศึกษาการใช้เปลือกตาลหมักต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสมพื้นเมือง-บอร์ โดยหมักเปลือกตาลด้วยน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนี 1 เปอร์เซ็นต์ กากน้ำตาล 0.50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีปริมาณการกินได้อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น สมรรถนะการเจริญเติบโต ค่าโลหิตวิทยา ปริมาณกลูโคส ยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด และสมดุลไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับ ณัฐฐา และคณะ (2552) ที่ศึกษาผลการหมักทางใบ-ปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อการกินได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกนูเบียน พบว่า ปริมาณการกินได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโนเนีย-ไนโตรเจน ที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ของกลุ่มเสริมกากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ ไม่มีความ

แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ในส่วนของค่าโลหิตวิทยาความเข้มข้นของกลูโคส และปริมาณเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่นของกลุ่มที่หมักด้วยกากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ สันติ และคณะ (2555) ที่ศึกษาผลของการหมักทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณการกินได้ในโคพื้นเมือง พบว่าปริมาณการกินได้ของ NDF และ ADF ของกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลมีค่าการกินได้สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และโภชนะที่ย่อยได้รวมไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม กรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด ที่ 0 ชั่วโมง ของกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม แต่ที่ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์มีกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และค่าโลหิตวิทยา ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนและกลูโคสในเลือดมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Omotoso และคณะ (2019) ศึกษาผลของกากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และค่าเลือดของแพะ พบว่า การเสริมกากน้ำตาล (0, 1, 2, 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ค่าเฉลี่ยระดับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงไม่แตกต่างกันกับกลุ่มควบคุมทางสถิติ ($P>0.05$)

เอนไซม์เซลลูเลสเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงพืชหมัก และนำมาใช้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง Lu และคณะ (2016) ที่ศึกษาผลของการใช้ผลิตภัณฑ์ที่หมักหญ้าสไตโล (*Stylosanthes guianensis)* ด้วยเอนไซม์เซลลูเลส และยีสต์ ต่อโภชนะ การย่อยได้ การหมักในกระเพาะรูเมน และการปล่อยแก๊สมีเทนในแพะ พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารหมักด้วยเอนไซม์เซลลูเลส และยีสต์มีค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และกลุ่มที่หมักด้วยสารเสริม (เอนไซม์เซลลูเลส และยีสต์) สามารถทำให้แก๊ส-มีเทนลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และความสามารถในการย่อยสลายใน กระเพาะ-รูเมนของวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ NDF และ ADF ของกลุ่มที่หมักด้วยสารเสริมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ในขณะที่ ไชยวรรณ และวันวิศาข์ (2555) ที่ศึกษาการ

ใช้อาหารผสมสูตรรวมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัม ในแพะลูกผสมบอร์-พื้นเมือง ในอาหาร TMR ที่มีสัดส่วนทางใบปาล์มหมักต่ออาหารข้น 60:40 พบว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยมีปริมารการกินได้ และอัตราการเจริญเติบโต และซากไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ในทำนองเดียวกันกับ Boonthep และคณะ (2011) ที่ศึกษาผลของระดับเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (*Aspergillus* spp. BCC 274) ที่ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ในอาหารผสมรวมที่มีหญ้าหมักใบปาล์มน้ำมันต่อการบริโภค การหมักของกระเพาะหมัก และการเจริญเติบโตของแพะเพศผู้ พบว่าระดับเอนไซม์ ที่ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งมีปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มที่เสริมที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอัตราการเจริญเติบโต

การหมักร่วมกันของแบคทีเรียกรดแลคติก และกากน้ำตาล ซึ่งสามารถส่งเสริมให้เกิดการหมักได้ดีจากรายงานของ Bureenok และคณะ (2011) ที่ศึกษาผลของน้ำหมัก 1 เปอร์เซ็นต์ กากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหมัก 1 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ ต่อการย่อยได้การหมักในกระเพาะรูเมน ของหญ้ารูซี่ พบว่าการกินได้ทั้งหมด ของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่การย่อยได้ของโปรตีนหยาบของกลุ่มที่เสริมน้ำหมักมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มที่หมักด้วยสารเสริม (กากน้ำตาล และน้ำหมัก) มีประชากรแบคทีเรียอะไมโลไลติก (amylolytic) และโปติโอไลติก (proteolytic) ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม แต่กลุ่มที่เสริมน้ำหญ้าหมักแบคทีเรียเซลลูโลไลติก สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในส่วนของกรดไขมันระเหยของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน และการศึกษาของ Santoso และคณะ (2004) ศึกษาผลของการเสริม galacto-oligosaccharides แบคทีเรีย (*Yucca schidigera*) และนิซิน (แบคทีริโอซิน จากแบคทีเรียกรดแลคติก) ในกระเพาะรูเมนเมแทบอลิซึมของไนโตรเจนและพลังงานในแกะ พบว่าปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด ไนโตรเจนที่ย่อยได้ ไนโตรเจนที่ขับออกทางมูล และปัสสาวะทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนกักเก็บที่ได้รับ และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนกักเก็บที่ย่อยได้ ของกลุ่มที่หมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ในขณะที่รายงานการศึกษาของ So และคณะ (2021) ที่ศึกษาผลของชานอ้อยหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 และกากน้ำตาลในโคพบว่า พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในหน่วย แมกกะแคลลอรี่ต่อวันของกลุ่มที่เสริมด้วย

เซลลูเลสร่วมกับกากน้ำตาลมีค่าสูงกว่ากลุ่มเสริมแลคติคแบคทีเรียร่วมกับกากน้ำตาล และกลุ่มเสริมแลคติคแบคทีเรียร่วมกับกากน้ำตาลและเอนไซม์เซลลูเลส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของกลุ่มที่ใช้สารเสริม (แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 เอนไซม์เซลลูเลส และกากน้ำตาล) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และกรดไขมันระเหยได้ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) สอดคล้องกับ Cherdthong และคณะ (2021) ที่ศึกษาฟางข้าวที่หมักด้วย แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล 50 กรัมต่อกิโลกรัม และเอนไซม์เซลลูเลส 10,000 ยูนิตต่อกิโลกรัม พบว่าฟางข้าวที่หมักด้วย แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 และกากน้ำตาลมีความเข้มข้นของโพรพิโอเนตสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่กลับมีค่าสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิกต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในส่วนของประชากรจุลินทรีย์ พบว่าประชากรโปรโตซัว เชื้อราของทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ประชากรแบคทีเรียในกระเพาะรูเมนของกลุ่มที่หมักด้วยสารเสริม มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และค่ายูเรีย-ไนโตรเจนของกลุ่มที่หมักด้วยสารเสริม (กากน้ำตาล เอนไซม์เซลลูเลส และแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14) รวมทั้งปริมาณการกินได้ของไนโตรเจน ค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมกรัมต่อวัน และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายกรัมต่อวัน ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

Gabriel และคณะ (2018) ศึกษาผลของเปลือกมันสำปะหลังเสริมยูเรีย และกากน้ำตาล ในสัดส่วนที่ต่างกัน (0, U5M45, U10M40 และ U15M35) ต่อการย่อยได้ สมดุลไนโตเจนและค่าเลือดของแพะแคระแอฟริกา พบว่ากลุ่มที่เสริมยูเรียร่วมกับกากน้ำตาล (U10M40) มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มควบคุม สมดุลไนโตรเจน ของกลุ่ม U15M35 มีไนโตรเจนที่กินได้ทั้งหมด และไนโตรเจนที่กักเก็บสูงกว่ากลุ่มอื่น เนื่องจากการเสริมยูเรียสูงกว่ากลุ่มอื่น ในส่วนของค่าโลหิตวิทยาของค่าเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน และค่าชนิดของเม็ดเลือดขาวอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่ค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของกลุ่มที่เสริมยูเรีย และกากน้ำตาลทุกกลุ่มมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) และค่าเม็ดเลือดขาวของกลุ่ม (U5M45 และ U10M40) มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ดังนั้นการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติก (*L. casei*) สามารถลดการสูญเสียน้ำของวัตถุแห้งได้ดี และสามารถลด Biogenic amines ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดโรค หรือการแพ้ในพืชหมักได้

การเติม *L. casei* ในการหมักสามารถทำให้การหมักเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Nishino *et al*., 2007) การเสริมกากน้ำตาลที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้มีแนวโน้มสูงกว่าการเสริมในระดับต่ำ (สันติ และคณะ, 2555) และมีค่าการปรับปรุงโภชนะใกล้เคียงกับการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติก นอกจากนี้การเสริมเอนไซม์เซลลูเลส ที่ ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอัตราการเจริญเติบโต (Boonthep *et al.,* 2011)

แนวทางการใช้ผลพลอยได้จากทุเรียนเป็นอาหารสัตว์

การนำผลพลอยได้จากทุเรียน อย่างเปลือกทุเรียนมาใช้เป็นอาหารสัตว์ หรือปรับปรุงคุณภาพยังมีจำกัด แต่มีรายงานของ Polsit และคณะ (2011) ที่ได้ใช้เปลือกทุเรียนร่วมกับมันสำปะหลังสดหมักยีสต์ เปรียบเทียบกับเปลือกมันร่วมกับกากมันหมักยีสต์ ทำการทดลองในโคลูกผสมพื้นเมือง พบว่าปริมาณการกินได้ ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) และ ระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (blood urea-nitrogen; BUN) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่ปริมาณการกินได้ทั้งหมด และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของกลุ่มที่ได้รับเปลือกทุเรียนร่วมกับมันสำปะหลังสดหมักยีสต์ สูงกว่ากลุ่มที่ให้เปลือกมันร่วมกับกากมันหมักยีสต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อพิจารณาในส่วนของประชากรจุลินทรีย์ (rumen microorganisms) พบว่า มีโปรโตซัวกลุ่ม Holotric และ Entodiniomorph ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่กลุ่มที่ให้เปลือกทุเรียนร่วมกับมันสำปะหลังสดหมักยีสต์มีประชากรแบคทีเรีย และ Fungal zoospores สูงกว่ากลุ่มที่ให้เปลือกมันร่วมกับกากมันหมักยีสต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และจากการศึกษาของ Sulistyowati และคณะ (2019) ได้ทำการศึกษาผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วย *Pleorotus ostreatus* ในอาหารข้นของโคนม ที่ระดับแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เปลือกทุเรียนหมักด้วย *Pleorotus ostreatus* แต่ละระดับมีผลต่อปริมาณการกินได้ อัตราการหายใจ อัตราการเต้นหัวใจ และอุณหภูมิทางทวารไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) จากรายงาน ที่ศึกษาการประเมินค่าพลังงานที่ใช้ได้ และการย่อยได้ของเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตรเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ของ ธนรรษมลวรรณ และคณะ (2558) ที่ศึกษาในโคนมพันธุ์ลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองเพศผู้

เจาะกระเพาะ โดยศึกษาเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตร 6 ชนิด ได้แก่ เปลือกทุเรียน เปลือกสับปะรด เปลือกถั่วลิสง เปลือกเงาะ เปลือกเสาวรส และเมล็ดเงาะ ด้วยเทคนิคการผลิตแก๊ส พบว่า เปลือกทุเรียน เปลือกสับปะรด มีค่าการผลิตแก๊สสูงกว่ากลุ่มอื่น และมีศักย์ภาพในการผลิตแก๊สและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้สูง ส่วนการศึกษาความสามารถในการย่อยสลายได้ด้วยเทคนิคถุงไนลอน พบว่า เปลือกทุเรียน และเมล็ดเงาะ มีค่าศักยภาพในการย่อยสลายโปรตีนสูง ซึ่งจากการทดลองด้วยเทคนิคการผลิตแก๊ส และเทคนิคถุงไนลอน แสดงให้เห็นว่า เปลือกสับปะรด เปลือกเสาวรส และเปลือกทุเรียน มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้เปลือกทุเรียนแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมสูตรรวม ต่อการย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในอาหารแพะ

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุ อุปกรณ์

1. แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุประมาณ 9-12 เดือน และมีน้ำหนักเฉลี่ย 20±1 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว

2. เปลือกทุเรียนสด (ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง)

3. สารที่ใช้ในการหมักเปลือกทุเรียน (แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส)

4. เครื่องสับหญ้า

5. ถังหมักขนาด 50-100 ลิตร

6. วัตถุดิบอาหารสัตว์ ประกอบด้วย ฟางข้าว ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง ปลาป่น กระถินป่น กากเนื้อในปาล์มน้ำมัน กากน้ำตาล ไดแคลเซียฟอสเฟต เกลือป่น และพรีมิกซ์

7. ก้อนเกลือแร่สำหรับแพะ (SELENIUM 200 with AD_3E, ® บริษัท ไทยเซิร์ฟ จำกัด, ประเทศไทย)

8. เครื่องผสมอาหาร ขนาด 60 กิโลกรัม

5. เครื่องชั่งน้ำหนัก

7. โรงเรือนเลี้ยงแพะ และกรงเมแทบอลิซึม (metabolism cages)

8. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน ได้แก่ สายยางแบบนิ่ม ท่อ PVC กันกัดสายยาง เครื่องปั๊มลม-ดูด (vacuum pump) ผ้าขาวบาง และขวดเก็บตัวอย่าง

9. อุปกรณ์และวัสดุทางการแพทย์ (เข็มฉีดยา กระบอกฉีดยา และถุงมือ เป็นต้น)

10. อุปกรณ์และวัสดุทางการเกษตร (รองเท้าบูท ผ้ายางกันเปื้อน และถังน้ำ เป็นต้น)

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุประมาณ 9-12 เดือน และมีน้ำหนักเฉลี่ย 20±1 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ก่อนนำเข้าการทดลองทำการกำจัดพยาธิภายนอก และพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (ไอเดกติก, IDECTIN,® The British Dispensary (L.P) CO., Ltd., ประเทศไทย) ขนาด 1 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม แพะทุกตัวได้รับเปลือกทุเรียนสดที่มีระยะหมัก 30 วัน โดยให้แบบเต็มที่ (*ad libitum*) ร่วมกับอาหารข้นในระดับ 0.50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นเวลา 30 วัน เพื่อปรับให้แพะทุกตัวมีสภาพร่างกายที่ใกล้เคียงกัน

2. อาหาร และการเตรียมอาหารทดลอง

2.1 อาหารหยาบ

ใช้ฟางข้าว นำมาสับด้วยเครื่องสับให้มีขนาดเล็กลงขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร (โรงผสมอาหารสัตว์ ฟาร์มปฏิบัติการ สาขาวิชานวัตกรรมการผลิตสัตว์ และการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90110) และเก็บไว้ในถัง ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับเปลือกทุเรียนในสูตรอาหารทดลองผสมเสร็จ

สารเสริมสำหรับหมักเปลือกทุเรียน ได้แก่ แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 (*Lactobacillus casei* TH14 1x10^{5}cfu/g) (composed of 80% trehalose, 15% lactose and 5% LAB; Bio Ag Khon Kaen, Khon Kaen, Thailand) กากน้ำตาล ซื้อจากร้านขายสินค้าเกษตร ในจังหวัดสงขลา และเอนไซม์เซลลูเลส (acid; powder, 5×10^5 U/g activity, CAS number: 9004-34-6, Sinobios Imp. & Exp., Tanghai, China)

การเตรียมเปลือกทุเรียนหมัก โดยการเตรียมเปลือกทุเรียน โดยรวบรวมเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองจากบริษัทซีฮอร์ส อินเตอร์เทรด จำกัด อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา 90130 นำมาสับด้วยเครื่องสับให้ได้ขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร (โรงผสมอาหารสัตว์ ฟาร์มปฏิบัติการ สาขาวิชานวัตกรรมการผลิตสัตว์ และการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90110) มาทำการหมักด้วยสารเสริม ได้แก่ กากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์

เอนไซม์เซลลูเลส 2 เปอร์เซ็นต์ และแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 0.50 เปอร์เซ็นต์ หมักลงในถังพลาสติกขนาด 50-100 ลิตร อัดให้แน่น และปิดฝาให้สนิท ใช้ระยะเวลาในการหมัก 30 วันก่อนที่จะทำการนำมาผสมเป็นอาหารทดลองมีการสุ่มถังหมักแต่ละทรีทเมนต์ และทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลักษณะเนื้อสัมผัส และองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนหมักแต่ละสูตร

2.2 อาหารผสมสูตรรวม

อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารผสมสูตรรวมที่มีสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น โดยมีอัตราส่วน 40:60 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้อาหารหยาบ 40 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยเปลือกทุเรียนหมักในแต่ละสูตร 25 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าว 15 เปอร์เซ็นต์ ตามแผนการทดลอง โดยสูตรอาหารคำนวณให้มีคุณค่าทางโภชนะของโปรตีนรวม 15 เปอร์เซ็นต์ และค่าโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด 76 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3.1) ตามคำแนะนำของ NRC (1981)

3. การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ 5x5 ลาตินสแควร์ (5x5 Latin squares design) โดยมีกลุ่มทดลอง หรือ ทรีทเมนต์ (treatment) เป็นแบบอาหารผสมสูตรรวม (total mixed ration, TMR) โดยมีสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น คือ 40:60 เปอร์เซ็นต์ ตามทรีทเมนต์ต่างๆ ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 (FDPF) เปลือกทุเรียนสดหมัก (กลุ่มควบคุม)

ทรีทเมนต์ที่ 2 (FDPM) เปลือกทุเรียนสดหมักร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์

ทรีทเมนต์ที่ 3 (FDPC) เปลือกทุเรียนสดหมักเอนไซม์เซลลูเลส 2 เปอร์เซ็นต์

ทรีทเมนต์ที่ 4 (FDPL) เปลือกทุเรียนสดหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 0.50 เปอร์เซ็นต์

ทรีทเมนต์ที่ 5 (FDPML) เปลือกทุเรียนสดหมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14

ตารางที่ 3.1. สัดส่วนของวัตถุดิบ (คิดเป็นวัตถุแห้ง) ที่ใช้ประกอบสูตรอาหารผสมสูตรรวม และคุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมสูตรรวม (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

วัตถุดิบ	ระดับของเปลือกทุเรียนสดหมักในอาหารผสมสูตรรวม (%)				
	FDP	**FDPM**	**FDPC**	**FDPL**	**FDPML**
FDP[1]	25.00	00.00	00.00	00.00	00.00
FDPM	00.00	25.00	00.00	00.00	00.00
FDPC	00.00	00.00	25.00	00.00	00.00
FDPL	00.00	00.00	00.00	25.00	00.00
FDPML	00.00	00.00	00.00	00.00	25.00
ฟางข้าว	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
ข้าวโพดบด	35.80	35.80	35.80	35.80	35.80
กากถั่วเหลือง	7.90	7.90	7.90	7.90	7.90
ปลาป่น	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
กระถินป่น (รวมก้านใบ)	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
กากน้ำตาล	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
ไดแคลเซียม	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
เกลือ	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
แร่ธาตุรวม[2]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
โภชนะโดยการคำนวณ[3]					
โปรตีน (%)	15.51	15.39	15.80	15.39	15.69
โภชนะที่ย่อยได้ (%)	76.00	76.00	76.00	76.00	76.00

หมายเหตุ: [1]FDP เปลือกทุเรียนสดหมัก (กลุ่มควบคุม); FDPM เปลือกทุเรียนสดหมักร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์; FDPC เปลือกทุเรียนสดหมักเอนไซม์เซลลูเลส 2 เปอร์เซ็นต์; FDPL เปลือกทุเรียนสดหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 $1x10^5$ cfu/g 0.50 เปอร์เซ็นต์; FDPML เปลือกทุเรียนสดหมักด้วยกากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 $1x10^5$ cfu/g 0.50 เปอร์เซ็นต์

[2]ประกอบด้วย วิตามินเอ 2.50 ล้านหน่วยสากล วิตามินดี 3 0.50 ล้านหน่วยสากล วิตามินอี 8,000.00 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

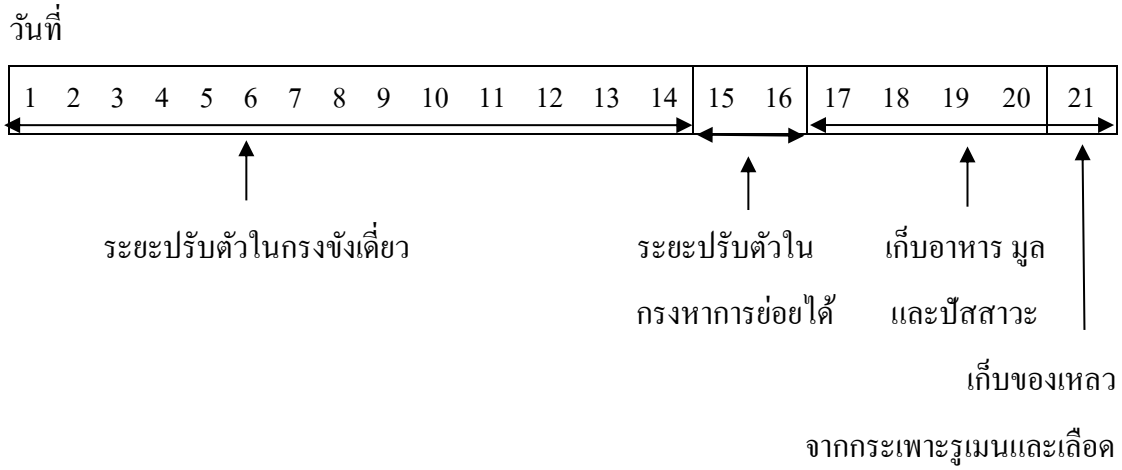
[3]คำนวณจาก NRC (1981)

สุ่มแพะแต่ละตัวให้ได้รับอาหารตามที่กำหนด ในการทดลองแบ่งระยะเวลาการทดลองออกเป็น 5 ช่วงการทดลอง (ตารางที่ 3.2) แต่ละช่วงการทดลองใช้เวลาทั้งหมด 21 วัน ประกอบด้วยระยะปรับตัวสัตว์ 14 วัน และระยะเก็บข้อมูล 7 วัน รวมระยะเวลาการทดลองทั้งหมด 105 วัน แสดงดังภาพที่ 3.1

ตารางที่ 3.2. แผนผังการทดลอง

ระยะเวลาของการสลับสูตรอาหารทดลอง	**ลำดับแพะทดลอง**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
ช่วงการทดลองที่ 1	A	B	C	D	E
ช่วงการทดลองที่ 2	B	C	D	E	A
ช่วงการทดลองที่ 3	C	D	E	A	B
ช่วงการทดลองที่ 4	D	E	A	B	C
ช่วงการทดลองที่ 5	E	A	B	C	D

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษ A, B, C, D และ E คืออาหารทดลองทรีทเมนต์ที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ



ภาพที่ 3.1. ระยะเวลาทดลอง และการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทดลอง

4. วิธีการทดลอง

4.1 การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

4.1.1 ระยะปรับสัตว์ (adjusting period) สัตว์จะได้รับอาหารตามกลุ่มทดลองเป็นเวลา 14 วัน แบบเต็มที่ เพื่อศึกษาปริมาณการกินได้อย่างอิสระ (voluntary feed intake) โดยแบ่งการให้อาหารออกเป็น 2 เวลา คือ ช่วงเช้าให้อาหารเวลา 08.00 น. และช่วงบ่ายให้อาหารเวลา 16.00 น. ในการให้อาหารช่วงเช้า ทำการชั่งให้ (ให้เช้า) และชั่งอาหารที่เหลือ (เหลือเย็น) และในช่วงบ่ายทำการชั่งอาหารให้ (ให้เย็น) และชั่งอาหารที่เหลือ (เหลือเช้า) เพื่อนำไปหาปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน โดยทำการจดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทั้งเช้าและเย็นทุกวัน ปริมาณการกินได้ต่อวันคำนวณโดยสูตร

ปริมาณการกินได้ต่อวัน (วัตถุแห้ง) = [อาหารให้ตอนเช้า (วัตถุแห้ง) – อาหารเหลือตอนเช้า (วัตถุแห้ง)] + [อาหารให้ตอนเย็น (วัตถุแห้ง) – อาหารเหลือตอนเย็น (วัตถุแห้ง)]

4.1.2 ระยะเก็บตัวอย่าง (collection period) ระยะนี้ลดอาหารลงเหลือเพียง 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่กินได้ในช่วงระยะปรับสัตว์ โดยสัตว์จะอยู่บนกรงเมแทบอลิซึม (metabolic cage) ทำการปรับสัตว์ให้มีความคุ้นเคยกับกรงเป็นเวลา 2 วันแรก และในช่วง 5 วันหลัง ทำการเก็บตัวอย่าง

อาหาร มูล และปัสสาวะ ตามวิธีการเก็บแบบทั้งหมด (total collection) (Schnieder และ Flatt, 1975) และทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน และเก็บตัวอย่างเลือด ในวันที่ 21 (วันสุดท้าย)

4.2 การเก็บข้อมูล และการเก็บตัวอย่าง

4.2.1 การเก็บตัวอย่างอาหาร

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารผสมสูตรรวมในแต่ละช่วงการทดลองทุกสัปดาห์ทั้งอาหารที่ให้ (เช้า-เย็น) และอาหารที่เหลือ (เช้า-เย็น) หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง โดยนำมาปรับการกินได้ของสัตว์ในแต่ละวัน และอีกส่วนหนึ่งจะสุ่มเก็บจากแต่ละช่วงการทดลองแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

4.2.2 การชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง

ชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองเป็นจำนวน 3 ครั้ง ในแต่ละช่วงการทดลองคือ ครั้งที่ 1 ชั่งก่อนเข้างานทดลอง เป็นช่วงก่อนเข้าระยะปรับสัตว์ทดลองช่วงการทดลองที่ 1 ชั่งครั้งที่ 2 หลังจากปรับสัตว์และจะนำสัตว์ขึ้นกรงเมแทบอลิซึม และครั้งที่ 3 หลังจากเสร็จการทดลองในแต่ละช่วงการทดลอง ทำการจดบันทึก

4.2.3 การวัดและการสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid)

สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมนของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่มทดลองที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมง ของการให้อาหารของวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง โดยวิธีการใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump ปริมาณ 100 มิลลิลิตร นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันที โดยใช้ pH meter (Metter Toledo Seven Multi pH meter) และหลังจากนั้น สุ่มเก็บประมาณ 60 มิลลิลิตร เติม 1M H_2SO_4 จำนวน 1 มิลลิลิตรต่อของเหลวจากกระเพาะรูเมน 10 มิลลิลิตร เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนที่ใส (supernatant) นำไปเก็บในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH_3-N) วิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด

สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวกระเพาะรูเมน 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกขนาด 30 มิลลิลิตร เติมฟอร์มาลีน (formalin) เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์

4.2.4 การเก็บตัวอย่างเลือด ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหารในวันสุดท้ายของช่วงทดลอง โดยเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เพื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบและเมแทบอไลน์ในเลือด

4.2.5 การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

การเก็บปัสสาวะในช่วงสัตว์อยู่บนกรงเมแทบอลิซึม โดยทำการเก็บ ติดต่อกัน 5 วัน ในช่วงสุดท้ายของระยะเก็บตัวอย่างใช้วิธีการเก็บแบบทั้งหมด โดยใช้ถังพลาสติกขนาดความจุ 5 ลิตร ซึ่งมีถาดรูปกรวยวางไว้บนถังพลาสติกคอยรองรับปัสสาวะตลอดเวลาในถังเติมกรดซัลฟูริก 1 โมลลาร์ H_2SO_4 ในสัดส่วน 1M H_2SO_4 ต่อปัสสาวะ 1:10 เพื่อเป็นการตรึงไนโตรเจนในปัสสาวะ และปรับให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของปัสสาวะมีค่าอยู่ระหว่าง 2-3 ทั้งนี้เพื่อหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่จะเข้าไปย่อยสลายไนโตรเจนในปัสสาวะทำการวัดปริมาตรทั้งหมดที่ได้ในแต่ละวันและทำการสุ่มเก็บไว้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมด เพื่อนำไปรวมกับวันที่ 2, 3, 4 และ 5 แล้วทำการสุ่มอีกครั้งประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำส่วนใสไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ ตามวิธีการของ AOAC (1990) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสมดุลไนโตรเจน (nitrogen balance) ต่อไป ดังสมการต่อไปนี้

สมดุลไนโตรเจน

สมดุลไนโตรเจน = ปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์กิน - (ปริมาณไนโตรเจนในมูล+ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ)

4.2.6 การเก็บตัวอย่างมูล

เริ่มทำการเก็บตัวอย่างมูลพร้อมกับการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ โดยเก็บ 5 วัน ติดต่อกันในช่วงท้ายของการทดลอง ใช้วิธีการเก็บแบบทั้งหมด (total collection) โดยทำการเก็บในช่วงเช้า โดยการชั่งน้ำหนักมูลทั้งหมด การเก็บมีถาดรองมูลซึ่งอยู่ด้านหลังของถาดรองปัสสาวะ ก่อนเก็บทำการผสมทุกส่วนให้เข้ากันและแบ่งเก็บเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1: เก็บประมาณ 200 กรัม นำไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้งของมูลที่ขับถ่ายออกมาในแต่ละวัน

ส่วนที่ 2: เก็บไว้ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมูลทั้งหมดในแต่ละวันนำไปเก็บไว้ที่ –20 องศาเซลเซียส ทำการเก็บเช่นนี้จนครบ 5 วัน แล้วนำมูลทั้งหมดในปริมาณที่เท่ากันของแต่ละกลุ่มทดลองที่เก็บไว้มาผสมให้เข้ากันทำการสุ่มเก็บอีกครั้ง 5 เปอร์เซ็นต์ และนำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้งสนิทแล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 0.10 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในอาหารเพื่อนำไปคำนวณหาการย่อยได้ตามวิธีการของ Schnieder และ Flatt (1975) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์)} = 100 - 100 \times \frac{\text{น้ำหนักมูลปรับแห้ง}}{\text{น้ำหนักของอาหารที่กินปรับแห้ง}}$$

$$\text{การย่อยได้ของโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)} = 100 - 100 \times \frac{\text{(เปอร์เซ็นต์โภชนะในมูล x น้ำหนักมูลปรับแห้ง)}}{\text{เปอร์เซ็นต์โภชนะในอาหาร x น้ำหนักของอาหารที่กินปรับแห้ง}}$$

โภชนะรวมที่ย่อยได้ (total digestible nutrient, TDN)

TDN= DCP + DCF + DNFE + (2.25 x DEE)

เมื่อ DCP = โปรตีนรวมที่ย่อยได้ (กิโลกรัม/100 กิโลกรัมวัตถุแห้ง)

DCF = เยื่อใยรวมที่ย่อยได้ (กิโลกรัม/100 กิโลกรัมวัตถุแห้ง)

DNFE = คาร์โบไฮเดรตย่อยง่ายที่ย่อยได้ (กิโลกรัม/100 กิโลกรัมวัตถุแห้ง)

DEE = ไขมันรวมที่ย่อยได้ (กิโลกรัม/100 กิโลกรัมวัตถุแห้ง)

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนหมัก อาหารผสมสูตรรวม และมูล ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม และเถ้า โดยใช้วิธี Proximate analysis (AOAC,

1990) สำหรับการวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ดัดแปลงตามวิธีการของ Van Soest และคณะ (1991)

ปัสสาวะนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ ตามวิธีการของ AOAC (1990)

ของเหลวในกระเพาะรูเมนนำมาวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตเจน โดยวิธีการกลั่นตาม Bermner และ Keeney (1965) ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา โดยวิธีนับโดยตรงแบบทั้งหมด (total direct count) ตามวิธีของ Galyean (1989) ด้วยกล้องจุลทรรศน์และในส่วนของการวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น โดยใช้เครื่อง High-performance liquid chromatography (HPLC) (Hewlett Packard) ดัดแปลงตามวิธีการของ Samuel และคณะ (1997)

เลือดส่งตัวอย่างวิเคราะห์หาองค์ประกอบและเมแทบอไลน์ในกระแสเลือด ที่คลินิกหาดใหญ่แล็บ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยทั้งนี้การวิเคราะห์หาพลาสมาโปรตีน เม็ดเลือดแดง ความสมบูรณ์เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว ชนิดเม็ดเลือดขาว ด้วยเครื่อง Sysmex XS-800i Automated Hematology Analyzer, Chuo-ku, Japan ระดับยูเรีย-ไนโตเจน ใช้เครื่อง spectrophotometer การวิเคราะห์ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดใช้วิธี GOD-PAP method วิเคราะห์ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นใช้เครื่อง Hettich ZENTRIFUGEN (Haematokrit 24), Baujahr, Germany

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ สมดุลไนโตรเจน ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันระเหยได้ในของเหลวกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ระดับกลูโคสในเลือด พลาสมาโปรตีน เม็ดเลือดแดง ความสมบูรณ์เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว ชนิดเม็ดเลือดขาว มาวิเคราะห์ โดยวิธีการวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลอง 5x5 Latin square design โดยใช้ Proc GLM และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

บทที่ 4

ผล และวิจารณ์ผลการทดลอง

เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริม

ลักษณะทางกายภาพของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริม ที่อายุหมัก 30 วัน

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพตามแบบประเมินคุณภาพพืชหมักทางกายภาพ กรมปศุสัตว์ (2547) (คะแนนกลิ่นที่ดีมากมีคะแนนเต็ม 12 คะแนน) (ตารางที่ 4.1) พบว่ากลุ่มเปลือกทุเรียนหมักมีคะแนนการประเมินกลิ่นมีค่าเท่ากับ 10.00, 11.00, 9.50, 9.67 และ 9.67 ตามลำดับ ซึ่งเป็นระดับคะแนนลักษณะกลิ่นที่ดีคือ มีกลิ่นเปรี้ยวคล้ายผลไม้ดอง ไม่เหม็นฉุนหรือเหม็นเน่า และในส่วนของคะแนนเนื้อสัมผัสมีค่าเท่ากับ 3.33, 3.17, 2.83, 3.17 และ 3.17 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงคะแนนไม่ต่ำกว่า 2 คือเนื้อสัมผัสมีเนื้อแน่น ส่วนใบ และลำต้นที่ยังคงสภาพเดิม และไม่มีสิ่งเจือปน (คะแนนเนื้อสัมผัสที่ดีมากมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน)

เมื่อพิจารณาค่าสีของเปลือกทุเรียนหมัก พบว่าระดับความสว่าง (L*) กลุ่ม FDPC มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ส่วนระดับความเข้มสีแดง (a*) กลุ่ม FDPM มีค่าสูงกว่ากลุ่ม FDP และ FDPL ทำนองเดียวกับระดับความเข้มสีเหลือง (b*) กลุ่ม FDPC มีค่าสูงกว่ากลุ่ม FDP ส่วนค่า HUE ของเปลือกทุเรียนหมัก FDPM มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ในขณะที่กลุ่มอื่นมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าสีที่แตกต่างกันเนื่องมาจากการเสริมกากน้ำตาลที่มีสีน้ำตาลทำให้ค่าความเข้มสีแดงสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมกากน้ำตาล และในขณะที่กลุ่มที่ไม่เสริมก็จะมีค่าความสว่างและความเข้มสีเหลืองสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกากน้ำตาล

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าความเข้มข้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ของเปลือกทุเรียนหลังหมักเป็นเวลา 30 วัน (ตารางที่ 4.1) พบว่า ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของเปลือกทุเรียนหมักมีค่าอยู่ในช่วง 3.66-3.79 โดยของกลุ่ม FDPC มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ในขณะที่กลุ่ม FDP, FDPL และ FDPML มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนกลุ่ม FDPM มีค่าสูงเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น เช่นเดียวกันกับ Yuan และคณะ (2015) ที่รายงานว่าการเสริมกากน้ำตาล และการเสริมกากน้ำตาล

ร่วมกับแลคติกแบคทีเรีย สามารถลดค่าความเป็นกรด-ด่างได้ โดยเพิ่มปริมาณกรดแลคติกในอาหารหมัก เช่นเดียวกับการเสริมแบคทีเรียกลุ่มแลคติกในอาหารหมัก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Skerman และ Riveros (1990) และ McDonald และคณะ (1991) ที่รายงานว่า พืชหมักที่ดีควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เกิน 4.2 (3.8-4.2) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดอื่นทำให้สามารถเก็บรักษาคุณภาพของหญ้าหมักไว้ได้ (Comino *et al.,* 2014) เนื่องจากการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติก กากน้ำตาล และเซลลูเลสช่วยให้กระบวนการหมักในพืชดีขึ้น โดยแบคทีเรียจะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่มีอยู่ในพืช และกากน้ำตาลได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติก (lactic acid) และกรดอะซิติก (acetic acid) ส่งผลทำให้พืชหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงประมาณต่ำกว่า 4.20 (จันทกานต์, 2545) ในส่วนของ NH_3-N ของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.70-1.29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพืชหมักที่มีคุณภาพดีควรมีปริมาณ NH_3-N ต่ำกว่า หรือเท่ากับ 11.00 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนรวม (Carpintero *et al.*, 1969) จากการศึกษาของ Muck (1996) ที่รายงานว่า การลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างในพืชอาหารหยาบหมัก ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแลคติก (lactic acid) ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อกระบวนการ proteolysis reduction ที่มีผลต่อการลดลงของปริมาณ NH_3-N (g/kg DM)

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริม ที่อายุหมัก 30 วัน

Physical parameter	Fermented durian peel [1]				
	FDP	**FDPM**	**FDPC**	**FDPL**	**FDPML**
smell	Sour smell like pickled fruit (10.00)	Sour smell like pickled fruit (11.00)	Sour smell like pickled fruit, It has a mild vinegar smell (9.50)	Mild sour smell, like pickled fruit (9.67)	Sour smell like pickled fruit, It has a mild vinegar smell (9.67)
texture	a little worn out little mucus (3.33)	Moderately worn out little mucus (3.17)	Very sluggish, has a lot of mucus (2.83)	Moderately worn out little mucus (3.17)	Moderately worn out little mucus (3.17)
Color value					
L*	56.82	53.09	61.53	57.44	53.01
a*	4.55	7.09	5.54	4.40	5.12
b*	28.44	32.60	34.01	29.32	32.14
HUE	80.85	77.52	80.80	81.88	81.13
pH	3.74	3.79	3.66	3.73	3.74
NH_3-N	1.29	0.70	1.18	0.74	0.89

[1]FDP= untreated discarded durian peel; FDPM= treated discarded durian peel with molasses; FDPC= treated discarded durian peel with cellulase; FDPL= treated discarded durian peel with *L. casei* TH14; FDPML= treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14; L* values are a measure of lightness (higher value indicates a lighter color); a* values are a measure of redness (higher value indicates a reddish color); b* values are a measure of yellowness (higher value indicates a more yellow color), by CIE, complete international commission on illumination (Huntercolor flex); HUE is the color from the rainbow or spectrum of colors.

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนหมัก

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนหมักที่ระยะเวลา 30 วัน ด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริม ได้แก่ เปลือกทุเรียนหมัก (กลุ่มควบคุม) (FDP, untreated discarded durian peel) เปลือกทุเรียนหมักร่วมกับกากน้ำตาล (FDPM, treated discarded durian peel with molasses) เปลือกทุเรียนหมักเอนไซม์เซลลูเลส (FDPC, treated discarded durian peel with cellulase) เปลือกทุเรียนหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 (FDPL, treated discarded durian peel with *L. casei* TH14) และเปลือกทุเรียนหมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 (FDPML, treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14) (ตารางที่ 4.2) พบว่าวัตถุแห้งอยู่ในช่วง 16.48-17.42 เปอร์เซ็นต์ โดยกลุ่ม FDPL, FDPC มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม FDPM, FDPML ซึ่งอาจเกิดจากการหมักที่เสริมแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 และเอนไซม์เซลลูเลส ทำให้มีกระบวนการย่อยสลายสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ จึงมีการผลิตน้ำออกมามากและส่งผลให้ปริมาณวัตถุแห้งลดลง (Basso, 2013) สอดคล้องกับ นริศรา และคณะ (2563) ที่ทำการทดลองหมักหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ด้วยการเสริมแบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์ *L. plantarum* พบว่ากลุ่มที่เสริมแบคทีเรียกรดแลคติกมีปริมาณวัตถุแห้งต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริมอย่างมีนัยสำคัญ สารอนินทรีย์หรือเถ้าอยู่ในช่วง 5.99-7.06 เปอร์เซ็นต์ โดยกลุ่ม FDPC มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นกลุ่ม FDPM, FDPML และกลุ่มที่มีค่าต่ำที่สุดคือกลุ่ม FDPF และ FDPL ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าอินทรีย์ โปรตีนอยู่ในช่วง 7.20-8.35 เปอร์เซ็นต์ โดยกลุ่ม FDPM มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น (8.35 เปอร์เซ็นต์) สอดคล้องกับ สันติ และคณะ (2555) ที่หมักใบทางปาล์มร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเสริมกากน้ำตาลไม่ส่งผลต่อค่าองค์ประกอบทางเคมี แต่มีแนวโน้มของโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมกากน้ำตาล

ค่าไขมันของเปลือกทุเรียนหมักกลุ่ม FDPM มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นกลุ่ม FDPC, FDPL สอดคล้องกับ So และคณะ (2020) ที่รายงานว่าการหมักชานอ้อยด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 และกากน้ำตาลมีองค์ประกอบของโปรตีนหยาบ และไขมันของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน ในส่วนของผนังเซลล์ (NDF) และลิกนิน (ADL) ของเปลือกทุเรียนหมักทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน และลิกโนเซลลูโลส (ADF) ของกลุ่ม FDPC มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่ม FDPL, FDPF, FDPML และกลุ่มที่มาค่าต่ำที่สุดคือกลุ่ม FDPM สอดคล้องกับ นิตยา และคณะ (2564) ที่รายงานว่า

หญ้าหมักที่เสริมด้วยแบคทีเรียมีแนวโน้มปริมาณของเยื่อใยลดลง และเช่นเดียวกับการศึกษาของ Donmez และคณะ (2003) ที่ศึกษาข้าวโพดหมักด้วยสารเสริม พบว่า เซลลูเลสสามารถปรับปรุงคุณภาพพืชอาหารหมักได้ไม่แตกต่างกับการเติมกรดแลคติก และการเติมกากน้ำตาล ในส่วนค่าพลังงานรวม (GE) ของเปลือกทุเรียนหมักมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4,205.40-4,737.40 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริม ที่อายุหมัก 30 วัน

Chemical parameter	**Fermented durian peel** [1]				
	FDP	**FDPM**	**FDPC**	**FDPL**	**FDPML**
DM	16.99	17.34	16.48	16.51	17.42
Ash	5.99	6.64	7.06	6.25	6.61
OM	94.01	93.36	92.94	93.75	93.39
CP	7.35	8.35	7.52	7.20	7.75
EE	0.82	2.01	1.51	1.18	0.77
NDF	62.50	61.00	73.40	61.90	65.50
ADF	41.70	38.60	45.80	43.90	42.30
ADL	19.83	17.59	21.68	19.05	23.93
GE (kcal/kg DM)	4,413.80	4,314.70	4,737.40	4,449.10	4,205.40

[1] FDP= untreated discarded durian peel; FDPM= treated discarded durian peel with molasses; FDPC= treated discarded durian peel with cellulase; FDPL= treated discarded durian peel with *L. casei* TH14; FDPML= treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14; DM= dry matter; OM= organic matter; CP= crude protein; EE= ether extract; NDF= neutral detergent fiber; ADF= acid detergent fiber; ADL= acid detergent lignin; GE= gross energy.

คุณภาพของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารผสมสูตรรวมที่ใช้ในการทดลอง ที่ประกอบด้วยอาหารข้น 60 เปอร์เซ็นต์ ต่ออาหารหยาบ 40 เปอร์เซ็นต์ (เปลือกทุเรียนหมัก 25 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าว 15 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 4.3) โดยมีเปลือกทุเรียนหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบแตกต่างกัน ดังนี้ เปลือกทุเรียนหมัก (กลุ่มควบคุม) (FDP, untreated discarded durian peel in TMR) เปลือกทุเรียนหมักร่วมกับกากน้ำตาล (FDPM, treated discarded durian peel with molasses in TMR) เปลือกทุเรียนหมักเอนไซม์เซลลูเลส (FDPC, treated discarded durian peel with cellulase in TMR) เปลือกทุเรียนหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 (FDPL, treated discarded durian peel with *L. casei* TH14 in TMR) และเปลือกทุเรียนหมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 (FDPML, treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in TMR) พบว่าอาหารผสมสูตรรวมทั้ง 5 สูตรมีค่าองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกัน โดยวัตถุแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 37.53-42.72 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 92.96-93.28 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 15.39-15.80 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของ NDF กลุ่ม FDP และกลุ่ม FDPM มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น คือ 65.45 และ 63.12 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่า ADF ในขณะที่ ADL ของกลุ่ม FDPL และ FDPML มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น เนื่องจากการเสริมเอนไซม์เซลลูเลส แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 และแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 ร่วมกับกากน้ำตาล มีส่วนช่วยย่อยสลายองค์ประกอบของเยื่อใยได้ดีกว่า ทำให้เยื่อใยลดลง อย่างไรก็ตามค่าพลังงานรวม (kcal/kg DM) ของทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันคือ 4,306.00-4,363.60 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามคำแนะนำของ NRC (1981) รายงานว่า แพะที่มีน้ำหนักตัว 20 กิโลกรัม ต้องการโปรตีนย่อยได้ 26.00 กรัมต่อวัน และพลังงานย่อยได้ 1.81 เมกะแคลอรี่ต่อวัน

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสูตรรวมที่ใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

Dry matter	Dietary treatment[1]				
basis, %	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML
DM	42.50	42.72	37.20	37.77	37.53
Ash	6.73	6.74	6.91	6.72	7.04
OM	93.27	93.26	93.09	93.28	92.96
CP	15.51	15.39	15.80	15.39	15.69
NDF	65.45	63.12	57.26	57.30	57.01
ADF	29.75	28.51	28.28	27.41	27.22
ADL	8.52	7.98	8.26	6.74	6.59
GE (kcal/kg)	4,361.00	4,306.26	4,315.18	4,363.60	4,315.40

[1]FDP= untreated discarded durian peel in TMR; FDPM= treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC= treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL= treated discarded durian peel with *L. casei* TH14 in TMR; FDPML = treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in TMR; DM= dry matter; OM= organic matter; CP= crude protein; EE= ether extract; NDF= neutral detergent fiber; ADF= acid detergent fiber; ADL= acid detergent lignin; GE= gross energy.

ปริมาณโภชนะที่กินได้

ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อปริมาณการกินได้ (ตารางที่ 4.4) พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมด (feed intake) ในหน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (%BW) และหน่วยกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุ และปริมาณการกินได้ของโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยปริมาณการกินได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.757-0.806 กิโลกรัมต่อวัน 2.84-2.96 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และ 64.44-

68.98 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับปกติ (2.72-2.90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) (ไชยวรรณ และวันวิศาข์, 2555) แต่ปริมาณการกินได้ทั้งหมดในหน่วยกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิกของแพะทุกกลุ่มมีค่าสูงกว่าระดับปกติ คือ 54.21-57.37 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก (ไชยวรรณ และวันวิศาข์, 2555) ซึ่งอาจเนื่องมาจากอาหารทดลองที่ประกอบด้วยเปลือกทุเรียนสูตรต่างๆ มีส่วนของเยื่อใยอยู่น้อยจึงทำให้ปริมาณการกินได้สูง และจากระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่มีค่าอยู่ในช่วง 15-30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของอาหารเพิ่มขึ้น (Perdok and Leng., 1990)

สอดคล้องกับ So และคณะ (2020) ที่ศึกษาผลของชานอ้อยหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 และกากน้ำตาลในโคพบว่า ปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P> 0.05) และสอดคล้องกับ Santoso และคณะ (2021) ที่ศึกษาการเติมแบคทีเรียเซลลูโลไลติกในอาหารจากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรสำหรับแพะ Kacang พบว่าปริมาณการกินได้ของกลุ่มที่เติมแบคทีเรียเซลลูโลไลติกไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมทางสถิติ (P>0.05) และเช่นดียวกับ ไชยวรรณ และวันวิศาข์ (2555) ที่ศึกษาการใช้อาหารผสมสูตรรวมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย พบว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยมีปริมารการกินได้ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Polsit และคณะ (2011) ที่ได้ใช้เปลือกทุเรียนร่วมกับมันสำปะหลังสดหมักยีสต์เปรียบเทียบกับเปลือกมันร่วมกับกากมันหมักยีสต์ในโคลูกผสมพื้นเมือง พบว่าปริมาณการกินได้ของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ในขณะที่ปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ (NDFI) ของกลุ่ม FDP มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ปริมาณการกินได้ของเซลลูโลสร่วมกับลิกนิน (ADFI) ของกลุ่ม FDP มีค่าสูงกว่ากลุ่ม FDPML แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คล้ายคลึงกับ ยุพา และคณะ (2560) ที่ศึกษาการใช้เปลือกข้าวโพดโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติกจากน้ำพืชหมักเปลือกผลไม้ พบว่าปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ (NDFI) และเซลลูโลสร่วมกับลิกนิน (ADFI) ของกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 และกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ในขณะที่ สันติ และคณะ (2555) ที่ศึกษาผลของการหมักทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆต่อปริมาณการกินได้ในโคพื้นเมือง พบว่าปริมาณการกินได้ของ

NDF และ ADF ของกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลมีค่าการกินได้สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งการเติมกากน้ำตาลช่วยเพิ่มความน่ากิน ทำให้ปริมาณการกินได้ของแพะแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน จึงมีผลทำให้ปริมาณ NDF และ ADF ได้รับจากอาหารต่างกัน (ทอดชัย, 2540 อ้างโดย สันติ และคณะ, 2555) ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของสัตว์นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อัตราการย่อยสลายของเยื่อใยในกระเพาะ ระยะเวลาของอาหารที่อยู่ในกระเพาะหมัก และกิจกรรมการเคี้ยวเอื้องของตัวสัตว์ (Yansari *et al.,* 2004)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการกินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมที่มีเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริม

Attribute	Dietary treatment[1]					SEM[2]	P-value
	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML		
Days on test	21	21	21	21	21	-	-
DMI, kg/d							
Total DMI, kg/d	0.796	0.757	0.785	0.797	0.806	0.02	0.56
DMI, %BW	2.96	2.84	2.90	2.94	3.04	0.06	0.28
DMI, g/kg $W^{0.75}$	67.40	64.44	66.08	67.67	68.98	1.56	0.35
OMI, g/d	0.752	0.696	0.711	0.633	0.580	0.08	0.54
CPI, g/d	0.125	0.115	0.120	0.123	0.119	<0.01	0.42
NDFI, g/d	0.528^{a}	0.471^{b}	0.437^{b}	0.457^{b}	0.432^{b}	0.02	0.45
ADFI, g/d	0.236^{a}	0.215^{ab}	0.216^{ab}	0.216^{ab}	0.199^{b}	0.01	0.45

[1] FDP= untreated discarded durian peel in TMR; FDPM= treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC= treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL= treated discarded durian peel with *L. casei* TH14 in TMR; FDPML= treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in TMR; [2] SEM = standard error of the mean; [a–c] Means in the same row with different letters differ ($P<0.05$); $BW^{0.75}$ = metabolic body weight; DMI= dry matter intake;

OMI= organic matter intake; CPI= crude protein intake; NDFI= neutral detergent fiber intake; ADFI= acid detergent fiber intake; BW= body weight.

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เถ้า อินทรียวัตถุ โปรตีน NDF และ ADF (ตารางที่ 4.5) พบว่า กลุ่มที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส (FDPM, FDPC, FDPL และ FDPML) มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เถ้า อินทรียวัตถุ โปรตีน NDF และ ADF สูงกว่ากลุ่มควบคุม (FDP) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Saka และคณะ (2020) ศึกษาผลของข้าวฟางมอลล์หมักต่อระบบนิเวศในกระเพาะรูเมน การย่อยได้ในแพะ พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เถ้า อินทรียวัตถุ โปรตีน และ ADF กลุ่มที่ได้รับข้าวฟางมอลล์หมักที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับข้าวฟางมอลล์ที่ระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) และ Horiguchi และ Takahashi (2007) ศึกษาผลของแบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมัก พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ไขมัน เยื่อใยรวม และ NDF กลุ่มที่ใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส อาจเนื่องสูงจากการเสริมแลคโต-บาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเซลลูเลสช่วยให้กระบวนการหมักในพืชดีขึ้น ทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนใช้ประโยชน์จากอาหารได้มากขึ้น และยังเพิ่มอัตราการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (จันทกานต์, 2545 และ นิรันดร, 2558)

ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (DOM) โปรตีน (DCP), NDF (DNDF) และ ADF (DADF) ของแพะทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.515-0.562, 0.084-0.090, 0.307-0.338 และ 0.092-0.102 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ

สอดคล้องกับ So และคณะ (2021) ศึกษาผลของชานอ้อยหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 และกากน้ำตาล ต่อการใช้ประโยชน์ได้ ระบบนิเวศในกระเพาะรูเมน และผลผลิตของน้ำนมในโค พบว่า ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของอินทรียวัตถุ โปรตีน ไขมัน NDF และ ADF ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ Shellito และคณะ (2006) ศึกษาผลของผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำตาลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโค พบว่า กลุ่มที่ใช้กากน้ำตาลมีค่าการย่อยได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มควบคุม อาจเนื่องมาจากอาหารทดลองที่ใช้มีค่าโภชนะใกล้เคียงกัน ทำให้ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ไม่แตกต่างกัน

พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในหน่วยแมกกะแคลอรี่ต่อวัน (Mcal/d) มีค่าอยู่ในช่วง 1.96-2.14 แมกกะแคลอรี่ต่อวัน โดยแพะทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในหน่วยแมกกะแคลอรี่ต่อกิโลกรัม (Mcal/kg DM) กลุ่มที่ FDPML มีค่าสูงกว่ากลุ่ม FDP และ FDPM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่ม FDPC และ FDPL ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ธนรรษมลวรรณ และคณะ (2558) ที่ศึกษาในโคนมลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองเพศผู้เจาะกระเพาะ โดยศึกษาเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตร 6 ชนิด พบว่า เปลือกทุเรียน เปลือกสับปะรด มีค่าการผลิตแก๊สสูงกว่ากลุ่มอื่น และมีศักย์ภาพในการผลิตแก๊สและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้สูง เช่นเดียวกับ So และคณะ (2021) ที่ศึกษาผลของชานอ้อยหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 และกากน้ำตาล ต่อการใช้ประโยชน์ได้ในโคพบว่า พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในหน่วย แมกกะแคลลอรี่ต่อวันของกลุ่มที่เสริมด้วยเซลลูเลสร่วมกับกากน้ำตาลมีค่าสูงกว่ากลุ่มเสริมแลคติคแบคทีเรียร่วมกับกากน้ำตาล และกลุ่มเสริมแลคติคแบคทีเรียร่วมกับกากน้ำตาลและเอนไซม์เซลลูเลส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยค่าพลังงานที่ซึ่งพลังงานที่ใช้ประโยชน์มีค่าอยู่ในช่วง 2.55-2.69 แมกกะแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของแพะเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (NRC, 1981)

ตารางที่ 4.5 สัมประสิทธิ์การย่อยได้และปริมาณที่ย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมที่มีเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริม

Attribute	Dietary treatment[1]					SEM[2]	P-value
	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML		
Apparent total tract digestibility, %							
DM	70.42^{b}	72.79^{a}	73.91^{a}	74.07^{a}	73.81^{a}	0.45	<0.01
Ash	51.29^{b}	57.49^{a}	57.91^{a}	58.30^{a}	56.28^{a}	1.07	<0.01
OM	71.82^{b}	73.95^{a}	75.02^{a}	75.48^{a}	75.16^{a}	0.49	<0.01
CP	68.42^{c}	71.11^{b}	72.66^{ab}	73.07^{ab}	73.63^{a}	0.61	<0.01
NDF	63.83^{b}	70.48^{a}	70.23^{a}	70.96^{a}	71.03^{a}	0.47	<0.01
ADF	40.97^{b}	47.13^{a}	47.09^{a}	47.10^{a}	46.08^{a}	0.96	<0.01
Digestible nutrient intake, kg/d							
DOM	0.543	0.515	0.534	0.562	0.536	0.02	0.47
DCP	0.087	0.084	0.086	0.090	0.087	<0.01	0.68
DNDF	0.338	0.332	0.307	0.325	0.307	0.01	0.21
DADF	0.098	0.102	0.102	0.102	0.092	<0.01	0.38
Estimated energy intake[3]							
ME Mcal/d	2.06	1.96	2.03	2.14	2.04	0.07	0.48
ME Mcal/kg DM	2.55^{c}	2.62^{b}	2.65^{ab}	2.68^{ab}	2.69^{a}	0.02	<0.01

[1]FDP = untreated discarded durian peel in TMR; FDPM = treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC = treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL = treated discarded durian peel with *L. casei* TH14 in TMR; FDPML = treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in TMR; [2]SEM = standard error of the mean; [a–c] Means in the same row with different letters differ ($P<0.05$); DM= dry matter; OM= organic matter; CP= crude protein; EE= ether extract; NDF= neutral detergent fiber; ADF= acid detergent fiber; DOM= digestible organic matter; DCP= digestible crude protein; DNDF= digestible neutral detergent fiber; DADF= digestible acid detergent fiber; ME = metabolizable energy; [3]1 kg DOM = 3.8 Mcal ME/kg (Kearl, 1982)

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

ความเป็นกรด-ด่าง และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อความเป็นกรดด่าง (pH) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH_3-N) (ตารางที่ 4.6) พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะหมักของแพะในช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารของทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 6.50-6.61 และ 6.39-6.81 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เฉลี่ยของกลุ่ม FDPC และ FDPML มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม FDP แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาจเนื่องมาจากกลุ่มที่ได้รับอาหารหมักด้วยเอนไซม์เซลลูเลส และกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 ทำให้เกิดการกระบวนการหมักอย่างรวดเร็ว ทำให้มีค่าความความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งไม่ใช้สารเสริม คล้ายคลึงกับ สันติ และคณะ ที่ศึกษาผลของการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในโคพื้นเมือง และการศึกษาของ ณัฐฐา และคณะ (2552) ที่ศึกษาผลการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อการกินได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในแพะ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ของกลุ่มเสริมกากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.75-7.18 และ 6.90-7.10 ตามลำดับ และสอดคล้องกับ Lu และคณะ (2016) ที่ศึกษาผลของการใช้ผลิตภัณฑ์ที่หมักด้วยเอนไซม์เซลลูเลส และยีสต์ ต่อโภชนะ การย่อยได้ การหมักในกระเพาะรูเมน และการปล่อยแก๊สมีเทนในแพะ พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารหมักด้วยเอนไซม์เซลลูเลส และยีสต์มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในขณะที่การศึกษาของ Polsit และคณะ (2011) ที่ได้ใช้เปลือกทุเรียนร่วมกับมันสำปะหลังสดหมักยีสต์ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ So และคณะ (2021) ที่ศึกษาผลของชานอ้อยหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 เอนไซม์เซลลูเลส และกากน้ำตาล ต่อการใช้ประโยชน์ได้ ระบบนิเวศในกระเพาะรูเมน และผลผลิตของน้ำนมในโคพบว่ากลุ่มที่ใช้สารเสริม (แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 เอนไซม์เซลลูเลส และกากน้ำตาล) มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า

กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ถึงแม้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่างที่เฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ แต่ทั้ง 5 กลุ่มมีค่าอยู่ในช่วง 6.44-6.71 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน คือ 5.50-7.00 (เทอดชัย, 2540 อ้างโดย ณัฐฐา และคณะ, 2552) ใกล้เคียงกับ วิโรจน์ (2548) ที่รายงานค่าที่เหมาะสมในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 5.70-7.30 และเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยเยื่อใย (6.49-6.72) และจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยโปรตีน (6.38-6.58) (Kopency and Wallace, 1982)

ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ภายในกระเพาะหมัก พบว่า ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนภายในกระเพาะหมักที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมของกลุ่ม FDPM, FDPL และ FDPML ต่ำกว่ากลุ่ม FDP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับ Lu และคณะ (2016) ที่ศึกษาผลของการใช้ผลิตภัณฑ์ที่หมักด้วยเอนไซม์เซลลูเลส และยีสต์ ต่อโภชนะ การย่อยได้ การหมักในกระเพาะรูเมน และการปล่อยแก๊สมีเทนในแพะ พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารหมักด้วยเอนไซม์เซลลูเลส และยีสต์มีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และสอดคล้องกับ So และคณะ (2021) ที่ศึกษาผลของชานอ้อยหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 เอนไซม์เซลลูเลส และกากน้ำตาล ต่อการใช้ประโยชน์ได้ ระบบนิเวศในกระเพาะรูเมน และผลผลิตของน้ำนมในโคพบว่ากลุ่มที่ใช้สารเสริม (แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 เอนไซม์เซลลูเลส และกากน้ำตาล) มีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่การศึกษาของ Polsit และคณะ (2011) ที่ได้ใช้เปลือกทุเรียนร่วมกับมันสำปะหลังสดหมักยีสต์ พบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของทั้ง 5 กลุ่มมีค่าอยู่ในช่วง 16.57-22.86 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งเป็นระดับปกติ (15-20 มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ได้รับอาหารคุณภาพต่ำ ซึ่งจะมีผลต่อการกินได้ ย่อยสลาย และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สูงสุด (Boniface *et al.,* 1986; Song and Kennelly, 1990 อ้างโดย ปิ่น, 2564) สอดคล้องกับ Perdok และคณะ (1990) โดยรายงานว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนมีค่าอยู่ในช่วง 5-20 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน คือ 10-30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Ferguson *et al.,* 1993)

ตารางที่ 4.6 ความเป็นกรด-ด่าง และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมที่มีเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริม

Attribute	Dietary treatment[1]					SEM[2]	P-value
	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML		
Ruminal pH							
0 h-post feeding	6.61	6.56	6.55	6.56	6.50	0.09	0.94
4	6.81	6.64	6.39	6.57	6.39	0.11	0.06
Mean	6.71^{a}	6.60^{ab}	6.47^{b}	6.56^{ab}	6.44^{b}	0.05	0.05
NH_3-N, mg/dl							
0 h-post feeding	22.29^{a}	18.57^{b}	20.29^{ab}	19.14^{b}	18.00^{b}	0.78	0.02
4	22.86^{a}	18.57^{b}	18.29^{b}	18.57^{b}	16.57^{b}	0.63	<0.01
Mean	22.58^{a}	18.57^{b}	19.29^{b}	18.86^{b}	17.29^{b}	0.43	<0.01

[1]FDP = untreated discarded durian peel in TMR; FDPM = treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC = treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL = treated discarded durian peel with *L. casei* TH14 in TMR; FDPML = treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in TMR; [2]SEM = standard error of the mean; [a–c] Means in the same row with different letters differ (P<0.05).

ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ของของเหลวและแก๊สมีเทนในกระเพาะรูเมน

ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ (ตารางที่ 4.7) พบว่า ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (total valatile fatty acids, TVFAs) ในช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในทำนองเดียวกันกับ Saka และคณะ (2020) ศึกษาอิทธิพลของอาหารที่มีระดับของข้าวฟางมอลต์ดิบและหมักต่อระบบนิเวศของกระเพาะรูเมน การย่อยได้ และการใช้ไนโตรเจนของแพะแคระแอฟริกาตะวันตก พบว่า กรดไขมันระเหยได้ของทุกกลุ่มมีค่าไม่

แตกต่างกันทางสถิติ โดยความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด ที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 86.50-99.54, 95.12-104.58 และ 90.81-102.06 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ ถึงแม้ว่าจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่กลุ่มที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุม และมีค่าอยู่ในช่วงปกติที่มีความแปรผันระหว่าง 70-150 มิลลิโมลต่อลิตร (บุญล้อม, 2541) คล้ายคลึงกับ สันติ และคณะ (2555) ที่ศึกษาผลของการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในโคพื้นเมือง พบว่ากรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด ที่ 0 ชั่วโมง ของกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม แต่ที่ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์มีกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้การผลิตกรดไขมันระเหยได้สัมพันธ์กับการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในอาหาร (Sutton, 1985) ซึ่งผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส ต่อการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของทั้ง 5 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน จึงทำให้กรดไขมันระเหยได้ไม่มีแตกต่างกัน

สำหรับ กรดอะซิติก (acetic acid, C2) กรดบิวทีริก (butyric acid, C4) และกรดไขมันอื่นๆ (Other VFA) ในช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยกรดอะซิติก ที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 71.73-77.22, 70.75-73.99 และ 71.24-75.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรดบิวทีริก ที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 7.18-9.77, 8.24-8.91 และ 8.15-9.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และกรดไขมันอื่นๆ ที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 1.31-2.18, 0.82-0.9 และ 1.10-1.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แม้ว่าความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดบิวทีริก และกรดไขมันอื่นๆ ไม่แตกต่างกัน แต่พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส มีแนวโน้มของความเข้มข้นลดลง สอดคล้องกับ So และคณะ (2021) ที่ศึกษาผลของชานอ้อยหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 เอนไซม์เซลลูเลส และกากน้ำตาล ต่อการใช้ประโยชน์ได้ ระบบนิเวศในกระเพาะรูเมน และผลผลิตของน้ำนมในโคพบว่ากรดอะซิติกของกลุ่มที่หมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 มีความเข้มข้นต่ำกว่าไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ในขณะที่กรดบิวทีริกของกลุ่มที่หมัก

ด้วยสารเสริมไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับรายงานของ Hungate (1966) ที่รายงานว่า กรดอะซิติก และกรดบิวทีริก มีค่าอยู่ที่ 62 และ 22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยปกติปริมาณของกรดไขมันระเหยได้จะแปรผันตามปริมาณ และชนิดอาหารที่ได้รับ ซึ่งกรดอะซิติกมีประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรดบิวทีริกมีค่าค่อนข้างคงที่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ (บุญล้อม, 2541; ฉลอง, 2541)

ในขณะที่กรดโพรพิออนิก (propionic acid, C3) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวมของกลุ่ม FDPML สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของกรดแลคติกที่สูงใน FDPML อาจทำให้ความเข้มข้นของโพรพิโอเนตเพิ่มขึ้น เนื่องจากกรดแลคติกถูกเปลี่ยนไปเป็นโพรพิโอเนตโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดยความเข้มข้นของโพรพิโอเนตที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 13.23-19.77, 16.28-20.85 และ 15.03-20.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับ บุญล้อม, 2541 ที่รายงานว่าความเข้มข้นของโพรพิโอเนตมีค่าประมาณ 18.00-20.00 เปอร์เซ็นต์ คล้ายคลึงกับ So และคณะ (2021) ที่ศึกษาผลของชานอ้อยหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 เอนไซม์เซลลูเลส และกากน้ำตาล ต่อการใช้ประโยชน์ได้ ระบบนิเวศในกระเพาะรูเมน และผลผลิตของน้ำนมในโค พบว่ากรดโพรพิออนิกของกลุ่มที่หมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สูงกว่ากลุ่มที่หมักด้วยเอนไซม์เซลลูเลสร่วมกับกากน้ำตาล และกลุ่มที่หมักด้วยเซลลูเลสกับกากน้ำตาลร่วมและแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และสอดคล้อง Cherdthong และคณะ (2021) ที่ศึกษาฟางข้าวที่หมักด้วย แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล 50 กรัมต่อกิโลกรัม และเอนไซม์เซลลู-เลส พบว่าฟางข้าวที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 และกากน้ำตาลมีความเข้มข้นของโพรพิโอเนตสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เช่นเดียวกันกับสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิก (C2:C3) และกรด-อะซิติกรวมกับกรดบิวทีริกต่อกรดโพรพิออนิก (C2+4:3) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมของกลุ่ม FDPML ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของกรดโพรพิออนิก และสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิกที่ต่ำจะส่งผลช่วยให้เก็บพลังงานได้สูงขึ้น เนื่องจากกรดโพรพิออนิกมีประสิทธิภาพของพลังงานสูงกว่ากรดอะซิติก

(Van Soest, 1994) สอดคล้องกับ So และคณะ (2021) ที่ศึกษาผลของชานอ้อยหมักด้วยแลคโต-บาซิลลัส คาเซอิ TH14 เอนไซม์เซลลูเลส และกากน้ำตาล ต่อการใช้ประโยชน์ได้ ระบบนิเวศในกระเพาะรูเมน และผลผลิตของน้ำนมในโคและ Cherdthong และคณะ (2021) ที่ศึกษาฟางข้าวที่หมักด้วย แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล 50 กรัมต่อกิโลกรัม และเอนไซม์เซลลูเลส 10,000 ยูนิตต่อกิโลกรัม พบว่ากลุ่มที่หมักด้วยสารเสริม (กากน้ำตาล เอนไซม์เซลลูเลส และแลคโต-บาซิลลัส คาเซอิ TH14) มีค่าสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิกต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

แก๊สมีเทน (CH_4) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวมของกลุ่ม FDPML ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของกรดโพรพิออนิก เนื่องจากไฮโดรเจนถูกใช้สำหรับการสังเคราะห์โพรพิโอเนต ส่งผลให้มีไฮโดรเจนต่ำลงในวิถีการสร้างเมทาโนเจน (methanogenesis pathway) ของแบคทีเรียที่มีเมทาโน-เจนเพื่อผลิตแก๊สมีเทน (Doyle *et al.,* 2019) สอดคล้องกับรายงานของ So และคณะ (2021) ที่ศึกษาผลของชานอ้อยหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 เอนไซม์เซลลูเลส และกากน้ำตาล ต่อการใช้ประโยชน์ได้ ระบบนิเวศในกระเพาะรูเมน และผลผลิตของน้ำนมในโคพบว่ากลุ่มที่หมักด้วยสารเสริม (กากน้ำตาล เอนไซม์เซลลูเลส และแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14) มีค่าความเข้มข้นของแก๊สมีเทนต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทำนองเดียวกันกับ Lu และคณะ (2016) ที่ศึกษาผลของการใช้ผลิตภัณฑ์ที่หมักด้วยเอนไซม์เซลลูเลส และยีสต์ ต่อโภชนะ การย่อย-ได้ การหมักในกระเพาะรูเมน และการปล่อยแก๊สมีเทนในแพะ พบว่ากลุ่มที่หมักด้วยสารเสริม (เอนไซม์เซลลูเลส และยีสต์) สามารถทำให้แก๊สมีเทนลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.7 ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ของของเหลว และแก๊สมีเทนในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมที่มีเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริม

Attribute	Dietary treatment[1]					SEM	P-value
	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML		
Total VFA, mmol/L							
0 h-post feeding	86.50	93.13	97.63	96.79	99.54	6.26	0.62
4	95.12	97.09	100.26	102.30	104.58	8.42	0.93
Mean	90.81	95.11	98.95	99.55	102.06	4.98	0.56
C2 %							
0 h-post feeding	74.17	77.22	75.94	74.31	71.73	1.49	0.17
4	73.99	73.77	72.31	72.89	70.75	1.14	0.32
Mean	74.08	75.49	74.12	73.61	71.24	1.21	0.23
C3 %							
0 h-post feeding	13.88^{b}	13.23^{b}	15.03^{b}	15.82^{b}	19.77^{a}	0.82	<0.01
4	16.28^{b}	16.83^{b}	18.17^{b}	17.92^{b}	20.85^{a}	0.73	<0.01
Mean	15.08^{b}	15.03^{b}	16.59^{b}	16.87^{b}	20.31^{a}	0.66	<0.01

[1]FDP = untreated discarded durian peel in TMR; FDPM = treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC = treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL = treated discarded durian peel with *L. casei* TH1 4 in TMR; FDPML = treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH1 4 in TMR; [2]SEM = standard error of the mean; [a–c] Means in the same row with different letters differ ($p<0.05$); VFA= volatile fatty acid; C2= acetic acid; C3= propionic acid.

ตารางที่ 4.7 ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ของของเหลว และแก๊สมีเทนในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมที่มีเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริม (ต่อ)

Attribute	Dietary treatment[1]					SEM	P-value
	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML		
C4 %							
0 h-post feeding	9.77	7.81	7.45	8.06	7.18	0.87	0.30
4	8.91	7.96	8.32	8.24	7.50	0.54	0.49
Mean	9.34	7.89	7.89	8.15	7.34	0.64	0.31
%Other VFA							
0 h-post feeding	2.18	1.74	1.58	1.81	1.31	0.42	0.70
4	0.82	1.45	1.20	0.95	0.90	0.26	0.43
Mean	1.50	1.60	1.39	1.38	1.10	0.30	0.82
C2:C3							
0 h-post feeding	6.02^{a}	5.98^{a}	5.32^{a}	4.92^{a}	3.73^{b}	0.38	<0.01
4	4.62^{a}	4.49^{a}	4.16^{ab}	4.14^{ab}	3.42^{b}	0.27	0.07
Mean	5.32^{a}	5.23^{a}	4.74^{a}	4.53^{a}	3.58^{b}	0.27	<0.01
C2+4:3							
0 h-post feeding	6.74^{a}	6.58^{a}	5.85^{a}	5.45^{a}	4.11^{b}	0.40	<0.01
4	5.18^{a}	4.96^{a}	4.62^{ab}	4.60^{ab}	3.78^{b}	0.28	0.04
Mean	5.96^{a}	5.77^{ab}	5.24^{ab}	5.03^{b}	3.94^{c}	0.27	<0.01
CH_4 g/d							
0 h-post feeding	33.47^{a}	34.23^{a}	33.02^{a}	32.32^{a}	29.72^{b}	0.65	<0.01
4	32.38^{a}	31.75^{a}	30.88^{a}	31.17^{a}	29.10^{b}	0.56	0.01
Mean	32.93^{a}	32.99^{a}	31.95^{a}	31.74^{a}	29.41^{b}	0.52	<0.01

[1]FDP = untreated discarded durian peel in TMR; FDPM = treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC = treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL = treated discarded durian peel with *L. casei* TH14 in TMR; FDPML = treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in TMR; [2]SEM = standard error of the mean; [a–c] Means in the same row with different letters differ (P<0.05); C4= butyric acid; CH_4= Methane.

ประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของแพะ (ตารางที่ 4.8) พบว่าประชากรแบคทีเรีย โปรโตซัว ทั้งโปรโตซัวชนิด *Holotric* และ ชนิด *Entodiniomorph* และประชากรเชื้อรา (Fungal zoospores) ของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยแบคทีเรียมีประชากรที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 1.35-1.60, 1.56-2.20 และ 1.49-1.88 ($x10^{10}$เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ โปรโตซัวมีประชากรที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 2.21-2.88, 2.61-3.42 และ 2.41-3.02 ($x10^{6}$เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ โดยมีโปรโตซัวชนิด *Holotric* ประชากรที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 0.27-0.72, 0.50-1.15 และ 0.49-0.90 ($x10^{5}$เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ และโปรโตซัวชนิด *Entodiniomorph* ประชากรที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 2.14-2.82, 2.50-3.40 และ 2.32-2.96 ($x10^{6}$เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ ซึ่งโปรโตซัวชนิด *Entodiniomorph* มีประชากรสูงกว่าโปรโตซัวชนิด *Holotric* เชื้อรา ประชากรที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 1.55-2.18, 1.62-2.67 และ 1.59-2.29 ($x10^{6}$เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ ประชากรที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมน ซึ่งมีแบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา มีอยู่ประมาณ 10^{10}-10^{11}, 10^{15}-10^{16} และ 10^{3}-10^{7} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (Hungate, 1966; Bauchop, 1979 อ้างโดย ปิ่น, 2564) โดยสมภาพรูเมนที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 7.00-7.10 (Weimer, 1996) และ 5.70-7.30 (Van Soest, 1994 และ เมธา, 2533 อ้างโดย ปิ่น, 2564) และจากผลการศึกษาเปลือกทุเรียนหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 6.44-6.71 ซึ่งทำให้จำนวนของแบคทีเรียไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทำนองเดียวกันกับ Cherdthong และคณะ (2021) ที่ศึกษาฟางข้าวที่หมักด้วย แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล 50 กรัมต่อกิโลกรัม และเอนไซม์เซลลูเลส 10,000 ยูนิตต่อกิโลกรัม พบว่า ประชากรโปรโตซัว เชื้อราของทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ประชากรแบคทีเรียในกระเพาะรูเมนของกลุ่มที่หมักด้วยสารเสริม มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คล้ายคลึงกับ Giraldo และคณะ (2007) ที่ศึกษาผลการเสริมเซลลูเลสต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการหมักของอาหารที่มีเยื่อใยสูงในเครื่องหมัก (rusitec

fermenters) พบว่าการเสริมเซลลูเลสไม่มีผลต่อประชากรจุลินทรีย์ในรูเมน ในทำนองเดียวกันกับ Bureenok และคณะ (2011) ที่ศึกษาผลของน้ำหมัก (FJLB) และกากน้ำตาล ต่อการย่อยได้ การหมักในกระเพาะรูเมน ของหญ้ารูซี่ พบว่ากลุ่มที่หมักด้วยสารเสริม (กากน้ำตาล และน้ำหมัก) มีประชากรแบคทีเรียไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามประชากรจุลินทรีย์มีความแปรผันตาม ชนิดอาหาร สัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบ ระยะเวลาในการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน สภาพความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน (Van Soest, 1994)

ตารางที่ 4.8 จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อรา ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ

Attribute	Dietary treatment[1]					SEM[2]	P-value
	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML		
Total direct counts (cell/ml)							
Bacteria ($x10^{10}$)							
0 h-post feeding	1.60	1.56	1.45	1.35	1.45	1.38	0.50
4	1.90	2.20	1.67	1.63	1.56	2.01	0.67
Mean	1.75	1.88	1.56	1.49	1.51	1.67	0.43
Protozoa ($x10^{6}$)							
0 h-post feeding	2.88	2.51	2.47	2.21	2.29	0.26	0.11
4	3.16	3.47	3.15	2.63	2.61	0.32	0.13
Mean	3.02	2.99	2.81	2.41	2.46	0.26	0.09

[1]FDP = untreated discarded durian peel in TMR; FDPM = treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC = treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL = treated discarded durian peel with *L. casei* TH14 in TMR; FDPML = treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in TMR; [2]SEM = standard error of the mean; [a–c] Means in the same row with different letters differ ($P<0.05$).

ตารางที่ 4.8 จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อรา ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ (ต่อ)

Attribute	Dietary treatment[1]					SEM[2]	P-value
	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML		
Holotric ($x10^5$)							
0 h-post feeding	0.63	0.57	0.40	0.72	0.27	0.28	0.74
4	0.50	0.75	0.57	1.07	1.15	0.45	0.34
Mean	0.56	0.66	0.49	0.90	0.72	0.21	0.44
Entodiniomorph ($x10^6$)							
0 h-post feeding	2.82	2.45	2.43	2.14	2.26	1.47	0.11
4	3.11	3.40	3.09	2.52	2.50	1.44	0.10
Mean	2.96	2.92	2.76	2.32	2.39	1.45	0.13
Fungal zoospores ($x10^6$)							
0 h-post feeding	2.18	1.92	1.67	1.67	1.55	0.29	0.13
4	2.25	2.67	2.16	1.65	1.62	0.40	0.19
Mean	2.21	2.29	1.92	1.66	1.59	0.30	0.15

[1]FDP = untreated discarded durian peel in TMR; FDPM = treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC = treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL = treated discarded durian peel with *L. casei* TH1 4 in TMR; FDPML = treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH1 4 in TMR; [2]SEM = standard error of the mean; [a–c] Means in the same row with different letters differ ($P<0.05$).

เมแทบอไลท์ในกระแสเลือด

ยูเรีย-ไนโตรเจน ความเข้มข้นของกลูโคส และปริมาณเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่น

ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (ตารางที่ 4.9) พบว่า ยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวมของกลุ่ม FDPML มีค่าต่ำกลุ่มควบคุม (FDP) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่ายูเรีย-ไนโตรเจนมีสหสัมพันธ์สูง (highly correlation) กับปริมาณโปรตีนที่กินได้ และสัมพันธ์กับระดับการผลิตแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน (Preston and Leng, 1987) ซึ่งเป็นผลสอดคล้องกับค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ภายในกระเพาะหมักของกลุ่มที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส ที่มีค่าต่ำ จึงส่งผลให้ค่ายูเรีย-ไนโตรเจนมีค่าต่ำตามไปด้วย อย่างไรก็ตามค่าของทั้ง 5 กลุ่มยังอยู่ในช่วงปกติของแพะ คือ 11.20-27.70 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Lloyd,1982) โดยค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดในการศึกษาครั้งนี้ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 18.16-22.87, 18.98-24.57 และ 18.57-23.72 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ในทำนองเดียวกันกับ Polsit และคณะ (2011) ที่ได้ใช้เปลือกทุเรียนร่วมกับมันสำปะหลังสดหมักยีสต์ พบว่าระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (blood urea-nitrogen: BUN) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่ Cherdthong และคณะ (2021) ที่ศึกษาฟางข้าวที่หมักด้วย แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล 50 กรัมต่อกิโลกรัม และเอนไซม์เซลลูเลส 10,000 ยูนิตต่อกิโลกรัม พบว่าค่ายูเรีย-ไนโตรเจนของกลุ่มที่หมักด้วยสารเสริม (กากน้ำตาล เอนไซม์เซลลูเลส และแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14) ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

ความเข้มข้นของกลูโคส ปริมาณเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่น ในกระแสเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ความเข้มข้นของกลูโคส ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 66.20-68.40, 70.60-73.60 และ 68.70-70.20 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งอยู่ในช่วงปกติ คือ 50-75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ถึงแม้ว่าค่าความเข้มข้นของกลูโคสของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่ม FDPML มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดโพรพิออนิกที่เป็นสารตั้งต้นสังเคราะห์กลูโคส (เมธา, 2533) สอดคล้องกับ สันติ และคณะ (2555) ที่ศึกษาผลของการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับ

กากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในโคพื้นเมือง พบว่าความเข้มข้นของกลูโคส และปริมาณเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่นของกลุ่มที่หมักด้วยกากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม และมีค่าอยู่ในช่วงปกติ คือ 60.16-62.41 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ทำนองเดียวกันกับ พรพรรณ และคณะ (2564) ที่ศึกษาการใช้เปลือกตาลหมักต่อสมรรถนะการดจริญเติบโตและการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม พบว่ากลุ่มที่หมักด้วยน้ำพืชหมัก และกากน้ำตาลมีค่าความเข้มข้นของกลูโคสไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในส่วนของปริมาณเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่น ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 28.80-29.80, 27.00-28.80 และ 28.20-29.30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในช่วงปกติ คือ 22-38 เปอร์เซ็นต์ (Jain, 1993) โดยใช้ปริมาณเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่นในการประเมินสุขภาพสัตว์เบื้องต้น จึงสามารถสรุปได้ว่าการศึกษาครั้งนี้สัตว์ทดลองมีสุขภาพดี โดยไม่ได้รับผลกระทบจากอาหารทดลอง สอดคล้องกับ สันติ และคณะ (2555) ศึกษาผลของการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในโคพื้นเมือง และ ณัฐฐา และคณะ (2552) ที่ศึกษาผลการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อการกินได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในแพะ พบว่าความเข้มข้นของกลูโคส และปริมาณเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่นของกลุ่มที่หมักด้วยกากน้ำตาลที่ระดับต่างๆ ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Zhao และคณะ (2019) ที่ศึกษาผลของแทนนินและเซลลูเลสต่อการเจริญเติบโต การย่อยได้ของสารอาหาร โปรไฟล์ของเลือด สัณฐานวิทยาของลำไส้ และลักษณะซากของแกะหู พบว่าความเข้มข้นของกลูโคสของกลุ่มที่หมักด้วยแทนนิน และเอนไซม์เซลลูเลส ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4.9 ยูเรีย-ไนโตรเจน ความเข้มข้นของกลูโคส และปริมาณเม็ดเลือดแดงที่อัดในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรด-แลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ

Attribute	Dietary treatment[1]					SEM[2]	P-value
	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML		
BUN, mg/dL							
0 h-post feeding	22.87^{a}	20.48^{b}	20.28^{b}	18.72^{bc}	18.16^{c}	0.65	<0.01
4	24.57^{a}	21.13^{ab}	22.65^{ab}	19.49^{b}	18.98^{b}	1.48	0.11
Mean	23.72^{a}	20.80^{bc}	21.47^{ab}	19.11^{bc}	18.57^{c}	0.79	0.01
Glu, mg/dL							
0 h-post feeding	66.80	66.20	68.40	66.40	67.80	1.58	0.83
4	70.60	73.60	71.60	73.60	72.60	2.85	0.93
Mean	68.70	69.90	70.00	70.00	70.20	2.09	0.99
PCV, %							
0 h-post feeding	28.80	29.80	29.80	29.40	28.80	0.56	0.58
4	28.00	27.60	28.80	28.80	27.00	0.73	0.38
Mean	28.40	28.70	29.30	29.40	28.20	0.57	0.51

[1]FDP = untreated discarded durian peel in TMR; FDPM = treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC = treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL = treated discarded durian peel with *L. casei* TH1 4 in TMR; FDPML = treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in TMR; [2]SEM = standard error of the mean $^{a–c}$ Means in the same row with different letters differ (P<0.05); BUN= blood urea nitrogen; Glu= glucose; PCV= packed cell volume.

พลาสมาโปรตีน

ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อค่าเมแทบอไลท์ในกระแสเลือด (ตารางที่ 4.10) พบว่า โปรตีนรวม (Total protein, TP) อัลบูมิน (Albumin, ALB) โกลบูมิน (Globumin, GLB) และ สัดส่วนอัลบูมินต่อโกลบูมิน (A/G ratio) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) การประเมินด้วยพลาสมาโปรตีน สามารถบ่งชี้ถึงภาวะทางโภชนาการของร่างกายในระยะยาว โดยโปรตีนรวม ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 6.22-6.44, 6.16-6.21 และ 6.19-6.33 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าอยู่ในช่วงปกติของแพะ คือ 6.40-7.80 กรัมต่อลิตร (Plumb, 2005 อ้างโดย Administrator-GL, 2009) สอดคล้องกับ Zhang และคณะ (2019) ที่ศึกษาผลของการเพิ่มสารเติมแต่งหญ้าหมักแบบต่างๆ ให้กับพืชข้าวโพดทั้งต้นที่เกาะเป็นก้อนต่อประสิทธิภาพการทำงาน การหมักกระเพาะหมัก และลักษณะทางสรีรวิทยาของซีรัมของโคที่โตเต็มที่ พบว่าโปรตีนทั้งหมดในกระแสเลือด ของกลุ่มที่เติมสารเสริม (แบคทีเรียกกรดแลคติก, กรดเกลือ และแบคทีเรียกกรดแลคติกร่วมกับกรดเกลือ) ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

ทำนองเดียวกันกับค่าอัลบูมิน ที่มีค่าอยู่ในช่วงปกติของแพะ (2.40-4.40 กรัมต่อลิตร) (Plumb, 2005 อ้างโดย Administrator-GL, 2009) โดยที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 3.67-3.73, 3.66-3.70 และ 3.67-3.71 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในขณะที่ Zhang และคณะ (2019) ที่ศึกษาผลของการเพิ่มสารเติมแต่งหญ้าหมักแบบต่างๆ ให้กับพืชข้าวโพดทั้งต้นที่เกาะเป็นก้อนต่อประสิทธิภาพการทำงาน การหมักกระเพาะหมัก และลักษณะทางสรีรวิทยาของซีรัมของโคที่โตเต็มที่ พบว่าของกลุ่มแบคทีเรียกกรดแลคติก มีค่าอัลบูมิน สูงกว่ากลุ่มที่เติมกรดเกลือ และกลุ่มควบคุม และโกลบูมินที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 2.54-2.71, 2.43-2.53 และ 2.50-2.62 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีค่าอยู่ในช่วงปกติของแพะ คือ 2.70-7.40 กรัมต่อลิตร (Merck, 2008) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 1.40-1.47, 1.47-1.54 และ 1.44-1.50 ตามลำดับ ประเมินรายละเอียดการเผาผลาญของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีนผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส มีค่าอยู่ในช่วงปกติ (P>0.05) (Russell and Roussel, 2007)

ตารางที่ 4.10 ค่าพลาสมาโปรตีนในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ

Attribute	Dietary treatment[1]					SEM[2]	P-value
	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML		
TP, g/L							
0 h-post feeding	6.24	6.22	6.44	6.30	6.24	0.12	0.72
4	6.17	6.16	6.21	6.17	6.16	0.08	0.99
Mean	6.21	6.19	6.33	6.24	6.20	0.08	0.82
ALB, g/L							
0 h-post feeding	3.67	3.67	3.73	3.68	3.70	0.05	0.90
4	3.66	3.68	3.68	3.70	3.70	0.03	0.83
Mean	3.67	3.68	3.71	3.69	3.70	0.03	0.92
GLB, g/L							
0 h-post feeding	2.56	2.54	2.71	2.61	2.54	0.08	0.61
4	2.50	2.47	2.53	2.47	2.43	0.07	0.92
Mean	2.53	2.51	2.62	2.54	2.50	0.06	0.73
A/G ratio							
0 h-post feeding	1.45	1.47	1.40	1.44	1.47	0.03	0.57
4	1.48	1.52	1.47	1.54	1.52	0.04	0.66
Mean	1.46	1.50	1.44	1.49	1.50	0.03	0.61

[1]FDP = untreated discarded durian peel in TMR; FDPM = treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC = treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL = treated discarded durian peel with *L. casei* in TMR; FDPML = treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in TMR; [2]SEM = standard error of the mean; [a–c] Means in the same row with different letters differ ($p<0.05$); TP= total protein; ALB= albumin; GLB= globulin; A/G ratio= albumin to globulin ratio.

ค่าเม็ดเลือดแดง

ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อค่าเม็ดเลือดแดง (ตารางที่ 4.11) พบว่าค่าเม็ดเลือดแดง (red blood cell, RBC) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวมของกลุ่ม FDPC สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามค่าเม็ดเลือดแดงของกลุ่ม FDPC (4.08) ยังอยู่ในช่วงปกติของแพะ คือ 4-13 ($x 10^6$) ไมโครลิตร โดยที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 4.44-4.80, 4.29-4.55 และ 4.36-4.68 ($x10^6$) ไมโครลิตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าฮีโมโกลบิน (hemoglobin, HgB) และโดยที่ช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวมของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และมีค่าอยู่ในช่วงปกติของแพะ (8-12 กรัมต่อเดซิลิตร) (Plumb, 2005 อ้างโดย Administrator-GL, 2009) โดยที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 10.82-11.18, 10.12-10.78 และ 10.60-10.92 กรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ

ในขณะที่ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง (mean cell volume, MCV) ที่เวลา 0 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ยรวม ของกลุ่มที่เสริมแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 (FDPL และ FDPML) สูงกว่ากลุ่ม FDPC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ชั่วโมงที่ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เป็นค่าที่บอกขนาดเฉลี่ยของเม็ดเลือดแดง โดยที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 62.28-67.98, 63.36-68.22 และ 62.97-67.93 เฟมโตลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับค่าเฉลี่ยระดับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (mean cell hemoglobin, MCH) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวมของกลุ่มที่เสริมแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 (FDPL และ FDPML) สูงกว่ากลุ่ม FDPM และ FDPC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 23.34-24.84, 23.60-25.52 และ 23.47-25.18 พิโคกรัม ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (mean cell hemoglobin concentration, MCHC) และค่าการกระจายตัวของเม็ดเลือดแดง (RDW-CV) ที่มีความสัมพันธ์กันกลับพบว่า เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวมของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และ

ค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 36.56-37.46, 37.08-37.72 และ 36.99-37.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าการกระจายตัวของเม็ดเลือดแดง ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 29.22-29.80, 28.78-28.97 และ 29.10-29.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับและรายงาน Gabriel และคณะ (2018) ศึกษาผลของเปลือกมันสำปะหลังเสริมยูเรีย และกากน้ำตาลต่อการย่อยได้ สมดุลไนโตเจนและค่าเลือดของแพะ พบว่ากลุ่มที่เสริมยูเรียร่วมกับกากน้ำตาล มีค่าเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในทำนองเดียวกันกับ Omotoso และคณะ (2019) ศึกษาผลของกากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และค่าเลือดของแพะ พบว่า การเสริมกากน้ำตาล (0, 1, 2, 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ค่าเฉลี่ยระดับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงไม่แตกต่างกันกับกลุ่มควบคุมทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.11 ค่าเม็ดเลือดแดงของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ

Attribute	Dietary treatment[1]					SEM[2]	P-value
	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML		
RBC, count x 10^6/μL							
0 h-post feeding	4.46^{ab}	4.67^{ab}	4.80^{a}	4.44^{ab}	4.36^{b}	0.12	0.16
4	4.32^{ab}	4.36^{ab}	4.55^{a}	4.29^{ab}	3.27^{b}	0.14	0.14
Mean	4.39^{ab}	4.52^{ab}	4.68^{a}	4.36^{ab}	4.17^{b}	0.12	0.13
HgB, g/dL							
0 h-post feeding	10.74	10.90	11.18	10.90	10.82	0.24	0.76
4	10.46	10.40	10.66	10.78	10.12	0.24	0.43
Mean	10.60	10.65	10.92	10.84	10.87	0.23	0.67

[1]FDP = untreated discarded durian peel in TMR; FDPM = treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC = treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL = treated discarded durian peel with *L. casei* TH14 in TMR; FDPML = treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in TMR; [2]SEM = standard error of the mean; [a–c] Means in the same row with different letters differ (P<0.05); RBC= red blood cell; HgB= hemoglobin;

ตารางที่ 4.11 ค่าเม็ดเลือดแดงของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ (ต่อ)

Attribute	Dietary treatment[1]					SEM[2]	P-value
	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML		
MCV, fL							
0 h-post feeding	64.64^{ab}	63.88^{ab}	62.28^{b}	67.98^{a}	67.64^{a}	1.26	<0.01
4	65.20	63.36	63.66	67.40	68.22	1.71	0.23
Mean	64.92^{ab}	63.62^{ab}	62.97^{b}	67.69^{a}	67.93^{a}	1.42	0.09
MCH, pg							
0 h-post feeding	24.12^{ab}	23.40^{b}	23.34^{b}	24.66^{a}	24.84^{a}	0.39	0.05
4	24.32^{abc}	23.92^{bc}	23.60^{c}	25.28^{ab}	25.52^{a}	0.46	0.06
Mean	24.23^{ab}	23.66^{bc}	23.47^{c}	24.92^{a}	25.18^{a}	0.40	0.04
MCHC, %							
0 h-post feeding	37.26	36.70	37.46	36.56	36.78	0.34	0.33
4	37.30	37.72	37.08	37.42	37.45	0.48	0.91
Mean	37.28	37.21	37.27	36.99	37.11	0.32	0.96
RDW-CV,%							
0 h-post feeding	29.22	29.60	29.80	29.32	29.67	0.31	0.67
4	28.97	28.80	29.20	28.78	28.83	0.33	0.82
Mean	29.10	29.20	29.50	29.12	29.25	0.29	0.87

[1]FDP = untreated discarded durian peel in TMR; FDPM = treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC = treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL = treated discarded durian peel with *L. casei* TH14 in TMR; FDPML = treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in TMR; [2]SEM = standard error of the mean; [a–c] Means in the same row with different letters differ (P<0.05); MCV= mean corpuscular volume; MCH= mean corpuscular hemoglobin; MCHC= mean corpuscular hemoglobin concentration; RDW-CV= red blood cell distribution width.

ค่าเม็ดเลือดขาว

ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อค่าเม็ดเลือดขาว (ตารางที่ 4.12) พบว่า เม็ดเลือดขาว (white blood cell count: WBC) เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโตรฟิล (polymorphonuclear neutrophil, PMN) ลิมโฟไซต์ (lymph)โมโนไซต์ (monocyte, Mono) และชนิดอีโอซิโนฟิล (eosinophil, Eco) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวมของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) จำนวนเม็ดเลือดขาวมีความสัมพันธ์กับภาวการณ์อักเสบ ติดเชื้อในร่างกาย โดยจะสร้างเม็ดเลือดขาวที่จำเพาะต่อสิ่งแปลกปลอมนั้นโดยเฉพาะ จึงสามารถใช้ชนิดของเม็ดเลือดขาวเป็นข้อมูลบ่งชี้ได้ โดยเม็ดเลือดขาว ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 9.33-11.22, 9.49-12.01 และ 9.42-11.48 ($x\ 10^3$) ไมโครลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงปกติของแพะ คือ 4.00-13.00 cell/mm^3 (Plumb, 2005 อ้างโดย Administrator-GL, 2009) สอดคล้องกับชนิดเม็ดเลือดขาวอื่นๆ ต่อไป โดยเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโตรฟิล ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 37.20-41.60, 40.80-47.00 และ 39.40-44.30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงปกติของแพะ คือ 30.00-48.00 เปอร์เซ็นต์ (Plumb, 1999 อ้างโดย Administrator-GL, 2009) แสดงว่าสัตว์ทดลองมีภาวะภูมิคุ้มกันปกติ และไม่มีการติดเชื้อในขณะทดลอง สอดคล้องกับค่าเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 52.20-60.00, 50.60-54.20 และ 50.47-56.20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงปกติของแพะ คือ 50.00-70.00 เปอร์เซ็นต์ (Plumb, 2005 อ้างโดย Administrator-GL, 2009) ที่แสดงให้เห็นว่าสัตว์ทดลองไม่มีการติดเชื้อไวรัส (Administrator-GL, 2009) หรือการติดเชื้อเพิ่มเติมจากการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำหน้าที่โดยเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโตรฟิล

ในทำนองเดียวกันกับค่าเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ ที่แสดงถึงการติดเชื้อเรื้อรัง หรือการติดเชื้อโปรโตซัว เช่น โรคไข้เห็บ ซึ่งมักจะแสดงค่าเม็ดเลือดชนิดนี้สูงกว่าค่ามาตรฐาน อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้มีเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์อยู่ในช่วงมาตรฐาน (0.00-4.00 เปอร์เซ็นต์) (Plumb, 1999 อ้างโดย Administrator-GL, 2009) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วง 3.80-7.20, 1.80-5.40 และ 3.00-5.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ

สอดคล้องกับ ค่าเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอซิโนฟิล ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.40-2.40, 0.60-1.20 และ 0.80-1.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามค่าปกติของแพะ คือ 1-8 เปอร์เซ็นต์ (Nutman, 2007) แสดงว่าสัตว์ไม่มีการติดเชื้อเรื่อรังจากปรสิต พยาธิ ซึ่งอาจเนื่องมาจากก่อนเริ่มการทดลองได้ทำการถ่ายพยาธิให้สัตว์ทดลองก่อนนำเข้าทดลอง สอดคล้องกับ Omotoso และคณะ (2019) ศึกษาผลของกากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และค่าเลือดของแพะ พบว่า การเสริมกากน้ำตาล (0, 1, 2, 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเม็ดเลือดขาวเปอร์เซ็นต์ลิมโฟไซต์ นิวโตรฟิล โมโนไซต์ อีโอซิโนฟิลไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมทางสถิติ (P>0.05) และในทำนองเดียวกันกับ Gabriel และคณะ (2018) ศึกษาผลของเปลือกมันสำปะหลังเสริมยูเรีย และกากน้ำตาลต่อการย่อยได้ สมดุลไนโตเจนและค่าเลือดของแพะ พบว่า กลุ่มที่เสริมยูเรียร่วมกับกากน้ำตาล (อัตราส่วน10/40 และ 15/35) มีค่าเม็ดเลือดขาวไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมยูเรียกับกากน้ำร่วมทุกอัตราส่วนมีเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ โมโนไซต์ และอีโอซิโนฟิล ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.12 ค่าเม็ดเลือดขาวของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวมใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ (ต่อ)

Attribute	Dietary treatment[1]					SEM[2]	P-value
	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML		
WBC, count x 10^3/µL							
0 h-post feeding	9.34	10.33	11.22	10.63	10.95	0.69	0.40
4	9.49	10.51	11.68	11.84	12.02	0.84	0.23
Mean	9.42	10.42	11.45	11.24	11.48	0.86	0.73
PMN, %							
0 h-post feeding	38.00	37.20	38.20	35.40	41.60	3.93	0.85
4	40.80	42.60	46.40	44.60	47.00	3.87	0.77
Mean	39.40	39.90	42.30	40.00	44.30	3.65	0.86
Lymp, %							
0 h-post feeding	53.80	56.00	53.80	60.00	52.20	3.84	0.66
4	54.20	50.80	50.60	52.40	48.75	4.04	0.89
Mean	54.00	53.40	52.20	56.20	50.47	3.67	0.85
Mono, %							
0 h-post feeding	7.20	6.40	6.00	4.20	3.80	1.59	0.53
4	3.80	5.40	2.40	1.80	3.50	1.00	0.17
Mean	5.50	5.90	4.20	3.00	3.65	1.01	0.28
Eco, %							
0 h-post feeding	1.00	0.40	2.00	0.40	2.40	0.77	0.28
4	1.20	1.20	0.60	1.20	0.75	0.49	0.84
Mean	1.37	0.80	1.30	0.80	1.72	0.48	0.70

[1]FDP = untreated discarded durian peel in TMR; FDPM = treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC = treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL = treated discarded durian peel with *L. casei* TH14 in TMR; FDPML = treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH14 in TMR; [2]SEM = standard error of the mean; [a–c] Means in the same row with different letters differ (P<0.05); WBC=white blood cell; PMN= polymorphonuclear neutrophil: Lymp=lymphocyte; Mono=Monocyte; Eco=Eosinophil.

ความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อสมดุลไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน (ตารางที่ 4.13) พบว่า ปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด (N intake) ของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 18.39-20.03 กรัมต่อวัน ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้อิสระที่ไม่แตกต่างกัน ในทำนองเดียวกันปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูล (Fecal) ทั้งในหน่วย กรัมต่อวัน และเปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ (Urine) ในหน่วยกรัมต่อวัน และไนโตรเจนทั้งหมดที่สูญเสีย (total N loss) ของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) แต่เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ (Urine) ของกลุ่ม FDPM, FDPC และ FDPML มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) การขับไนโตรเจนออกทางปัสสาวะที่ต่ำกว่า จะส่งผลให้เพิ่มการสะสมของไนโตรเจนตามสัดส่วนของไนโตรเจนที่ย่อยได้ สอดคล้องกับ Santoso และคณะ (2007) ที่รายงานว่าการสูญเสียไนโตรเจนในปัสสาวะที่ลดลงสะท้อนถึงการดูดซึมไนโตรเจนที่ต่ำกว่าและส่งผลให้อัตราส่วนของไนโตรเจนที่สะสมต่อไนโตรเจนที่ย่อยสูงขึ้น สอดคล้องกับ Santoso และคณะ (2021) ที่ศึกษาการเติมแบคทีเรียเซลลูโลไลติกในอาหารจากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรสำหรับแพะ Kacang พบว่าการเติมแบคทีเรียเซลลูโลไลติกส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่ Cherdthong และคณะ (2021) ที่ศึกษาฟางข้าวที่หมักด้วย แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล 50 กรัมต่อกิโลกรัม และเอนไซม์เซลลูเลส 10,000 ยูนิตต่อกิโลกรัม พบว่ากลุ่มที่ใช้สารเสริม (แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเซลลูเลส) มีปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะกรัมต่อวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.30-2.40 กรัมต่อวัน

ค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมกรัมต่อวัน (absorbed) และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายกรัมต่อวัน (retained) ของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) แต่เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (absorbed) ของกลุ่ม FDPC, FDPL และ FDPML สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สอดคล้องกับ Cherdthong และคณะ (2021) แลคโตบาซิลลัส คาเซอิ

TH14 พบว่าปริมาณการกินได้ของไนโตรเจน ค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมกรัมต่อวัน และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายกรัมต่อวัน ของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (N Efficiency) ของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) จากการศึกษานี้มีสมดุลไนโตรเจนเป็นบวก ในทำนองเดียวกันกับ Santoso และคณะ (2021) ที่ศึกษาการเติมแบคทีเรียเซลลูโลไลติกในอาหารจากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตรสำหรับแพะ พบว่ากลุ่มที่เติมแบคทีเรียเซลลูโลไลติกมีค่าปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูล ไนโตรเจนที่ย่อยได้ และไนโตรเจนกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ทำนองเดียวกับกับ Islam และคณะ (2001) ศึกษาพลังงานและการใช้โปรตีนของแพะที่เลี้ยงด้วยข้าวไรกราสอิตาลีหมักด้วยกากน้ำตาล ยูเรีย เอนไซม์เซลลูเลส หรือเซลลูเลสร่วมกับแบคทีเรียกรดแลคติก พบว่า กลุ่มที่เสริมกากน้ำตาล เอนไซม์เซลลูเลส และเซลลูเลสร่วมกับแบคทีเรียกรดแลคติก มีค่าไนโตรเจนที่ย่อยได้ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทำนองเดียวกันกับ Santoso และคณะ (2004) ศึกษาผลของการเสริม galacto-oligosaccharides, *Yucca schidigera* ในกระเพาะรูเมนเมแทบอลิซึมของไนโตรเจนและพลังงานในแกะ พบว่า ทุกกลุ่มมีค่าปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด และไนโตรเจนที่ย่อยได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกันกับ Mwenya และคณะ (2004) ที่ศึกษาผลของ เบต้า 1–4 galacto-oligosaccharides, แบคทีเรียกรดแลคติก ยีสต์ ต่อเมทาโนเจเนซิส การใช้ประโยชน์ของพลังงานและไนโตรเจนในแกะ พบว่าทุกกลุ่มมีค่าไนโตรเจนที่ย่อยได้ ไนโตรเจนกักเก็บไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.13 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสูตรรวม ใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบ

Attribute	Dietary treatment[1]					SEM	P-value
	FDP	FDPM	FDPC	FDPL	FDPML		
N balance, g/d							
intake	20.03	18.39	19.31	19.65	19.03	0.60	0.41
Fecal	5.77	5.27	5.24	5.25	4.97	0.15	0.38
Urine	2.58[a]	2.28[b]	2.32[b]	2.52[a]	2.32[b]	0.30	0.03
Total N loss	8.34	7.55	7.55	7.77	7.23	0.37	0.40
Absorbed	14.27	13.12	14.07	14.40	14.06	0.48	0.93
Retained	11.69	10.84	11.75	11.88	11.74	0.45	0.39
% of N intake							
Fecal	29.19	28.90	27.34	26.94	26.37	0.41	0.51
Urine	13.18	12.32	11.78	12.96	11.85	1.44	0.94
Absorbed	70.81[b]	71.10[b]	72.66[a]	73.06[a]	73.63[a]	0.41	<0.01
N Efficiency	57.63	58.78	60.88	60.10	61.78	1.48	0.38

[1]FDP = untreated discarded durian peel in TMR; FDPM = treated discarded durian peel with molasses in TMR; FDPC = treated discarded durian peel with cellulase in TMR; FDPL = treated discarded durian peel with *L. casei* TH1 4 in TMR; FDPML = treated discarded durian peel with molasses and *L. casei* TH1 4 in TMR; [2]SEM = standard error of the mean; [a–c] Means in the same row with different letters differ (P<0.05).

บทที่ 5

สรุป และข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาผลการใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก และสารเสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมสูตรรวม 5 กลุ่มทดลอง ได้แก่ กลุ่ม 1 (FDPF) เปลือกทุเรียนสดหมัก (กลุ่มควบคุม) กลุ่ม 2 (FDPM) เปลือกทุเรียนสดหมักร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ กลุ่ม 3 (FDPC) เปลือกทุเรียนสดหมักเอนไซม์เซลลูเลส 2 เปอร์เซ็นต์ กลุ่ม 4 (FDPL) เปลือกทุเรียนสดหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 $1x10^5$ cfu/g 0.5 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่ม 5 เปลือกทุเรียนสดหมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 ต่อการย่อยได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในอาหารแพะ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ปริมาณโภชนะที่กินได้

ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อปริมาณการกินได้ พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมด ในหน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และหน่วยกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุ และปริมาณการกินได้ของโปรตีนของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ (NDFI) ปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลส (ADFI) ของกลุ่ม FDP มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น

2. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

กลุ่มที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส (FDPM, FDPC, FDPL และ FDPML) มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เถ้า อินทรียวัตถุ โปรตีน NDF และ ADF สูงกว่ากลุ่มควบคุม (FDP) แต่ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (DOM) โปรตีน (DCP), NDF (DNDF) และ ADF (DADF) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในหน่วยแมกกะแคลอรี่ต่อวัน (Mcal/d) ของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน

3. กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

ความเป็นกรด-ด่างของทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของกลุ่ม FDPM, FDPL และ FDPML ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (FDP)

ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด กรดอะซิติก กรดบิวทีริก และกรด-ไขมันอื่นๆ ของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่กรดโพรพิออนิก ของกลุ่ม FDPML สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$) ส่งผลให้กรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิก และกรดอะซิติกรวมกับกรดบิวทีริกต่อกรด-โพรพิออนิก และแก๊สมีเทนของกลุ่ม FDPML ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ

ประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน แบคทีเรีย โปรโตซัว ทั้งโปรโตซัวชนิด *Holotric* และ ชนิด *Entodiniomorph* และประชากรเชื้อรา ของทุกกลุ่มไม่แตกต่างกัน

4. เมแทบอไลท์ในกระแสเลือด

ยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของกลุ่ม FDPML มีค่าต่ำกลุ่มควบคุม (FDP) แต่ความเข้มข้นของกลูโคส ปริมาณเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่นในกระแสเลือด ค่าฮีโมโกลบิน ค่าการกระจายตัวของเม็ดเลือดแดง ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ไม่มีความแตกต่างกัน

โปรตีนรวม อัลบูมิน โกลบูมิน และ สัดส่วนอัลบูมินต่อโกลบูมิน ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวม ไม่มีความแตกต่างกัน

ค่าเม็ดเลือดแดง ของกลุ่ม FDPC สูงกว่ากลุ่มอื่น ในขณะที่ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดง ค่าเฉลี่ยระดับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ของกลุ่มที่เสริมแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 (FDPL และ FDPML) สูงกว่ากลุ่ม FDPC

เม็ดเลือดขาว นิวโตรฟิล ลิมโฟไซต์ เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ และชนิดอีโอซิ-โนฟิล ของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน

5. ความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

ปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด (N intake) ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูล (Fecal) ทั้งในหน่วย กรัมต่อวัน และเปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ (Urine) ในหน่วยกรัมต่อวัน ค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมกรัมต่อวัน (absorbed) และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายกรัมต่อวัน (retained) ไนโตรเจนทั้งหมดที่สูญเสีย (total N loss) ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (N Efficiency) ของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (absorbed) ของกลุ่ม FDPC, FDPL และ FDPML สูงกว่ากลุ่มอื่น

จากผลการศึกษา พบว่า สามารถใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมสูตรรวมของแพะได้ โดยกลุ่มที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่หมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 (FDPML) มีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนต่ำกว่ากลุ่มอื่น อีกทั้งมีเปอร์เซ็นต์กรดโพรพิออนิกสูงกว่ากลุ่มอื่น และยังมีค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดต่ำกว่ากลุ่มอื่น

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถใช้เปลือกทุเรียนหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14 กากน้ำตาล และเอนไซม์เซลลูเลส เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมสูตรรวมได้ในช่วงขาดแคลนอาหารได้ เนื่องจากสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้แล้วยังมีโภชนะที่เพียงพอเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์อีกด้วย

2. เปลือกทุเรียนมีการเน่าเสียอย่างรวดเร็วภายใน 3-5 วัน จึงมีข้อจำกัดของระยะเวลาในการทำการหมัก จำเป็นต้องมีการวางแผนและเตรียมความพร้อมในการจัดการเวลาที่ดี

3. การได้มาซึ่งผลผลิตทุเรียนมีการใช้สารเคมีจำนวนมาก ดังนั้นหากนำมาใช้ในสัตว์เป็นระยะเวลานาน เช่นใช้ในการขุน ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ พันธุ์ดี. 2550. อิทธิพลของกากน้ำตาลต่อการทำปุ๋ยหมักแบบกองจากมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

กรมปศุสัตว์. 2565. ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะแกะ รายเขตปศุสัตว์และรายภาคปี 2565 (ออนไลน์) สืบค้นจาก: http://www.did.go.th (เข้าถึงเมื่อ 16 พฤษภาคม 2565).

กฤติยา ไชยนอก. 2557. ทุเรียนราชาแห่งผลไม้. กรุงเทพฯ: สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

กรมปศุสัตว์. 2547. มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักของกองอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กองอาหารสัตว์.

จันทกานต์ อรณนันท์. 2545. กระบวนการหมักพืชอาหารสัตว์และการปรุงแต่ง. ข่าวพืชอาหารสัตว์. ปีที่ 7 ฉบับที่ 1. มกราคม-เมษายน. หน้า 11-19.

จิรวรรณ โรจนพรทิพย์. 2564. บ้านไร่ละมัยฟาร์ม ชัยบาดาล ผลิตพันธุ์แพะบอร์ 100% ป้อนตลาด (ออนไลน์). สืบค้นจาก: https://www.technologychaoban.com/livestock-technology/article_148280 (เข้าถึงเมื่อ 20 พฤษภาคม 2564).

จิรศักดิ์ คงเกียรติขจร และณัตติยา จันทวงษา. 2554. การศึกษาการผลิตไบโอเอทานอลจากเปลือกทุเรียนโดยเชื้อยีสต์เดี่ยวและเชื้อยีสต์ผสม. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 49 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 1-4 กุมภาพันธ์ 2554 หน้า 242-249.

เจตนิพัทย์ บุญยสวัสดิ์ และจักราวุธ ภู่เสม. 2561. ผลการใช้เปลือกทุเรียนผงทดแทนแป้งข้าวสาลีต่อคุณภาพของเค้กบราวนี้. ว. มทร พระนคร. 12: 113-124.

ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไชยวรรณ วัฒนาจันทร์ และวันวิศาข์ วัฒนาจันทร์. 2555. ผลของการใช้อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และลักษณะซากแพะ. แก่นเกษตร. 40: 331-342.

ไชยวรรณ วัฒนาจันทร์. 2562. การผลิตแพะเนื้อและเนื้อแพะคุณภาพดี. สงขลา: บริษัท เอสพริ้นท์ (2004) จำกัด.

ณัฐฐา รัตนโกศล วันวิศาข์ งามผ่องใส ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ และเสาวนิต คูประเสริฐ. 2552. ผลการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อการกินได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในแพะ. แก่นเกษตร. 37: 235-244.

ไทยรัฐออนไลน์. 2564. ชัยนาทเลี้ยงแพะทางเลือก กำไรงามเวียดนามรับไม่อั้น (ออนไลน์). สืบค้นจาก: https://www.thairath.co.th/news/local/central/2019723 (เข้าถึงเมื่อ 30 มกราคม 2564).

ธนรรษมลวรรณ พลมั่น ถาวรณ์ สุบรรณรัตน์ และทรงศักดิ์ จำปาวะดี. 2558. การประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้และการย่อยได้ของเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตรเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. แก่นเกษตร. 48: 491-498.

นพเก้า เอกอุ่น. 2561. ทุเรียน king of fruits. กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนาศักยภาพนักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการ.

บุญเสริม ชีวอิสระกุล. 2547. การผลิตและผลผลิตจากแกะ. ภาควิชาสัตว์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์.

นริสรา คงสุข ศิวัช สังข์ศรีทวงษ์ เวทชัย เปล่งวิทยา กิตติมา กองทอง และ เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจทำ. 2563. ผลของการเสริม *L. plantarum* BCC 65951 ต่อคุณภาพการหมักของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมัก โดยวิธีวัดแก๊สในห้องปฏิบัติการ และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน. ว.วิทย.กษ. 36: 145-153.

นิตยา ปิติวิทยากุล เพ็ญพิสุทธิ์ บำรุงชัย พัชรินทร์ วรรณวิจิตร เบญญา แสนมหายักษ์ และ เสมอใจ บุรีนอก. 2564. ผลของแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดเลือกได้ต่อคุณภาพการหมักและองค์ประกอบทางโภชนะของหญ้าเนเปียร์. แก่นเกษตร. 48: 253-258.

นิรันดร หนักแดง. 2558. ผลของการเติมกากน้ำตาลต่อคุณภาพและการย่อยได้ของข้างฟางหวานหมัก. ว. การเกษตรราชภัฏ. 14: 46-55.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนะศาสตร์สัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 6. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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

ปิ่น จันจุฬา. 2564. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้องและเมแทบอลิซึม. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ.

พรพรรณ แสนภูมิ ทิพาพร ชาญปรีชา อนันท์ เชาว์เครือ เสมอใจ บุรีนอก และสุภาวดี ฉิมทอง. 2564. การใช้เปลือกตาลหมักต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม. แก่นเกษตร. 49: 481-490.

ภัทยา ภาคมฤค ฉลอง วชิราภากร เมธา วรรณพัฒน์ และภาวดี ภัคดี. 2548. ผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปโดยใช้ซังข้าวโพดร่วมกับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อกระบวนการหมักในรูเมน ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโครีดนม. วารสารวิจัย มข. 5: 11-22.

วรรณพร ทะพิงค์แก. มปป. การเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มหัทธนี มหัทธนี ภิญโญ ชญานี ด้วงลา อารียา ไทยโกษา และวิลาสินี อินญาวิเลิศ. 2561. ผลของเมล็ดทุเรียนและเบเกอร์ยีสต์ต่อการเจริญเติบโตของปลานิลแดง (*Oreochromis niloticus x O. mossambicus*). ว. วิทย. กษ. 49: 193-200.

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

ยุพา สีสาวแห พรพรรณ แสนภูมิ อนันท์ เชาว์เครือ สุภาวดี ฉิมทอง เสมอใจ บุรีนอก และศักดา ประจักษ์บุญเจษฎา. 2560. การปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคจากน้ำหมักเปลือกผลไม้ การย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม. ว. ศิลปากร . 4: 144-156.

รัชดา พรหมฤทธ. 2560. ผลของการเสริมกากน้ำตาลในการเลี้ยงโคเนื้อ. นครศรีธรรมราช: สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช.

เลิศภูมิ จันทรเพ็ญกุล. 2558. เอกสารประกอบการสอน เรื่องโรคขาดสารอาหารในสัตว์. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

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

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2548. นิเวศวิทยาของจุลินทรีย์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์. 2560. การแปลผลสมบูรณ์ของเม็ดเลือด. ชลบุรี: มูลนิธิสัมมาอาชีวะ.

วิวัตน์ วรามิตร สรัลรัตน์ พ่วงบริสุทธิ์ วิทวัส เวชกูล นฤมล เวชกูล และวรพิศ พัฒนพานิช. 2559. ผลของการใช้แป้งจากเมล็ดทุเรียนทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารต่อสมรรถนะการผลิตไก่เนื้อ. ว. เกษตรพระวรุณ. 13 :145-152.

สมพร อิศวิลานนท์. 2562. สถานการณ์การผลิตและบริโภคทุเรียนของโลกและการส่งออกทุเรียนของไทย. เวทีเสวนา ส่องอนาคตตลาดทุเรียนส่งออกไทย. สกสว. ณ ห้องประชุมแคนนา 1 โรงแรมรามาการ์เด้นส์ วันที่ 7 มิถุนายน 2562.

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

สาธิต เขาไข่แก้ว. 2552. ผลของพันธุ์และระบบการเลี้ยงที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในแพะเพศผู้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559-2563. กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

สิริวดี พรหมน้อย เจษฎา มิ่งฉาย สุรพิชญ์ มาน้อย ณัฐพล คงเลิศ และพลากร อภัยกาวี. 2564. ผลการหมักยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ต่อการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของผลพลอยได้และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อเป็นอาหารสำหรับโคเนื้อ. ว. การเกษตรราชภัฏ. 16: 55-66.

สีอุดม ลั่งสุมีไชย ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ เฉลิมพล เยื้องกลาง เบญญา แสนมหายักษ์ และ เสมอใจ บุรีนอก. 2560. ผลของการเสริมเอนไซม์ไซแลนเนส และเซลลูเลสจากกากมะเขือเทศแห้งที่หมักโดย *Aspergillus niger* ที่ระดับต่างๆ ต่อคุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนะของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมัก. แก่นเกษตร. 45: 729-734.

สุนทร รอดด้วง. 2555. ผลของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักในอาหารผสมสำเร็จต่อสมรรถภาพการผลิตและลักษณะซากแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุนันท์ พงษสามารถ เรวดี ธรรมอุปกรณ์ และธิติรัตน์ ปานม่วง. 2532. การศึกษาสารคาร์โบไฮเดรทจากเปลือกทุเรียนในการเตรียมผลิตภัณฑ์ยาและอาหาร. รายงานผลการวิจัยทุนรัชดาภิเษกสมโภช. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. จุลชีววิทยาทางอาหาร. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

เสมอใจ บุรีนอก. 2554. การใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักเป็นสารเสริมชนิดใหม่ในพืชหมักเขตร้อน. แก่นเกษตร. 39: 85-98.

หนึ่งนุช สายปิ่น. 2551. การผลิตแพะ. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Administrator-GL. 2009. Normal blood chemistry values for adult goats. [Online]. Available at https://goat-link.com/content/view/204/194/e [accessed on 17 February 2022].

AOAC. 1990. Official methods of analyses 15thed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.

Basso, F. C. 2013. Corn silage inoculated with microbial additives. Ph.D. Thesis. Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, Sao Paulo.

Boonthep, K. W., W. Ngampongsai, C. Wattanachant, W. Visessanguan and S. Boonpayung. 2011. Effects of enzyme levels in total mixed ration containing oil palm frond silage on kinetics of gas production. Proceeding of the 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC2011) Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima. 26-29th July 2011. pp. 563-567.

Bremner, J. M. and D. R. Keeney. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonium, nitrate and nitrite. 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.

Bureenok, S., W. Suksombat and Y. Kawamoto. 2011. Effects of the fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and molasses on digestibility and rumen fermentation characteristics of ruzigrass (*Brachiaria ruziziensis*) silages. J. Appl. Anim. Sci. 138: 266-271.

Cai, Y., Y. Benno, M. Ogawa and S. Kumai. 1999. Effect of applying lactic acid bacteria isolated from forage crops on fermentation characteristics and aerobic deterioration of silage. J. Dairy Sci. 82: 520-526.

Carpintero, M. C., A.J. Holding and P. McDonald. 1969. Fermentation studies on lucerne. J. Sci. Food Agric. 20: 677-681.

Chen, X., W. Li, C. Gao, X. Zhang, B. Weng and Y. Cai. 2017. Silage preparation and fermentation quality of kudzu, sugarcane top and their mixture treated with lactic acid bacteria, molasses and cellulase. J. Anim. Sci. 88: 1715-1721.

Cherdthong, A., C. Suntara, W. Khota and M. Wanapat. 2021. Feed utilization and rumen fermentation characteristics of Thai-indigenous beef cattle fed ensiled rice straw with *Lactobacillus casei* TH14, molasses and cellulase enzymes. J. Appl. Anim. Sci. 245: 104405.

Choct, M. 1997. Enzymes in Animal Nutrition. *In* Enzymes in Animal Nutrition. (ed by R.R. Marquardt). pp. 48-51. Ontario: IDRC Books.

Comino, L., E. Tabacco, F. Righi, A. Revello-Chion, A. Quarantelli and G. Borreani. 2014. Effects of an inoculant containing a *Lactobacillus buchneri* that produces ferulate-esterase on fermentation products, aerobic stability and fibre digestibility of maize

silage harvested at different stages of maturity. Anim. Feed Sci. Technol. 198: 94–106.

Crocker, C. L. 1967. Rapid determination of urea-nitrogen in serum or plasma without deproteinization. Am. J. Med. Technol. 33: 361–365.

Donmez, N., M. A. Karsli, A. Cinar, T. Aksu, and E. Baytok. 2003. The effects of different silage additives on rumen protozoan number and volatile fatty acid concentration in sheep fed corn silage. Small. Rumin. Res. 48: 227-231.

Doyle N., M. Philiswa, K. William J., A. Graeme, L. Yang, R. R. Paul and S. C. Leahy. 2019. Use of lactic acid bacteria to reduce methane production in ruminants a critical review. Front. Microbiol.10: 1-13.

El-Zaiat, H. M., A. S. Morsy, E. A. El-Wakeel, M. M. Anwer and S.M. Sallam. 2018. Impact of humic acid as an organic additive on ruminal fermentation constituents, blood parameters and milk production in goats and their kids growth rate. J. Anim. Feed. Sci. 27: 105–113.

Ferguson, J. D., D. T. Galligan, T. Blanchard and M. Reeves. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: the usefulness of test information. J. Dairy Sci. 76: 3742-3746.

Gabriel, O. S., A. N. Fajemisin and D. E. Onyekachi. 2018. Nutrients digestibility, nitrogen balance and blood profile of West African Dwarf (Wad) goats fed cassava peels with urea-molasses Multi-nutrient Block (UMMB) supplements. ARJA. 9: 1-11.

Galyean, M. 1989. Laboratory procedure in animal nutrition research. Department of Animal and Life Science. New Mexico State University.

Giraldo, L. A., M. L. Tejido, M. J. Ranilla and M. D. Carro. 2007. Effects of exogenous cellulase supplementation on microbial growth and ruminal fermentation of a high-forage diet in Rusitec fermenters. J. Anim. Sci. 85: 1962–1970.

Horiguchi, K. and T. Takahashi. 2007. Fermentation quality and nutritive value of green soybean stover silage. JSGS. 53: 27-33.

Huber, J. T. 1997. Probiotics in cattle. *In* R. Fuller. Probiotics 2: Application and Practical Aspects. London: Chapman & Hall. pp. 162-186.

Hungate, R. E. 1966. The Rumen and Its Microbe. New York: Acadimic Press.

Islam., M., O. Enishi, A. Purnomoadi, K. Higuchi, N. Takusari and F. Terada. 2001. Energy and protein utilization by goats fed Italian ryegrass silage treated with molasses, urea, cellulase or cellulase + lactic acid bacteria. Small. Rumin. Res. 42: 49-60.

Jain, N.C. 1993. Essentials of Veterinary Hematology. Philadelphia: Le&Febiger. pp. 295–306.

Kearl, L. C. 1982. Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. Logan: International Feedstuffs Institute. Ulah State University, Utrah.

Kholif, A.E., H. A. Hamdon, A. Y. Kassab, E. S. A. Farahat, H. H. Azzaz, O. H. Matloup, A. G. Mohamed and U. Y. Anele. 2020. Chlorella vulgaris microalgae and/or copper supplementation enhanced feed intake, nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood metabolites and lactational performance of Boer goat. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 104: 1595–1605.

Khota, W., S. Pholsen, D. Higgs and Y. Cai 2017. Fermentation quality and in vitro methane production of sorghum silage prepared with cellulase and lactic acid bacteria. Asian-Australas. J. Anim. 30: 1568-1574.

Khota, W., S. Pholsen, D. Higgs and Y. Cai. 2016. Natural lactic acid bacteria population of tropical grasses and their fermentation factor analysis of silage prepared with cellulase and inoculant. J. Dairy Sci. 99: 9768–9781.

Khota, W., S. Pholsen, D. Higgs and Y. Cai. 2017. Fermentation quality and in vitro methane production of sorghum silage prepared with cellulase and lactic acid bacteria. AJAS. 30 (11): 1568-1574.

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

Kuikui N., Y. Wang, D. Li, Y. Cai and H. Pang. 2015. Characterization, identification and application of lactic acid bacteria isolated from forage paddy rice silage. PLoS One. 10: e0121967.

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

Lu, Q., J. Wu, M. Wang, C. Zhou, X. Han, E.N. Odongo, Z. Tan and S.Tang. 2016. Effects of dietary addition of cellulase and a *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on nutrient digestibility, rumen fermentation and enteric methane emissions in growing goat. Arch. Anim. Nutr. 70: 224-238.

Maekawa, M., K. A. Beauchemin and D. A. Christensen. 2002. Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal pH of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 85: 1165-1175.

McDonald, P., A. R. Henderson and S. J. E. Heron. 1991. The biochemistry of silage. 2nd ed. London: Chalcombe Publications.

Merck&Co.,Inc. 2008. The Merck Veterinary Manual: Reference Guides; Serum biochemical reference ranges. [Online]. Available at: http://www.Merckvetmanual. Com/mvm /htm/bc/ tref7.htm [accessed on 21 April 2010].

Montilla, A., E. Balcones, A. Olano and M. M. Calvo. 1995. Influence of heat treatments on whey protein dena-turation and rennet clotting properties of cow's and goat's milk. J. Agric. Food Chem. 43: 1908-1911.

Muck, R. E. 1996. Silage Inoculation: Inoculation of silage and its effects on silage quality. Medina. Dairy Forage Research Center.

Mwenya B., B. Santosa, C. Sar, Y. Gamo, T. Kobayashi, I. Arai and J. Takahashi. 2004. Effects of including B1-4 galacto-oilgosaccharides, lactic acid bacteria or yeast culture on methanogenesis as well as energy and nitrogen metabolism in sheep. J. Anim. Sci. Technol. 115: 313-326.

Nishino, N. and E. Touno. 2005. Ensiling characteristics and aerobic stability of direct-cut and wilted grass silages inoculated with *Lactobacillus casei* or *Lactobacillus buchneri*. J. Sci. Food Agric. 85: 1882–1888.

Nishino, N., H. Hattori, H. Wada and E. Touno. 2007. Biogenic amine production in grass, maize and total mixed ration silages inoculated with *Lactobacillus casei* or *Lactobacillus buchneri*. J. Appl. Microbiol. 103: 325–332.

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

Nuraini, A. D. and M. E. Mahata. 2003. The utilization of durian (*Durio zibethinus*) seed substitute of maize in the broiler ration. AGRIS. 11: 88-92.

Nuraini, A. D. and M. E. Mahata. 2012. Improving the nutrient quality of durian (*Durio zibethinus*) fruit waste through fermentation by using Phanerochaete chrysosporium and neurospora crassa for poultry diet. Int. J. Poultry Sci. 14: 354-358.

Nutman, T. B. 2007. Evaiution and differential diagnosis of marked, persinophilia. Immunol. Allergy Clin. N. Am. 27: 529-549.

Omotoso, O. B., T. A. Arilekolasi and A. N. Fajemisin. 2019. Study on mineral, antinutrient and blood parameters of goats fed molasses treated rice husk. J. Food. Nutr. Agric. 2: 10-19.

Perdok, H. B. and R. A. Leng. 1990. Effect of supplementation with protein meal on the growth 447 of cattle given a basal diet of untreated or ammoniated rice straw. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 3: 269-279.

Pholsen, S., W. Khota, H. Pang, D. Higgs and Y. Cai. 2016. Characterization and application of lactic acid bacteria for tropical silage preparation. Anim. Sci. J. 87: 1202–1211.

Polsit, K., S. Chuelong, T. Siriuthane, S. Ittarat, U. Koatedoke, A. Cherdthong and S. Khampa. 2011. Supplementation of cassava and durian hell fermented yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on rumen fermentation and average daily gain in crossbred native cattle. Pakistan J. Nut. 10: 1121-1125.

Preston, T. R. and R. A. Leng. 1987. Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Sub-tropics. Penambull Book Armidale, Australia.

Russell, K. E. and A. J. Roussel. 2007. Evaluation of the ruminant serum chemistry profile. Vet. Clin. Food Anim. 23: 403–426.

Saka, A. A., O. S. Sowande, O. A. Oni, A. O. Yusuf, K. O. Adebayo and A. O. Oyebade. 2020. Influence of diets containing graded levels of raw and fermented malted sorghum sprouts on rumen ecology, apparent nutrient digestibility and nitrogen utilization of West African Dwarf goats. J. Anim. Sci. 23: 41-63.

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.

Santoso, B., T.W. Widayati, B.T. Hariadi and M.N. Lekitoo. 2021. Addition of cellulolytic bacteria in complete feed block based on agro-industrial byproducts for Kacang goats. S. Afr. J. Anim. Sci. 51: 378-386.

Santosoa, B., B. Mwenyaa, C. Sara, Y. Gamoa, T. Kobayashia, R. Morikawaa, K. Kimurab, H. Mizukoshib and J. Takahashia. 2004. Effects of supplementing galacto-oligosaccharides, Yucca schidigera or nisin on rumen methanogenesis, nitrogen and energy metabolism in sheep. Livest. Prod. Sci. 91: 209–217.

Schnieder, B. H. and W. P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feed through Digestibility Experiment. The University of Georgia Press. Georgia.

Shellito, S.M., M. A. Ward, G. P. Lardy, M. L. Bauer and J. S. Caton. 2006. Effects of concentrated separator by-product (desugared molasses) on intake, ruminal fermentation, digestion, and microbial efficiency in beef steers fed grass hay. J. Anim. Sci. 84: 1535–1543.

Skerman, P. J. and F. Riveros. 1990. Tropical Grasses. Rome: FAO. pp. 75-12.

So, S., M. Wanapat and A. Cherdthong. 2021. Effect of sugarcane bagasse as industrial by-products treated with *Lactobacillus casei* TH14, cellulase and molasses on feed utilization, ruminal ecology and milk production of mid-lactating Holstein Friesian cows. J Sci. Food. Agric. 101: 4481–4489.

Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. (2nd ed): McGraw-Hill, New York.

Sugiarto, P. and N. M. Toan. 2018. The effect of durian (*Durio zibethinus Murr*) seed meal on nutritive value of the diet, performance and carcass percentage of broiler chickens. LRRD. 30: 1-9.

Sulistyowati, E., D. Suherman, I. Badarin, S. Mujiharjo and S. Fanhar. 2019. Physiological response of lactating Fries holland fed ration with concentrate containing durian (*Durio zibethinus*) peel meal fermented with *Pleorotus ostreatus*. JSPI. 14: 101-112.

Suphalucksana, W. and S. Sangsoponjit. 2016. Use of additives in durian peel silages making. D. Animal Sci. LIX: 117-120.

Sutton, J. D. 1985. Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. J. Dairy Sci. 68: 3376-3393.

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

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

Vibart, R. E., J. C. Burns and V. Fellner. 2010. Effect of replacing total mixed ration with pasture on ruminal fermentation. PAS. 26: 435–442.

Weimer, P.J. 1996. Ruminal Cellulolytic Bacteria: Physiology, Ecology and Beyond. US Dairy Forage Research Center. Madison: Informational Conference with Dairy and Forage Industries.

Weinberg, Z. G., A. Bar-Tal, Y. Chen, M. Gamburg, S. Brener, L. Dvash, T. Markotvitz and S. Landau. 2007. The effects of irrigation and nitrogen fertilization on the ensiling of safflower (*Carthamus tinctorius*). Anim. Feed Sci. Technol. 134: 152-161.

Weinberg, Z. G., G. Ashbell, K. K. Bolsen, G. Pahlow, Y. Hen and A. Azrill. 1995. The effect of a propionic acid bacterial inoculant applied at ensiling, with or without lactic acid bacteria on aerobic stability of pearl millet and maize silages. J. Appl. Bacteriol. 78: 430-438.

Yansari, A. T., R. Valizadeh, A. Naserian, D. A. Christensen, P. Yu and F. E. Shahroodi. 2004. Effect of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity digestibility and performance of Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 87: 3912–3924.

Yuan X. J., J. Wang, G. Guo, A. Y. Wen, S. T. Desta and T. Shao. 2015. Effects of ethanol, molasses and *Lactobacillus plantarum* on fermentation characteristics and aerobic stability of total mixed ration silages. Grass Forage Sci. 71: 328–338.

Zhang Y., X. Zhao, W. Chen, Z. Zhou, Q. Meng and H. Wu. 2019. Effects of adding various silage additives to whole corn crops at ensiling on performance, rumen fermentation and serum physiological characteristics of growing-finishing cattle. Animals. 9:695.

Zhao, J., D. Zhihao, L. Junfeng, C. Lei, B. Yunfeng, J. Yushan and S. Tao. 2019. Effects of lactic acid bacteria and molasses on fermentation dynamics, structural and nonstructural carbohydrate composition, and in vitro ruminal fermentation of rice straw silage. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 32: 783-791.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ภาพที่ 1 เปลือกทุเรียน

ภาพที่ 2 สารเสริมที่ใช้ในการทดลอง กากน้ำตาล เอนไซม์เซลลูเลส และแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14

ภาพที่ 3 ขั้นตอนการบดเปลือกทุเรียน

ภาพที่ 4 ขั้นตอนผสมเปลือกทุเรียนบดกับสารเสริม

ภาพที่ 5 ขั้นตอนนำเปลือกทุเรียนลงหมักในถังพลาสติก อัดให้แน่น และปิดฝาให้สนิท

ภาพที่ 6 สุ่มเปลือกทุเรียนหมักแต่ละสูตร มาวัดคุณภาพ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ภาพที่ 7 เปลือกทุเรียนหมัก (กลุ่มควบคุม)

ภาพที่ 8 เปลือกทุเรียนหมักร่วมกับกากน้ำตาล

ภาพที่ 9 เปลือกทุเรียนหมักเอนไซม์เซลลูเลส

ภาพที่ 10 เปลือกทุเรียนหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14

ภาพที่ 11 เปลือกทุเรียนหมักด้วยกากน้ำตาลร่วมกับแลคโตบาซิลลัส คาเซอิ TH14

ภาพที่ 12 เปลือกทุเรียนหมัก (บน) และอาหารผสมสูตรรวมที่ใช้เปลือกทุเรียนหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ (ล่าง)

ภาพที่ 13 แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้

ภาพที่ 14 การเก็บตัวอย่างมูล ปัสสาวะด้วยกรงเมแทบอลิซึม (metabolic cage)

ภาพที่ 15 การชั่งน้ำหนักแพะทดลอง

ภาพที่ 16 การเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำ บริเวณคอ

ภาพที่ 17 การเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมน

ภาพที่ 18 อุปกรณ์ในการนับจุลินทรีย์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวณัฐชา ปัญญาวุฒิ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 6210620023

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (สัตวศาสตร์)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร เขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร	2561

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนสนับสนุนการทำการวิจัยจากศูนย์วิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ ระยะที่ 3 คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ณัฐชา ปัญญาวุฒิ อนุสรณ์ เชิดทอง และปิ่น จันจุฬา. 2564. ผลของเปลือกทุเรียนหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมต่อปริมาณการกินได้ และเมแทบอไลท์ในกระแสเลือดของแพะ. แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 2) 48: 200-205.

ณัฐชา ปัญญาวุฒิ ปิยวัฒน์ สังข์สนิท เบญจมาศ คนแข็ง Sarong So อนุสรณ์ เชิดทอง ชานนท์ สุนทรา และปิ่น จันจุฬา. 2564. การปรับปรุงคุณภาพเปลือกทุเรียนด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกและสารเสริมเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 2) 48: 298-304.

Panyawoot, N., S. So, A. Cherdthong and P. Chanjula. 2022. Effect of feeding discarded durian peel ensiled with *Lactobacillus casei* TH14 and additives in total mixed rations on digestibility, ruminal fermentation, methane mitigation and nitrogen balance of Thai native–Anglo-Nubian goats. Fermentation. 8(2): 43. doi: 10.3390.