



ผลของอาหารผสมเสร็จหมักจากเศษเหลือสับประรดต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน, การย่อยได้
โภชนะ และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม



โดย
นางสาวชาลินี ตี๋มขลิบ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์ แผนก ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

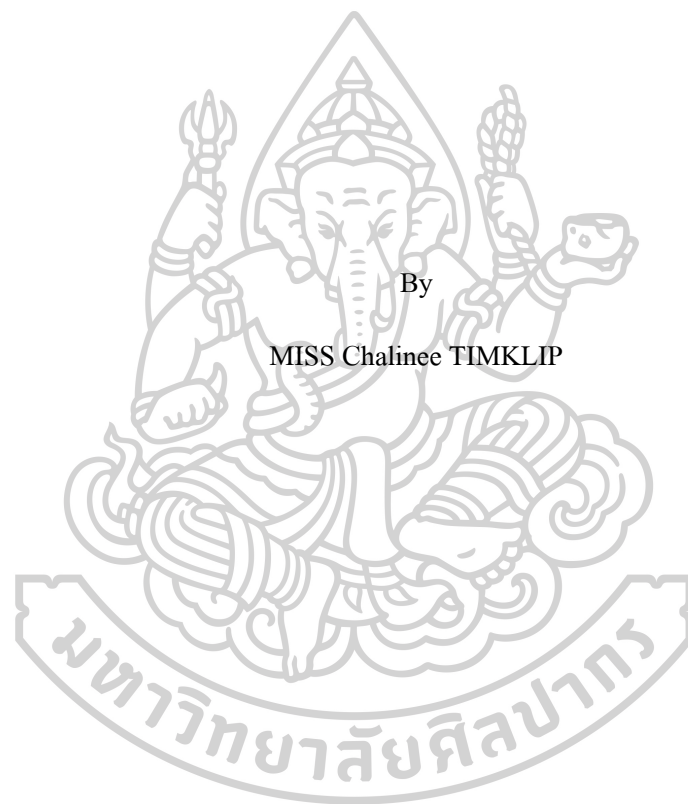
ผลของอาหารผสมเสร็จหมักจากเศษเหลือสับประรดต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน, การ
ย่อยได้โภชนะ และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม



โดย
นางสาวชาลินี ตีฆลิบ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

EFFECT OF FERMENTED TOTAL MIXED RATION (FTMR) FROM PINEAPPLE
WASTES ON RUMEN ECOLOGY, NUTRIENTS DIGESTIBILITY AND
GROWTH PERFORMANCE IN CROSSBRED GOAT



By

MISS Chalinee TIMKLIP

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Science (Animal Science)
Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2017

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ ผลของอาหารผสมเสร็จหมักจากเศษเหลือสับประรดต่อนิเวศวิทยา
ในกระเพาะรูเมน, การย่อยได้โภชนะ และสมรรถนะการ
เจริญเติบโตในแพะลูกผสม

โดย ชาลินี ตี๋มงคลิย

สาขาวิชา สัตวศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรพรรณ แสนภูมิ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(ดร. กฤติยา เลิศคุณหะเกียรติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรพรรณ แสนภูมิ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. เสมอใจ บุรินอก)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนันท์ เชาว์เครือ)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนวรรษมลวรรณ พลมัน)

58751201 : สัตวศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท

คำสำคัญ : อาหารผสมเสร็จหมัก, เศษเหลือสับประรด, การย่อยได้โภชนะ, สมรรถนะการเจริญเติบโต, นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

นางสาว ชาลินี ตี๋มงคลิ: ผลของอาหารผสมเสร็จหมักจากเศษเหลือสับประรดต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน, การย่อยได้โภชนะ และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสมอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรพรรณ แสนภูมิ

การศึกษาในครั้งนี้ประกอบไปด้วย 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอาหารผสมเสร็จหมัก (Fermented total mixed ration: FTMR) จากเศษเหลือสับประรดต่อการย่อยได้ในหลอดทดลอง (*In vitro* digestibility), จลนศาสตร์การผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (Gas production) และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลองๆ ละ 4 ซ้ำ คือ อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและเศษเหลือสับประรดในอัตราส่วน 100:0 (กลุ่มการทดลองที่ 1; กลุ่มควบคุม), อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50 (กลุ่มการทดลองที่ 2) และ อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและใบสับประรดในอัตราส่วน 50:50 (กลุ่มการทดลองที่ 3) จากการศึกษาพบว่าการประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพดี - ดีมาก โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.05-4.06 ซึ่งอาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50 มีปริมาณกรดแลคติกทั้งหมด, สัมประสิทธิ์การย่อยได้อินทรีย์วัตถุ, ค่าจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส, ปริมาณแก๊สสะสม และค่าแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P < 0.05$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้วัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุ ปริมาณแก๊สสะสม อยู่ในช่วง 62.77 -64.14 % และ 95.35 - 97.42% ตามลำดับ ในชั่วโมงที่ 48 ของระยะการบ่ม และปริมาณแก๊สสะสมอยู่ในช่วง 70.71 - 78.91 ml ในชั่วโมงที่ 72 แต่อย่างไรก็ตามค่าปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดและปริมาณแบคทีเรียที่สำคัญในกระเพาะรูเมนในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50 สามารถใช้เป็นทางเลือกใหม่ในการประกอบสูตรอาหารเป็นอาหารสัตว์ทดแทนในช่วงฤดูแล้งได้ เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้อินทรีย์วัตถุ และปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมและค่าแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ

สำหรับการทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสัตว์ประรดต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสมพันธุ์พื้นเมือง x บอร์เพศผู้ จำนวน 12 ตัว โดยแพะมีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 16.71 ± 0.40 กิโลกรัม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลองๆ ละ 4 ตัว คือ แพะที่ได้รับก้านใบกระถินสด (กลุ่มการทดลองที่ 1; กลุ่มควบคุม), อาหาร TMR จากเปลือกสัตว์ประรดและกากสัตว์ประรดในอัตราส่วน 50:50 (กลุ่มการทดลองที่ 2), อาหาร FTMR จากเปลือกสัตว์ประรดและกากสัตว์ประรดในอัตราส่วน 50:50 (กลุ่มการทดลองที่ 3) ให้อาหารและน้ำอย่างเต็มที่ตลอดระยะเวลาการทดลอง (72 วัน) จากการศึกษาพบว่าแพะที่ได้รับอาหาร TMR และ FTMR มีปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่ำกว่าแพะที่ได้รับกระถิน ($P < 0.01$) ในขณะที่มีสมรรถนะการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จึงส่งผลให้แพะที่ได้รับอาหาร TMR และ FTMR มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (9.18 และ 11.21 ตามลำดับ) ที่ดีกว่าแพะที่ได้รับกระถิน ($P < 0.01$) โดยมีค่าปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง และอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 0.92, 0.62 และ 0.54 กิโลกรัม/วัน และ 138.21, 163.85 และ 111.56 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าแพะที่ได้รับอาหาร TMR และ FTMR มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน, ปริมาณไนโตรเจนที่ย่อยได้ และ แอมโมเนียในไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนสูงกว่าแพะที่ได้รับกระถิน ($P < 0.05$) ในขณะที่แพะที่ได้รับอาหาร TMR มีค่าปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด, ยูเรียในไนโตรเจน และกลูโคสในกระแสเลือด สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P < 0.05$) ส่วนค่า pH และจำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้นการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าอาหาร TMR และ FTMR จากเปลือกสัตว์ประรดและกากสัตว์ประรดในอัตราส่วน 50:50 สามารถนำไปใช้ป้อนทางเลือกสำหรับการนำไปเลี้ยงสัตว์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถทำอาหาร FTMR เก็บไว้ใช้เลี้ยงสัตว์ในช่วงฤดูแล้งหรือช่วงขาดแคลนอาหารหยาบได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

58751201 : Major (Animal Science)

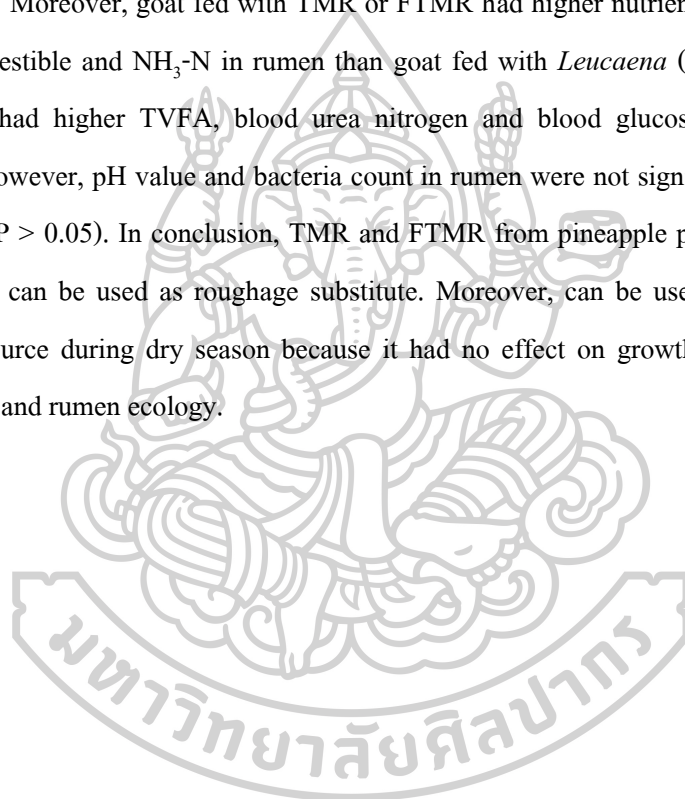
Keyword : fermented total mixed ration, pineapple wastes, nutrients digestibility, growth performance, rumen ecology

MISS CHALINEE TIMKLIP : EFFECT OF FERMENTED TOTAL MIXED RATION (FTMR) FROM PINEAPPLE WASTES ON RUMEN ECOLOGY, NUTRIENTS DIGESTIBILITY AND GROWTH PERFORMANCE IN CROSSBRED GOAT THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR DR. PORNPAN SAENPHOOM

The study consisted of 2 experiments. Firstly, the objective was to study effect of fermented total mixed ration (FTMR) from pineapple wastes on *in vitro* digestibility, gas production and rumen ecology. This experiment was designed in a completely randomized design (CRD) with 3 treatments and 4 replicates which consisted of FTMR from pineapple peel to pineapple waste in 100:0 ratio (T1 as control), FTMR from pineapple peel to pineapple meal in 50:50 ratio (T2), FTMR from pineapple peel to pineapple leaf in 50:50 ratio (T3). The results showed that physical quality assessment of FTMR from pineapple wastes had well to very well and pH value between 4.05-4.06. Which FTMR from pineapple peel to pineapple meal in 50:50 ratio had higher total lactic acid content, *in vitro* organic matter digestibility, gas production and ammonium-nitrogen (NH₃-N) than other treatments (P < 0.05). The *in vitro* dry matter and organic matter digestibility values of FTMR were range 62.77 -64.14 % and 95.35 – 97.42 % at 48 hours, respectively. The accumulative gas production volume was range 70.71 – 78.91 at 72 hours. However, total volatile fatty acid (TVFA) and bacteria content in rumen were not significantly different among treatments (P > 0.05). In conclusion, FTMR from pineapple peel to pineapple meal in 50:50 ratio can be used as a new alternative to recipe for animal feed substitutes in the dry season due to it had higher *in vitro* organic matter digestibility value, accumulative gas production volume and NH₃-N than FTMR in other treatments.

Secondly, the objective effect of FTMR from pineapple wastes on rumen ecology, nutrients digestibility and growth performance. Twelve crossbred goats (Native x Boer) with an average initial weight of goats was 16.71 ± 0.40 kg. This experiment was designed in a completely randomized design (CRD) with 3 treatments and 4 replicates which consisted of goat fed with *Leucaena* (T1 as control), goat fed with TMR from pineapple peel to pineapple meal in

50:50 ratio (T2), goat fed with FTMR from pineapple peel to pineapple meal in 50:50 ratio (T3). The goats were offered to feed and water *ad libitum* throughout this study (72 days). The results showed that goat fed with TMR or FTMR from pineapple peel to pineapple meal in 50:50 ratio had lower total feed intake than goat fed with *Leucaena* ($P < 0.01$). While growth performance were not significantly different among treatments ($P > 0.05$). Therefore, goat fed with TMR or FTMR had higher feed efficiency than goat fed with *Leucaena* ($P < 0.01$). The feed intake and average daily gain were 0.92, 0.62 and 0.54 kg/d and 138.21, 163.85 and 111.56 g/h/d, respectively. Moreover, goat fed with TMR or FTMR had higher nutrient digestibility of protein, nitrogen digestible and $\text{NH}_3\text{-N}$ in rumen than goat fed with *Leucaena* ($P < 0.05$). While goat fed with TMR had higher TVFA, blood urea nitrogen and blood glucose than other treatments ($P < 0.05$). However, pH value and bacteria count in rumen were not significantly different among treatments ($P > 0.05$). In conclusion, TMR and FTMR from pineapple peel to pineapple meal in 50:50 ratios can be used as roughage substitute. Moreover, can be used FTMR for alternative roughage source during dry season because it had no effect on growth performance, nutrients digestibility and rumen ecology.



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ แสนภูมิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันท์ เชาว์เครือ และรองศาสตราจารย์ ดร.เสมอใจ บุรีนอก ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้วิจัย รวมทั้งดร. กฤติยา เลิศชุมชนหะเกียรติ ประธานกรรมการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนรรชยมลวรรณ พลมัน ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย ส่งผลให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ดร.สุภาวดี ฉิมทอง และคุณวสุนันท์ นิ่มอนงค์ นักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการ ที่ช่วยให้คำแนะนำและช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ส่งผลให้การวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งคุณ สุชานุช คล่องใจ นักวิชาการศึกษาที่ช่วยดำเนินการในเรื่องเอกสารต่างๆ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่คอยช่วยให้คำแนะนำให้การสนับสนุน และช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้วิจัย ส่งผลให้การดำเนินการสอบเป็นไปอย่างราบรื่น นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าของหนังสือ วารสาร เอกสาร และวิทยานิพนธ์ทุกเล่ม ที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ฟาร์มสาธิตคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่กรุณาให้ใช้โคที่ทำการเจาะกระเพาะเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้ รวมทั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ที่กรุณาให้ใช้สถานที่ในการเลี้ยงแพะ ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา (คุณพ่อปัญญา ต้มขลิบ) มารดา (คุณแม่วาสนา ต๊ะวารี) พี่สาว (ชลดา ต้มขลิบ) น้องสาว (สลิลญา ต้มขลิบ) และน้องชาย (ปรัชชัย ต้มขลิบ) สำหรับผู้ให้ชีวิตและเปรียบเสมือนเข็มทิศชีวิตให้กับลูก คอยสนับสนุน ส่งเสริมการศึกษา คอยเป็นสติปัญญา และกำลังใจที่ดีตลอดเวลา ซึ่งเป็นแรงผลักดันอันสำคัญเสมอมา

ชาลินี ต้มขลิบ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฅ
สารบัญตาราง	๗
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
3. สมมติฐานของการวิจัย.....	5
4. ขอบเขตของการวิจัย	5
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	6
1. แพะ (Goat)	6
1.1 ลักษณะทั่วไป	6
1.2 สถิติจำนวนแพะในประเทศไทย.....	6
1.3 ความต้องการโภชนะของแพะ	8
1.4 สรีรวิทยาและการย่อยอาหารของแพะ	9
1.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการย่อยได้ของอาหารในกระเพาะรูเมน	10
1.6 กระบวนการหมักและการย่อยของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน	11
1.7 กระบวนการหมักและการย่อยของโปรตีนในกระเพาะรูเมน.....	12
2. สับปะรด (Pineapple).....	14

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ทั่วไป	14
2.2 ปริมาณสับปะรดจากโรงงานแปรรูปสับปะรด	15
2.3 องค์ประกอบทางเคมี	17
2.4 การใช้ประโยชน์จากสับปะรด.....	18
3. อาหารหมัก (Silage).....	19
3.1 กระบวนการหมัก (Fermentation)	20
3.2 พืชที่เหมาะสมต่อการทำอาหารหมัก	23
3.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออาหารหมัก	23
3.4 มาตรฐานอาหารหมัก.....	23
3.5 ประเภทของอาหารหมัก	25
3.6 ข้อดี และข้อเสียของอาหารหมัก.....	25
4. การจัดการการให้อาหาร	25
4.1 อาหารผสมสำเร็จ (Total mixed ration; TMR)	25
4.2 อาหารผสมเสร็จหมัก (Fermented total mixed ration; FTMR)	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	31
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดต่อการย่อยได้ในหลอด ทดลอง (<i>In vitro</i> digestibility), จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (Gas production) และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน	31
1. แผนการทดลอง	31
2. ขั้นตอนเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบ	32
3. สิ่งที่ศึกษา	33
3.1 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหารหมัก.....	33
3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติก (Total lactic acid content)	33
3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis)	33

3.4	ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ (<i>In vitro</i> digestibility), จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน.....	33
3.5	ศึกษาปริมาณแบคทีเรียที่สำคัญคัดแปลงจากวิธี Roll tube technique.....	37
4.	การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	37
	การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสัตว์ประรดต่อการย่อยได้โภชนะและ สมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม.....	38
1.	แผนการทดลอง	38
2.	ขั้นตอนเตรียมการทดลอง.....	38
3.	ขั้นตอนการทดลอง.....	38
4.	สิ่งที่ศึกษา.....	39
4.1	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis)	39
4.2	ปริมาณการกินได้ (Feed Intake; FI)	39
4.3	สมรรถนะการเจริญเติบโต (Growth Performance)	40
4.4	การย่อยได้โภชนะ	40
4.5	ปริมาณไนโตรเจน โดยวิธี Kjeldahl method	41
4.6	ปริมาณยูเรียใน ไตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือด	42
4.7	นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน.....	42
5.	การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	43
บทที่ 4	ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	44
	การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสัตว์ประรดต่อการย่อยได้ในหลอด ทดลอง (<i>In vitro</i> digestibility), จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (Gas production) และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน.....	44
1.	การประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหาร FTMR.....	44
2.	การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติกทั้งหมด (Total lactic acid content).....	46
3.	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis).....	48

4. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ (<i>In vitro</i> digestibility), จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน.....	50
4.1. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุของอาหาร FTMR.....	50
4.2. ศึกษาค่า pH ภายหลังจากบ่ม.....	51
4.3. ศึกษาจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหาร FTMR.....	52
4.4. วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด	54
4.5. วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจน.....	55
5. ปริมาณแบคทีเรียที่สำคัญคัดแปลงจากวิธี Roll tube technique	56
การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปรดต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม.....	58
1. การวิเคราะห์ห้อยค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis).....	58
2. ปริมาณการกินได้ (Feed Intake; FI).....	59
3. สมรรถนะการเจริญเติบโต (Growth Performance).....	61
4. สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะ	62
5. ปริมาณไนโตรเจน	64
6. นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน	65
7. ปริมาณยูเรียไนโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือด.....	69
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	71
แนวทางในการประยุกต์ใช้ประโยชน์.....	72
รายการอ้างอิง	73
ภาคผนวก ก ภาพแสดงการเตรียมการทดลอง	82
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ	85
ภาคผนวก ค ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ	93
ประวัติผู้เขียน	111

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สถิติการเลี้ยงแพะในประเทศไทยรายภาค ปี 2545 - 2558	7
ตารางที่ 2 ปริมาณความต้องการโภชนาของแพะ	9
ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนกลูโคสให้เป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้ง 3 ตัว	11
ตารางที่ 4 จำนวนสับประรดในปี 2557 - 2559	16
ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่างๆของสับประรด (% วัตถุแห้ง)	18
ตารางที่ 6 ลักษณะอาหารหมักที่ดี	24
ตารางที่ 7 ผลของอาหาร TMR ต่อปริมาณการกินได้, สมรรถนะการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของโคเนื้อ	28
ตารางที่ 8 ผลของอาหาร FTMR ต่อปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหารในแกะ	30
ตารางที่ 9 สูตรอาหาร FTMR ที่ใช้ในการทดลอง	32
ตารางที่ 10 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหาร FTMR แต่ละกลุ่มการทดลอง	45
ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบและอาหาร FTMR (น้ำหนักแห้ง)	49
ตารางที่ 12 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหาร FTMR	51
ตารางที่ 13 จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหาร FTMR	54
ตารางที่ 14 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดภายหลังการบ่มของอาหาร FTMR	55
ตารางที่ 15 ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนภายหลังการบ่มของอาหาร FTMR	56
ตารางที่ 16 ปริมาณแบคทีเรียที่สำคัญในกระเพาะรูเมน	57
ตารางที่ 17 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง	59
ตารางที่ 18 ปริมาณการกินได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม	60
ตารางที่ 19 สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนาในแพะลูกผสม	63
ตารางที่ 20 ปริมาณไนโตรเจนในแพะลูกผสม	65

ตารางที่ 21 นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสม	67
ตารางที่ 22 ปริมาณยูเรียไนโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือดในแพะลูกผสม.....	70



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 แพะพันธุ์พื้นเมือง x บอร์	6
ภาพที่ 2 จำนวนแพะเนื้อในปี 2560	8
ภาพที่ 3 องค์ประกอบทางสรีรวิทยากระเพาะของแพะ	9
ภาพที่ 4 กระบวนการเมทาบอลิซึมคาร์โบไฮเดรต	12
ภาพที่ 5 กระบวนการเมทาบอลิซึมของโปรตีนในสัตว์เคี้ยว	14
ภาพที่ 6 สับประรด	15
ภาพที่ 7 ผลพลอยได้ และเศษเหลือจากโรงงานสับประรดกระป๋อง	17
ภาพที่ 8 กระบวนการหมักกรดแลคติก	21
ภาพที่ 9 ลักษณะอาหารหมักที่ดี	24
ภาพที่ 10 ลักษณะของอาหาร TMR	26
ภาพที่ 11 ลักษณะของอาหาร FTMR	29
ภาพที่ 12 ลักษณะอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง	44
ภาพที่ 13 ค่า pH ของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง	45
ภาพที่ 14 ปริมาณกรดแลคติกของอาหาร FTMR	47
ภาพที่ 15 ค่า pH ภายหลังการบ่มของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง	52
ภาพที่ 16 ปริมาณแก๊สสะสมของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง	53

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยในปัจจุบันเกษตรกรรม และปศุสัตว์มีความสำคัญมากอย่างหนึ่งต่อระบบเศรษฐกิจ เนื่องจากประชากรยังคงบริโภคผลผลิตจากภาคอุตสาหกรรม และเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว กินอาหารได้หลากหลายชนิด และสามารถเลี้ยงเพื่อเป็นอาชีพเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และในจังหวัดทางภาคใต้ของประเทศไทยนิยมเลี้ยงแพะเป็นสัตว์เศรษฐกิจ (เอกชัย, 2546) โดยปกติในแต่ละวันแพะเนื้อในเขตร้อนที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 10 - 30 กก. มีความต้องการอาหารชั้นประมาณ 0.5 - 1.0 กก. และอาหารหยาบประมาณ 10% ของน้ำหนักตัว หรือคิดเป็นน้ำหนักวัตถุดิบแห้ง ประมาณ 3% ของน้ำหนักตัว (ศิริรัตน์, 2556) จากการสถิติการเลี้ยงแพะในปี 2560 มีเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะทั้งหมดจำนวน 51,851 ครัวเรือนโดยมีการเลี้ยงแพะทั้งหมดจำนวน 652,964 ตัว เมื่อจำแนกตามประเภทจากจำนวนทั้งหมดในปี 2560 มีแพะเนื้อจำนวน 625,390 ตัว (95.78 %) และแพะนมจำนวน 27,574 ตัว (4.22 %) และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนแพะในปี 2559 - 2560 พบว่ามีจำนวนแพะเพิ่มขึ้น 11,260 ตัว (27.74 %) (กรมปศุสัตว์, 2560) แต่เนื่องจากในช่วงฤดูแล้งเกษตรกรมักพบเจอกับปัญหาในการขาดแคลนอาหารหยาบในการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น พืชตระกูลหญ้า ซึ่งอาหารหยาบถือเป็นอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้องนี้ ดังนั้นจึงทำให้สัตว์ได้รับโภชนาที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ที่ผ่านมากเกษตรกรสามารถทำการถนอมอาหารหยาบไว้ใช้ในฤดูแล้ง เช่น พืชตระกูลหญ้า โดยอยู่ในรูปของพืชแห้ง (Hay) และพืชหมัก (Silage) และสามารถนำเศษเหลือทางการเกษตรมาใช้เป็นอาหารหยาบซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหาร และยังลดปัญหาการกำจัดของเสียอีกด้วย สำหรับเศษเหลือทางการเกษตรที่ทำได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น เปลือกสับประรด, กากสับประรด และใบสับประรด ซึ่งเป็นเศษเหลือจากสับประรดที่ทำได้ง่าย เนื่องจากมหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี ตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกสับประรด และส่งสับประรดเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปเป็นจำนวนมาก และเป็นเศษเหลือทิ้งหรือผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีเกือบตลอดปี และจะมีมากในช่วงเดือนพฤศจิกายน-มิถุนายน เนื่องจากเป็นช่วงที่เกษตรกรส่วนใหญ่เก็บผลผลิตส่งโรงงานซึ่งตรงกับช่วงฤดูแล้งที่เกษตรกรขาดแคลนหญ้าสดสำหรับเลี้ยงสัตว์ โดยพื้นที่การปลูกสับประรด 1 ไร่ จะได้ผลพลอยได้เป็นเปลือกสับประรดประมาณ 2.7 ตัน และใบประมาณ 4.17 ตัน (สมบัติ *et al.*, 2539) หรือเมื่อคิดเป็นสัดส่วนองค์ประกอบของสับประรดทั้งต้นคิดเป็น

น้ำหนักรับประมาณ 38.78%, ผลประมาณ 37.35%, ต้นประมาณ 12.86%, จุกประมาณ 7.77%, ก้าน
ผลประมาณ 3.08% และหน่อประมาณ 0.18% (มาลี, 2521) ซึ่งเศษเหลือสับประรดหลังจากเข้า
โรงงานแปรรูปจะได้เศษเหลือประมาณ 70% ของผลสับประรด

เปลือกสับประรด (Pineapple peel) มีการนำมาใช้เลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนมาก ทั้งการให้
สัตว์กินแบบหมัก, แบบแห้ง หรือผสมร่วมกับอาหารชั้น เป็นต้น องค์ประกอบทางเคมีของเปลือก
สับประรดสดจะมีปริมาณน้ำอยู่สูง มีวัตถุแห้งประมาณ 10-12% (จินดา, 2547) มีความเป็นกรด-ด่าง
(pH) ประมาณ 3.2-3.4 (Perez and Hsu, 1973) และมีค่าโภชนะย่อยได้ (Total digestible nutrient;
TDN) ประมาณ 65-74% (Muller, 1974) ส่วนใบสับประรด (Pineapple leaf) เป็นส่วนประกอบของ
ลำต้น ซึ่งเป็นส่วนเหลือทิ้งจากการเก็บผลสด และนอกจากนี้เศษเหลือจากโรงงานสับประรดยังมีใน
ส่วนของกากสับประรด (Pineapple meal) ที่เหลือจากการคั้นเอาส่วนน้ำออกจากส่วนเนื้อของ
สับประรดจึงทำให้เกิดเศษเหลือซึ่งมีปริมาณมาก องค์ประกอบทางเคมีของใบสับประรดจะมีโปรตีน
ประมาณ 8.47%, เยื่อใยหยาบประมาณ 17.89%, เยื่อใย Acid detergent fiber (ADF) ประมาณ
25.87% และเยื่อใย Neutral detergent fiber (NDF) ประมาณ 42.28% (วารุณี and วลัยกานต์, 2541)
และองค์ประกอบทางเคมีของกากสับประรดจะมีโปรตีนประมาณ 4.33%, เยื่อใยหยาบประมาณ
31.15%, เยื่อใย ADF ประมาณ 42.34% และเยื่อใย NDF ประมาณ 83.65% (อาทิตย์ and ศรีเทพ,
2556)

จากการศึกษาของจินดา *et al.* (2528) รายงานว่า โคนมที่ได้รับฟางข้าวเสริมด้วยเปลือก
สับประรดสด และเปลือกสับประรดสดผสมรำละเอียด (3:1 โดยน้ำหนัก) พบว่า โคนมที่ได้รับฟางข้าว
เสริมด้วยเปลือกสับประรดผสมรำละเอียดทำให้โคนมน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 0.69 กก./ตัว/วัน
ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มรำละเอียด ทำให้คุณค่าของอาหารผสมเพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลองค์ประกอบทาง
เคมีมีโปรตีน 9.34% ในขณะที่ฟางข้าวเสริมด้วยเปลือกสับประรด และเปลือกสับประรดมีโปรตีน
4.41 และ 6.44% ตามลำดับ นอกจากนี้ จินดา *et al.* (2531) ยังรายงานว่า การใช้เปลือกสับประรดสด
เป็นอาหารหยาบหลักทดแทนหญ้าเสริมอาหาร 3 ชนิด คือ ใบกระถินแห้ง 30% ใบกระถินแห้งและ
มูลไก่แห้งอย่างละ 15% และมูลไก่แห้ง 30% ในโคนเนื้อ พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตวันละ 0.60,
0.51 และ 0.52 กก./ตัว โดยมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร เท่ากับ 6.45, 7.61 และ 7.04
ตามลำดับ ซึ่งโคที่ให้เปลือกสับประรดเป็นหลักรวมกับกระถินมีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตและ
ประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณภาพของมูลไก่ที่ใช้มีคุณภาพต่ำ และ
มีความปรวนแปรสูงจึงส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร นอกจากนี้การศึกษาของปรัชญา
et al. (2541) รายงานว่า การใช้ใบสับประรดสดเปรียบเทียบกับการใช้หญ้าสดและฟางข้าวราด
กากน้ำตาลผสมยูเรียเลี้ยงโค พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 0.60 - 0.77 กก./ตัว/วัน และมี

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของโคกลุ่มที่กินใบสับประรดสดและหญ้าสดไม่ต่างกันแต่ดีกว่าโคกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวราดกากน้ำตาลและยูเรีย ทั้งนี้อาจเนื่องจากโคในระยะนี้ต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อการเจริญเติบโต และการสร้างไขมัน และจากผลองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวราดกากน้ำตาลผสมยูเรียมีไขมันรวม, คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (Nitrogen free extract) และ เยื่อใยที่ละลายได้ (Neutral detergent soluble; NDS) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานน้อยกว่าหญ้าสดและใบสับประรด ดังนั้นโคที่ใช้ฟางข้าวราดกากน้ำตาลผสมยูเรียเป็นอาหารหยาบจึงได้รับพลังงานน้อยกว่ากลุ่มอื่น จึงมีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต นอกจากนี้ปรัชญา *et al.* (2542) ยังรายงานว่โคนมที่ได้รับหญ้าสดรวม กับต้นและใบสับประรดสัดส่วน 50:50 เปรียบเทียบกับการใช้หญ้าสด โดยมีอาหารชั้นโปรตีน 16 % พบว่า ใบสับประรดหรือทั้งต้นและใบสับประรดสามารถใช้เป็นอาหารหยาบแทนหญ้าสดเลี้ยงโคนมได้โดยไม่ทำให้ปริมาณน้ำนมและส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนมแตกต่างกับการใช้หญ้าสดเป็นอาหารหยาบ ทั้งนี้อาจเนื่องจากโคทุกกลุ่มได้รับอาหารหยาบในปริมาณใกล้เคียงกัน

นอกจากนี้ในปัจจุบันได้มีการจัดการรูปแบบใหม่ โดยเป็นการให้อาหารแบบผสมเสร็จ (Total mixed ration; TMR) เพื่อง่ายต่อการจัดการ และประหยัดแรงงานในการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเป็นการประกอบสูตรอาหาร โดยผสมอาหารหยาบกับอาหารชั้นในอัตราส่วนที่เหมาะสมตามความต้องการของสัตว์ในแต่ละประเภท ซึ่งจะทำให้สัตว์ได้รับโภชนาที่เพียงพอ และสามารถควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารชั้นและอาหารหยาบแบบแยกกัน (กรมปศุสัตว์, ม.ป.ป.) จากการศึกษาของ สุนทร *et al.* (2554) ได้ทำการศึกษาผลของอาหาร TMR จากทางใบปาล์มน้ำมันหมัก โดยมีทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่ออาหารชั้นในอัตราส่วน 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 พบว่า อาหาร TMR ในอัตราส่วน 60:40 และ 50:50 มีค่าจนผลศาสตร์การผลิตแก๊ส ค่าปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในการย่อยสลายขององค์ประกอบที่สามารถละลายน้ำได้ (a), ค่าศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร (b) และค่าศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหาร (d) สูงกว่าอาหาร TMR ในอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ($P < 0.01$) ซึ่งการที่ค่า a, b และ d ที่สูงกว่าบ่งบอกได้ถึงประสิทธิภาพที่สูงกว่าของอาหารชนิดนั้นต่อค่าการย่อยสลายของอาหาร และนอกจากนี้ การศึกษาของนพรัตน์ *et al.* (2553) พบว่าต้นทุนการผลิตทั้งหมดของโคที่เลี้ยงด้วยอาหาร TMR มีต้นทุนการผลิตสูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารหลัก (32,527 และ 28,528 บาท/ตัวตามลำดับ) แต่โคที่เลี้ยงด้วยอาหาร TMR มีราคาซากสูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารหลัก เนื่องจากโคมีน้ำหนักซากสูงกว่า และมีระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อที่มากกว่าส่งผลให้กำไรสุทธิจากการเลี้ยงโคโดยใช้อาหารผสมเสร็จสูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารหลัก (2,935 และ 1,400 บาท/ตัว ตามลำดับ) และนอกจากนี้เกษตรกรสามารถเก็บถนอมอาหารให้อยู่ในรูปอาหารผสมเสร็จหมัก (Fermented total mixed ration; FTMR) เพื่อเป็นการลดปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งแต่การ

หมักนั้นต้องคำนึงถึงค่าแอกทีวิตี (Water activity; aw) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมสภาพของอาหารซึ่งมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาและความปลอดภัยอาหาร จากการศึกษาของสไปพร and พิชาด (2558) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้อาหาร FTMR จากใบอ้อยและฟางข้าวในรูเมนของแกะ พบว่าแกะที่ได้รับอาหาร FTMR จากใบอ้อย และฟางข้าวมีปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีปริมาณการกินได้อยู่ในช่วง 1.32-1.52 กก./ตัว/วัน นอกจากนี้ศึกษานิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนแพะ พบว่ามีปริมาณแบคทีเรีย, โปรโตซัว และเชื้อราไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีปริมาณแบคทีเรีย, โปรโตซัว และเชื้อราอยู่ในช่วง $1.78 - 2.50 \times 10^8$ cell/ ml, $5.99 - 7.38 \times 10^9$ cell/ ml และ $7.02 - 9.44 \times 10^6$ cell/ ml สอดคล้องกับไกรสิทธิ์ *et al.* (2549) ได้ทำการศึกษาผลของอาหาร TMR และอาหาร FTMR ในโคนม พบว่าโคนมที่ได้รับอาหาร TMR และอาหาร FTMR มีปริมาณการกินได้, อัตราการเจริญเติบโต, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรวม และค่าการย่อยได้ของโภชนะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 1.43 และ 1.34 กก./ตัว/วัน ตามลำดับ และมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรวมประมาณ 6.52 และ 6.30 ตามลำดับ และระดับยูเรียในกระแสเลือดและจำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหาร TMR และ อาหาร FTMR ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการนำเศษเหลือจากสับประรดที่เป็นเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรที่พบมากในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งมหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรีตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สำหรับเศษเหลือทางการเกษตรจะนำมาผสมเป็นอาหารผสมเสร็จหมัก โดยศึกษาค่าการย่อยได้และใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะของอาหารผสมเสร็จหมัก, นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อทำการประเมินคุณภาพอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรด
- 2.2 เพื่อศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดต่อองค์ประกอบทางเคมี
- 2.3 เพื่อศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดต่อการย่อยวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุในหลอดทดลอง
- 2.4 เพื่อศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดต่อজনผลศาสตร์การผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส
- 2.5 เพื่อศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

2.6 เพื่อศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะ

3. สมมติฐานของการวิจัย

3.1 ผลการประเมินคุณภาพอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพดี

3.2 ผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดต่อองค์ประกอบทางเคมีมีความแตกต่างกัน

3.3 ผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดต่อการย่อยได้ในหลอดทดลองมีความแตกต่างกัน

3.4 ผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดต่อজনপলাসত্রকারপলিতগ্যেসডয়ইতনকপলাপলিতগ্যেসমককরণতগ্যেস

3.5 ผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนมีความแตกต่างกัน

3.6 ผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะมีความแตกต่างกัน

4. ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้ทำการศึกษาผลของการใช้อาหาร FTMR จากเศษเหลือทางการเกษตร โดยเฉพาะสับประรด คือ เปลือกสับประรด, กากสับประรด และใบสับประรดเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาดทดแทนสำหรับสัตว์ในช่วงฤดูแล้ง ตลอดจนศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร FTMR, การย่อยได้ในหลอดทดลอง, จลนศาสตร์การผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคการผลิตแก๊ส และศึกษานิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน รวมไปถึงศึกษาสมรรถนะการเจริญเติบโต โดยใช้แพะลูกผสมเป็นสัตว์ทดลอง

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. แพะ (Goat)

1.1 ลักษณะทั่วไป

แพะเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย มีการเจริญเติบโตเร็ว กินอาหารได้หลากหลายชนิด และสามารถใช้เศษเหลือทางเกษตรหรืออาหารหยาบคุณภาพต่ำเป็นอาหารได้ ปรับตัวได้ดี ทนต่อสภาพแวดล้อมได้ และสามารถใช้ประโยชน์จากแพะได้มาก เช่น ทางด้านเนื้อและนมสำหรับบริโภค, ทางด้านขนและหนังสำหรับเครื่องนุ่งห่ม และใช้สำหรับพิธีกรรมทางศาสนา รวมถึงมูลแพะที่สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ โดยแพะจัดอยู่ใน Mammalia, Order Artiodactyla, Suborder Ruminantia, Family Bovidae, Tribe Caprinae และ Genus Capra (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แพะพันธุ์พื้นเมือง x บอร์

1.2 สถิติจำนวนแพะในประเทศไทย

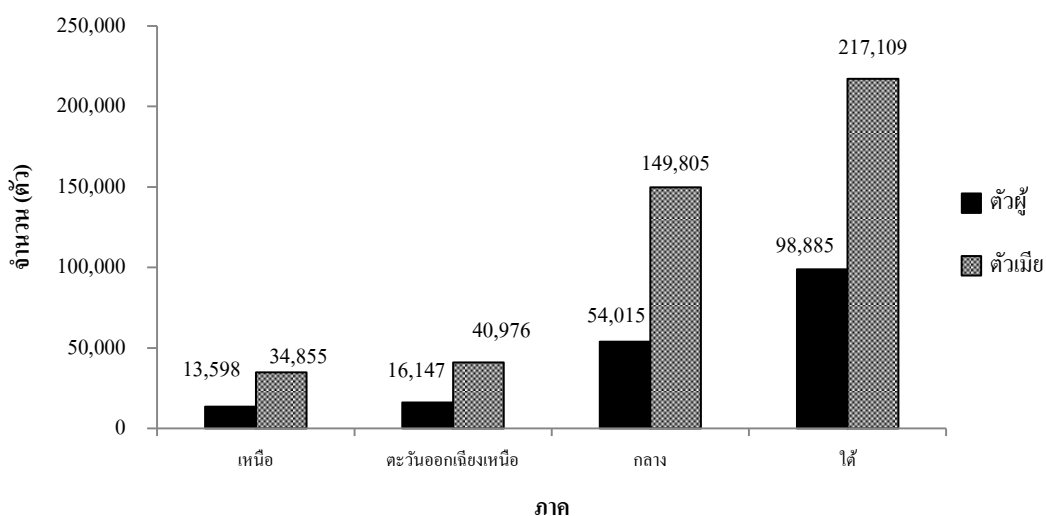
สถานการณ์ด้านการเลี้ยงแพะพบว่าในปัจจุบันการเลี้ยงแพะในประเทศไทย มีแนวโน้มการผลิตเพิ่มมากขึ้น จากสถิติข้อมูลของกรมปศุสัตว์ของประเทศไทยในช่วงระหว่างปี 2545-2558 จำนวนแพะในประเทศไทยมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี (ตารางที่ 1) จำนวนแพะที่เลี้ยงในประเทศไทยในปี 2560 มีทั้งหมดประมาณ 652,964 ตัว โดยแบ่งเป็นภาคต่างๆ ได้ดังนี้ คือ ภาคเหนือ 49,424 ตัว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 58,556 ตัว ภาคกลาง 221,353 ตัว และภาคใต้ 323,631 ตัว (ตารางที่ 1) โดยแบ่งเป็นเพศ ได้ดังนี้ เพศผู้ 191,231 ตัว และเพศเมีย 461,733 ตัว (ภาพ

ที่ 2) (กรมปศุสัตว์, 2560) แปะถือเป็นสินค้าเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคใต้ เพราะแปะเป็นอาหารที่บริโภคได้ทั้งชาวไทยพุทธและมุสลิม และในพื้นที่ภาคใต้มีประชากรที่เป็นชาวไทยมุสลิมอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ แปะเป็นอาหารที่บริโภคในพิธีกรรมที่มีความสำคัญยิ่งถึง 48% (บัญชา, 2557) ซึ่งในช่วงเทศกาลของชาวศาสนาอิสลาม ส่งผลให้ราคาแปะเพิ่มขึ้นเป็น 80 -120 บาท/กิโลกรัม ซึ่งปกติแปะจะมีราคาประมาณ 55-60 บาท/กิโลกรัม (มดิชน, 2560) และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนแปะในปี 2559 - 2560 พบว่ามีจำนวนแปะเพิ่มขึ้น 11,260 ตัว (27.74 %) (กรมปศุสัตว์, 2560)

ตารางที่ 1 สถิติการเลี้ยงแปะในประเทศไทยรายภาค ปี 2545 - 2558

ปี	ภาคเหนือ (ตัว)	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ตัว)	ภาคกลาง (ตัว)	ภาคใต้ (ตัว)	รวมทั้งประเทศ (ตัว)
2545	29,579	4,573	37,356	106,436	177,944
2546	43,410	5,021	52,967	112,519	213,917
2547	39,729	12,354	62,950	135,043	250,076
2548	55,310	13,974	109,681	159,390	338,355
2549	56,149	15,014	111,742	141,245	324,150
2550	86,373	21,423	162,926	174,052	444,774
2551	53,702	20,901	158,487	140,939	374,029
2552	61,368	20,363	160,278	141,787	383,796
2553	43,163	17,453	137,813	181,848	380,277
2554	42,802	16,320	145,517	222,928	427,567
2555	42,196	17,209	167,433	264,941	491,779
2556	32,921	14,613	157,112	235,631	440,277
2557	34,681	16,252	174,259	243,185	468,377
2558	38,876	19,822	209,155	271,730	539,583

ที่มา : (กรมปศุสัตว์, 2558)



ภาพที่ 2 จำนวนแพะเนื้อในปี 2560

ที่มา: (กรมปศุสัตว์, 2560)

1.3 ความต้องการโภชนะของแพะ

อาหารที่แพะกินเข้าไปจะถูกย่อยและดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย โภชนะหรือสารอาหารที่แพะต้องการแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พลังงาน โปรตีน น้ำ วิตามิน และแร่ธาตุ โภชนะต่างๆ ที่ร่างกายได้รับจะถูกนำไปตอบสนองความต้องการของร่างกายแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ (บุญนำพา, 2548)

1.3.1 ความต้องการเพื่อดำรงชีพ (Maintenance requirement) เป็นความต้องการให้ชีวิตดำเนินกิจกรรมได้อย่างปกติ เช่น การหายใจ การหมุนเวียนของเลือด การทำงานของอวัยวะภายในและการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ เป็นต้น ปริมาณความต้องการเพื่อการดำรงชีวิตนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของร่างกายสัตว์ และกิจกรรมพื้นฐาน เช่น การเดินหาอาหารของแพะ (ตารางที่ 2)

จากการศึกษาที่ผ่านมาของ Pralomkarn *et al.* (1995) พบว่า แพะพันธุ์พื้นเมืองของไทยและแพะพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์แองโกลโนเบียน มีความต้องการพลังงาน $98.9 \text{ kcalME/kgBW}^{0.75}/\text{วัน}$ และจากการศึกษาของ Zemmeling *et al.* (1991) ได้ทำการศึกษาความต้องการพลังงานของแพะพันธุ์ West African Dwarf พบว่า แพะมีความต้องการพลังงานเพื่อดำรงชีวิต $91.8 \text{ kcalME/kgBW}^{0.75}/\text{วัน}$ ดังนั้นค่าความต้องการพลังงานที่แตกต่างกันเป็นผลเนื่องมาจากสายพันธุ์ของสัตว์ คุณภาพอาหาร และสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

1.3.2 ความต้องการในการให้ผลผลิต (Requirement for production) เป็นความต้องการที่นอกเหนือไปจากการดำรงชีวิต ได้แก่ การเจริญเติบโต การอุ้มท้อง การเนื้อ นม และขน

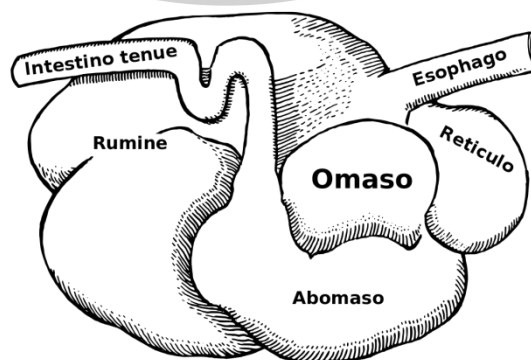
ตารางที่ 2 ปริมาณความต้องการโภชนาของแพะ

น้ำหนักแพะ (kg)	โภชนาที่ข้อย่อยได้ทั้งหมด (g)	พลังงาน (Mcal)			โปรตีน (g)	
		พลังงานข้อย่อยได้	พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้	พลังงานสุทธิ	โปรตีนทั้งหมด	โปรตีนข้อย่อยได้
10	159	0.70	0.57	0.32	22	15
20	267	1.18	0.96	0.54	38	26
30	362	1.59	1.30	0.73	51	35
40	448	1.98	1.61	0.91	63	43
50	530	2.34	1.91	1.08	75	51
60	608	2.68	2.19	1.23	86	59

ที่มา : NRC (1981)

1.4 สรีรวิทยาและการย่อยอาหารของแพะ

โครงสร้างของกระเพาะอาหารของแพะจัดเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่นเดียวกับโค กระบือ และมีกายวิภาคและสรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหารคล้ายกัน กระเพาะอาหารของแพะมีความจุประมาณ 75% ของช่องท้อง ซึ่งจะกินพื้นที่ด้านช่องท้องด้านซ้ายทั้งหมด และขยายไปช่องท้องด้านขวา กระเพาะอาหารของแพะโตเต็มวัยมีความจุประมาณ 15 - 18 ลิตร ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ รูเมน (Rumen), เรติคิวลัม (Reticulum), โอมาซัม (Omasum) และอะโบมาซัม (Abomasum) (ภาพที่ 3) แพะมีความจุของกระเพาะรูเมนมากกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นๆ เทียบต่อหน่วยน้ำหนักตัวเท่ากัน และมีอัตราการไหลผ่านของอาหารในกระเพาะหมักที่เร็วกว่า จึงจัดแพะให้เป็นสัตว์ที่มีประสิทธิภาพในการใช้อาหารหาบได้ดีกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นๆ (วินัย, 2542)



ภาพที่ 3 องค์ประกอบทางสรีรวิทยากระเพาะของแพะ

ที่มา (บุญด้อม, 2541)

1.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการย่อยได้ของอาหารในกระเพาะรูเมน

1.5.1 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ค่า pH ในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 6-7 จะทำให้การย่อยอาหารมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากเป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยและโปรตีน ถ้าค่า pH ในกระเพาะรูเมนลดลง อาจเนื่องจากสัตว์ได้รับอาหารชั้นในปริมาณสูง จะทำให้การย่อยอาหารของจุลินทรีย์ลดลง และเมื่อค่า pH ในกระเพาะรูเมนลดลงต่ำกว่า 5.5 จะส่งผลกระทบต่อจุลินทรีย์ได้

1.5.2 อัตราการไหลผ่านของโภชนะที่ย่อย (Digesta) จากกระเพาะรูเมน (Effect of passage rate) อัตราการไหลผ่านของอาหารออกจาก Reticulo-rumen มีผลมาจากปริมาณการกินได้ของสัตว์ เช่นเมื่อสัตว์มีปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของเหลวรูเมน Digesta และอัตราการไหลผ่านจะเพิ่มขึ้น ส่วนการบีบตัวของรูเมนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลผ่านของ Digesta ด้วย ดังนั้นอัตราการไหลผ่านเพิ่มขึ้นจะทำให้การย่อยได้ของอาหารในกระเพาะรูเมนลดลง เพราะ Digesta มีระยะเวลาอยู่ในรูเมนน้อย จุลินทรีย์มีระยะเวลาในการเข้าย่อยสลายอาหารน้อยลง แต่การไหลผ่านที่เร็วจะทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น

1.5.3 ปริมาณการกินได้ (Feed intake) ปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการไหลผ่านเร็วขึ้น จุลินทรีย์มีระยะเวลาในการเข้าย่อยสลายอาหารน้อยลง การย่อยได้ของอาหารจึงลดลง

1.5.4 โภชนะที่สำคัญ (Nutrient) สำหรับจุลินทรีย์ อาหารที่มีโปรตีนต่ำจะมีผลต่อการย่อยได้ของพลังงานและทำให้การกินได้ลดลง ถ้าอาหารที่มีโปรตีนสูง หรือ Non Protein Nitrogen (NPN) เช่น ยูเรียกับสัตว์ที่กินฟางเป็นอาหารหลัก การย่อยได้ของฟางข้าวจะเพิ่มขึ้น การขาดแร่ธาตุที่สำคัญ เช่น Mg, P, S, Fe, Co, Mn และ Zn จะทำให้การย่อยได้ของอาหารในรูเมนลดลง

1.5.5 ปริมาณเยื่อใยในอาหาร อาหารที่มีสารเยื่อใย หรือลิกนินในปริมาณที่สูง จะทำให้การย่อยได้ลดลง

1.5.6 ความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน จุลินทรีย์ในรูเมนมีความต้องการไนโตรเจนในปริมาณมากเพื่อการสังเคราะห์โปรตีนของตัวเอง โดยไนโตรเจนที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ประโยชน์ได้จะอยู่ในรูป $\text{NH}_3\text{-N}$ ที่อยู่ในของเหลวกระเพาะรูเมน ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้เต็มที่ คือ 6-90 $\text{mgNH}_3\text{-N/l}$

1.5.7 อุณหภูมิสภาพแวดล้อม สัตว์จะรักษาระดับอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ประมาณ 37 °C เมื่อสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงขึ้น สัตว์จะพยายามลดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย โดยการลดการกินอาหารโดยเฉพาะอาหารพลังงาน เมื่อการกินอาหารลดลงการเคลื่อนบีบตัวของกระเพาะรูเมนก็ลดลง (บุญเสริม, 2546)

1.6 กระบวนการหมักและการย่อยของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

ในสัตว์เคี้ยวเอื้องคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นประเภทโครงสร้างหรือประเภทแป้งและน้ำตาล จะถูกย่อยในรูเมนโดยจุลินทรีย์ได้เป็นกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acids, VFA) ซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ กรดอะซิติก (Acetic acid), กรดโพรพิโอนิก (Propionic acid) และ กรดบิวทีริก (Butyric acid) กรดไขมันระเหยได้เหล่านี้จะถูกดูดซึมผ่านผนังรูเมนเพื่อเมแทบอลิซึมต่อไป โดยกลูโคส 1 โมล ถูกเปลี่ยนกรดโพรพิโอนิกได้ 2 โมล โดยไม่มีการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ส่วนการเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติก หรือบิวทีริกนั้นจะได้ 2 และ 1 โมล ตามลำดับ โดยมีการสูญเสีย CO_2 อย่างละ 2 อะตอม (ตารางที่ 3) ซึ่ง CO_2 ที่เกิดขึ้นบางส่วนอาจรวมตัวกับ H_2 ได้เป็นแก๊สมีเทน (CH_4) แก๊สแก๊สเหล่านี้ไม่มีประโยชน์ต่อตัวสัตว์จำเป็นต้องระบายออก มิฉะนั้นอาจเกิดอาการท้องอืด ซึ่งเป็นอันตรายได้ (บุญเสริม, 2546)

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนกลูโคสให้เป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้ง 3 ตัว

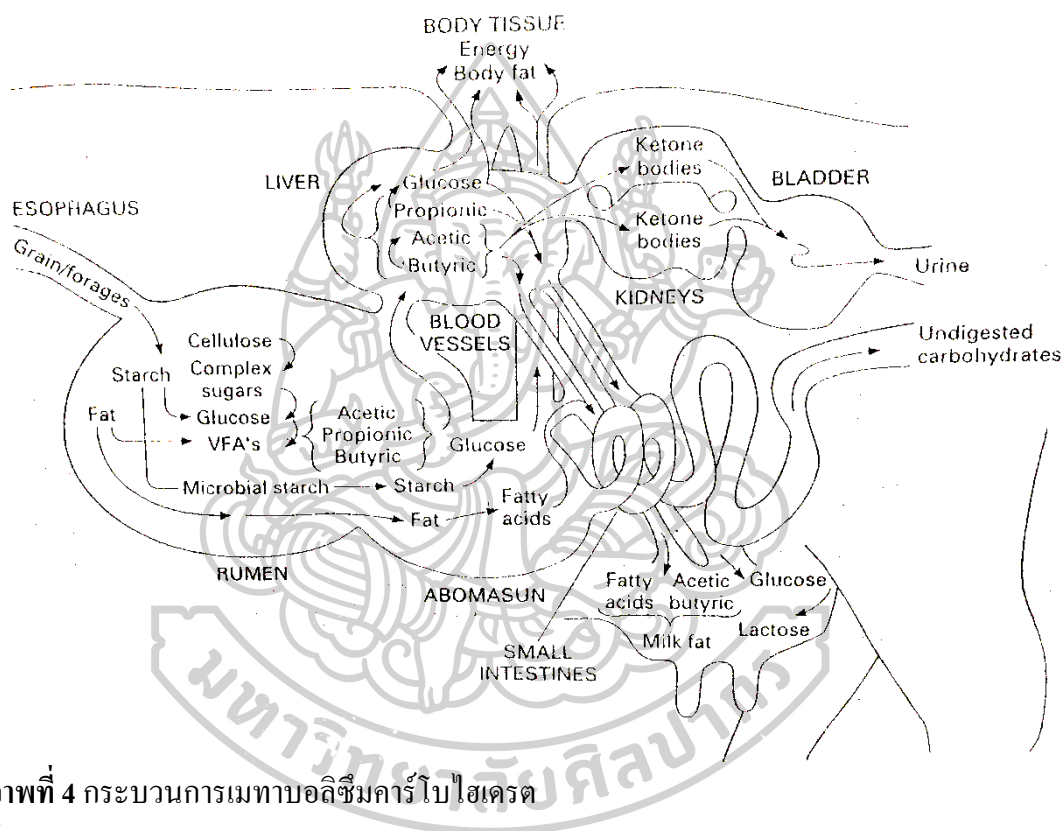
ชนิดกรดไขมัน ระเหยได้	mole/ mole กลูโคส	พลังงานรวม (kcal/mole)	พลังงานจากกรด (kcal)/mole กลูโคส	ประสิทธิภาพ การใช้งาน (%)
กรดอะซิติก	2	209.4	418.8	62.2
กรดโพรพิโอนิก	2	369.2	734.4	109.1
กรดบิวทีริก	1	524.3	524.3	77.9

หมายเหตุ 1 mole กลูโคสมี พลังงานรวม = 673.0 kcal

ที่มา: ฉลอง (2541)

กระบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่กระเพาะส่วนหน้า และเกิดต่อเนื่องกันตลอดการหมัก (Fermentation) ทำให้ไม่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้หลงเหลือไปสู่ลำไส้ เป็นผลให้สัตว์เคี้ยวเอื้องไม่ได้รับกลูโคสเพียงพอจากกระบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรต ซึ่งทำให้สัตว์ต้องปรับเปลี่ยน Metabolism ให้มีประสิทธิภาพในการสร้างและเก็บรักษากลูโคสให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย สัตว์เคี้ยวเอื้องจะได้กลูโคสจากกระบวนการ Gluconeogenesis ซึ่งมี precursor ตัวสำคัญคือ โพรพิโอเนต โดยโพรพิโอเนตจะถูกเปลี่ยนเป็น Succinate แล้วเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ได้เป็น Oxaloacetate ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นกลูโคส โดยกระบวนการ Gluconeogenesis สำหรับ VFA ตัวอื่นๆ เช่น อะซิเตท และ บิวทีเรท สามารถเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ได้ แต่เป็นกรดไขมันสายยาว (Long-chain fatty acids) ก็จะเข้าสู่เครบส์ในรูปของ Acetyl coA แต่เนื่องจาก Acetyl coA

ไม่สามารถเปลี่ยนเป็น Oxaloacetate หรือ กลูโคสได้ ดังนั้นในสัตว์เคี้ยวเอื้อง จาก VFA จึงมีเพียง โพรพิโอเนทเท่านั้นที่สามารถผลิตกลูโคสได้จำนวนมาก โพรพิโอเนทเกือบทั้งหมดที่ถูกดูดซึมที่รูเมนจะถูกดึงไปสู่ตับผ่านทาง Portal vein โดยไม่เข้าสู่ระบบหมุนเวียน ซึ่งแสดงว่าโพรพิโอเนททั้งหมดถูกนำไปสร้างเป็นกลูโคสที่ตับ นอกจากอาศัย Gluconeogenesis แล้วสัตว์เคี้ยวเอื้องต้องอาศัยกระบวนการเก็บรักษากลูโคส (Conserving glucose) เพื่อให้มีกลูโคสเพียงพอกับการใช้ในร่างกาย (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 กระบวนการเมแทบอลิซึมคาร์โบไฮเดรต

ที่มา: นลอง (2541)

1.7. กระบวนการหมักและการย่อยของโปรตีนในกระเพาะรูเมน

เมื่ออาหารโปรตีนเข้าสู่รูเมนจะถูกย่อยโดย Extracellular protease ของจุลินทรีย์ ซึ่งจะเป็นพวก Endopeptidase แบคทีเรียและ โปรโตซัวจะทำหน้าที่เข้าย่อยสลายโปรตีน กิจกรรมของจุลินทรีย์นั้นแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาหาร แต่อย่างไรก็ตาม pH ในรูเมนก็มีอิทธิพลมากกว่า ซึ่ง pH ที่ 6-7 จัดเป็นค่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายโปรตีน และผลของการย่อยจะได้เปปไทด์สายสั้น (Short-chain peptide) ซึ่งจะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ของจุลินทรีย์ ภายในเซลล์พบว่าเปปไทด์ (Peptide) จะถูกนำไปใช้ต่อเป็นกรดอะมิโน จากนั้นจะผลิต

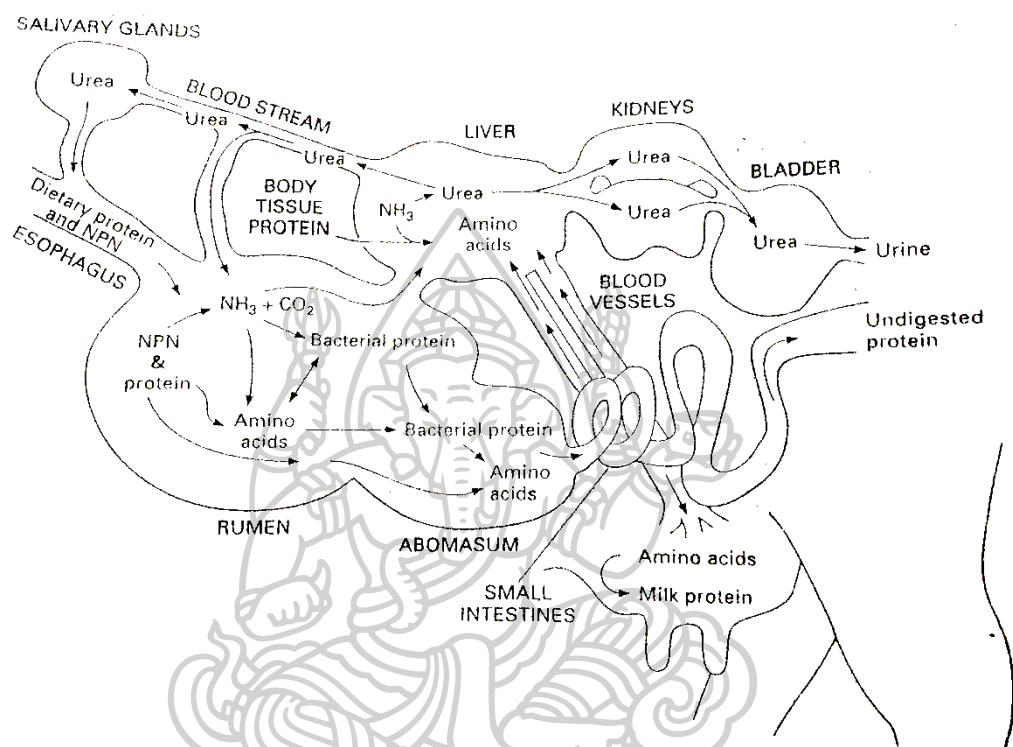
แอมโมเนียและกรดอินทรีย์ต่างๆ โดยกระบวนการ Deamination แล้วถูกนำไปใช้ต่อไป เช่นถูกนำไปสร้างเป็น Microbial protein นำไปสร้างเป็นแอมโมเนีย แล้วไปสร้างเป็น VFA นำสร้างเป็นแอมโมเนีย แล้วนำแอมโมเนียมาเป็นสารตั้งต้น ในการสร้างกรดอะมิโนและ Microbial protein ต่อไป ทั้งนี้พบว่า 80% ของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ถูกสังเคราะห์โดยการใช้แอมโมเนีย ส่วน 20% ใช้กรดอะมิโนโดยตรง และประมาณ 59% ของไนโตรเจนในอาหารจะถูกย่อยในรูเมน อย่างไรก็ตามปริมาณของไนโตรเจนที่ถูกย่อย 29% จะถูกใช้ประโยชน์ในรูปของกรดอะมิโน และ 71% จะถูกเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนีย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะตามธรรมชาติของชนิดอาหาร โปรตีนแต่ละชนิด (ภาพที่ 5)

สำหรับ VFA ที่ได้มีความสำคัญต่อแบคทีเรียบางชนิด ที่ไม่สามารถสร้างโปรตีนได้จากกรดอะมิโน ที่ได้จากเปปไทด์นอกเซลล์ แบคทีเรียพวกนี้ต้องสร้างกรดอะมิโนจากแอมโมเนีย และเมแทบอลิซึมของ VFA โดยพบว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้มีความสำคัญต่อการย่อยเซลลูโลส โปรตีนส่วนมากที่เข้าสู่รูเมนจะถูกย่อยสลายจนถึงส่วนขั้นที่ได้แอมโมเนีย แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายได้ (Solubility) ของโปรตีน เช่นโปรตีนมีความสามารถละลายได้มากก็จะสลายได้มาก และพบว่าไนโตรเจนประมาณ 55-57% ในกระเพาะรูเมนจะอยู่ในเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไนโตรเจนโปรตีน (Protein nitrogen) ในการเปลี่ยนแปลงความสามารถละลายได้ของโปรตีนให้ละลายได้น้อยในรูเมน จะช่วยให้โปรตีนนั้นรอดพ้นจากการถูกย่อยสลายภายในรูเมน และโปรตีนนั้นก็จะถูกลำเลียงไปสู่ลำไส้ ย่อยและดูดซึมที่ลำไส้

แบคทีเรียบางชนิดในรูเมนต้องการกรดอะมิโนเป็นแหล่งไนโตรเจน แต่ส่วนมากแล้วแบคทีเรียในรูเมนจะใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจน นอกจากโปรตีนแล้ว สัตว์เคี้ยวเอื้องยังสามารถใช้ NPN ซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น กรดอะมิโน, เปปไทด์, เอไมด์, เอมีน, เอมีนที่ระเหยได้, กลีโคแอมโมเนียม, ไนเตรท, ไนไตร, ยูเรีย และ ไบยูรีท ปริมาณของ NPN ในอาหารมีค่าตั้งแต่ 4-5% ในเมล็ด จนถึง 60-75% ในอาหารหมักที่ไม่มีกรดตกตะกอน เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด นอกจากได้รับจากอาหารแล้วยังได้จาก Metabolism ในร่างกายเช่น ยูเรีย ส่วนใหญ่ NPN จะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียภายในรูเมน และ NPN ที่เสริมในอาหารไม่มีผลร้ายแรงต่อการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากแอมโมเนียเป็น Common intermediate ที่สำคัญในกระบวนการย่อยโปรตีนและ NPN ในรูเมน ดังนั้นสิ่งสำคัญคือการเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็น Microbial protein ให้มากที่สุด ในขณะที่เดียวกันก็จะเป็นการลดการสูญเสียแอมโมเนีย ที่จะสูญเสียไปโดยการดูดซึมที่รูเมน

เนื่องจากโปรตีนจากอาหารจะถูกหมักในรูเมนได้เป็น Microbial protein สัตว์เคี้ยวเอื้องจึงต้องอาศัย Microbial protein เป็นแหล่งโปรตีนสำคัญของร่างกาย โดยจุลินทรีย์จะถูกชะล้าง

ออกมาจากรูเมนเข้าสู่กระเพาะอะโบมาซุม และลำไส้ ซึ่งประสิทธิภาพการย่อย Microbial protein จึงขึ้นอยู่กับอัตราการพาดูตินทรีย์มาสู่ Abomasum ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของ ประชากรจุลินทรีย์และจะขึ้นอยู่กับโภชนาที่ได้รับ (บุญเสริม, 2546)



ภาพที่ 5 กระบวนการเมทาบอลิซึมของโปรตีนในสัตว์เคี้ยว
 ท้อง: ฉลอง (2541)

2. สับปะรด (Pineapple)

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ทั่วไป

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ananascomosus* (Linn.) Merr. ชื่อวงศ์: Bromeliaceae ชื่อสามัญ: Pineapple ชื่อท้องถิ่น: สับปะรด (ภาคกลาง) บ่อนัด มะขะนัด มะนัด (ภาคเหนือ) บักนัด (ภาคอีสาน) ขนุนทอง ยานัด ย่านนัด (ภาคใต้)

สับปะรดเป็นพืชล้มลุก ใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกไม้เนื้ออ่อนที่มีอายุหลายปี ระบบรากเป็นแบบรากฝอย ลำต้นแตกออกเป็นกอใหญ่ไม่มีกิ่งก้าน สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี สูงประมาณ 90-100 เซนติเมตร มีลำต้นอยู่ใต้ดินมีใบเรียงสลับซ้อนกันรอบต้น กว้างประมาณ 6.5 เซนติเมตร ยาวได้ถึง 1 เมตรขอบใบมีหนามเล็กน้อย ดอกออกเป็นช่อใหญ่กลางต้น ช่อดอกแข็งแรง

มีดอกย่อยจำนวนมาก ผลเป็นผลรวมมีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอก มีใบเป็นกระจุกที่ปลายใบผลโต มีสีเหลืองและมีตาขอบผล เมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไป โดยตาที่ลำต้นจะเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก สามารถตัดแปลงเป็นไม้ประดับและเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกด้วย (รุ่งระวี *et al.*, 2545) (ภาพที่ 6)

สับปะรดสามารถแบ่งออกตามลักษณะความเป็นอยู่ได้ 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ พวกอาศัยอยู่ตามคาบไม้หรือลำต้นไม้ใหญ่ ได้แก่ ไม้อากาศต่างๆ ที่ไม่แย่งอาหารจากต้นไม้ที่มันเกาะอาศัยอยู่ พวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ประดับ พวกที่เจริญเติบโตบนผาหิน หรือโขดหิน และพวกที่มีระบบรากหาอาหารอยู่ในดิน หรือเรียกว่าไม้ดิน สับปะรดที่ใช้บริโภคจัดเป็นไม้ดิน แต่ยังมีลักษณะบางประการของไม้อากาศเอาไว้คือ สามารถเก็บน้ำไว้ตามซอกใบได้เล็กน้อยมีเซลล์พิเศษสำหรับเก็บน้ำเอาไว้ในใบ ทำให้ทนทานในช่วงแล้งได้ (มัลลิกา, 2553)



ภาพที่ 6 สับปะรด

2.2 ปริมาณสับปะรดจากโรงงานแปรรูปสับปะรด

สถานการณ์ด้านการผลิตสับปะรด พบว่า ในปัจจุบันการปลูกสับปะรดในประเทศไทย มีแนวโน้มการผลิตเพิ่มมากขึ้น จากสถิติข้อมูลจากศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรของประเทศไทยในช่วงระหว่างปี 2558 - 2559 จำนวนสับปะรดในประเทศไทยมีจำนวนเพิ่มขึ้น จำนวนผลผลิตสับปะรดในปี 2559 ทั้งหมดมีประมาณ 2,014,680 ตัน โดยแบ่งเป็นภาคต่างๆ ดังนี้ คือ ภาคเหนือ 291,975 ตัน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 133,475 ตัน ภาคกลาง 1,552,338 ตัน และภาคใต้ 36,892 ตัน โดยจากข้อมูลพบว่าภาคกลางมีจำนวนผลผลิตสับปะรดมากที่สุด ซึ่งจังหวัด

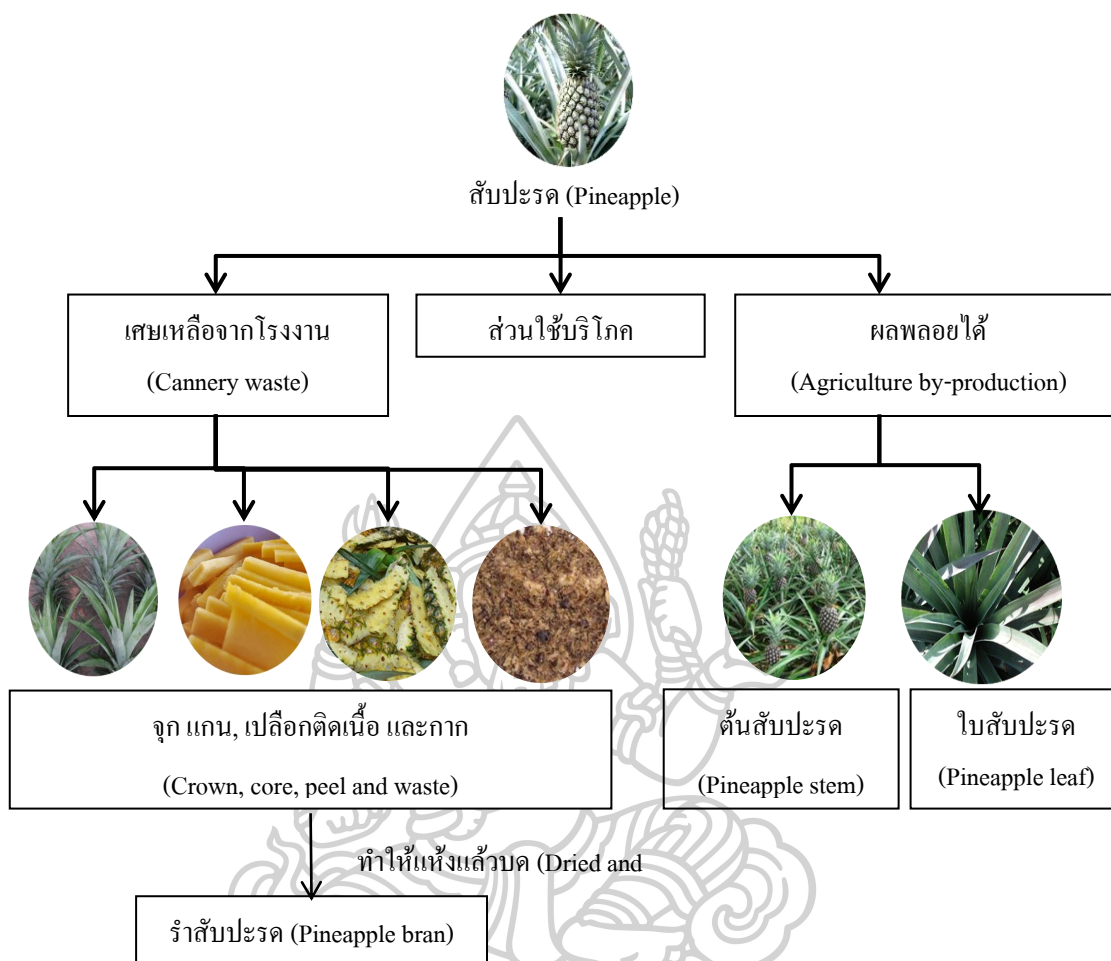
ที่ปลูกมากที่สุดในปี 2559 คือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีผลผลิตเก็บเกี่ยวประมาณ 841,348 ตัน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 จำนวนสับปะรดในปี 2557 - 2559

จำนวนสับปะรด	ภูมิภาค				รวม
	เหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	กลาง	ใต้	
ปี 2557					
เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	91,418	21,711	358,504	4,463	476,096
เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	72,608	21,604	353,693	4,447	452,352
ผลผลิต (ตัน)	261,408	96,906	1,537,062	21,454	1,916,830
ปี 2558					
เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	78,928	23,593	348,204	4,646	455,371
เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	74,770	23,270	344,107	4,624	446,771
ผลผลิต (ตัน)	259,073	108,172	1,437,828	20,122	1,825,195
ปี 2559					
เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	85,999	29,641	378,910	9,418	503,968
เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	84,739	29,517	369,961	9,365	493,582
ผลผลิต (ตัน)	291,975	133,475	1,552,338	36,892	2,014,680

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศการเกษตรสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2559)

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าผลผลิตจากการปลูกสับปะรดในแต่ละปีมีปริมาณมาก เมื่อนำผลผลิตไปใช้ประโยชน์ เช่นการบริโภคผลสด หรือส่งผลผลิตเข้าโรงงานแปรรูป ซึ่งส่วนใหญ่ผลผลิตจากการปลูกนี้จะถูกนำส่งเข้าโรงงานแปรรูปสับปะรด เป็นจำนวนมาก จึงส่งผลให้เกิดเป็นเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น เปลือก, ใบ, จุก และก้าน เป็นต้น (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 ผลพลอยได้ และเศษเหลือจากโรงงานสับประรดกระป๋อง

2.3 องค์ประกอบทางเคมี

เศษเหลือของสับประรดจากโรงงานจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันทั่วไป เรียกว่าเปลือกสับประรด หรือกากสับประรดจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ มีเปลือกด้านข้าง ส่วนหัว ส่วนล่าง ใส้ (แกนกลาง) และเศษเนื้อ อาจจะมีส่วนใดส่วนหนึ่งเล็กน้อยแล้วแต่โรงงาน ซึ่งจะทำให้ องค์ประกอบทางเคมีจากเศษเหลือของสับประรด หรือเปลือกสับประรดมีค่าแตกต่างกัน (ตารางที่ 5) โดยทั่วไปเปลือกสับประรดสดจากโรงงานทำสับประรดกระป๋องจะมีปริมาณน้ำอยู่สูง มีวัตถุแห้ง ประมาณ 10-12% มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 3.2 -3.4 (Perez and Hsu, 1973) มีเยื่อ โภชนะย่อยได้ (Total Digestible Nutrients; TDN) 65-74% มีโปรตีนปริมาณแร่ธาตุต่างๆ และ วิตามินอีต่ำ (Muller, 1974, 1975) ปริมาณน้ำตาลที่พบมากส่วนใหญ่เป็นพวกซูโครส (70%) กลูโคส (20%) และฟรุคโตส (10%) (Muller, 1978)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่างๆของสับปะรด (% วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบ	เปลือกด้านข้าง	ส่วนหัว	ส่วนล่าง	แกน (ไส้)	เศษเนื้อ
ความชื้น	85.8	84.9	85.9	88.6	84.5
โปรตีน	4.4	4.1	5.4	3.2	3.6
ไขมัน	1.5	1.2	1.4	1.3	1.2
เยื่อใย	8.1	11.6	13.4	8.9	4.7
เถ้า	4.9	5.4	7.6	3.8	4.2
NFE	81.1	77.7	72.2	82.8	86.3
NDS	72.9	61.2	53.1	73.1	85.5
NDF	27.1	38.8	46.9	26.3	14.5
ADF	12.1	17.1	20.4	12.2	5.8
ADL	1.7	1.9	2.8	0.7	0.6
Cellulose	10.4	15.2	17.6	11.5	5.2
Hemicellulose	15.0	21.7	26.5	14.1	8.7

หมายเหตุ: NFE = Nitrogen free extract, NDS = Nutrient digestible soluble, NDF = Neutral detergent fiber, ADF = Acid detergent fiber, ADL = Neutral detergent lignin

ที่มา: วรพงษ์ and วิภา (2528)

2.4 การใช้ประโยชน์จากสับปะรด

จากการศึกษาของจินดา *et al.* (2528) รายงานว่าโคนมที่ได้รับฟางข้าวเสริมด้วยเปลือกสับปะรดสด และเปลือกสับปะรดสดผสมรำละเอียด (3:1 โดยน้ำหนัก) พบว่าโคนมที่ได้รับฟางข้าวเสริมด้วยเปลือกสับปะรดผสมรำละเอียดทำให้โคมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 0.69 กก./ตัว/วัน ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มรำละเอียด ทำให้คุณค่าของอาหารผสมเพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลองค์ประกอบทางเคมีมี 9.34% ในขณะที่ฟางข้าวเสริมเปลือกสับปะรดและเปลือกสับปะรดมีโปรตีน 4.41 และ 6.44% ตามลำดับ นอกจากนี้จินดา *et al.* (2531) ยังรายงานว่าการใช้เปลือกสับปะรดสดเป็นอาหารหยาบหลักทดแทนหญ้าเสริมอาหาร 3 ชนิด คือ ใบกระถินแห้ง 30% ใบกระถินแห้งและมูลไก่แห้งอย่างละ 15% และมูลไก่แห้ง 30% ในโคเนื้อ พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตวันละ 0.60, 0.51 และ 0.52 กก./ตัว โดยมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร เท่ากับ 6.45, 7.61 และ 7.04 ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มที่ให้เปลือกสับปะรดเป็นหลักรวมกับกระถินมีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการ

ใช้อาหารที่ดีกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณภาพของมูลไก่ที่ใช้มีคุณภาพต่ำ และมีความปรวนแปรสูงจึงส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

นอกจากนี้มีการศึกษาของของปรัชญา *et al.* (2541) รายงานว่าการใช้ใบสับประรดสดเปรียบเทียบกับการใช้หญ้าสดและฟางข้าวราดกากน้ำตาลผสมยูเรียเลี้ยงโค พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 0.60 – 0.77 กก./ตัว/วัน และมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของโคกลุ่มที่กินใบสับประรดสดและหญ้าสดไม่ต่างกันแต่ดีกว่าโคกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวราดกากน้ำตาลและยูเรีย ทั้งนี้อาจเนื่องจากโคในระยะนี้ต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อการเจริญเติบโต และการสร้างไขมัน และจากผลองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวราดกากน้ำตาลผสมยูเรียมีไขมันรวม, คาร์โบไฮเดรตที่ข่อยง่าย (Nitrogen free extract; NFE) และ เยื่อใยที่ละลายได้ (Neutral detergent soluble; NDS) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานน้อยกว่าหญ้าสดและใบสับประรด ดังนั้นโคที่ใช้ฟางข้าวราดกากน้ำตาลผสมยูเรียเป็นอาหารหยาบจึงได้รับพลังงานน้อยกว่ากลุ่มอื่น จึงมีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต นอกจากนี้ปรัชญา *et al.* (2542) ยังรายงานว่าโคนมที่ได้รับหญ้าสดร่วมกับต้นและใบสับประรดสัดส่วน 50:50 เปรียบเทียบกับการใช้หญ้าสด โดยมีอาหารชั้นโปรตีน 16 % พบว่า ใบสับประรดหรือทั้งต้นและใบสับประรดสามารถใช้เป็นอาหารหยาบแทนหญ้าสดเลี้ยงโคนมได้โดยไม่ทำให้ปริมาณน้ำนมและส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนมแตกต่างกับการใช้หญ้าสดเป็นอาหารหยาบ ทั้งนี้อาจเนื่องจากโคทุกกลุ่มได้รับอาหารหยาบในปริมาณใกล้เคียงกัน

3. อาหารหมัก (Silage)

อาหารหมัก หมายถึง การนำพืชอาหารสัตว์ที่มีความชื้นที่เหมาะสมนำมาทำการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่มีอากาศ (Anaerobic condition) เพื่อให้เกิดกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติโดยที่คุณค่าทางอาหารสัตว์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์ในช่วงฤดูแล้ง (กรมปศุสัตว์, 2547)

การหมักเป็นวิธีการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์โดยการทำงานของแบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria; LAB) ที่สามารถพบได้ในธรรมชาติในสภาพที่ไร้ออกซิเจน (Anaerobic condition) ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้สามารถใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate; WSC) ในพืชควรมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้มากกว่า 18% ซึ่งแบคทีเรียกรดแลคติกจะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่อยู่ในพืชได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติก (Lactic acid) และกรดอะซิติก (Acetic acid) ส่งผลทำให้พืชหมักมีค่า pH ลดลงประมาณ 4.2 หรืออาจต่ำกว่านั้น (จันทกานต์, 2545) กระบวนการหมักที่ไร้ออกซิเจนเกิดขึ้นโดยการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ใช้

ออกซิเจน (Anaerobic bacteria) ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการทำพืชหมักผลผลิตที่ได้คือ กรดแลคติก ซึ่งเป็นกรดที่มีความสำคัญ และทำให้พืชหมักมีค่า pH ลดลงนอกจากนี้แบคทีเรียกลุ่มนี้จะมีจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล หากมีปริมาณน้ำตาลในพืชมาก และอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะทำให้เกิดกรดแลคติกเร็วขึ้น ซึ่งสามารถช่วยยับยั้งการเจริญของพวกจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดความเสียหาย และทำให้พืชหมักยังคงสภาพ

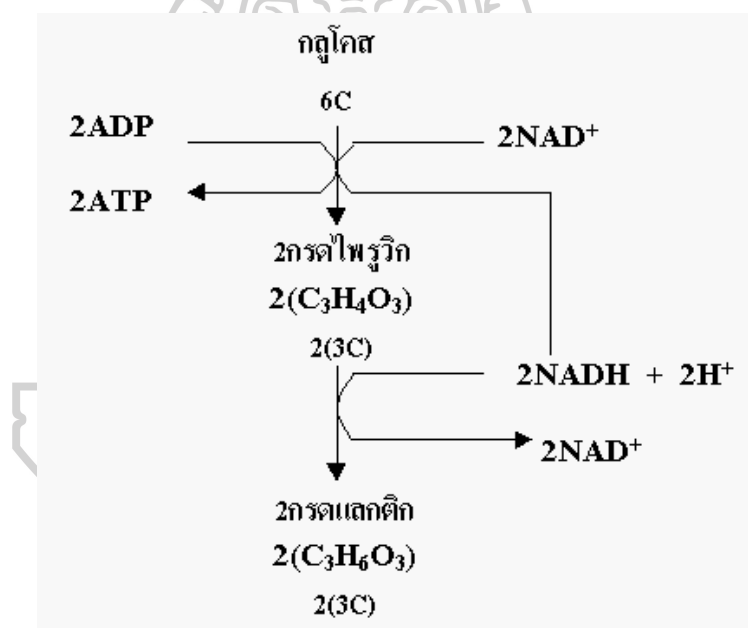
3.1 กระบวนการหมัก (Fermentation)

ระหว่างกระบวนการหมักในพืชหมักจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยมี 2 กระบวนการที่เกี่ยวข้อง คือ กระบวนการหมักที่ต้องใช้ออกซิเจน และกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งในระหว่างการเกิดกระบวนการจะอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ปริมาณอากาศที่หลงเหลือหลังการอัดพืชหมัก องค์ประกอบต่างๆ ของพืช เช่น ปริมาณน้ำตาล และความชื้น เป็นต้น (สายัณห์, 2522)

3.1.1 กระบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจน เมื่อนำพืชสดไปหมักในภาชนะที่มิดชิด ถึงแม้ว่าจะทำการอัดพืชให้แน่นแล้วแต่ก็จะมีอากาศหลงเหลือบางส่วน ทำให้จุลินทรีย์บางชนิดสามารถใช้ออกซิเจนที่มีอยู่อย่างจำกัดนี้ในกระบวนการหายใจได้ระยะหนึ่งจนกว่าอากาศในภาชนะที่หมักจะหมดไปซึ่งการหายใจระดับเซลล์ของพืชจะใช้คาร์โบไฮเดรต คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและความร้อน โดยแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโตจะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นกรด เช่น กรดอะซิติก กรดโพพิโอนิก และกรดแลคติก เป็นต้น นอกจากนี้ในขณะที่มีออกซิเจนและเชื้อราจะเพิ่มจำนวนไปเรื่อยๆ จนกระทั่งอากาศถูกใช้หมดไป จนทำให้ยีสต์และเชื้อราไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้อีกและจะค่อยๆ ตายลง แต่เอนไซม์ต่างๆ ที่ถูกผลิตขึ้นจะทำงานตามปกติ โดยจะเปลี่ยนจากน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ ดังนั้นในการทำพืชหมักจำเป็นต้องไล่อากาศออกจากภาชนะที่ใช้หมักพืชเพื่อเป็นการช่วยลดจำนวนยีสต์และเชื้อราไม่ให้มีจำนวนมากเกินไป นอกจากนี้เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) หรือเอทานอล (Ethanol) ที่เกิดจากการทำงานของยีสต์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดอะซิติกในสภาพที่ไร้ออกซิเจน (สายัณห์, 2540)

3.1.2 กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยกลูโคสจะเข้าสู่กระบวนการไกลโคลิซิสเปลี่ยนแปลงเป็นกรดไพรูวิก ซึ่งต่อมากัดไพรูวิกนั้นจะเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก (Lactic acid) โดยมีเอนไซม์แลกเตทดีไฮโดรจีเนส (Lactate dehydrogenase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสลายกลูโคส โดยกระบวนการหมักกรดแลคติกทำให้เกิด ATP 2 โมเลกุล และกรดแลคติก 2 โมเลกุลโดยไม่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น (ภาพที่ 8) :ซึ่งการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน

ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล กล่าวคือถ้ามีปริมาณน้ำตาลมาก และอยู่ในสภาพที่ไร้ออกซิเจนจะทำให้สามารถเกิดกรดแลคติกได้เร็วขึ้น โดยพบว่าจะมีปริมาณกรดแลคติกประมาณ 1 – 1.5% ของน้ำหนักแห้ง มีค่า pH ประมาณ 3.8 – 4.2 นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียที่เรียกรวมกันว่าโปรตีน (Proteolytic bacteria) จะเปลี่ยนโปรตีนไปเป็นแอมโมเนีย, กรดอะมิโน, เอมีน และเอไมด์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มคาร์โบไฮเดรตเพื่อยับยั้งการใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงาน และยังทำให้พืชหมักที่ได้มีปริมาณโปรตีนที่เพียงพอที่จะเป็นประโยชน์สัตว์ได้ แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าพืชหมักจะมีค่า pH ที่ต่ำ (3.8 – 4.2) แต่ถ้าหากว่ามีอากาศสามารถเข้าไปข้างในถึงหมักได้จะส่งผลให้แบคทีเรียที่เรียกรวมกันว่าคลอสทริเดียม (*Clostridium*) สามารถเจริญเติบโตได้ และแบคทีเรียที่เรียกรวมกันว่าสามารถเปลี่ยนกรดแลคติกเป็นกรดบิวทิริก ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้พืชหมักมีคุณภาพต่ำ และไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน (สายัณต์, 2540)



ภาพที่ 8 กระบวนการหมักกรดแลคติก

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงการหมักจะเกิดขึ้นเป็นช่วงๆแบ่งออกได้เป็น 5 ระยะเวลา
 ระยะเวลาที่ 1 นำพืชที่ต้องการหมักมาตัดหรือสับให้มีชิ้นเล็กแล้วใส่หลุมหมักหรือถังหมักโดยเร็วอัดให้แน่นในสภาวะไร้อากาศภายหลังปิดถังหรือหลุมหมักเซลล์พืชยังคงหายใจอย่างต่อเนื่องโดยใช้ก๊าซออกซิเจนที่ยังมีอยู่มากในหลุมหมักเช่นเดียวกับแบคทีเรียที่ใช้ก๊าซออกซิเจนจะย่อยสลายพวกคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเซลล์พืชจนกระทั่งถึงระยะหนึ่งออกซิเจนจะหมดไปผลผลิตที่เกิดจากการหมักนี้คือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้ำและความร้อนถ้าอุณหภูมิใน

หลุมหมักสูงเกิน 38°C ฟีซหมักจะคุณภาพต่ำลงในระยะที่ 1 ใช้เวลา 1-2 วันหลังปิดหลุมหมักโดยปกติก๊าซออกซิเจนจะถูกใช้หมดภายใน 4-5 ชั่วโมง ดังนั้นถ้าสามารถลดช่วงระยะเวลานี้ให้สั้นลงได้เท่าไรหรือความสูญเสียโภชนะก็จะน้อยลงเพราะคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายง่ายจะถูกใช้หมดไปและเกิดเป็นความร้อนและน้ำซึ่งจะทำให้ความนำกินของฟีซหมักลดลง โปรตีนบางส่วนซึ่งอาจสูงถึง 50% จะถูกย่อยสลายไปเป็นก๊าซแอมโมเนียการหมักที่สมบูรณ์จะทำให้ความเป็นกรดเพิ่มขึ้นและหยุดยั้งกระบวนการย่อยสลายโปรตีน (Proteolysis) ในกระบวนการหมักถ้าฟีซหมักแห้งเกินไป (มีความชื้นน้อย) ก็อาจเกิดผลเสียเช่นเดียวกันเพราะจะทำให้เกิดความร้อนสูงเนื่องจากกระบวนการหมักเกิดไม่สมบูรณ์ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยามิลลาร์ด (Maillard reaction) กับ โปรตีน โปรตีนจะเปลี่ยนโครงสร้างโดยไปรวมกับคาร์โบไฮเดรตเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ย่อยสลายสิ่งต่างๆเหล่านี้ที่เกิดขึ้นจะทำให้ฟีซหมักที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ของพลังงานและโปรตีนต่ำ

ระยะที่ 2 ระยะเกิดกรดอะซิติก (Acetic acid) ระยะนี้จะเกิดขึ้นหลังจากก๊าซออกซิเจนถูกกำจัดหมดแล้วและเซลล์ฟีซตายแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเริ่มย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำกับโปรตีนบางชนิดให้กลายเป็นกรดอะซิติกและกรดที่เกิดขึ้นจะทำให้ค่าความเป็นกรดลดลงจาก 6.0 เหลือ 4.2 เมื่อค่าความเป็นกรดลดลงไปถึงระดับนี้แบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติกจะเริ่มถูกทำลายระยะนี้จะเกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 2-4 หลังปิดหลุมหมักปกติจะใช้เวลาประมาณ 24-72 ชั่วโมง

ระยะที่ 3 ระยะเริ่มผลิตกรดแลคติกเป็นระยะที่มีความสำคัญมากเพราะแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกจะเริ่มทำงานในวันที่ 3 หลังปิดหลุมหมักขณะที่กรดอะซิติกเริ่มลดลงแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกจะเพิ่มปริมาณขึ้นทำให้กรดแลคติกเพิ่มขึ้นแบคทีเรียอาจใช้สารอาหารในฟีซหมักมากถึง 10% ในการสร้างกรดนี้ถ้ากระบวนการหมักเกิดขึ้นสมบูรณ์กรดแลคติกจะทำให้ค่าความเป็นกรดลดลงเหลือประมาณ 4.2 หรือต่ำกว่านั้น

ระยะที่ 4 ระยะผลิตกรดแลคติกอย่างต่อเนื่องการผลิตกรดแลคติกจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปอีกประมาณ 2 สัปดาห์หรือมากกว่านั้นอุณหภูมิจะเริ่มลดลงเหลือประมาณ 26-27°C และค่าความเป็นกรดลดลงที่ระดับ 3.8 ซึ่งส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงและหยุดหรือสิ้นสุดลง

ระยะที่ 5 ระยะเก็บรักษา ถ้าทุกอย่างเป็นไปด้วยดีฟีซหมักจะยังคงเป็นฟีซหมักที่เก็บไว้ในรูปหมักดองไปได้นานโดยอาศัยกรดแลคติกป้องกันไม่ให้เกิดการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตต่อไปอีก แต่ถ้ากรดแลคติกมีปริมาณน้อยกรดบิวทิริกก็จะถูกสร้างขึ้นและโปรตีนจะถูกเปลี่ยนแปลงไปทำให้ฟีซหมักเกิดการสูญเสียขึ้น (กรมปศุสัตว์, 2547)

3.2 พืชที่เหมาะสมต่อการทำอาหารหมัก

พืชนั้นต้องให้ผลผลิตสูง มีปริมาณน้ำตาลสูง และควรมีคุณค่าทางโภชนาสูง นอกจากนี้ควรปริมาณวัตถุแห้งที่เหมาะสม (25 - 35%) และต้องมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในระดับที่เพียงพอ (ไม่ต่ำกว่า 18%) หากพืชนั้นมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้น้อยกว่า 10% ของวัตถุแห้ง อาจจะไม่สามารถนำมาทำหญ้าหมักได้ พันธุ์พืชที่สามารถนำมาทำพืชหมัก ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง หญ้าเนเปียร์ เป็นต้น ส่วนพืชชนิดอื่นที่พบว่ามีปริมาณน้ำตาลในพืชไม่เพียงพอจำเป็นต้องเติมสารเสริมเพื่อช่วยในกระบวนการหมัก (กรมปศุสัตว์, 2547)

3.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออาหารหมัก

ในการทำพืชหมักเพื่อให้ได้คุณภาพพืชหมักที่ดีอาจมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของพืชสด (กรมปศุสัตว์, 2547) ได้แก่

3.3.1 ชนิด และอายุพืชขณะตัด พืชที่จะนำมาหมักไม่ควรมีอายุแก่หรืออ่อนจนเกินไป ควรตัดในช่วงที่ให้ผลผลิตสูง พร้อมทั้งมีคุณค่าทางอาหารเพียงพอ ทั้งแร่ธาตุและวิตามิน

3.3.2 ขนาดของชิ้นพืชที่หมัก ควรตัดพืชให้ขนาดยาวประมาณ 3 - 5 เซนติเมตร การสับพืชให้มีขนาดเล็กจะช่วยให้สามารถอัดพืชได้แน่นขึ้น เพื่อเป็นการไล่อากาศและมีผลทำให้จุลินทรีย์สามารถใช้สารอาหารจากพืชเพื่อการเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น และชิ้นของพืชที่เล็กลงยังส่งผลให้สามารถผสมคลุกเคล้ากันได้ดีและทั่วถึงมากขึ้น

3.3.3 ระดับความชื้นในพืชหมักที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 65 - 70% ถ้าความชื้นสูงเกินไปจะส่งผลให้พืชหมักที่ได้มีคุณภาพไม่ดี เพราะของเหลวที่ไหลออกมาจากพืชที่กำลังหมักอยู่จะทำให้พืชหมักสูญเสียกรดแลคติกและ โภชนาที่มีประโยชน์ต่อสัตว์ นอกจากนี้ความชื้นที่สูงยังส่งผลให้มีปริมาณกรดแลคติกต่ำทำให้ค่า pH จะลดลงช้า และสารอาหารที่ควรจะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ต้องถูกนำมาใช้ในการผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้น หรือในทางตรงกันข้ามกรดแลคติกที่ผลิตได้อาจถูกเปลี่ยนเป็นกรดบิวทิริกส่งผลทำให้พืชหมักมีคุณภาพไม่ดี

3.4 มาตรฐานอาหารหมัก

3.4.1 มาตรฐานทางกายภาพของอาหารหมัก

อาหารหมักที่ดีควรมีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆ คล้ายผลไม้ดอง ไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า หรือกลิ่นฉุนของแอมโมเนีย เนื้อของอาหารหมักต้องไม่เป็นเมือก ไม่เละ และที่สำคัญต้องไม่มี

สิ่งเจือปน ไม่มีราขึ้น หรือไม่มีส่วนที่บูดเน่า เนื่องจากการที่มีเชื้อราจะทำให้คุณภาพของพืชหมักไม่ดี สีของพืชหมักที่ดีควรมีสีเหลืองอมเขียว (ภาพที่ 9) ถ้าปรากฏเป็นสีน้ำตาลไหม้ หรือดำ แสดงว่าระหว่างกระบวนการหมักอาจเกิดความร้อนมากเกินไปทำให้สารอินทรีย์สลายตัวส่งผลให้พืชหมักสูญเสียคุณค่าทางโภชนา (กรมปศุสัตว์, 2547) (ตารางที่ 7)



ภาพที่ 9 ลักษณะอาหารหมักที่ดี

3.4.2 มาตรฐานทางเคมีของอาหารหมัก

อาหารหมักที่ดีต้องไม่เปรี้ยวเกินไป ควรมีค่า pH อยู่ในระหว่าง 3.5 - 4.2 และควรมีสัดส่วนของกรดต่างๆ ดังนี้ ควรมีปริมาณกรดแลคติกอยู่มาก (1.5 - 2.5%) มีปริมาณกรดอะซิติกน้อย (0.5 - 0.8%) และไม่ควรมีปริมาณกรดบิวทีริก หรือต้องมีในปริมาณที่น้อยที่สุดน้อยกว่า 1% (กรมปศุสัตว์, 2547) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 ลักษณะอาหารหมักที่ดี

ลักษณะทางกายภาพ	ลักษณะทางเคมี
1. มีกลิ่นหอมเปรี้ยว คล้ายกลิ่นผลไม้ดอง	1. pH ประมาณ 3.5 - 4.2
2. เนื้อพืชหมักไม่เละ ไม่เป็นเมือกและไม่มีสิ่งเจือปน	2. กรดแลคติกประมาณ 3 - 13%
3. มีสีเขียวอมเหลือง	3. กรดบิวทีริกไม่เกิน 1%
4. มีรสเปรี้ยวพอดี	4. แอมโมเนียไนโตรเจนไม่เกิน 11% ของไนโตรเจนรวมทั้งหมด
5. ไม่มีเชื้อรา หรือส่วนที่บูดเน่า	

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2547)

3.5 ประเภทของอาหารหมัก

3.5.1 อาหารหมักสด (Silage) คือ พืชหมักที่ได้จากการนำพืชสดที่มีความชื้นสูงมาสับเป็นชิ้นเล็กๆ ไล่ลงในถังหรือบ่อหมักในสภาพไร้อากาศ

3.5.2 อาหารหมักแห้ง (Haylage) คือ พืชหมักที่ได้จากการนำพืชสดมาผึ่งแดดระยะหนึ่ง แล้วจึงนำไปหมักโดยต้องสูญอากาศออกจากถังหรือหลุมที่ใช้หมักเพื่อให้อยู่ในสภาพไร้อากาศ (กรมปศุสัตว์, 2547)

3.6 ข้อดี และข้อเสียของอาหารหมัก

3.6.1 ข้อดีของอาหารหมัก คือ สามารถทำได้ทุกฤดูกาล ใช้ได้ทุกส่วนของพืช ใช้พื้นที่น้อยในการเก็บรักษาสามารถรักษาธาตุอาหาร ไว้ได้สูงกว่าพืชแห้ง

3.6.2 ข้อเสียของอาหารแห้ง คือ ต้องมีความรู้และชำนาญในการหมัก เปลืองแรงงาน ต้นทุนสูงกว่าการทำพืชแห้ง และเกิดราได้ง่าย (ภัทรพร, ม.ป.ป.)

4. การจัดการการให้อาหาร

4.1 อาหารผสมสำเร็จ (Total mixed ration; TMR)

อาหารผสมเสร็จหรือ TMR มาจากคำว่า Total Mixed Ration เป็นอาหาร TMR ที่เกิดจากการนำอาหารหยาบ และอาหารข้นมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยคำนวณสัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิดจากน้ำหนักแห้งให้ได้ตามความต้องการของสัตว์ แล้วนำไปเลี้ยงสัตว์แทนการเลี้ยงแบบเดิมคือให้อาหารหยาบและอาหารข้นแยกกัน ปกติการย่อยอาหารจะเกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนเป็นส่วนใหญ่ โดยกิจกรรมทางกายภาพของสัตว์ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะที่จะทำหน้าที่เปลี่ยนอาหารเป็นกรดไขมัน ซึ่งในสูตรอาหาร TMR จำเป็นต้องลดขนาดของอาหารหยาบลงเพื่อการผสมให้เข้ากันดีกับอาหารข้นลดความฟุ้งของอาหาร ซึ่งจะช่วยให้ปริมาณการกินได้ และลดการเลือกกินอาหาร การลดขนาดอาหารหยาบจะทำให้ลดการเคี้ยวเอื้อง การหมนเวียนของน้ำลายน้อยลงทำให้ความเป็นกรด – ด่างในกระเพาะรูเมนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการให้อาหารหยาบและอาหารข้นแบบแยกกัน ซึ่งความเป็นกรด-ด่างนี้มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนลักษณะของอาหาร TMR ที่ดี คือควรมีอาหารหยาบและอาหารข้นในสัดส่วนที่เหมาะสมโดยปกติใช้สัดส่วน 60:40 ควรมีระดับพลังงาน และ โปรตีนครบตามความต้องการของสัตว์ระยะต่างๆ โดยคำนวณจากน้ำหนักตามอายุ และผลผลิตของสัตว์และในส่วนคุณภาพอาหารหยาบ และอาหารข้นต้องมีคุณภาพดีควรมีระดับ โปรตีนไหลผ่านประมาณ 30-35% ของโปรตีนทั้งหมดโดยเฉพาะ

อาหารหยาบ ถ้ามีคุณภาพต่ำจะไม่ช่วยให้การใช้ประโยชน์ของอาหาร TMR สูงสุดรวมไปถึงขนาดความยาวของอาหารหยาบไม่สั้นจนเกินไปความยาวที่แนะนำให้อยู่ระหว่าง 3 - 5 ซม. หรือยาวมากกว่านี้ (ภาพที่ 10) และมีเยื่อใย ADF ประมาณ 20 - 25% หรือเยื่อใย NDF ประมาณ 30 - 35% จึงทำให้การย่อยได้ในกระเพาะรูเมนมีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่ และสามารถรักษาความเป็นกรด - ด่างในกระเพาะให้คงที่ได้การกระจายตัวของอาหารหยาบ และอาหารข้นควรสม่ำเสมอทั่วถึงสภาพอาหารต้องไม่มีรา หรือมอด และควรมีความน่ากินเป็นที่สนใจของตัวสัตว์ (กรมปศุสัตว์, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 10 ลักษณะของอาหาร TMR

4.1.1 ประโยชน์และข้อควรระวังในการใช้อาหารTMR

การให้สัตว์กินอาหารแบบอาหาร TMR นั้นสัตว์จะได้รับประโยชน์ดังนี้คือ ความเป็นกรด - ด่างในกระเพาะรูเมนมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้มีประสิทธิภาพในการย่อยและการดูดซึมมากขึ้น ส่งผลให้สัตว์สามารถให้ผลผลิตอย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังประหยัดแรงงานและเป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการการให้อาหาร ซึ่งราคาของอาหาร TMR จะต้องไม่แพงกว่าราคาของอาหารข้นจะทำให้ผู้เลี้ยงได้ผลตอบแทนที่เต็มที่แต่ผู้ผลิตทางการค้ามักนิยมใช้ซึ่งข้าวโพด, เปลือกถั่วลิสง หรืออื่นๆ ในการผสมTMRซึ่งไม่มีลักษณะเป็นเส้นใย นอกจากนี้ระหว่างกระบวนการเตรียม TMR อาจมีการสูญเสียโภชนะ เช่น การอัดเม็ด หรือการหมัก โดยเฉพาะการหมักจะมีการทำลายโปรตีน และแป้งในอาหาร TMR โดยจุลินทรีย์ ดังนั้นสัตว์จะได้รับประโยชน์ได้น้อยกว่าปกติ (กรมปศุสัตว์, ม.ป.ป.)

4.1.2 การใช้ประโยชน์จากอาหาร TMR

จากการศึกษาของปรัชญา *et al.* (2544ก) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้อาหาร TMR จากใบสับปะรดเป็นส่วนประกอบเลี้ยงโคนมเปรียบเทียบกับการให้อาหารแบบเดิมคือให้อาหารหยาบเต็มที่และเสริมด้วยอาหารข้น พบว่าโคที่ได้รับอาหาร TMR จากใบสับปะรดแห้งที่ระดับ 40% จะมีปริมาณการกินได้ทั้งหมด, ปริมาณการกินได้เมื่อคิดเป็นน้ำหนักและ

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นนมไม่มีความแตกต่างกับการให้อาหารแบบเดิม ($P > 0.05$) สอดคล้องกับปรัชญา *et al.* (2544) ได้ทำการศึกษาผลของใช้อาหาร TMR จากใบสับประรดหรือ ฟางข้าวในโคบราห์มันเพศผู้พบว่าโคที่ได้รับอาหาร TMR จากใบสับประรดแห่งที่ระดับ 40% จะมี ปริมาณการกินได้ทั้งหมด, ปริมาณการกินได้เมื่อคิดเป็นน้ำหนักตัว, อัตราการเจริญเติบโต และ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันกับโคที่ได้รับอาหาร TMR จากฟางข้าวที่ ระดับ 40% ($P > 0.05$) (ตารางที่ 8)

อานุกาญ *et al.* (2547) ได้ทำการศึกษาอาหารผสมเสร็จโดยเปรียบเทียบกลุ่ม โคที่ได้รับเปลือกสับประรดเต็มทีเสริมด้วยอาหารชั้นกับกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR พบว่าการให้อาหาร TMR ไม่ส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโต (1,270 และ 1,330 กรัม/ตัว/วัน), ปริมาณการกินได้ (10.32 และ 9.78 กิโลกรัม/ตัว/วัน), ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (9.24 และ 8.44) ของโค รวมทั้ง ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก (30.08 และ 40.33 บาท/ตัว/วัน) แตกต่างจากการให้อาหารชั้น และอาหารหยابแบบแยกกัน นอกจากนี้การศึกษาของนพรัตน์ *et al.* (2553) พบว่าต้นทุนการผลิต ทั้งหมดของโคที่เลี้ยงด้วยอาหาร TMR มีต้นทุนการผลิตสูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารหลัก (32,527 และ 28,528 บาท/หัว ตามลำดับ) แต่โคที่เลี้ยงด้วยอาหาร TMR มีราคาซากสูงกว่าโคที่ ได้รับหญ้าเป็นอาหารหลักส่งผลให้กำไรสุทธิจากการเลี้ยงโคโดยใช้อาหารผสมเสร็จสูงกว่าโคที่ ได้รับหญ้าเป็นอาหารหลัก (2,935 และ 1,400 บาท/ตัว ตามลำดับ) และการศึกษาของสุนทร *et al.* (2554) ได้ทำการศึกษาผลของอาหาร TMR จากทางใบปาล์มน้ำมันหมักในอัตราส่วนอาหารหยาบ ต่ออาหารชั้น 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 พบว่า อาหาร TMR ในอัตราส่วน 60:40 และ 50:50 มี ค่าจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส ค่า ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในการย่อยสลายขององค์ประกอบที่สามารถ ละลายน้ำได้ (a), ค่าศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร (b) และค่าศักยภาพในการผลิตแก๊สของ อาหาร (d) สูงกว่าอาหาร TMR ในอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ($P < 0.01$) การที่อาหาร TMR ใน อัตราส่วน 60:40 และ 50:50 มีปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้สูงสุดอาจเป็นเพราะ อาหาร TMR ทั้ง สองสูตร มีสัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเพียง 60 และ 50 % ตามลำดับ ทำให้มีปริมาณผนัง เซลล์น้อยกว่าอาหาร TMR ในอัตราส่วน 80:20 และ 70:30 ซึ่งมีสัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมัน หมัก 80 และ 70 % ตามลำดับ)

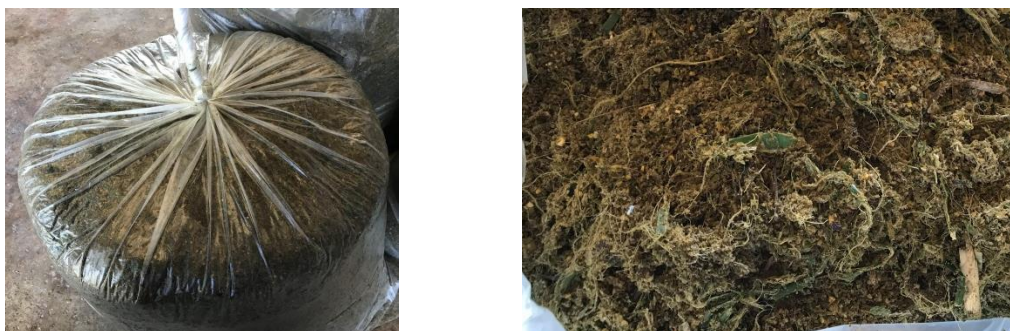
ตารางที่ 7 ผลของอาหาร TMR ต่อปริมาณการกินได้, สมรรถนะการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของโคเนื้อ

ข้อมูลที่ศึกษา	TMR จากใบ สับประรด	TMR จากฟาง ข้าว	% CV
จำนวนสัตว์ทดลอง (ตัว)	6	6	-
น้ำหนักเริ่มทดลอง(กก. / ตัว)	252	244	6.17
น้ำหนักสุดท้าย (กก. / ตัว)	415	404	7.16
ระยะเวลาทดลอง (วัน)	168	168	-
อัตราการเจริญเติบโต (กก. / ตัว / วัน)	0.97	0.95	8.97
ปริมาณอาหารที่กิน (วัตถุแห้ง) (กก. / ตัว / วัน)	7.44	7.50	7.39
ปริมาณอาหารที่กิน (% ของน้ำหนักตัว)	2.23	2.31	3.10
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	7.67	7.89	5.89

ที่มา: ปริษฐา *et al.* (2544ข)

4.2 อาหารผสมเสร็จหมัก (Fermented total mixed ration; FTMR)

เกษตรกรสามารถเก็บถนอมอาหารให้อยู่ในรูปอาหารผสมเสร็จหมัก (ภาพที่ 11) เพื่อเป็นการลดปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง จากการศึกษาของสไปพร and พิชาด (2558) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้อาหาร FTMR จากใบอ้อยและฟางข้าวในรูเมนของแกะ พบว่าแกะที่ได้รับอาหาร FTMR จากใบอ้อย และฟางข้าวมีปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีปริมาณการกินได้อยู่ในช่วง 1.32-1.52 กก./ตัว/วัน นอกจากนี้ศึกษานิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนแกะ พบว่ามีปริมาณแบคทีเรีย, โปรโตซัว และเชื้อราไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน จึงทำให้สัตว์สามารถนำโภชนะไปใช้ได้ใกล้เคียงกัน จึงไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนแกะ



ภาพที่ 11 ลักษณะของอาหาร FTMR

จากการศึกษาของไกรสิทธิ์ *et al.* (2549) ได้ทำการศึกษาผลของอาหาร TMR และอาหาร FTMR ในโคนม พบว่าโคนมที่ได้รับอาหาร TMR และอาหาร FTMR มีปริมาณการกินได้, อัตราการเจริญเติบโต, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนม และค่าการย่อยได้ของโภชนะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีปริมาณการกินได้ประมาณ 9.07 และ 8.11 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับและอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 1.43 และ 1.34 กก./ตัว/วัน ตามลำดับ และมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมประมาณ 6.52 และ 6.30 ตามลำดับ และระดับยูเรียในกระแสเลือดและจำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหาร TMR และ อาหาร FTMR ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งอาหาร FTMR มีแนวโน้มปริมาณการกินค่อนข้างต่ำกว่าอาหาร TMR ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอาหาร FTMR มีการย่อยสลายของโภชนะดีกว่า TMR ทำให้โคได้รับพลังงานสูงเพียงพอจึงทำให้สัตว์หยุดกินอาหาร นอกจากนี้ยังรายงานว่าระดับยูเรียในกระแสเลือดและจำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหาร TMR และ อาหาร FTMR ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยสอดคล้องกับการศึกษาของไชยวรรณ and วันวิสาข์ (2555) พบว่าแพะที่ได้รับอาหาร TMR จากทางใบปาล์มน้ำมันหมักแบบไม่เสริมเอนไซม์จะมีปริมาณการกินได้, น้ำหนักตัวเริ่มต้น, น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น, น้ำหนักตัวสุดท้าย, อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อไม่แตกต่างกันกับแพะที่ได้รับอาหาร TMR จากทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับเอนไซม์ที่ระดับ 2, 4 และ 6 กรัม/กิโลกรัม ($P > 0.05$) และสอดคล้องกับพิชาด *et al.* (2558) พบว่าแกะที่ได้รับอาหาร TMR จากฟางข้าวมีปริมาณการกินได้และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนไม่แตกต่างกันกับแกะที่ได้รับอาหาร TMR จากฟางข้าวหมัก และข้าวฟ่างหมัก ($P > 0.05$) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 ผลของอาหาร FTMR ต่อปริมาณการกินได้และประสิทธิภาพการใช้อาหารในแกะ

ข้อมูลที่ศึกษา	TMR	FTMR	FTMR	SEM
	จากฟางข้าว	จากฟางข้าว	จากข้าวฟ่าง	
ปริมาณการกินได้ (กรัม/ตัว/วัน)				
วัตถุดิบแห้ง	602.45	640.56	627.68	13.21
อินทรีย์วัตถุดิบแห้ง	479.83	586.09	561.82	14.15
โปรตีนหยาบ	81.33	83.71	82.38	9.03
เยื่อใย Neutral detergent fiber	560.48	544.47	548.59	13.02
เยื่อใย Acid detergent fiber	351.96	350.86	348.65	12.20
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (%)				
วัตถุดิบแห้ง	53.96 ^a	56.96 ^b	58.74 ^c	0.83
อินทรีย์วัตถุดิบแห้ง	56.48 ^a	60.13 ^b	61.82 ^b	1.39
โปรตีนหยาบ	61.33	61.71	61.38	1.30
เยื่อใย Neutral detergent fiber	60.92 ^a	61.67 ^a	64.94 ^b	1.00
เยื่อใย Acid detergent fiber	50.96 ^a	57.16 ^b	58.65 ^b	2.03

หมายเหตุ: ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), TMR = total mixed ration, FTMR = fermented total mixed ration

ที่มา: พิชาด *et al.* (2558)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประดต่อการย่อยได้ในหลอดทดลอง (*In vitro digestibility*), จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (*Gas production*) และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยทำการทดลอง 3 กลุ่มการทดลองๆ ละ 4 ซ้ำ ดังต่อไปนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ อาหาร FTMR จากเปลือกสับประดและเศษเหลือสับประดในอัตราส่วน 100:0 (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ อาหาร FTMR จากเปลือกสับประดและกากสับประดในอัตราส่วน 50:50

กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ อาหาร FTMR จากเปลือกสับประดและใบสับประดในอัตราส่วน 50:50

โดยแต่ละกลุ่มการทดลองมีอัตราส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารชั้น 60:40 (ตารางที่ 10) มีโปรตีนรวมประมาณ 14% และพลังงาน TDN ประมาณ 65-66 % โดยตรงความต้องการโภชนาตามคำแนะนำของ NRC (1981) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 สูตรอาหาร FTMR ที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบอาหารสัตว์ (กก.)	อาหาร FTMR		
	กลุ่มการทดลองที่ 1	กลุ่มการทดลองที่ 2	กลุ่มการทดลองที่ 3
เปลือกสับปะรด	60.0	30.0	30.0
กากสับปะรด	-	30.0	-
ใบสับปะรด	-	-	30.0
กากถั่วเหลือง 44 %CP	12.0	10.0	11.2
กากเนื้อในปาล์ม	16.9	16.0	18.2
ข้าวโพด	8.5	11.4	8.0
กากน้ำตาล	0.6	0.6	0.6
ยูเรีย	0.5	0.5	0.5
แร่ธาตุ	0.5	0.5	0.5
เกลือ	1.0	1.0	1.0
โภชนะที่ได้จากการคำนวณ (%)			
ความชื้น	55.56	55.22	55.05
โปรตีน	14.04	14.08	14.08
พลังงาน TDN	66.68	65.78	66.92
เยื่อใย NDF	46.01	43.61	43.36
เยื่อใย ADF	25.67	20.38	24.85
ราคา (บาท/กก.)	5.30	5.13	5.19

หมายเหตุ: องค์ประกอบทางเคมีอ้างอิงโดย คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551), ราคาวัตถุดิบ ณ วันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2559

2. ขั้นตอนเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบ

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเปลือกสับปะรด, กากสับปะรด และใบสับปะรดจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรดในเขตพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ นำมาสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ (3-5 ซม.) จากนั้นนำตัวอย่างเปลือกสับปะรด, กากสับปะรด และใบสับปะรดมาผสมกับอาหารชั้นใน อัตราส่วน 60:40 และผสมให้เข้ากันก่อนทำการอัดลงในถุงหมักพร้อมใส่อากาศออกให้หมดโดยบรรจุอาหารหมัก 1.5 กิโลกรัม/ถุง มัดปากถุงให้สนิทหมักในสภาวะไร้ออกซิเจนที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 35 °C) เป็นเวลาอย่างน้อย 21 วัน (ภาคผนวก ก)

3. สิ่งที่ศึกษา

3.1 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหารหมัก

โดยตรวจวัดสี, กลิ่น และลักษณะตามเกณฑ์ตามวิธีของ Trinder (1973) อ้างโดย (บุญล้อม and บุญเสริม, 2525) โดยใช้ผู้ประเมินจำนวน 35 คน และทำการตรวจวัดค่า pH ตามวิธีของบุญล้อม and บุญเสริม (2525) โดยใช้เครื่อง pH-meter (ยี่ห้อ Adwa รุ่น AD 12) (ภาคผนวก ก และ ข) จากนั้นเก็บสารละลายตัวอย่างส่วนใสเพื่อหาปริมาณกรดแลคติกต่อไป

3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติก (Total lactic acid content)

โดยใช้สารละลายจากข้อ 3.1 เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติก (AOAC, 1990) (ภาคผนวก ก และ ข)

3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis)

ทำการอบอาหาร FTMR ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และบดอาหาร ทดลองผ่านตะแกรงขนาด 1 mm. เพื่อทำการวิเคราะห์วัตถุแห้ง (Dry matter; DM), เถ้า (Ash), โปรตีนหยาบ (Crude Protein; CP), ไขมัน (Ether Extract; EE) โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 1990) และนำไปวิเคราะห์เยื่อใย ได้แก่ เยื่อใยหยาบ (Crude fiber), เยื่อใยที่สกัดด้วยสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber; NDF), เยื่อใยที่สกัดด้วยสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber; ADF) และลิกนิน (Acid detergent lignin; ADL) เพื่อนำไปคำนวณหาค่าเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส (Goering and VanSoest, 1970) รวมถึงการวิเคราะห์อื่นๆ เช่น การวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter (ยี่ห้อ PARR รุ่น 6200 Isoperibol Calorimeter) (ภาคผนวก ก)

3.4 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ (*In vitro* digestibility), จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

3.4.1 การเตรียมการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่างอาหารทดลองที่ใช้สำหรับการทดลอง *in vitro* โดยทำการชั่งอาหาร FTMR ปริมาณ 0.5 กรัม น้ำหนักแห้งลงในขวดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ก่อนทำการทดลอง

2. การเตรียมสารละลายน้ำลายเทียมสำหรับการทดลอง *in vitro* ตามวิธีการของ Sommart *et al.* (2000) (ภาคผนวก ข)

3. การเตรียมสารละลายสำหรับการทดลอง *In vitro* โดยทำการสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) โดยทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน เพศผู้ ช่วงก่อนให้อาหารเช้าโดยทำการกรองผ่านผ้าขาวบาง 4 ชั้น ก่อนบรรจุลงในกระติกเก็บความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิที่ 39°C จากนั้นนำไปผสมกับสารละลายน้ำลายเทียมในห้องปฏิบัติการ โดยจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในชุดการทดลอง *In vitro* ตลอดเวลาเพื่อเป็นการไล่ก๊าซออกซิเจนออกจากสารละลาย และควบคุมอุณหภูมิที่ 39 °C บน Hot plate stirrer (ภาคผนวก ก)

3.4.2 ประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุ (*In vitro* dry matter digestibility, IVDMD และ *In vitro* organic matter digestibility, IVOMD) โดยเติมสารละลายผสม 40 ml ในขวดทดลองที่มีตัวอย่างอาหารทดลองทำการปิดหลอดทดลองด้วยจุกยางและฝาอลูมิเนียม เพื่อป้องกันการผ่านเข้าออกของอากาศ และให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลาในทุกขั้นตอน จากนั้นนำไปบ่มเพื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 39°C ในตู้อบลมร้อน (hot air oven) จากนั้นทำการวัดหาค่าความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุที่ระยะเวลาบ่ม 24 และ 48 ชั่วโมงหลังจากการบ่มที่ชั่วโมงที่ 24 และ 48 นำไปแช่เย็น -20°C. เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ จากนั้นรอการวิเคราะห์ เมื่อจะทำการวิเคราะห์นำขวดแก้วทดลองออกมาจากตู้แช่แข็งและปล่อยให้ละลาย (thaw) ทำการกรองเอาส่วนที่เหลือจากการย่อยนำตัวอย่างที่กรองได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100-105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อคำนวณค่าความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้ง (*In vitro* dry matter digestibility, IVDMD) จากนั้นย้ายตัวอย่างลงถ้วยเผา นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อคำนวณค่าความสามารถในการย่อยได้อินทรีย์วัตถุ (*In vitro* organic matter digestibility, IVOMD) (ภาคผนวก ก) ดังสมการ

$$\text{IVDMD (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักวัตถุแห้งเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักวัตถุแห้งที่เหลือหลังการบ่ม}) \times 100}{\text{น้ำหนักวัตถุแห้งเริ่มต้น}}$$

$$\text{IVOMD (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักอินทรีย์วัตถุเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักอินทรีย์วัตถุหลังการเผา}) \times 100}{\text{น้ำหนักอินทรีย์วัตถุเริ่มต้น}}$$

3.4.3 ศึกษาค่า pH ของสารละลายผสมภายหลังการบ่ม 24 และ 48 ชั่วโมงโดยใช้เครื่อง pH-meter (ยี่ห้อ Adwa รุ่น AD 12) (ภาคผนวก ก)

3.4.4 ศึกษาจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหาร FTMR โดยทำการเติมสารละลายผสม 40 ml ในขวดทดลองที่มีตัวอย่างอาหารทดลองทำการปิดหลอดทดลองด้วยจุกยาง

และฟาลูมิเนียม เพื่อป้องกันการผ่านเข้าออกของอากาศ และให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตลอดเวลาในทุกขั้นตอน จากนั้นนำไปบ่มเพื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 39°C ในตู้อบลมร้อน (hot air oven) จากนั้นทำการวัดผลผลิตแก๊สที่เกิดจากการหมักย่อยอาหารทดลอง ณ ชั่วโมงต่างๆ และคำนวณค่าจลนศาสตร์การหมักย่อย โดยทำการจับบันทึกปริมาณของแก๊สที่เกิดขึ้นจากการหมักย่อย โดยใช้กระบอกจิดยาแก้วขนาด 20 ml ที่เชื่อมต่อกับสายยาง และเข็มเบอร์ 24 ขนาด 1 นิ้ว โดยในช่วง 12 ชั่วโมงแรกทำการบันทึกผลผลิตแก๊สทุกๆ 1 ชั่วโมง และทำการบันทึกผลในช่วงต่อไป ทุกๆ 3 ชั่วโมงจนถึงชั่วโมงที่ 24 และทำการบันทึกผลทุกๆ 6 ชั่วโมงจนถึงชั่วโมงที่ 72 โดยแต่ละครั้งที่ทำกรวัดผลผลิตแก๊สแล้ว จะทำการเขย่าขวดทดลองทุกครั้ง และจะนำค่าผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆ มาคำนวณปริมาณแก๊สสะสม (ภาคผนวก ก) และคำนวณค่าจลนศาสตร์การผลิตแก๊สโดยอาศัยสมการของ Orskov and McDonald (1979)

$$Y = |a| + b [1 - \text{Exp}^{-ct}]$$

เมื่อ	Y	=	ผลผลิตที่เกิดขึ้น (ml) ณ เวลา t (ชั่วโมง)
	a	=	ปริมาณแก๊สที่ละลายในของเหลว หรือจุดตัดแกน y (ml)
	b	=	ปริมาณแก๊ส ณ จุดสูงสุด หรือเส้นกราฟราบเรียบหรือปริมาณผลผลิตแก๊สเหนือของเหลว (ml)
	c	=	อัตราการผลิตแก๊สที่คงที่ (เปอร์เซ็นต์/ชั่วโมง)
	Exp	=	Exponential
	t	=	ระยะเวลาในการหมักย่อย (ชั่วโมง)

จากนั้นนำค่า |a| และ b ไปประเมินปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายองค์ประกอบของส่วนที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถย่อยสลายได้ หรือค่าศักยภาพการผลิตแก๊ส ตามสมการดังนี้

$$d = |a| + b$$

3.4.5 วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (Total Volatile Fatty Acid, TVFA) โดยใช้สารละลายของเหลวที่ได้จากการบ่มย่อยที่ 24 และ 48 ชั่วโมง มาทำการวิเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดตามวิธีของ (Briggs *et al.*, 1957) โดยนำตัวอย่างมาทำการปั่นเหวี่ยงที่

4,400 รอบ/นาที เป็นเวลา 12 นาที แล้วทำการดูดสารละลายส่วนใสปริมาตร 1 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น 99 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดย่อย (Kjehdal fask) แล้วหยดเมทิลออเรนจ์ (Methyl orange indicator) ประมาณ 5 หยด (สารละลายจะเป็นสีเหลืองส้ม) และเติมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นส้มแล้วเปลี่ยนเป็นสีชมพูแดง) จากนั้นทำการกลั่นตัวอย่างทันทีหลังจากการเติม H_2SO_4 แล้วทำการเก็บสารละลายที่ได้จากการกลั่นประมาณ 150 มิลลิลิตร จากนั้นหยดฟีนอล์ฟทาลีน (Phenophthalein indicator) ประมาณ 10 หยด ลงในสารละลายที่ได้จากการกลั่นแล้วทำการไตเตรทด้วย NaOH ความเข้มข้น 0.04 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ (สารละลายเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีชมพูอ่อน) จดบันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (mg/l) (ภาคผนวก ก และ ข)

3.4.6 วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนด้วยวิธีการกลั่น (Bremner and Keeney, 1965) โดยใช้สารละลายของเหลวที่ได้จากการบ่มย่อยที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ทำการดูดสารละลายปริมาณ 2 ml และสารละลายบัฟเฟอร์ 10 ml ใส่ใน Kjeldahl flask แล้วเติม NaOH 35% ประมาณ 60 ml หลังจากนั้นทำการกลั่นตัวอย่างทันทีหลังจากการเติมดังกล่าว แล้วทำการเก็บสารละลายโดยใช้ขวดรูปชมพูนขนาด 200 ml ที่มีกรดบอริก 2% ปริมาตร 10 ml ร่วมกับ Bromo cresol green เป็นอินดิเคเตอร์ (สารละลายที่ได้ภายหลังการกลั่นจะมีสีน้ำเงิน) และทำการไตเตรทสารละลายที่ได้ด้วยกรด HCl 0.1 N จนถึงจุดยุติ (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีฟ้าใสหรือสีเขียวอ่อนใส) ทำการจดบันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (ภาคผนวก ก) แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณดังสมการนี้

$$NH_3-N \text{ (mg/dl)} = \frac{(S - B) \cdot F \cdot 14 \cdot 100}{V}$$

- เมื่อ
- S = ปริมาตร HCl ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง
 - B = ปริมาตร HCl ที่ใช้ในการไตเตรท blank
 - F = Factor ของ HCl
 - V = ปริมาตรตัวอย่าง

3.5 ศึกษาปริมาณแบคทีเรียที่สำคัญดัดแปลงจากวิธี Roll tube technique

3.5.1 เตรียม Clarified rumen fluid และสารละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ (ภาคผนวก ข) จากนั้นใส่สารละลายอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาณ 5 ml ในขวดโดยผ่านก๊าซ CO₂ เข้าไปในขวดอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำการปิดด้วยจุกยางและฝาลูมิเนียมให้สนิทนำไป Autoclave ที่อุณหภูมิ 121°C นาน 15 นาที (ภาคผนวก ก)

3.5.2 นำขวดอาหารเลี้ยงเชื้อไปแช่ใน Water bath ที่มีอุณหภูมิ 55°C โดยให้ระดับน้ำสูงกว่าระดับอาหารเลี้ยงเชื้อในขวด เพื่อรอการเลี้ยงเชื้อต่อไป

3.5.3 เจือจางของเหลวให้มีความเจือจางลดลงระดับละ 10 เท่า ตามลำดับ ตั้งแต่ 10⁰, 10⁻¹, 10⁻², 10⁻³, 10⁻⁴ และ 10⁻⁵

3.5.4 ทำการศึกษาแบคทีเรียที่ย่อยเซลลูโลส และแบคทีเรียที่ย่อยโปรตีน โดยเลือกใช้ขวด Dilution ที่ 10⁻⁴ หรือ 10⁻⁵

3.5.5 ใช้เข็มฉีดยาคูดูดสารละลายที่ระดับความเจือจางที่กำหนดใส่ขวดเลี้ยงเชื้อที่ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อไว้ กิ่งขวดในน้ำเย็น รอให้อาหารแข็ง นำไปบ่มที่ 39 °C เป็นเวลา 7 วันสำหรับแบคทีเรียที่ย่อยเซลลูโลส และ 7 วันสำหรับแบคทีเรียที่ย่อยโปรตีน (Hungate, 1969)

3.5.6 ตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ (Colony forming unit/CFU) จากนั้นนำมาคำนวณตามสมการดังนี้

$$\text{จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/ml)} = \frac{I \times \text{จำนวนโคโลนีที่นับได้}}{\text{ปริมาตรที่ใช้} \times \text{Dilution factor}}$$

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการทดลองโดยวิธี Turkey's w procedure ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1998)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประดต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยทำการทดลอง 3 กลุ่มการทดลองๆ ละ 4 ซ้ำ ดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 (T1) คือ ก้านใบกระถินสด (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มการทดลองที่ 2 (T2) คือ อาหาร TMR จากเปลือกสับประดและกากสับประดในอัตราส่วน 50:50

กลุ่มการทดลองที่ 3 (T3) คือ อาหาร FTMR จากเปลือกสับประดและกากสับประดในอัตราส่วน 50:50

2. ขั้นตอนเตรียมการทดลอง

2.1. ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเศษเหลือสับประดจากโรงงานอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ นำมาสับเป็นชิ้นเล็กๆ (3-5 ซม.) ในการเตรียมอาหาร FTMR นำตัวอย่างเศษเหลือจากสับประดมาผสมกับอาหารชั้นในอัตราส่วน 60:40 และผสมให้เข้ากันก่อนทำการอัดลงในถุงหมัก ผูกปากถุงให้สนิทหมักในสภาวะไร้ออกซิเจนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย 21 วัน ส่วนกระถินตัดสดให้ทุกวันในเขตพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี และเสริมอาหารชั้น 1.5 % ของน้ำหนักตัว ในกลุ่มการทดลองที่ 1 โดยใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีโปรตีนอย่างน้อย 14%

2.2 ใช้แพะพันธุ์ลูกผสม (พื้นเมือง x บอร์) เพศผู้ โดยมีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 16.71 ± 0.40 กิโลกรัม จำนวน 12 ตัว โดยทำการถ่ายพยาธิให้กับแพะทุกตัวก่อนการทดลอง (ภาคผนวก ก)

3. ขั้นตอนการทดลอง

แบ่งเป็น 2 ระยะ คือ

3.1 ระยะปรับสัตว์ (Preliminary Period) 30 วัน เพื่อให้สัตว์คุ้นเคยกับสถานที่เลี้ยง

3.2 ระยะทดลอง (Experimental Period) ทำการเลี้ยงเป็นเวลา 72 วัน

โดยทำการสุ่มแพะตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ทำการเลี้ยงสัตว์แบบคอกขังเดี่ยวในโรงเรือนแบบยกพื้นสัตว์ทดลองจะได้รับอาหารทดลอง 2 ช่วงเวลา คือ 08.00 และ 15.00 น. โดยแพะจะได้รับอาหารทดลองตามกลุ่มการทดลอง และน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) และมีก้อนแร่ธาตุให้ตลอดเวลา

4. สิ่งศึกษา

4.1 การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis)

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารทดลองมาทำการวิเคราะห์หัตถุแห้ง (Dry matter; DM), เถ้า (Ash), โปรตีนหยาบ (Crude Protein; CP), ไขมัน (Ether Extract; EE), เยื่อใยรวม (Crude fiber; CF) โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 1990) และทำการวิเคราะห์เยื่อใยโดยวิธี Detergent fiber analysis (Goering and VanSoest, 1970) ได้แก่ Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (ADF) และ Acid Detergent Lignin (ADL) ส่วนการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีของอาหารด้วยวิธีอื่นๆเช่น การวิเคราะห์หาพลังงาน โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter (ยี่ห้อ PARR รุ่น 6200 Isoperibol Calorimeter)

4.2 ปริมาณการกินได้ (Feed Intake; FI)

ทำการเก็บข้อมูลปริมาณอาหาร โดยการชั่งน้ำหนักอาหารก่อนให้ และอาหารที่เหลือในวันถัดไปทุกครั้ง และทำการสุ่มเก็บอาหาร โดยแบ่งเก็บเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.2.1. ส่วนแรก นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1mm. เพื่อวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองต่อไป

4.2.2. ส่วนที่สอง นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของหัตถุแห้ง ตามวิธีการ AOAC (1990) และนำมาปรับหาปริมาณการกินได้ของสัตว์ในแต่ละวัน นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ (ภาคผนวก ก) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณการกินได้ต่อวัน (กก./วัน)} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (กก.)}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง (วัน)}} \\ (\text{Feed intake: FI})$$

$$\text{ปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน} = \frac{\text{ปริมาณการกินได้ (กก./วัน)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวสัตว์เฉลี่ย (กก.)}} \\ (\% \text{ Body weight})$$

$$\text{ปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักเมทาบอликต่อวัน} = \frac{\text{ปริมาณการกินได้ (กก./วัน)} \times 1000}{\text{น้ำหนักตัวสัตว์เฉลี่ย (กก.)}^{0.75}} \\ (\text{g/kgBW}^{0.75})$$

4.3 สมรรถนะการเจริญเติบโต (Growth Performance)

ทำการชั่งน้ำหนักแพะทุกตัวในวันก่อนเข้าทดลองในแต่ละระยะการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เพื่อนำมาคำนวณอัตราการเจริญเติบโต (Average Daily Gain; ADG) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักสัตว์ที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง (วัน)}}$$

(Average daily gain; ADG)

และนำค่าปริมาณการกินได้ต่อวันและค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันที่ได้มาคำนวณอัตราเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก(Feed : Gain)} = \frac{\text{ปริมาณการกินได้ (กก./วัน)}}{\text{อัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน)}}$$

(Feed Conversion Ratio; FCR)

4.4 การย่อยได้โภชนะ

ทำการสุ่มเก็บมูลแพะ โดยจะทำการเก็บมูลเป็นจำนวน 2 ครั้ง โดยการแบ่งช่วงการทดลองเป็นช่วงละ 15 วัน โดยทำเก็บตัวอย่างครั้งละ 3 วัน ในช่วงสุดท้ายของช่วงการทดลองที่ 1 และ 4 โดยบันทึกน้ำหนักมูลแพะทั้งหมดทุกวัน และแบ่งเก็บเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.4.1 ส่วนแรก นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง ตามวิธีการ (AOAC, 1990)

4.4.2 ส่วนที่สอง เก็บตัวอย่างมูลประมาณ 10% ของมูลแพะทั้งหมดในแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง และนำมูลแพะทั้งหมดที่สุ่ม (2 ระยะการทดลอง) มาคลุกเคล้ากัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 ml เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของมูล และนำค่าที่ได้ไปหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ตามวิธี Schneider and Flatt (1975) ดังสมการต่อไปนี้

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (Dry Matter Digestibility)

$$= \frac{(\text{น้ำหนักอาหารที่กิน} - \text{น้ำหนักมูล})}{\text{น้ำหนักอาหารที่กิน}} \times 100$$

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (Nutrient Digestibility)

$$= \frac{(\text{น้ำหนักอาหารที่กิน} \times \% \text{ โภชนะในอาหาร}) - (\text{น้ำหนักมูล} \times \% \text{ โภชนะในมูล})}{(\text{น้ำหนักอาหารที่กิน} \times \% \text{ โภชนะในอาหาร})} \times 100$$

4.5 ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl method

ทำการสุ่มเก็บปัสสาวะแพะ โดยจะทำการเก็บปัสสาวะเป็นจำนวน 2 ครั้ง โดยการแบ่งช่วงการทดลองเป็นช่วงละ 15 วัน โดยทำเก็บตัวอย่างครั้งละ 3 วัน ในช่วงสุดท้ายของช่วงการทดลองที่ 1 และ 4 โดยใช้ขวดพลาสติกที่ทำการเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 โมลาร์ (1 M H₂SO₄) ให้ปัสสาวะมีสภาพเป็นกรด (pH < 3) เพื่อป้องกันการสูญเสียไนโตรเจนเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์และทำการตรวจปริมาณปัสสาวะแพะทั้งหมดและบันทึกข้อมูล จากนั้นทำการสุ่มเก็บปัสสาวะประมาณ 20% ในแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง และนำปัสสาวะแพะทั้งหมดที่สุ่ม (2 ช่วงการทดลอง) มารวมกันนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ (ภาคผนวก ก) (AOAC, 1990) และนำค่ามาคำนวณค่าดังต่อไปนี้

4.5.1 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ = ปริมาณไนโตรเจนในอาหารที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด

4.5.2 ปริมาณไนโตรเจนในมูล

4.5.3 ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ

4.5.4 ปริมาณไนโตรเจนที่ย่อยได้ = ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ - ปริมาณไนโตรเจนในมูล

4.5.5 ปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซึมได้ = ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ - ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ

4.5.6 ปริมาณไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกาย = ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ - ปริมาณไนโตรเจนในมูล - ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ

4.6 ปริมาณยูเรียไนโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือด

ทำการเก็บตัวอย่างเลือดที่หลอดเลือดดำบริเวณลำคอ (Jugular Vein) ในวันที่ 15 ของช่วงการทดลองที่ 1 และ 4 โดยทำการเก็บตัวอย่างเลือด 2 ช่วงเวลา คือ ก่อนให้อาหารในตอนเช้า (0 ชั่วโมง) และหลังการให้อาหารในตอนเช้า (4 ชั่วโมง) ครั้งละ 2 ml ใส่ในหลอดเก็บเลือดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 4,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนพลาสมาเพื่อนำไปวิเคราะห์หา Blood Metabolite (ภาคผนวก ก)

การวิเคราะห์หา Blood Metabolite นำส่วนพลาสมา (Plasma) เก็บรักษาในตู้เย็น -20°C เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด (Blood Urea Nitrogen, BUN) ตามวิธีการของ Mackay and Mackay (1972) และวิเคราะห์หาปริมาณกลูโคสในเลือด (Blood Glucose) (ภาคผนวก ก และ ข)

4.7 นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

ทำการสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนแพะในวันสุดท้ายของการทดลอง โดยทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนแพะ 2 ช่วงเวลา คือ ก่อนให้อาหารในตอนเช้า (0 ชั่วโมง) และหลังการให้อาหารในตอนเช้า (4 ชั่วโมง) โดยใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนในปริมาตร 100 ml. นำมาวัดค่า pH ทันที จากนั้นทำการกรองผ่านผ้ากรอง 4 ชั้น และทำการแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.7.1 ส่วนแรก ทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนปริมาตร 50 ml. ในขวดพลาสติกเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 โมลาร์ ($1\text{M H}_2\text{SO}_4$) ปริมาตร 9 ml. เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 4,400 rpm เป็นเวลา 12 นาที จากนั้นเก็บส่วนที่ใส (supernatant) นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อนำไปวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด (ภาคผนวก ก)

4.7.2 ส่วนที่สองทำสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนปริมาตร 1ml ในขวดพลาสติกที่บรรจุฟอร์มาลิน (Formalin) เข้มข้น 10% ในน้ำเกลือ (0.9% NaCl) ปริมาตร 9 ml. นำไปแช่ไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อนำไปตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ โดยทำเจือจางน้ำรูเมนด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ (121°C นาน 15 นาที) ก่อนการนับประชากรจุลินทรีย์โดยใช้ Haemocytometer ส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า นับทั้งหมด 1 ช่องใหญ่ (400 ช่องเล็ก) จากนั้นนำค่าจำนวนที่ได้มาคำนวณดังนี้ (Square factor มีค่าเท่ากับ 1×10^4) (ภาคผนวก ก)

$$\text{จำนวนจุลินทรีย์ (cell/ml)} = \text{ค่าเฉลี่ยจำนวนที่นับได้} \times \text{Square factor} \times \text{Dilution factor}$$

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการทดลองโดยวิธี Turkey's w procedure ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1998)



บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดต่อการย่อยได้ในหลอดทดลอง (*In vitro digestibility*), จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (Gas production) และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

1. การประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหาร FTMR

จากการศึกษา พบว่าการประเมินคุณภาพทางกายภาพที่ระยะเวลาการหมัก 21 วัน โดยทำการประเมินกลิ่น เนื้อสัมผัส สี และค่า pH ของอาหาร FTMR ในกลุ่มแต่ละกลุ่มการทดลอง มีกลิ่นหอมคล้ายผลไม้ดอง มีเนื้อสัมผัสแน่น มีสภาพคงเดิม ไม่เปื่อยยุ่ย และมีสีน้ำตาลอมเขียว (ภาพที่ 12) ซึ่งมาตรฐานทางกายภาพของอาหารหมักที่ดีควรมีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆ คล้ายผลไม้ดอง ไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า เนื้อสัมผัสต้องไม่เป็นเมือก และไม่ละ (กรมปศุสัตว์, 2547) ในส่วนของคะแนนการประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 1 และ 2 มีคะแนนอยู่ในช่วง 20.08 - 20.15 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คะแนนดีมาก และอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีคะแนน 19.60 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คะแนนดี (ตารางที่ 11) ซึ่งจากผลการทดลองทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีเกณฑ์เหมาะสมสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ ตามรายงานมาตรฐานทางกายภาพของอาหารหมัก (กรมปศุสัตว์, 2547)



T1



T2



T3

ภาพที่ 12 ลักษณะอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

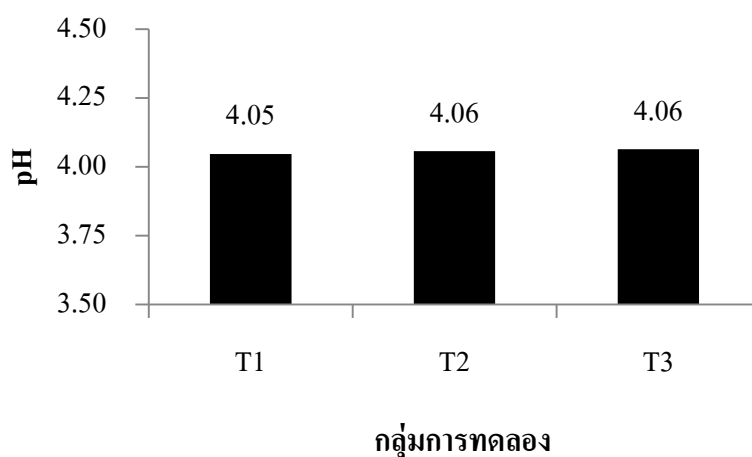
T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและเศษเหลือสับประรดในอัตราส่วน 100: 0, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและใบสับประรดในอัตราส่วน 50: 50

ตารางที่ 10 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหาร FTMR แต่ละกลุ่มการทดลอง

ตัวชี้วัด (คะแนน)	อาหาร FTMR		
	T1	T2	T3
กลิ่น (12 คะแนน)	8.80	9.22	9.41
เนื้อสัมผัส (4 คะแนน)	3.42	3.07	3.20
สี (3 คะแนน)	1.86	1.87	0.99
ค่า pH (6 คะแนน)	6.00	6.00	6.00
คะแนนรวม (25 คะแนน)	20.08	20.15	19.60

หมายเหตุ: ระดับคะแนน 20 – 25 = ดีมาก, 15 -19 = ดี, 6 – 14 = ปานกลาง, 0 – 5 = ต่ำ

จากการศึกษา พบว่าค่า pH ของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.04 – 4.06 (ภาพที่ 13) ทั้งนี้อาจเพราะในพืชมีแบคทีเรียธรรมชาติที่ช่วยในกระบวนการหมักติดมากับพืช ซึ่งแบคทีเรียจะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่มีอยู่ในพืชได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติก (Lactic acid) และกรดอะซิติก (Acetic acid) ส่งผลทำให้พืชหมักมีค่า pH ลดลงประมาณ 4.2 หรืออาจต่ำกว่านั้น (จันทกานต์, 2545) ซึ่งมาตรฐานทางกายภาพของอาหารหมักที่ดีควรมีค่า pH อยู่ในช่วง 3.5 – 4.2 (กรมปศุสัตว์, 2547) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Skerman and Riveros (1990) รายงานว่าพืชหมักที่ดีควรมีค่า pH ไม่เกิน 4.2

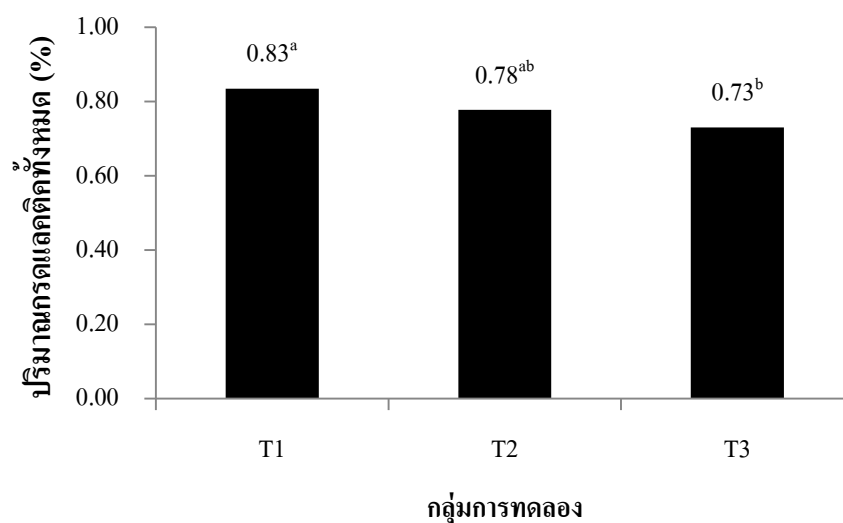


ภาพที่ 13 ค่า pH ของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรดและเศษเหลือสับปะรดในอัตราส่วน 100: 0, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรดและกากสับปะรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรดและใบสับปะรดในอัตราส่วน 50: 50

2. การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติกทั้งหมด (Total lactic acid content)

จากการศึกษา พบว่าปริมาณกรดแลคติกทั้งหมดของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่าปริมาณกรดแลคติกสูงกว่าอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH อาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 1 ที่มีแนวโน้มต่ำสุด (pH ประมาณ 4.05) (ภาพที่ 14) ในขณะที่อาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีค่าต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ คาดว่าเนื่องมาจากในใบพืชมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกที่อาศัยอยู่บนใบพืชในปริมาณที่น้อยกว่าส่วนอื่นๆ เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีในพืชมีจำนวนผันแปรตามชนิดของพืช แปลงพืช และฤดูกาล ซึ่งจะอาศัยอยู่บริเวณผิวด้านนอกในส่วนต่างๆ ของพืช โดยพบในส่วนของใบพืชน้อยกว่าส่วนอื่นๆ และมีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น โดยปกติพื้นที่บนใบพืช 1 ตารางเซนติเมตร จะมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ประมาณ 100,000-150,000 เซลล์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียกรดแลคติก, ยีสต์ และรา (Cai *et al.*, 1994; Greenhill, 1964) ซึ่งในกระบวนการหมักที่จะทำให้พืชหมักมีคุณภาพที่ดีนั้น ขึ้นอยู่กับแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีในพืชเอง (เสมอใจ, 2554) และอาจเป็นผลมาจากชนิดของแบคทีเรียกรดแลคติกที่ต่างกัน จากการศึกษาของ Driehuis *et al.* (2001) ที่พบว่าการเติม *Lactobacillus buchneri* หรือ *L. plantarum* เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือใช้ร่วมกันในหญ้าไรย์หมักจะ ทำให้พืชหมักมีความคงสภาพหลังสัมผัสอากาศได้นานกว่า 480 ชั่วโมง ซึ่งนานกว่าที่ไม่เติมเกือบ 3 เท่า ซึ่งยังพบว่าในการเติม *L. plantarum* และ *Pediococcus pentosaceus* ร่วมกัน ทำให้มีค่าความคงสภาพเมื่อสัมผัสอากาศน้อยกว่าที่ไม่เติม ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้สามารถเปลี่ยนน้ำตาลบางชนิดให้เป็นเอธานอลได้ เมื่อมีอากาศทำให้พืชหมักเกิดการเน่าเปื่อย ส่งผลทำให้สภาพของพืชหมักเกิดการเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ยังพบว่าในการทำหญ้าไรย์หมักที่ใช้แบคทีเรียกรดแลคติกในปริมาณเดียวกัน แต่ต่างชนิดกันจะให้ผลที่ต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของ LAB แต่ละชนิดไม่เหมือนกัน จึงทำให้มีการตอบสนองต่อพืชได้ต่างกัน



ภาพที่ 14 ปริมาณกรดแลคติกของอาหาร FTMR

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแท่งลักษณะเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและเศษเหลือสับประรดในอัตราส่วน 100:0, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและใบสับประรดในอัตราส่วน 50:50

ซึ่งการที่ปริมาณกรดแลคติกต่างกัน อาจเนื่องมาจากพืชที่ใช้ในการทดลองต่างชนิดกันจึงมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน เช่น วัตถุแห้ง โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ อาจทำให้มีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกที่แตกต่างกัน รวมไปถึงการที่แบคทีเรียกรดแลคติกสามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งอาหารได้แตกต่างกันจึงส่งผลให้ผลผลิตของกรดแลคติกแตกต่างกัน (Fraser *et al.*, 2001) ซึ่งจากผลการทดลองอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่าสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ คาดว่าเนื่องมาจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่าย (Nitrogen free extract; NFE) สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ (55.08, 54.90 และ 53.56% ตามลำดับ) นอกจากนี้ันทนา (2549) รายงานว่าแบคทีเรียกรดแลคติกสามารถใช้กากน้ำตาลเป็นอาหารสำหรับการเจริญเติบโต เนื่องจากกากน้ำตาลสามารถสลายตัวในระหว่างเกิดกระบวนการหมัก และทำให้แบคทีเรียกรดแลคติกนำกากน้ำตาลไปใช้ประโยชน์ในการผลิตกรดแลคติกได้

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis)

จากการศึกษา พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ยกเว้นไขมันรวม โดยอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีปริมาณวัตถุแห้ง, เยื่อใยหยาบ, เยื่อใย NDF, เยื่อใย ADF, เฮมิเซลลูโลส, เซลลูโลส และพลังงานรวมสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ โดยมีค่า 48.69, 12.75, 48.51, 25.86, 22.65, 25.04 % และ 4,028.97 kcal/kg ตามลำดับ แต่อาหารในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีค่าโปรตีนต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ เนื่องจากในส่วนของวัตถุดิบกากสับประดามีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าเปลือกสับประดและใบสับประด โดยมีค่า 5.38, 6.49 และ 8.79 ตามลำดับ โดยโปรตีนจากสูตรอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 22.92, 21.44 และ 23.21 ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ซึ่งมีความมากกว่าการรายงานของ(ชาญชัย, 2532) ว่าระดับโปรตีนในอาหารสัตว์ไม่ควรต่ำกว่า 7% ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ ในส่วนของเยื่อใยของอาหาร FTMR มีค่าลดลง อาจเนื่องจากในระหว่างกระบวนการหมักของพืชหมักอาจเกิดการสลายตัวของสารประกอบของผนังเซลล์จึงอาจส่งผลให้ปริมาณของเฮมิเซลลูโลสในพืชหมักลดลง(Niimi and Kawamura., 1998) และแบคทีเรียในธรรมชาติสามารถใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารสำหรับการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตเป็นกรดแลคติก ซึ่งส่งผลให้ปริมาณเยื่อใยของพืชหมักลดลง (ฉันทนา, 2549) นอกจากนี้ Chanjula *et al.* (2010) รายงานค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหมักที่แตกต่างกัน อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อายุของพืช ความหนาแน่นของพืช และส่วนของพืชที่นำมาใช้ในการหมัก นอกจากนี้ยังมีปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมที่พืชอาศัยอยู่ ฤดูกาล และสภาพอากาศ เป็นต้น

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบและอาหาร FTMR (น้ำหนักรแห้ง)

สิ่งที่ศึกษา (%)	สับประรด			อาหาร FTMR			SEM	P-value
	เปลือก	กาก	ใบ	T1	T2	T3		
ความชื้น	88.74	67.10	85.10	57.55 ^a	51.31 ^c	56.48 ^b	0.09	<0.01
วัตถุแห้ง	11.26	32.90	14.90	42.45 ^c	48.69 ^a	43.52 ^b	0.09	<0.01
----- %น้ำหนักรแห้ง -----								
เถ้า	6.49	2.34	3.79	8.07 ^d	7.68 ^e	8.04 ^d	0.04	0.01
โปรตีนรวม	6.21	5.38	8.79	22.92 ^a	21.44 ^b	23.21 ^a	0.15	<0.01
ไขมันรวม	0.95	0.59	2.80	3.41	3.23	3.81	0.15	0.35
เยื่อใยรวม	11.59	26.23	21.25	10.52 ^b	12.75 ^a	11.38 ^b	0.17	<0.01
เยื่อใย NDF	37.46	76.89	52.02	38.76 ^b	48.51 ^a	36.65 ^c	0.11	<0.01
เยื่อใย ADF	17.21	39.36	32.37	22.46 ^b	25.86 ^a	22.86 ^b	0.17	<0.01
NFE	76.33	68.22	59.90	55.08	54.90	53.56	0.34	0.22
ลิกนิน ADL	0.49	0.09	0.51	1.02 ^a	0.82 ^b	0.92 ^{ab}	0.02	0.03
เฮมิเซลลูโลส	20.25	37.53	19.65	16.30 ^b	22.65 ^a	13.78 ^c	0.11	<0.01
เซลลูโลส	16.72	39.28	31.86	21.44 ^c	25.04 ^a	21.94 ^b	0.02	<0.01
พลังงานรวม	3,881.13	3,900.30	3,859.00	3,596.57 ^a	4,028.97 ^a	3,879.97 ^b	14.11	<0.01
(kcal /kg)								

^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01), ^{d,e} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), เยื่อใย ADF = Acid detergent fiber, เยื่อใย NDF = Neutral detergent fiber, NFE = Nitrogen free extract, ลิกนิน ADL = Acid detergent lignin, T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและเศษเหลือสับประรดในอัตราส่วน 100: 0, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและใบสับประรดในอัตราส่วน 50: 50

4. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ (*In vitro* digestibility), จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

4.1. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุของอาหาร FTMR

จากการศึกษาพบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ (*In vitro* dry matter digestibility, IVDMD) และอินทรีย์วัตถุ (*In vitro* organic matter digestibility, IVOMD) ของอาหาร FTMR ณ ชั่วโมงที่ 24 ของระยะการบ่มในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีค่า IVDMD และ IVOMD ต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 13) อาจเนื่องมาจากสูตรอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีการใช้ปริมาณกากเนื้อในปาล์มในปริมาณที่สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นจึงทำให้มีสัมประสิทธิ์การย่อยต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ สอดคล้องกับการศึกษาของอนันตเดช *et al.* (2555) รายงานว่าการใช้กากเนื้อในปาล์มทดแทนข้าวโพดบดในอาหารขึ้นมากกว่า 50% ทำให้โคมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่ำกว่าโคที่ได้รับกากเนื้อในปาล์มทดแทนข้าวโพดบดที่ 0% และ 25%

ในขณะที่อาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่า IVDMD สูง เพราะเนื่องจากมีปริมาณเซลลูโลสต่ำ (21.44%) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Cherdthong and Wanapat (2013) ที่รายงานว่าส่วนประกอบผนังเซลล์ และเซลลูโลสที่สูงมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการย่อยได้โภชนะ โดยในการทดลองนี้มีค่า IVDMD ประมาณ 63.04, 59.98 และ 56.20% ในชั่วโมงที่ 24 ของระยะการบ่ม ตามลำดับ และมีค่า IVOMD ประมาณ 95.36, 95.77 และ 91.16% ในชั่วโมงที่ 24 ของระยะการบ่ม จากผลการศึกษาสอดคล้องกับชาลินี *et al.* (2560) รายงานว่าใบสับปะรดหมักมีค่า IVDMD ต่ำกว่าเปลือกสับปะรด และกากสับปะรด โดยมีค่า IVDMD เท่ากับ 61.60, 68.01 และ 74.04% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีการศึกษา Saenphoom *et al.* (2016) รายงานว่าเปลือกตาลหมักร่วมกับเปลือกสับปะรดในอัตราส่วน 1:2 มีค่า IVDMD สูงกว่าเปลือกตาลหมักร่วมกับเปลือกสับปะรดในอัตราส่วน 2:1 และ 1:1 ที่ระยะเวลาการหมัก 14 วัน โดยมีค่า IVDMD เท่ากับ 36.88, 28.63 และ 27.80% ตามลำดับ ในส่วนของ IVDMD และ IVOMD ของอาหาร FTMR ณ ชั่วโมงที่ 48 ในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่า IVDMD และ IVOMD ค่า อยู่ในช่วง 62.77 -64.14 % และ 95.35 – 97.42% ในชั่วโมงที่ 48-ของระยะการบ่ม (ตารางที่ 13)

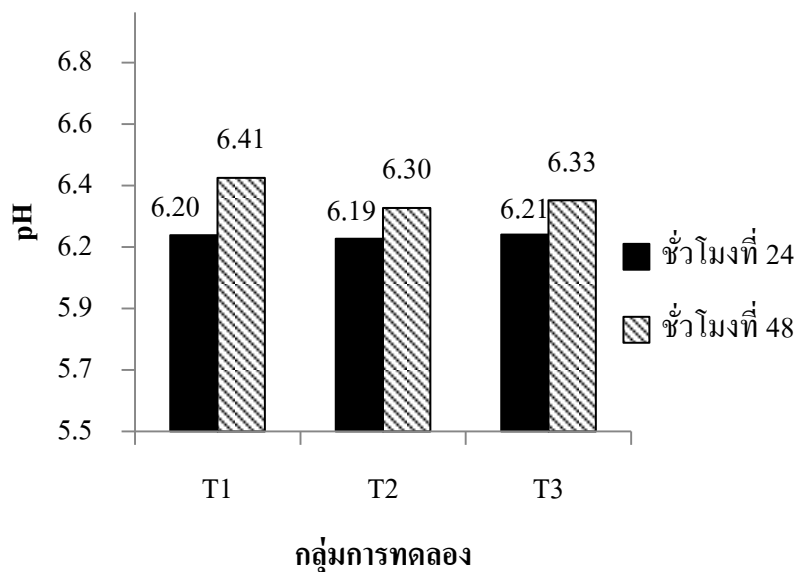
ตารางที่ 12 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหาร FTMR

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (%)	T1	T2	T3	SEM	P-value
วัตถุแห้ง (IVDMD)					
ชั่วโมงที่ 24	63.04 ^a	59.98 ^b	56.20 ^c	0.27	<0.01
ชั่วโมงที่ 48	64.14	67.08	62.77	0.97	0.23
อินทรีย์วัตถุ (IVOMD)					
ชั่วโมงที่ 24	95.36 ^{de}	95.77 ^d	91.16 ^e	0.61	0.04
ชั่วโมงที่ 48	96.49	97.42	95.35	0.45	0.22

^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01), ^{d,e} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและเศษเหลือสับประรดในอัตราส่วน 100: 0, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและใบสับประรดในอัตราส่วน 50: 50

4.2. ศึกษาค่า pH ภายหลังการบ่ม

จากการศึกษาพบว่า ค่า pH ภายหลังการบ่มในชั่วโมงที่ 24 และ 48 ของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.19 – 6.21 ในชั่วโมงที่ 24 และ 6.30-6.41 ในชั่วโมงที่ 48 (ภาพที่ 15) คาดว่าอาจเนื่องมาจากแต่ละกลุ่มการทดลองใช้ปริมาณอาหาร ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ค่า pH ของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันซึ่งอาจเป็นผลทำให้ pH ของของเหลวในกระเพาะรูเมนภายหลังการบ่มไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลการทดลองนี้มีค่า pH อยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยค่า pH ในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 6-7 (บุญเสริม, 2546) และค่า pH 6.0 -7.5 เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเยื่อใยและการย่อยของโปรตีน (Russell and Wilson, 1996)



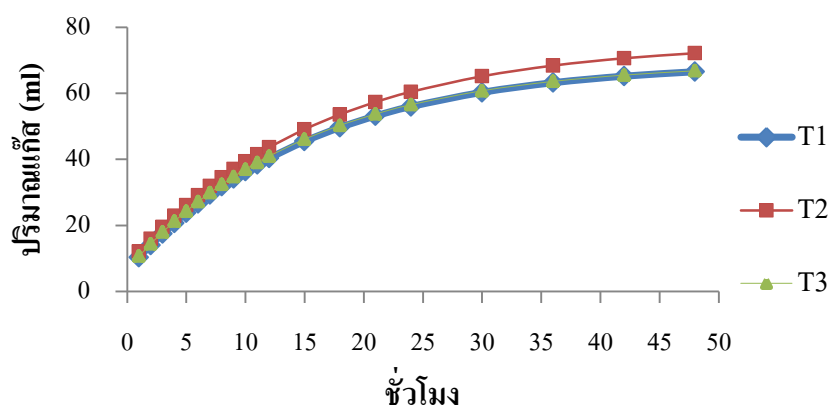
ภาพที่ 15 ค่า pH ภายหลังการบ่มของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและเศษเหลือสับประรดในอัตราส่วน 100: 0, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและใบสับประรดในอัตราส่วน 50: 50

4.3. ศึกษาจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหาร FTMR

จากการศึกษาพบว่าค่าจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นอัตราการหมักย่อย (C) โดยอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีค่าจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สสูงกว่าอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ โดยมีค่าปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย (a) ประมาณ 6.93, 8.61, และ 7.00 ml ตามลำดับ, ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ยาก (b) ประมาณ 64.93, 71.03 และ 64.21 ml ตามลำดับ และ ค่าศักยภาพการผลิตแก๊ส (d) ประมาณ 71.85, 79.63 และ 71.21 ml ตามลำดับ (ตารางที่ 14) ซึ่งการที่อาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีค่าจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สสูงกว่าอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ อาจเนื่องมาจากกากสับประรดมีส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยยากในปริมาณสูง จึงส่งผลให้มีศักยภาพการผลิตแก๊สสูงตามไปด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของอนันท์ *et al.* (2557) รายงานว่าคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของเปลือก กาก และใบสับประรดมีค่า 0.164, 0.532 และ 0.632 %g ตามลำดับ ซึ่งค่าศักยภาพการผลิตแก๊สสอดคล้องปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของอาหาร FTMR

ในส่วนปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีค่าปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมสูงกว่าอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 16) โดยมีค่าปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมอยู่ในช่วง 70.71 – 78.91 ในชั่วโมงที่ 72 (ตารางที่ 14) ทั้งนี้อาจเพราะองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 2 ที่มีปริมาณเชื้อไฮเมซิเซลลูโลส และเซลลูโลสสูงทำให้จุลินทรีย์สามารถหมักย่อยเชื้อไฮได้อย่างเต็มประสิทธิภาพเกิดการผลิตแก๊สรวมสะสมได้สูง สอดคล้องกับ Songsak *et al.* (2005) รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีเป็นเส้นใยสูงเช่นไฮเมซิเซลลูโลส จะทำให้จุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์ในการย่อยอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลต่อศักยภาพในการผลิตแก๊ส และอาจเนื่องจากสูตรของอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีปริมาณข้าวโพดบดซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ จึงทำให้มีปริมาณแก๊สสะสมสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ และเนื่องจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนทำการย่อยสลายส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายก่อน คือส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบไปด้วยแป้งและน้ำตาลที่มีอยู่ในอาหารก่อนจะย่อยสลายส่วนที่เป็นเชื้อไฮ โดยจุลินทรีย์จะใช้เวลาในการย่อยสลายเชื้อไฮนานกว่าคาร์โบไฮเดรตจึงทำให้มีปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมเพิ่มสูงในช่วงท้ายของกระบวนการบ่มย่อย (โชค *et al.*, 2552) จากผลการทดลองมีค่าสอดคล้องกับการศึกษาของชาลินี *et al.* (2560) รายงานว่ากลุ่มกากสับประดหมักมีปริมาณแก๊สสะสมสูงกว่ากลุ่มเปลือกสับประดหมักและใบสับประดหมัก โดยมีค่าปริมาณแก๊สสะสมประมาณ 198.96, 164.24 และ 146.65 ml ที่ 72 ชั่วโมงตามลำดับ และจากการศึกษาของอนันท์ *et al.* (2555) รายงานว่าการใช้กากสับประดมีแนวโน้มปริมาณแก๊สสะสมที่สูงสุดเมื่อเทียบกับการใช้กากสับประดร่วมกับอาหารชั้น



ภาพที่ 16 ปริมาณแก๊สสะสมของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประดและเศษเหลือสับประดในอัตราส่วน 100: 0, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประดและกากสับประดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประดและใบสับประดในอัตราส่วน 50: 50

ตารางที่ 13 จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหาร FTMR

สิ่งที่ศึกษา	T1	T2	T3	SEM	P-value
ค่าจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส					
a) (ml)	6.93 ^d	8.61 ^c	7.00 ^d	0.20	0.03
b (ml)	64.93 ^b	71.03 ^a	64.21 ^b	0.55	<0.01
c (%/h)	0.07	0.06	0.07	<0.01	0.16
d (ml)	71.85 ^b	79.63 ^a	71.21 ^b	0.67	<0.01
ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม (ml/ 0.5g DM)					
ชั่วโมงที่ 12	42.17 ^d	46.59 ^c	42.64 ^d	0.59	0.04
ชั่วโมงที่ 24	58.27 ^d	64.26 ^c	58.49 ^d	0.70	0.02
ชั่วโมงที่ 48	69.01 ^b	76.30 ^a	68.69 ^b	0.70	<0.01
ชั่วโมงที่ 72	71.26 ^b	78.91 ^a	70.71 ^b	0.68	<0.01

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01), ^{c,d} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), a) = ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย, b = ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ยาก, c = อัตราการหมักย่อย, d = ค่าศักยภาพการผลิตแก๊ส, T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและเศษเหลือสับประรดในอัตราส่วน 100: 0, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและใบสับประรดในอัตราส่วน 50: 50

4.4. วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด

จากการศึกษา พบว่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile fatty acid, TVFA) ของสารละลายผสมภายหลังการบ่มในชั่วโมงที่ 24 และ 48 ของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) โดยมีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 159.30 – 167.94 % ในชั่วโมงที่ 24 และ 197.55 – 213.58 % ในชั่วโมงที่ 48 (ตารางที่ 15) ซึ่งอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีแนวโน้มค่า TVFA สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ อาจเนื่องมาจากสัมประสิทธิ์การย่อยได้อินทรีย์วัตถุมีค่าสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ในขณะที่อาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีค่าผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 24 ถึง 48 สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับสัมประสิทธิ์การย่อยได้อินทรีย์วัตถุของอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 3 ที่มีค่าผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 24 ถึง 48 สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ซึ่งการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์การย่อยได้อินทรีย์วัตถุ โดยที่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การ

ย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้มีการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย (สันติ *et al.*, 2555) ซึ่งทดลอง (2541) รายงานว่ากรดไขมันระเหยได้ง่ายเป็นผลผลิตสุดท้ายของการย่อยสลายอาหารประเภทพลังงานและคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ และมีประโยชน์ต่อตัวสัตว์ ซึ่งกรดไขมันระเหยได้เหล่านี้จะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่จะนำไปใช้ในการดำรงชีวิตและการให้ผลผลิตเนื้อและนมต่อไป ผลการทดลองในครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ กุริพงษ์ (2549) ทำการศึกษาการย่อยได้โภชนะในอาหารผสมเสร็จจากเปลือกสับปะรคหมักร่วมกับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบในอัตราส่วน 50:0, 45:5, 40:10 และ 35:15 พบว่าอาหาร TMR ในอัตราส่วน 50:0 มีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ (214.82, 197.84, 198.94 และ 140.09 mmol/l ตามลำดับ) และจากการศึกษาของวารุณี (2552) พบว่าโคที่ได้รับอาหาร TMR จากเศษข้าวโพดหวานหมักร่วมกับกระถิน 20% มีค่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (212 mmol/L) สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ

ตารางที่ 14 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดภายหลังการบ่มของอาหาร FTMR

ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (mmol/l)	T1	T2	T3	SEM	P-value
ณ ชั่วโมงที่ 24	167.94	181.15	159.30	5.93	0.36
ณ ชั่วโมงที่ 48	198.59	213.58	197.55	3.59	0.18
ผลต่างระหว่างชั่วโมง	30.65	32.42	38.24	-	-

SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรคและเศษเหลือสับปะรคในอัตราส่วน 100:0, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรคและกากสับปะรคในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรคและใบสับปะรคในอัตราส่วน 50:50

4.5. วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจน

จากการศึกษา พบว่าปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลอง 2 มีปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนสูงกว่าอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ในชั่วโมงที่ 24 และ 48 โดยในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีปริมาณของเยื่อใยสูง และปริมาณโปรตีนเพียงพอเหมาะสมสำหรับการทำงานของจุลินทรีย์ในการย่อยโภชนะ ในขณะที่ผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 24 ถึง 48 พบว่าอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีค่าแอมโมเนียในโตรเจนเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่ม

การทดลองอื่นๆ อาจเนื่องมาจากสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีค่าผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 24 ถึง 48 สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ มีซึ่งความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิด ของอาหาร (Lewis, 1975) โดยเฉพาะแหล่งคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีนที่ได้รับศักยภาพในการเกิดกระบวนการหมักของอาหาร ความสามารถในการย่อยสลายได้ของโปรตีน และสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสม (เมธา, 2533) โดยในชั่วโมงที่ 24 มีปริมาณปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ในช่วง 19.75 – 22.25 mg/dl และอยู่ในช่วง 25.88 – 29.75 mg/dl ในชั่วโมงที่ 48 (ตารางที่ 16) ซึ่งอยู่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้เต็มที่ โดยระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้เต็มที่ คือ 5 – 25 mg/dl (Preston and Leng, 1987) และ 10 -30 mg/dl เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (Ferguson *et al.*, 1993) นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนต่อประสิทธิภาพของกระบวนการหมักนั้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของประชากรจุลินทรีย์ ตลอดจนปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ สัมประสิทธิ์การสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ และยังก่อให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับโปรตีนด้วย (สุปรินา, 2552)

ตารางที่ 15 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนภายหลังการบ่มของอาหาร FTMR

แอมโมเนียไนโตรเจน (mg/dl)	T1	T2	T3	SEM	P-value
ณ ชั่วโมงที่ 24	21.00 ^{cd}	22.25 ^c	19.75 ^d	0.32	0.03
ณ ชั่วโมงที่ 48	25.88 ^b	29.75 ^a	27.50 ^{ab}	0.39	<0.01
ผลต่างระหว่างชั่วโมง	4.88	7.50	7.75	-	-

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01), ^{c,d} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและเศษเหลือสับประรดในอัตราส่วน 100: 0, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและใบสับประรดในอัตราส่วน 50:50

5. ปริมาณแบคทีเรียที่สำคัญดัดแปลงจากวิธี Roll tube technique

จากการศึกษา พบว่าปริมาณแบคทีเรียของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) โดยปริมาณ Proteolytic bacteria อยู่ในช่วง 1.12×10^5 - 3.28×10^5 CFU/ml ในชั่วโมงที่ 24 และ 3.11×10^5 - 6.02×10^5 CFU/ml ในชั่วโมงที่ 48 และมีปริมาณ

Cellulolytic bacteria อยู่ในช่วง 2.12×10^6 - 4.07×10^6 CFU/ml ในชั่วโมงที่ 24 และ 2.27×10^6 - 4.14×10^6 CFU/ml ในชั่วโมงที่ 48 (ตารางที่ 17) ซึ่งอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ สอดคล้องกับปริมาณแก๊สสะสม, ปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$ และปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ ซึ่งเมื่อดูผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 24 ถึง 48 ของ Proteolytic bacteria พบว่าอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ แต่ในขณะที่ผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 24 ถึง 48 ของ Cellulolytic bacteria พบว่าอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 24 ถึง 48 ของสัมประสิทธิ์การย่อยได้อินทรีย์วัตถุ, ปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$ และปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ โดยปริมาณแบคทีเรียขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร, ค่า pH ในกระเพาะรูเมน, ปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$, สภาพแวดล้อมรอบตัวสัตว์ รวมไปถึง ชนิดและอายุของสัตว์ เป็นต้น ซึ่งการทดลองนี้มีปริมาณแบคทีเรียต่ำกว่าการศึกษาของปิ่น *et al.* (2549) ที่เสริมยูเรียร่วมกับมันเส้นในแพะ พบว่ามีปริมาณ Proteolytic bacteria อยู่ในช่วง 3.5×10^7 - 6.6×10^7 CFU/ml และมีปริมาณ Cellulolytic bacteria อยู่ในช่วง 3.6×10^9 - 6.8×10^9 CFU/ml ทั้งนี้อาจเพราะสูตรอาหารที่แพะได้รับมีการเสริมยูเรียและมันเส้น ซึ่งเป็นแหล่งโภชนะสำคัญของจุลินทรีย์ แต่มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของพรทิพย์ *et al.* (2556) รายงานว่ามีปริมาณ Cellulolytic bacteria ประมาณ 6.4×10^6 CFU/ml ในโคขาวลำพูน

ตารางที่ 16 ปริมาณแบคทีเรียที่สำคัญในกระเพาะรูเมน

ปริมาณแบคทีเรีย	T1	T2	T3	SEM	P-value
Proteolytic bacteria (CFU/ml)					
ณ ชั่วโมงที่ 24	1.12×10^5	3.28×10^5	2.37×10^5	0.38	0.08
ณ ชั่วโมงที่ 48	3.51×10^5	6.02×10^5	3.11×10^5	0.32	0.16
ผลต่างระหว่างชั่วโมง	2.39×10^5	2.74×10^5	0.73×10^5	-	-
Cellulolytic bacteria (CFU/ml)					
ณ ชั่วโมงที่ 24	2.12×10^6	4.07×10^6	2.35×10^6	0.79	0.62
ณ ชั่วโมงที่ 48	2.27×10^6	4.14×10^6	3.83×10^6	0.41	0.19
ผลต่างระหว่างชั่วโมง	0.15×10^6	0.07×10^6	1.48×10^6	-	-

SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประดและเศษเหลือสับประดในอัตราส่วน 100: 0, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประดและกากสับประดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประดและใบสับประดในอัตราส่วน 50: 50

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

1. การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis)

จากการศึกษา พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นปริมาณลิกนิน ADL โดยกลุ่มการทดลองที่ 1 มีปริมาณเถ้า, ไขมันรวม, เยื่อใยรวม, เยื่อใย NDF, เยื่อใย ADF, เซลลูโลส และพลังงานรวมสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ แต่มีค่าวัตถุแห้ง, โปรตีนรวมไม่แตกต่างจากกลุ่มการทดลองที่ 2 โดยมีค่าโปรตีนรวมประมาณ 21.52, 20.27 และ 17.36% ตามลำดับ (ตารางที่ 18) ซึ่งกลุ่มการทดลองที่ 3 นั้นมีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากการสูญเสียโภชนะระหว่างกระบวนการหมัก แต่มีค่ามากกว่าการรายงานของชาญชัย (2532) ว่าระดับโปรตีนในอาหารสัตว์ไม่ควรต่ำกว่า 7% ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ ในขณะที่กลุ่มการทดลองที่ 1 มีปริมาณเยื่อใย, ไขมัน และพลังงานที่สูงที่สุด คาดว่าเนื่องมาจากในกลุ่มการทดลองที่ 1 เป็นกรณี 100% ไม่มีสัดส่วนของอาหารชั้น จึงทำให้ค่าเยื่อใย ไขมัน และพลังงานสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของสมกิจ (2532) พบว่า กรณีมีโปรตีน 22.07% สอดคล้องกับการรายงานของสุกัญญา (2544) พบว่ากรณีมีโปรตีน 20.20% และเยื่อใย 18% ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับประรดก่อนหมักมีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของวรพงษ์ and วิภา (2528) พบว่าเปลือกสับประรดมีโปรตีนประมาณ 4.4% สอดคล้องกับการศึกษาของชวนิศนคาร (2526) และจินดา *et al.* (2528) พบว่าเปลือกสับประรดมีเยื่อใยรวม 12.72% และ 13.96% ตามลำดับ ในส่วนของกากสับประรดก่อนหมักมีค่าใกล้เคียงกับงานของอาทิตย์ and สรเทพ (2556) รายงานว่ากากสับประรดมีโปรตีน 4.33% นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของโสภณ *et al.* (2544) พบว่าการใช้อาหารผสมเสร็จจากเปลือกสับประรดเป็นส่วนประกอบมีเยื่อใยประมาณ 15.20% ซึ่งจากการรายงานของสาขันธ์ (2548) รายงานว่าเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF เป็นองค์ประกอบภายในพืชอาหารสัตว์ที่มีการย่อยได้ต่ำ แต่ในสัตว์กระเพาะรวมสามารถย่อยได้โดยอาศัยจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมัก แต่ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งพืชอาหารสัตว์ที่ดีไม่ควรมีปริมาณของเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF อยู่สูง เนื่องจากการย่อยได้ต่ำ (เทอดชัย, 2548; เมธา, 2533)

ตารางที่ 17 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

สิ่งที่ศึกษา (%)	สับประรด		อาหาร ชั้น	อาหารทดลอง			SEM	P-value
	เปลือก	กาก		T1	T2	T3		
ความชื้น	89.58	74.40	11.49	34.52 ^c	39.40 ^{dc}	42.00 ^d	0.78	0.02
วัตถุแห้ง	10.42	25.60	11.49	65.48 ^d	60.60 ^{dc}	58.00 ^c	0.78	0.02
-----%น้ำหนักแห้ง-----								
เถ้า	5.43	1.57	7.28	7.25 ^a	6.63 ^b	5.70 ^c	0.03	<0.01
โปรตีนรวม	4.65	3.61	7.58	21.52 ^a	20.27 ^a	17.36 ^b	0.26	<0.01
ไขมันรวม	0.95	0.59	2.70	3.76 ^a	2.81 ^b	2.43 ^b	0.05	<0.01
เยื่อใยรวม	13.27	21.66	6.49	15.28 ^a	12.12 ^b	10.81 ^b	0.28	<0.01
เยื่อใย NDF	52.47	64.66	29.59	47.04 ^a	39.33 ^b	40.23 ^b	0.23	<0.01
เยื่อใย ADF	18.80	30.13	11.21	41.25 ^a	21.82 ^c	25.26 ^b	0.29	<0.01
ลิกนิน ADL	0.011	0.001	0.011	0.009	0.006	0.006	<0.01	0.09
เฮมิเซลลูโลส	32.16	35.53	18.38	5.79 ^c	17.51 ^a	14.97 ^b	0.23	<0.01
เซลลูโลส	18.79	30.13	11.19	41.24 ^a	21.82 ^b	25.25 ^b	<0.01	<0.01
พลังงานรวม (kcal/kg)	4,370.14	4,316.66	4,335.77	4,558.11 ^a	4,236.57 ^c	4343.45 ^b	8.91	<0.01

^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01),

^{d,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), เยื่อใย ADF = Acid detergent fiber, เยื่อใย NDF = Neutral detergent fiber, ลิกนิน ADL = Acid detergent lignin, T1 = ก้านใบกระถินสด, T2 = อาหาร TMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50

2. ปริมาณการกินได้ (Feed Intake; FI)

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.01) โดยแพะในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่าปริมาณการกินได้วัตถุแห้งสูงกว่าแพะในกลุ่มการทดลองอื่นๆ โดยมีค่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดประมาณ 0.92, 0.62 และ 0.54 กก./วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 19) อาจเนื่องมาจากกระถินมีความน่ากินสูงจึงส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของสัตว์ และคาดว่าอาจเนื่องมาจากกลุ่มการทดลองที่ 1 มีปริมาณเยื่อใยสูง ทำให้มีการย่อยได้ที่ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการย่อยได้ของโคชนะที่มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ซึ่งปริมาณการกินได้รวมทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (%BW) มีค่าประมาณ 3.38, 2.21 และ

2.22 %BW และมีค่าปริมาณการกินได้รวมทั้งหมดต่อน้ำหนักเมทาบอลิกต่อวัน ($\text{g/kgBW}^{0.75}$) ประมาณ 77.05, 50.80 และ 49.31 $\text{g/kgBW}^{0.75}$ (ตารางที่ 19) โดย %BW และ $\text{g/kgBW}^{0.75}$ มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยแพะในเขตร้อนมีค่าเฉลี่ยของการกินได้วัตถุแห้งอยู่ในช่วง 1.9-3.8 %BW หรือ 40-128 $\text{g/kgBW}^{0.75}$ (Devendra and Brums, 1983) จากการศึกษาของ Khy *et al.* (2012) ได้ทำการศึกษากการเสริมกระถินอัดเม็ดที่ระดับ 0, 150, 300 และ 450 กรัม/ตัว/วัน ในกระบือ พบว่าการเสริมที่ระดับ 450 กรัม/ตัว/วัน ส่งผลให้มีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ กก./วัน , %BW และ $\text{g/kgBW}^{0.75}$ สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ (4.6 กก./วัน, 1.8 %BW และ 73.0 $\text{g/kgBW}^{0.75}$ ตามลำดับ)

ตารางที่ 18 ปริมาณการกินได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

สิ่งที่ศึกษา	กลุ่มการทดลอง			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
ปริมาณการกินได้อาหาร (กก./ตัว)					
อาหารหยาบ	132.21	-	-	-	-
อาหารข้น	22.66	-	-	-	-
อาหารรวมทั้งหมด	149.47 ^a	101.50 ^b	81.82 ^b	5.13	<0.01
ปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง					
kg/d	0.92 ^a	0.62 ^b	0.54 ^b	0.03	<0.01
%BW	3.38 ^a	2.21 ^b	2.22 ^b	0.06	<0.01
$\text{g/kgBW}^{0.75}$	77.05 ^a	50.80 ^b	49.31 ^b	1.43	<0.01
สมรรถนะการเจริญเติบโต					
น้ำหนักเริ่มต้น (กก./ตัว)	17.15	16.62	16.37	0.99	0.95
น้ำหนักสุดท้าย (กก./ตัว)	27.03	28.18	24.33	1.17	0.42
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กก./ตัว)	9.89	11.56	7.96	0.79	0.23
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	138.21	163.85	111.56	11.29	0.21
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก	15.25 ^a	9.18 ^b	11.21 ^{ab}	0.82	0.04

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ($P < 0.01$), ^{c,d} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), %BW = ปริมาณการกินได้รวมทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวต่อวัน, $\text{g/kgBW}^{0.75}$ = ปริมาณการกินได้รวมทั้งหมดต่อน้ำหนักเมทาบอลิกต่อวัน, T1 = ก้านใบกระถินสด, T2 = อาหาร TMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50

ซึ่งจะเห็นได้ว่าสามารถให้อาหาร FTMR เป็นทางเลือกอาหารสัตว์แทนการให้อาหาร TMR ในช่วงฤดูแล้ง หรือช่วงที่อาหารหยาบขาดแคลนได้ เนื่องจากมีปริมาณการกินได้ทั้งหมด, %BW และ $\text{g/kgBW}^{0.75}$ ไม่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบของสัตว์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความจุของกระเพาะสัตว์, ขนาดของชิ้นพืชในอาหารหมัก, คุณภาพของอาหาร, อัตราการย่อยสลายของเชื้อใยในกระเพาะ, ระยะเวลาของอาหารที่อยู่ในกระเพาะหมัก, กิจกรรมการเคี้ยวเอื้องของตัวสัตว์ (Teimouri *et al.*, 2004) น้ำหนักตัว, สภาพแวดล้อม, รสชาติ และความน่ากินของอาหาร (ฉลอง, 2541) จากการศึกษาของสมศักดิ์ *et al.* (2553) พบว่าอาหารผสมเสร็จหมักจากเปลือกสับปรดร่วมกับหญ้าสดต่อหญ้าสดมีปริมาณการกินได้วัตถุดิบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 44.14 – 56.25 $\text{g/kgBW}^{0.75}$

3. สมรรถนะการเจริญเติบโต (Growth Performance)

จากการศึกษา พบว่าสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรวม โดยแพะในกลุ่มการทดลอง 2 มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรวมที่ต่ำกว่าแพะในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ซึ่งมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรวมประมาณ 15.25, 9.18 และ 11.21% ตามลำดับ (ตารางที่ 19) อาจเนื่องมาจากในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีปริมาณเชื้อใยที่สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ อาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการย่อยโภชนะและดูดซึมไปใช้ได้ต่ำลงส่งผลถึงการเจริญเติบโตของสัตว์ลดลงด้วย และเนื่องจากกลุ่มการทดลองที่ 2 และ 3 มีปริมาณการกินได้ที่ต่ำกว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 แต่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันจึงทำให้แพะที่ได้รับอาหารจากกลุ่มการทดลองที่ 2 และ 3 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรวมที่ต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องจากการศึกษาของ Cherdthong and Wanapat (2013) ที่รายงานว่าส่วนประกอบผนังเซลล์ และเซลล์ลอสที่สูงมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการย่อยได้โภชนะ และจากรายงานของสมเกียรติ (2528) ว่าแพะสามารถใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือหรืออาหารหยาบคุณภาพต่ำซึ่งมีเชื้อใยสูงให้เป็นโปรตีนจากสัตว์ในรูปของเนื้อและนมได้เป็นอย่างดี

ซึ่งจะเห็นได้ว่าการให้อาหาร TMR มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรวมที่ต่ำกว่าในกลุ่มการทดลองที่ 1 (กลุ่มควบคุม) และเมื่อเทียบกับอาหารทดลอง พบว่าการให้อาหาร TMR (กลุ่มการทดลองที่ 2) มีสมรรถนะการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากการให้อาหาร FTMR (กลุ่มการทดลองที่ 3)

จึงสามารถให้อาหาร FTMR เป็นทางเลือกอาหารสัตว์แทนการให้อาหาร TMR ในช่วงฤดูแล้ง หรือช่วงที่อาหารหยาบขาดแคลนได้ ซึ่งสมรรถนะการเจริญเติบโตของสัตว์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยได้แก่ทางด้านชีวภาพอาจมีผลกับการเติบโตที่ผิดปกติเป็นผลมาจากสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตอยู่ด้วยกัน เช่นร่างกายมีปรสิต, พยาธิ หรือแบคทีเรียเกาะทำลายเนื้อเยื่อ หรือดูดสารอาหาร จะทำให้การเติบโตช้าผิดปกติ หรือตายได้ และปัจจัยทางด้านกายภาพ เป็นปัจจัยที่เกี่ยวกับพลังงาน ได้แก่ ความร้อน, แสง และเสียง เป็นต้น และปัจจัยเกี่ยวกับสารเคมี สารเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโต คือฮอร์โมน เนื่องจากฮอร์โมน และสารที่เกี่ยวข้องฮอร์โมน จะควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกายให้เป็นปกติ (ฉลอง, 2541) จากการทดลองนี้สอดคล้องการศึกษาของไกรสิทธิ์ *et al.* (2549) ได้ทำการศึกษาผลของอาหาร TMR และอาหาร FTMR ในโคนม พบว่าโคนมที่ได้รับอาหาร TMR และอาหาร FTMR มีปริมาณการกินได้, อัตราการเจริญเติบโต, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนม และค่าการย่อยได้ของโภชนะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 1.43 และ 1.34 กก./ตัว/วัน ตามลำดับ และมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมประมาณ 6.52 และ 6.30 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของอานุภาพ *et al.* (2550) ได้ทำการศึกษาผลของการให้สับประรดเป็นอาหารหยาบเสริมอาหารชั้น 15% ของน้ำหนักรวมเปรียบเทียบกับการให้อาหาร TMR ในโคนม พบว่าโคทั้ง 2 กลุ่มการทดลองมีปริมาณการกินได้, อัตราการเจริญเติบโต, อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนม และต้นทุนค่าอาหารไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 1,270 และ 1,330 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ, ปริมาณอาหารที่กินประมาณ 10.32 และ 9.78 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารประมาณ 9.24 และ 8.44 ตามลำดับ และมีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำนม 1 กิโลกรัมเท่ากับ 30.08 และ 40.33 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ

4. สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะ

จากการศึกษา พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม โดยแพะในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนต่ำกว่าแพะในกลุ่มการทดลองอื่นๆ คาดว่าเนื่องจากแพะในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีปริมาณเชื้อใย และปริมาณการกินได้สูง ทำให้แพะได้รับอาหารที่มีเชื้อใยสูงปริมาณมากส่งผลให้มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ลดลง สอดคล้อง Cherdthong and

Wanapat (2013) ที่รายงานว่าส่วนประกอบผนังเซลล์ และเซลลูโลสที่สูงมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการย่อยได้โภชนะ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมประมาณ 72.39, 81.93 และ 93.60 % ตามลำดับ (ตารางที่ 20) อาจเนื่องมาจากกระดิ่งมีสารแทนนิน ซึ่งเป็นสารประกอบโพลีฟีนอลิก ซึ่งเป็นสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีน เนื่องจากแทนนินมีคุณสมบัติที่สามารถจับตัวกับโปรตีนได้อย่างเหนียวแน่นจึงขัดขวางการย่อยและการใช้ประโยชน์ของโปรตีนได้ (Reed, 1995) และอาจเนื่องมาจากอาหาร TMR และ FTMR ทำมาจากส่วนของเปลือก และกากสับประรด ซึ่งมีเอนไซม์โบรมิเลนช่วยในเรื่องของการย่อยโปรตีน

ตารางที่ 19 สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (%)	กลุ่มการทดลอง			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
วัตถุดิบแห้ง	63.68	74.33	75.90	2.47	0.14
อินทรีย์วัตถุ	68.07	77.74	79.27	2.15	0.12
โปรตีนรวม	72.39 ^b	81.93 ^{ab}	93.60 ^a	2.15	<0.01
ไขมันรวม	53.31	81.03	73.92	4.36	0.07
เยื่อใยรวม	44.36	58.85	60.04	3.57	0.19
เยื่อใย NDF	50.95	69.75	71.50	3.09	0.05
เยื่อใย ADF	47.51	64.35	66.77	3.75	0.13
พลังงานที่ย่อยได้	59.98	71.47	73.79	2.72	0.14

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), เยื่อใย ADF = Acid detergent fiber, เยื่อใย NDF = Neutral detergent fiber, T1 = ก้านใบกระดิ่งสด, T2 = อาหาร TMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50

จากการศึกษาของอรวินท์ (2527) รายงานว่าเอนไซม์โบรมิเลนในผลสับประรดพบมากในส่วนเนื้อ, เปลือก, แกน และจุก ตามลำดับ จากการศึกษาพรพรณ *et al.* (2559) ได้ทำการศึกษาการใช้เปลือกตาลอ่อนหมักร่วมกับเปลือกสับประรดทดแทนกระดิ่งในช่วงฤดูแล้งต่อสรรสภาพการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม จากการศึกษาพบว่า แพะที่ได้รับกิ่งละใบกระดิ่งสดร่วมกับเปลือกตาลหมักในอัตราส่วน 100:0, 70:30, 50:50 และ 30:70 พบว่าแพะในกลุ่มที่ได้รับอัตราส่วน 30:70 มีการ

ย่อยได้ของโปรตีนต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ (61.21, 59.65, 49.59 และ 49.57% ตามลำดับ) เนื่องจากอาหารในกลุ่มอัตราส่วน 30:70 มีปริมาณเยื่อใยสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ โดยจะเห็นได้ว่าการใช้เปลือกตาลอ่อนหมักร่วมกับสับประคตแทนใบกระถินในอัตราส่วนที่มากขึ้นทำให้การย่อยโปรตีนลดลง

ซึ่งจะเห็นได้ว่าสามารถใช้อาหาร FTMR เป็นทางเลือกอาหารสัตว์แทนการให้อาหาร TMR ในช่วงฤดูแล้ง หรือช่วงที่อาหารหยาบขาดแคลนได้ เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะไม่แตกต่างกัน ซึ่งสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนมีค่าสูงกว่าการศึกษาของไกรสิทธิ์ *et al.* (2549) ได้ทำการศึกษาผลของอาหาร TMR และอาหาร FTMR ในโคนม พบว่าโคนมที่ได้รับอาหาร TMR และอาหาร FTMR มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้โปรตีนอยู่ในช่วง 69.49 – 74.10% และการศึกษาของสมศักดิ์ *et al.* (2553) พบว่าการใช้เปลือกสับประคตหมักต่อหญ้าบานาน่าในอาหารผสมเสร็จ (TMR) เลี้ยงแพะมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนในช่วง 68.65-83.38% ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ที่แตกต่างกันนี้อาจเนื่องมาจากชนิดวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน สัตว์ทดลองจึงมีการดึงน้ำเอาไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน

5. ปริมาณไนโตรเจน

จากการศึกษา พบว่าปริมาณไนโตรเจนของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นปริมาณไนโตรเจนของปีศาจที่ขับออก, ที่ดูดซึมได้ และ ที่กักเก็บได้ (ตารางที่ 21) โดยแพะในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีปริมาณไนโตรเจนที่ได้ และ ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ในขณะที่มีปริมาณไนโตรเจนที่ย่อยได้ต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับสัมประสิทธิ์การย่อยได้โปรตีนที่ต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ และอาจมีปริมาณโปรตีนที่เพียงพอสำหรับตัวสัตว์แล้ว จึงมีการขับออกที่สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ สอดคล้องกับพรพรรณ *et al.* (2559) ได้ทำการศึกษาการใช้เปลือกตาลอ่อนหมักร่วมกับเปลือกสับประคตแทนกระถินในช่วงฤดูแล้งต่อสรรรภาพการเจริญเติบโตในแพะลูกผสมจากการศึกษาพบว่า แพะที่ได้รับกิ่งละใบกระถินสดร่วมกับเปลือกตาลหมักในอัตราส่วน 100:0, 70:30, 50:50 และ 30:70 พบว่าแพะในกลุ่มที่ได้รับอัตราส่วน 30:70 มีปริมาณไนโตรเจนขับออกสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ (51.75, 46.88, 49.50 และ 59.60% ตามลำดับ) และมีปริมาณไนโตรเจนที่ย่อยได้ต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ (65.48, 68.94, 66.27 และ 58.93% ตามลำดับ)

ตารางที่ 20 ปริมาณไนโตรเจนในแพะลูกผสม

ปริมาณไนโตรเจน	กลุ่มการทดลอง			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
ปริมาณไนโตรเจน (กก./ตัว/วัน)					
ที่ได้รับ	2.52 ^a	1.93 ^{ab}	1.44 ^b	0.09	<0.01
ที่ขับออก					
มูล	0.70 ^a	0.37 ^{ba}	0.13 ^b	0.05	<0.01
ปัสสาวะ	0.27	0.32	0.28	0.06	0.91
รวมทั้งหมด	0.94 ^a	0.69 ^{ab}	0.40 ^b	0.08	0.05
ที่ย่อยได้ (%)	72.39 ^d	80.99 ^{cd}	93.26 ^c	2.21	0.01
ที่ดูดซึมได้ (%)	88.79	82.90	79.72	2.78	0.44
ที่กักเก็บได้ (%)	61.17	63.89	72.98	3.42	0.38

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01), ^{c,d} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), T1 = ก้านใบกระถินสด, T2 = อาหาร TMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50

ซึ่งจะเห็นได้ว่าสามารถให้อาหาร FTMR เป็นทางเลือกอาหารสัตว์แทนการให้อาหาร TMR ในช่วงฤดูแล้ง หรือช่วงที่อาหารหายขาดแคลนได้ เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน โดยสมมูลไนโตรเจนเป็นตัวบ่งบอกถึงสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์จากโปรตีน ถ้าปริมาณไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกายเป็นบวกแสดงว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับเพียงพอต่อความต้องการดำรงชีพหรือการใช้อาหารนั้นๆ ไม่มีผลกระทบต่อสมมูลไนโตรเจน อาจเนื่องจากอาหารที่ได้รับมีปริมาณไนโตรเจนเกินความต้องการของร่างกาย (ปิ่น and สุภิญญา, 2555) แต่ถ้าปริมาณไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกายเป็นลบแสดงว่าปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพ (พนอม, 2526)

6. นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

จากการศึกษาพบว่าค่า pH ในกระเพาะรูเมนของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P < 0.05) โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.81 – 7.28 ในช่วงเวลาที่ 24 และ 6.76 – 7.36

ในชั่วโมงที่ 48 (ตารางที่ 22) โดยแพะในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีแนวโน้มค่า pH สูงกว่าแพะในกลุ่มการทดลองอื่นๆ คาดว่าอาจเป็นผลมาจาก ค่า pH ของอาหารในแต่ละกลุ่มการทดลอง โดยค่า pH ของอาหารในแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าประมาณ 5.50, 4.14 และ 4.08 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในอาหารกลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่าสูงกว่าอาหารในกลุ่มการทดลองอื่นๆ และเมื่อศึกษาผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 0 และ 4 พบว่าในกลุ่มการทดลองที่ 1 ความเปลี่ยนแปลง pH มากที่สุด ในขณะที่กลุ่มการทดลองที่ 3 ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของค่า pH อาจเนื่องมาจากการให้อาหารแบบ TMR และ FTMR สามารถควบคุมค่า pH ได้ดีกว่าการให้อาหารแบบแยกกัน แต่อย่างไรก็ตามค่า pH ยังคงอยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยค่า pH ในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 6-7 (Russell and Wilson, 1996) และค่า pH 6.0 -7.5 เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเยื่อใยและการย่อยของโปรตีน (บุญเสริม, 2546)

จากการศึกษาพบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 22) โดยแพะในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่าต่ำกว่าแพะในกลุ่มการทดลองอื่นๆ เนื่องจากกลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ โดยมีค่า 19.44-22.08 mg/dl ในชั่วโมงที่ 24 และ 28.18-30.13 mg/dl ในชั่วโมงที่ 48 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในการทดลองที่ 1 (19.75– 29.75 mg/dl) และยังคงคล้องกับสัมประสิทธิ์การย่อยได้โปรตีน และปริมาณไนโตรเจนของแพะ และเมื่อศึกษาผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 0 และ 4 พบว่าในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ อาจเนื่องมาจากในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีปริมาณโปรตีนสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ แต่การเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนที่มากกว่านี้ไม่ส่งผลให้กลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 และ 3 แต่อย่างไรก็ตามแพะทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้เต็มที่ คือ 5 – 25 mg/dl (Preston and Leng, 1987) และ ระดับความเข้มข้นที่ 10 -30 mg/dl เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (Ferguson *et al.*, 1993)

ตารางที่ 21 นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสม

สิ่งที่ศึกษา	กลุ่มการทดลอง			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
pH					
ณ ชั่วโมงที่ 0	7.28	6.81	6.90	0.09	0.38
ณ ชั่วโมงที่ 4	7.36	6.76	6.90	0.11	0.21
ผลต่างระหว่างชั่วโมง	0.08	0.05	0.00	-	-
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg/dl)					
ณ ชั่วโมงที่ 0	19.44 ^c	20.97 ^{de}	22.08 ^d	0.20	0.03
ณ ชั่วโมงที่ 4	28.18 ^e	29.57 ^{de}	30.13 ^d	0.15	0.03
ผลต่างระหว่างชั่วโมง	8.74	8.60	8.05	-	-
กรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (mmol/l)					
ณ ชั่วโมงที่ 0	29.37 ^c	69.32 ^a	36.42 ^b	0.68	<0.01
ณ ชั่วโมงที่ 4	41.59 ^c	100.09 ^a	59.45 ^b	0.76	<0.01
ผลต่างระหว่างชั่วโมง	12.22	30.77	23.03	-	-
แบคทีเรีย (cell/ml)					
ณ ชั่วโมงที่ 0	4.28x10 ^{7c}	9.34x10 ^{7d}	8.87x10 ^{7d}	4.14	0.03
ณ ชั่วโมงที่ 4	5.13x10 ⁷	12.7x10 ⁷	9.63x10 ⁷	8.28	0.07
ผลต่างระหว่างชั่วโมง	0.88 x10 ⁷	3.36 x10 ⁷	0.76 x10 ⁷	-	-
โปรโตซัว (cell/ml)					
ณ ชั่วโมงที่ 0	1.20x10 ⁵	0.80x10 ⁵	1.15x10 ⁵	1.67	0.33
ณ ชั่วโมงที่ 4	1.55x10 ⁵	0.90x10 ⁵	1.20x10 ⁵	1.21	0.61
ผลต่างระหว่างชั่วโมง	0.35 x10 ⁵	0.10 x10 ⁵	0.05 x10 ⁵	-	-

^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01), ^{d,e} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), T1 = ก้านใบกระถินสด, T2 = อาหาร TMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50

จากการศึกษา พบว่าค่ากรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดในกระเพาะรูเมนของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) โดยกลุ่มการทดลองที่ 2 มีค่าสูง

กว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ โดยมีค่าประมาณอยู่ในช่วง 29.37 – 69.32 mmol/l ในชั่วโมงที่ 24 และ 41.59-100.9 mmol/l ในชั่วโมงที่ 48 (ตารางที่ 22) และเมื่อศึกษาผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 0 และ 4 พบว่าในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีปริมาณการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ คาดว่าอาจเนื่องมาจากแพะในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ และสอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรียที่มีแนวโน้มสูงกว่าการทดลองอื่นๆ ซึ่งอาจส่งผลให้มีค่ากรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ โดยที่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้มีการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย (สันติ *et al.*, 2555) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการรายงานของ France และ Siddons (1993) อ้างโดยสันติ *et al.* (2555) รายงานว่าระดับความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดในกระเพาะรูเมนของโคควรมีค่าอยู่ในช่วง 70 - 130 mmol/L นอกจากนี้ชนิดของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และองค์ประกอบของพืชอาหารหมักเป็นสำคัญ (บุญล้อม, 2541)

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นปริมาณแบคทีเรีย ณ ชั่วโมงที่ 0 (ก่อนการให้อาหาร) โดยมีค่า 4.28×10^7 , 9.34×10^7 และ 8.87×10^7 cell/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 22) โดยในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีปริมาณแบคทีเรียต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ สอดคล้องกับปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ต่ำ เนื่องจากจุลินทรีย์ประมาณ 80% ในกระเพาะรูเมนใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจนในการสร้างโปรตีนของตัวเอง จึงส่งผลให้มีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ตามไปด้วย และจากผลการทดลองมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์หลังจากการให้อาหาร และเมื่อศึกษาผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 0 และ 4 ของปริมาณแบคทีเรียพบว่าในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีปริมาณการเพิ่มขึ้นของปริมาณแบคทีเรียสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ สอดคล้องกับกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดในกลุ่มการทดลองที่ 2 ส่วนในทางด้านผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 0 และ 4 ของโปรโตชีว พบว่าในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีปริมาณการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรโตชีวสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 22) จากการศึกษาของ Yuangklang *et al.* (2004) พบว่าการให้อาหาร TMR และ FTMR ที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อใยในโคนมเจาะกระเพาะพบว่าจำนวนแบคทีเรียมีแนวโน้มสูงขึ้นและมีจำนวนโปรโตชีวลดลงในโคที่ได้รับ FTMR ซึ่งยังไม่ทราบสาเหตุ

แน่นอน แต่การที่มีจำนวนโปรโตซัวลดลงเป็นการช่วยเพิ่มจำนวนแบคทีเรียทางอ้อม มีผลให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยเพิ่มขึ้น

7. ปริมาณยูเรียในโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือด

จากการศึกษา พบว่าปริมาณยูเรียในโตรเจนในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยแพะในกลุ่มการทดลองที่ 2 ค่ายูเรียในโตรเจนในชั่วโมงที่ 0 และ 4 สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ (23.67, 28.33 และ 24.75 mg% ตามลำดับ และ 17.42, 20.17 และ 18.92 mg% ในชั่วโมงที่ 4 ตามลำดับ) (ตารางที่ 23) และเมื่อศึกษาผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 0 และ 4 ของปริมาณยูเรียในโตรเจนพบว่าในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีปริมาณยูเรียในโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ซึ่งมีผลสอดคล้องกับสัมประสิทธิ์การย่อยได้โปรตีน ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนที่สูงกว่า แต่อย่างไรก็ตามทั้ง 3 กลุ่มการทดลองยังมีค่าใกล้เคียงกับค่าปกติ โดยระดับยูเรียในโตรเจนของแพะปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 12.6-28.0 mg% (Lazzaro, 2005) ระดับปกติของค่าความเข้มข้นของยูเรียในโตรเจนในกระแสเลือดในแพะควรอยู่ในช่วง 11.2-27.7 mg/dl และในแกะ 8-20 mg/dl (Lloyd, 1982) ซึ่งระดับของยูเรียในโตรเจนในกระแสเลือดจะมีความผันแปรกับอายุ อาหาร ตัวสัตว์ สิ่งแวดล้อม และอื่นๆ (เมธา, 2533) หากมีปริมาณที่สูงเกินไปจะเป็นตัวบ่งบอกถึงการใช้ประโยชน์จากอาหารที่ไม่มีประสิทธิภาพ (Nousiainen *et al.*, 2004) โดยระดับยูเรียในโตรเจนในกระแสเลือดเป็นผลมาจากการที่สัตว์กินอาหารที่มีปริมาณโปรตีน เมื่ออาหารเข้าสู่กระเพาะรูเมนจะถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ในกระเพาะ การย่อยสลายแอมโมเนียในโตรเจนเป็นผลผลิตสุดท้าย ส่วนหนึ่งจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วเข้าสู่ตับเพื่อเปลี่ยนเป็นยูเรีย

จากการศึกษา พบว่ากลูโคสของแพะในชั่วโมงที่ 0 ของแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในขณะที่กลูโคสของแพะในชั่วโมงที่ 4 ของแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในกลุ่มการทดลองที่ 2 ค่ากลูโคสสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ และเมื่อศึกษาผลต่างระหว่างชั่วโมงที่ 0 และ 4 ของปริมาณกลูโคสพบว่าในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีปริมาณกลูโคสเพิ่มสูงขึ้นกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ซึ่งมีผลสอดคล้องกับปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดในกลุ่มการทดลองที่ 2 ซึ่งมีค่ากลูโคสประมาณ 18.04, 28.28 และ 29.51 mg% ในชั่วโมงที่ 0 ตามลำดับ และมีค่า 45.88, 68.15 และ 31.74 mg% ในชั่วโมงที่ 4

ตามลำดับ (ตารางที่ 23) ซึ่งแพะในบางกลุ่มการทดลองมีค่าต่ำกว่าระดับปกติ อาจเนื่องมาจากคาร์โบไฮเดรตที่มีในอาหารจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย โดยการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งจะถูกลดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับ โดยทั่วไปสัตว์มีปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดประมาณ 50 mg% และมีความต้องการเพื่อดำรงชีพ 40-60 mg% เพื่อให้เนื้อเยื่อทำงานเป็นปกติ (เมธา, 2533) หากมีปริมาณต่ำกว่า 30 mg% จะบ่งบอกถึงการได้รับโภชนาในอาหารไม่เพียงพอ (O'Doherty and Crosby, 1998) สอดคล้องกับการศึกษาของ Kaneko (1989) พบว่าระดับกลูโคสในกระแสเลือดของแพะปกติมีค่าอยู่ระหว่าง 50-75 mg% และการสร้างกลูโคสจะขึ้นอยู่กับสถานะของสัตว์และชนิดของอาหารที่กิน (เมธา, 2533) สอดคล้องกับการศึกษาของ Mudron *et al.* (2005) พบว่าระดับความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงสถานะสมดุลพลังงานในร่างกายสัตว์

ตารางที่ 22 ปริมาณยูเรียใน โตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือดในแพะลูกผสม

สิ่งที่ศึกษา (mg%)	กลุ่มการทดลอง			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
ปริมาณยูเรียใน โตรเจน					
ณ ชั่วโมงที่ 0	23.67 ^b	28.33 ^a	24.75 ^b	0.39	<0.01
ณ ชั่วโมงที่ 4	17.42 ^b	20.17 ^a	18.92 ^b	0.18	<0.01
ผลต่างระหว่างชั่วโมง	-6.25	-8.16	-5.83	-	-
ปริมาณกลูโคส					
ณ ชั่วโมงที่ 0	18.04	28.28	29.51	2.08	0.12
ณ ชั่วโมงที่ 4	45.88 ^b	68.15 ^a	31.74 ^c	1.67	<0.01
ผลต่างระหว่างชั่วโมง	27.84	39.87	2.23	-	-

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ($P < 0.01$), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), T1 = ก้านใบกระถินสด, T2 = อาหาร TMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50, T3 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของอาหารผสมเสริมหมักจากเศษเหลือสับประรดต่อการย่อยได้ในหลอดทดลอง, จลนศาสตร์การผลิตแก๊ส และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน พบว่าการประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพดี-ดีมาก โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.05-4.06 ซึ่งอาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50 มีปริมาณกรดแลคติกทั้งหมด (0.83%), สัมประสิทธิ์การย่อยได้อินทรีย์วัตถุ (95.77 % ในชั่วโมงที่ 24 และ 97.42% ในชั่วโมงที่ 48 ของระยะการบ่ม), ค่าจลนศาสตร์การผลิตแก๊ส, ปริมาณแก๊สสะสม (78.91 ml ในชั่วโมงที่ 72) และค่าแอมโมเนียในโตรเจน (22.25 mg/dl ในชั่วโมงที่ 24 และ 29.75 mg/dl ในชั่วโมงที่ 48 ของระยะการบ่ม) สูงกว่าอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P < 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามค่าปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด, ค่า pH ภายหลังการบ่ม และปริมาณแบคทีเรียที่สำคัญในกระเพาะรูเมนในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้นอาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50 สามารถใช้เป็นทางเลือกใหม่ในการประกอบสูตรอาหารเป็นอาหารสัตว์ทดแทนในช่วงฤดูแล้งได้ เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมและค่าแอมโมเนียในโตรเจนสูงกว่าอาหาร FTMR ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ

จากการศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับประรดต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสมพันธุ์พื้นเมือง x บอร์ โดยแพะมีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 16.71 ± 0.40 กิโลกรัม พบว่าแพะที่ได้รับอาหาร TMR และ FTMR มีปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่ำกว่าแพะที่ได้รับกระฉิน ($P < 0.01$) ในขณะที่มีสมรรถนะการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) จึงส่งผลให้แพะที่ได้รับอาหาร TMR และ FTMR มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (9.18 และ 11.21 ตามลำดับ) ที่ดีกว่าแพะที่ได้รับกระฉิน ($P < 0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่าแพะที่ได้รับอาหาร TMR และ FTMR มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (81.93 และ 93.60 % ตามลำดับ) , ปริมาณไนโตรเจนที่ย่อยได้ (80.99 และ 93.26% ตามลำดับ) และ แอมโมเนียในโตรเจนในกระเพาะ

รุกรานสูงกว่าแพะที่ได้รับกระถิน ($P < 0.05$) ในขณะที่แพะที่ได้รับอาหาร TMR มีค่าปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (69.32 mmol/l ในชั่วโมงที่ 24 และ 100.09 mmol/l ในชั่วโมงที่ 48), ยูเรียไนโตรเจน (28.33 mg\% ในชั่วโมงที่ 24 และ 20.17 mg\% ในชั่วโมงที่ 48) และกลูโคสในกระแสเลือด (28.28 mg\% ในชั่วโมงที่ 24 และ 68.15 mg\% ในชั่วโมงที่ 48) สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P < 0.05$) ส่วนค่า pH และจำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้นอาหาร TMR และ FTMR จากเปลือกสับประรด และกากสับประรดในอัตราส่วน 50:50 สามารถนำไปใช้เส้นทางเลือกสำหรับการนำไปเลี้ยงสัตว์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถทำอาหาร FTMR เก็บไว้ใช้เลี้ยงสัตว์ในช่วงฤดูแล้งหรือช่วงขาดแคลนอาหารหยาบได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

แนวทางในการประยุกต์ใช้ประโยชน์

1. เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ โคนือ โคนม หรือแกะ สามารถทำอาหาร TMR ไว้สำหรับเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้ เพื่อประหยัดแรงงานในการเลี้ยงสัตว์ได้
2. เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ โคนือ โคนม หรือแกะ สามารถทำอาหาร FTMR ไว้สำหรับเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้ในช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบสด
3. ในการวิเคราะห์ *In vitro* ควรศึกษาปริมาณแก๊สก่อน เพื่อทำการตัดสินใจในการเลือกชั่วโมงที่เหมาะสมในการศึกษา
4. แนวทางในการศึกษาวิจัยในอนาคตใช้อาหาร FTMR จากเปลือกสับประรดและใบสับประรดในอัตราส่วน 50:50 ทดลองเลี้ยงในตัวสัตว์
5. แนวทางในการศึกษาวิจัยต่อเนื่องในอนาคตที่สำคัญ คือ การศึกษาทดสอบอาหาร FTMR โดยใช้สารเสริมช่วยในการหมัก เพื่อการปรับปรุงเพิ่มศักยภาพการใช้ประโยชน์ของเศษเหลือและอาหารผสมได้

รายการอ้างอิง

- AOAC. (1990). **Official Methods of Analysis**. 952.03, 15th edn. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Bremner J.M., and Keeney D.R. (1965). Steam distillation methods of determination of ammonia, nitrate and nitrite. **Anal. Chem. Acta.**, 32: 485-495.
- Briggs P.K., Hogan J.P., and Reid R.L. (1957). The effect of volatile fatty acid, lactic acid and ammonia on rumen pH in sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, 8(6): 674 - 690.
- Cai Y., Ohmomo S., and Kumai S. (1994). Distribution and lactate fermentation characteristics of lactic acid bacteria on forage crops and grasses. **J. Japan Grassl. Sci**, 39: 420-428.
- Chanjula P., Mesang A., and Pongprayoon S. (2010). Effects of dietary inclusion of palm kernel cake on nutrient utilization, rumen fermentation characteristics and microbial populations of goats fed *Paspalum plicatulum* haybased diet. **Songklanakarin J. Sci. Technol**, 32: 527.
- Cherdthong A., and Wanapat M. (2013). Manipulation of in vitro ruminal fermentation and digestibility by dried rumen digesta. **Livestock Science**, 153(1): 94-100. doi:<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.02.008>
- Devendra C., and Burns M. (1983). **Goat production in tropics**. Farmham royal; Commonwealth agricultural bureau. 183.
- Driehuis F., Elferink S. J. W. H. Oude, and Wikselaar P. G. Van. (2001). Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Blackwell Science Ltd. Grass and Forage Science**, 56: 330-343.
- Ferguson D. A., Li C., Patel N. R., Mayberry W. R., Chi D. S., and Thomas E. (1993). Isolation of *Helicobacter pylori* from saliva. **Journal of Clinical Microbiology**, 31(10): 2802-2804.
- Fraser M. D., Winters A., Fychan R., Davies D. R., and Jones R. (2001). The effect of harvest date and inoculation on the yield, fermentation characteristics and feeding value of Kale silage. **Grass and forage Sci**, 56: 151-161.
- Goering H. K., and VanSoest P. J. (1970). **Forage Fiber Analysis (apparatus, reagent, procedures and some application)**. Washington. D. C. Agric: New Mexico State University.
- Greenhill W. L. (1964). Plant juices in relation to silage fermentation I. The role of the juice. **J. Br. Grassl. Soc**, 19(30-37).
- Kaneko J. (1989). **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 4th edition. Academic Press, Inc. California, USA. 932.
- Khy Y., Wanapat M., Haitook T., and Cherdthong A. (2012). Effect of leucaena leucocephala pellet (lp) supplementation on rumen fermentation efficiency and digestibility of nutrients in swamp buffalo. **Animal & Plant Sciences**, 22(3): 564-569.

- Lazzaro J. 2005. Normal blood chemistry values for adult goats. <http://goat-link.com/content/view/204/194/#.W0RiVNUzbiU> Retrieved July 7, 2018.
- Lewis D. (1975). Blood urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant. **J. Agric. Sci.**, 48: 438-446.
- Lloyd S. (1982). Blood characteristics and the nutrition of ruminants. **Br. Vet. J.**, 138(70-85).
- Mackay E.M., and Mackay L. L. (1972). Estimation sugar and nitrogen compounds by enzymatic colorimetric test in serum and plasma. **J. Clini. Invest**, 4: 295.
- Mudron P., Rehage J., Sallmann H. P., Holtershinken M., and Scholz H. (2005). Stress response in dairy cows related to blood glucose. **Acta. Vet. Brno**, 74: 37-42.
- Muller Z.O. (1974). **Feasibility studies on the utilization of pineapple wastes**. Singapore, Mimeographed report.
- Muller Z.O. (1975). **Feed resources of weet Malaysia with special reference to cattle ration on Majuterna cattle farms**. Berlin. Mimeographed report.
- Muller Z.O. (1978). **Feeding protential of pineapple waste for cattle**. World animal Review 25 : 25.
- Niimi M., and Kawamura. O. (1998). Degradation of cell wall constituents of Guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.) during ensiling. **J. Jpn. Grassl. Sci**, 43: 413-417.
- Nousiainen J., Rinne M., Hellamaki M., and Huhtanen P. (2004). Prediction of the digestibility of the primary growth and regrowth grass silages from chemical cell wall content. **Anim. Feed Sci. Technol**, 100: 61-74.
- NRC. (1981). **Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries**. National Academy Press, Washington, DC., USA.
- O'Doherty J. V., and Crosby T. F. (1998). Blood metabolite concentrations in late pregnant ewes as indicators of nutritional status. **Anim. Sci.**, 66: 675-683.
- Ørskov E.R., and McDonald I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. Agric. Sci.**, 92: 499-503.
- Perez C.B., and Hsu C.T. (1973). **Farm by-products and beef production** *Fd. Fert. Tech. Cent. Ext. Bull.* 32.
- Pralomkarn W., Ngampongsai W., Choldumrongku S., Kochapakdee S., and Lawpetchara A. (1995). Effects of age and sex on body composition of Thai native and cross-bred goats. **Asian-Australas J Anim Sci**, 8(3): 255-261. doi:10.5713/ajas.1995.255
- Preston R. L., and Leng R. A. (1987). **Matching Ruminant Production Systems with Available Resource in the Tropic and Subtropics**. Armidale : Penamlull Book.
- Reed J.D. (1995). Nutritional toxicology of tannin and related polyphenols in forage legumes. **J. Anim. Sci**, 73: 1516-1528.
- Russell J. B., and Wilson D. B. (1996). Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH. **J. Dairy Sci**, 79: 1503-1509.

- Saenphoom P., Chintong S., Chaokaur A., D. Kutdaeng, Chanprecha T., and Seesawhea. Y. (2016). Nutritive Value, Digestibility and Gas Production of Fermented Sugar Palm Peel with Pineapple Peel. **Silpakorn U Science & Tech J**, 10(1): 32-37.
- SAS. (1998). **User's Guide: Statistics**. Version 9.2 Edition. SAS. Inst. Cary, N.C.
- Schneider B. H, and Flatt W. P. (1975). **The evaluation of food though digestibility experiments**. Georgia. USA.: The University of Georgia Press.
- Skerman P. J., and Riveros F. (1990). **Tropical grasses**. FAO Plant Production and Protection Series No. 23, FAO, Rome.
- Sommart K., Parker D.S., Rowlinson P., and Wanapat M. (2000). Fermentation characteristics and microbial protein synthesis in an In vitro system using cassava, rice straw and dried ruzi grass as substrates. **J.Anim. Sci**, 13: 1084-1093.
- Songsak C., Kritapon S., Thevin V., and Virote P. (2005). Nutritional evaluation of non forage high fibrous tropical feeds for ruminant using In Vitro gas production technique. **Walailak J Sci & Tech**, 2(2): 209-218.
- Teimouri A.Y., Valizadeh R., Naserian A., DA.Christensen, Yu P., and Shahroodi F. Eftekhari. (2004). Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein dairy cows. **J. Dairy Sci**, 87: 3912-3924.
- Yuangklang C., Vasupen K., Wittayakun S., Srinanaun P., and Sukho C. (2004). **Effect of total mixed ration and fermented total mixed ration on feed intake, ruminal fermentation, nutrient digestibility and blood metabolites in dairy cows**. In: Processing of the 11th AAAP Congress "New Dimensions and challenges for sustainable livestock farming" The Asian-Austral-asian Association of Animal Production Societies, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Zemmelink G., Tolkamp B.J., and Ogink N.W.M. (1991). Energy Requirement for maintenance and gain of West African Dwarf goats. **SRR**, 5: 205-215.
- กรมปศุสัตว์. (2547). มาตรฐานพืชอาหารหมักของกองอาหารสัตว์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 1-23.
- กรมปศุสัตว์. (2558). สรุปข้อมูลและสถิติจำนวนเกษตรกร – แพะ. ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย ปี 2558. 151-161.
- กรมปศุสัตว์. 2560. สรุปข้อมูลและสถิติจำนวนเกษตรกร – แพะ. ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย ปี 2559. <http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER28/DRAWER090/GENERAL/DATA0000/00000061.PDF> Retrieved 10 กรกฎาคม 2561.
- กรมปศุสัตว์. ม.ป.ป. อาหาร TMR กับ การเลี้ยงโคเนื้อ-โคนม. http://kukr.lib.ku.ac.th/ku_journal/JKLM/search_detail/download_digital_file/34456/35738 Retrieved 9 กุมภาพันธ์ 2559.

- ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ, เฉลิมพล เชื้อกลาง, ชวง สารคล่อง, ศศิพันธ์ วงศ์สุททาวาส, and สุนทร วิทยาคุณ. (2549). ผลของอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและค่าการย่อยได้ของโภชนะในโคนมเพศผู้. *แก่นเกษตร*, 34(1): 75-82.
- คณะกรรมการจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย. (2551). ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย. โรงพิมพ์คลังน่านาวิทยา. 193.
- จันทกานต์ อรรถนันท์. (2545). กระบวนการหมักพืชอาหารสัตว์และการปรุงแต่ง. *ข่าวพืชอาหาร สัตว์ 7, 1* (มกราคม-เมษายน), pp. 11-19.
- จินดา สนิทวงศ์ฯ, จิระวัชร เข้มสวัสดิ์, ปรัชญา ปรัชญลักษณ์, and ชาญชัย มณีคุณย์. (2531). การใช้วัสดุพลอยได้ การเกษตรเลี้ยงโค รายงานประจำปี 2531. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ รหัส 13-0103-31. 272-284.
- จินดา สนิทวงศ์ฯ, สุทิน กุ๋ขวัณเมือง, วชิรินทร์ บุญภักดี, ประเทส บุญพันทวงศ์, อุดร เสนากัสป์, and ชาญชัย มณีคุณย์. (2528). การใช้เปลือกสับประดเป็นอาหารเสริมสำหรับเลี้ยงโคในฤดูแล้ง รายงานผลงานวิจัยสาขาผลิตปศุสัตว์. 213-233.
- จินดา สนิทวงศ์ฯ. (2547). การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้จากสับประดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. 562-581 *In*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547, กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ฉลอง วชิราภกร. (2541). โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. *ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*.
- ฉันทนา น่วมนาน. (2549). กรรมวิธีการผลิตข้าวโพดหมัก คุณภาพดีและการประเมินคุณภาพ และคุณค่า ทางโภชนะใช้เลี้ยงโคนม. *วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*.
- ชวนิศนดากร วรธรรม. (2526). การเลี้ยงโคนม. บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด กรุงเทพฯ 307
- ชาญชัย มณีคุณ. (2532). การเพิ่มผลผลิตทุ่งหญ้าโดยใช้หญ้าพันธุ์ดีกว่า เอกสารประกอบการ ฝึกอบรมหลักสูตรอาหารโคเนื้อ – โคนม. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จ.นครปฐม.
- ชาลินี ตีฆลิบ, พรพรรณ แสนภูมิ, อนันท์ เชาว์เครือ, and เสมอใจ บุรินอก. (2560). การย่อยได้และผลผลิตแก๊สในหลอดทดลองของเศษเหลือสับประดหมักเพื่อใช้เป็นอาหารหยาบทดแทนในช่วงฤดูแล้ง. *แก่นเกษตร*, 45(1): 26-32.
- โชค มิเกล็ด, จิระวัชร เข้มสวัสดิ์, จรูญโรจน์ จันทศิริ, วิสูตร ศิริณพษานันท์, and อภิชาติ ศรีภักย์. (2552). การใช้ประโยชน์จากการทำทุ่งหญ้าถั่ว-ผสมแบบสลับเป็นแถบใน การเลี้ยงโคนม. *In*: การสัมมนาเรื่องงานวิจัย วช. โอกาสการพัฒนาศักยภาพโคนมของประเทศ, 132-152. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ การกิจ โครงการและประสานงานวิจัย.
- ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, and วันวิสาข์ งามพองใส. (2555). ผลของการใช้อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับการเสริมเอนไซม์ย่อยเชื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และลักษณะซากแพะ. *แก่นเกษตร*, 40: 331-342.
- เทอดชัย เวียรศิลป์. (2548). โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่ 5. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตว ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- นพรัตน์ เจริญทอง, สุริยะ สะวานนท์, ภูมพงศ์ บุญแสน, พีรชิต ไชยหาญ, ชีราภรณ์ ปัญญาบุญ, ปรีชา อินนุรักษ์, and วรเทพ ชมพูนิตย. (2553). ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิตคุณภาพซาก และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสนที่ได้รับอาหารรูปแบบแตกต่างกัน. 69-76 *In*: ประชุมทางวิชาการสาขาเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บัญชา สัจจาพันธ์. 2557. สถานการณ์การผลิต การบริโภคและการตลาดแพะในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง. http://region9.dld.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=510:2014-01-03-07-25-12&catid=88:goat-57&Itemid=185 Retrieved 15 พฤศจิกายน 2559.
- บุญนำพา ค่างเหลา. (2548). ผลของเชื้อไขจากถั่วลิสงและฟางข้าวในสูตรอาหารผสมเสร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะ. วิทยุวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, and บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. (2525). การประเมินคุณภาพพืชหมัก. วิธีการวิเคราะห์และทดลองทางโภชนศาสตร์สัตว์. 103-111. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2541). โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. (2546). การเลี้ยงดูและจัดการแพะ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ปรัชญา ปรัชญาลักษณ์, เพ็ญศรี ศรีประสิทธิ์, and จินดา สนิทวงศ์. (2544ก). การใช้ใบสับประรดในอาหารผสมเสร็จสำหรับโครีดนม. 257-268 *In*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2544 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ปรัชญา ปรัชญาลักษณ์, เพ็ญศรี ศรีประสิทธิ์, and วิโรจน์ วานาสิทธิ์ชัยวัฒน์. (2544ข). การใช้ใบสับประรดหรือฟางข้าวในอาหารผสมเสร็จสำหรับโคขุน. 269-281 *In*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2544 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ปรัชญา ปรัชญาลักษณ์, ประเทศ ปุ้ยพันธวงศ์, and จันทนา บุญศิริ. (2541). การใช้ใบสับประรดเป็นอาหารสำหรับโคขุน. รายงานผลงานวิจัยประจำปีกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ รหัส 014-08-41.
- ปรัชญา ปรัชญาลักษณ์, มนตรี เชาวลิต, and ประเสริฐ กาลวิบูลย์. (2542). การใช้ต้นและใบสับประรดเสริมหญ้าสดในอาหารโครีดนม. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รหัส 014-06-42 หน้า 143-152.
- ปิ่น จันจุฬา, and สุภิญญา ชูใจ. (2555). ผลของระดับเนื้อในเมล็ดขางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารชั้นต่อนิวเคลียสในกระเพาะรูเมนและสมมูลไนโตรเจนในแพะที่ได้รับหญ้าชิกเนลแห้งเป็นอาหารหลัก. วารสารเกษตร, 28(2): 101-112.
- ปิ่น จันจุฬา, วันวิสาข์ งามผ่องใส, and อภิชาติ หล่อเพชร. (2549). ผลของระดับยูเรียและมันเส้นในสูตรอาหารชั้นต่อความสามารถในการย่อย ได้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักและสมมูลไนโตรเจนในแพะที่ได้รับหญ้าเนเปียร์เป็นอาหารหยาบ. *In*: การประชุมทางวิชาการสัตวศาสตร์ภาคใต้ ครั้งที่ 4 “การผลิตสัตว์ปลอดภัยผู้เลี้ยงสัตว์ไทยมั่นคง”, 15-16 สิงหาคม 2549, ณ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขต

หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. 342-353.

พนอม ศรีวัฒนสมบัติ. (2526). ผลของการเสริมใบกระถินและหรือใบผักตบชวาปนร่วมกับฟางหมักยูเรียในสูตรอาหารกระบือปลักต่อการย่อยได้และความสมดุลของไนโตรเจน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พรทิพย์ แสนทอง, สุภมิตร เมฆฉาย, อภิชาติ ศรีภักย์, and เสาวลักษณ์ เข้มหมื่นอาจ. (2556). การศึกษาความหลากหลายของแบคทีเรียย่อยเยื่อใยในกระเพาะรูเมนของโคขาวลำพูน. วิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์, 44(1): 247-250.

พรพรรณ แสนภูมิ, สุภาวดี นิมทอง, อนันท์ เชาว์เครือ, มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี, and ชาลินี ตุ่มขลิบ. (2559). ผลของระดับการใช้เปลือกตาลหมักร่วมกับเปลือกถั่วปดแทนกระถินเพื่อเป็นอาหารหยาบทดแทนในช่วงฤดูแล้งต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม. เกษตร, 44(1): 13-18.

พิชิต เจริญศาสตร์, วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่, and ชีระยุทธ จันทะนาม. (2558). การศึกษาเปรียบเทียบฟางข้าวและข้าวฟ่างในอาหารผสมครบส่วนหมักต่อการกินได้ การย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของแกะ. เกษตร, 43(1): 224-230.

ภัทรพร ทศพงษ์. (ม.ป.ป.). การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภูริพงษ์ จิตรมะโน. (2549). การย่อยได้ของโภชนะในอาหารผสมเสร็จ ที่มีเปลือกถั่วปดหมักและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

มติชน. 2560. ตลาด แพะ-แกะ คุณภาพ ระบุ ทั้งราคาพุ่งและขาดแคลน ไขคำตอบ...ควรลงทุนดีไหม? https://www.matichon.co.th/sme/news_547484 Retrieved 2 พฤษภาคม 2560

มัลลิกา ศรีจันกลัด. 2553. สืบประวัติ. <http://pirun.ku.ac.th/~b5310101616/index.html> Retrieved 7 ตุลาคม 2559.

มาลี วราหกิจ. (2521). การใช้ประโยชน์ของเศษเหลือจากขบวนการแปรรูปสับประวัติ. ข่าวสารเกษตรศาสตร์, 23(6): 44.

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพฯ : ฟีนีฟลับบลิซซิง. 473.

รุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล, วงศ์ศดิษฐ์ ฉั่วกุล, สมภพ ประธานธรรารักษ์, พร้อมจิต ศรีลัมพ์, วิจิต เปานิล, and นพมาศ สุนทรเจริญนนท์. (2545). สมุนไพรที่ควรรู้ (Vol. 3). โรงพิมพ์ศักดิ์โสภารการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร.

วรพงษ์ สุริยจันทราทอง, and วิภา ตั้งนิพนธ์. (2528). ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอาหารกระป๋องสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์. เอกสารเผยแพร่อัดสำเนา 13 หน้า.

วารุณี พานิชผล, and วลัยกานต์ เจียมเจตจรูญ. (2541). ตารางคุณค่าทางอาหารสัตว์ กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ เอกสารวิชาการที่ 41 (2).

วารุณี ศรีหนู. (2552). การย่อยได้ของโภชนะและการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมนของโคนมที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีเศษข้าวโพดหวานหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้: เชียงใหม่.

วินัย ประละมภ์กาญจน์. (2542). การผลิตเนื้อและแปะนมในเขตร้อน. นครศรีธรรมราช: สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. 338

ศิริรัตน์ บัวผัน. (2556). อาหารและพืชอาหารสำหรับแพะ: สถาบันสุวรรณวาทกสิกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุ

สัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์, นครปฐม.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตรสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. <http://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดสับประรดโรงงาน/TH-TH> Retrieved 12 พฤศจิกายน 2559.

สไบพร สุรินทร์, and พิชาด เจริญศาสตร์. (2558). ผลของการใช้ใบอ้อยและฟางข้าวในอาหารผสมสำเร็จหมัก (FTMR) ต่อการกินได้ การย่อยได้ และจุลินทรีย์ในรูเมนของแกะ. *แก่นเกษตร*, 43(1): 1-7.

สมกิจ อนุวัชกุล. (2532). ผลของการใช้ใบกระถินแช่น้ำเป็นอาหารนกกกระต่ายปุ่น. *วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.*

สมเกียรติ สายธนู. (2528). การเลี้ยงแพะ. สิ่งพิมพ์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ภาควิชาสัตว ศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา.

สมบัติ ดงเต้า, สมเกียรติ นวลละออง, and ศศิธร วสุนันต์. (2539). การรวบรวมพันธุ์และศึกษาพันธุ์สับประรด. ใน รายงานผลงานวิจัยปี 2534. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. สถานีวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร: 460-467.

สมศักดิ์ เกาทอง, อานุกาฬ เส็งสาย, จีระศักดิ์ ขอบแต่ง, and สุวรรณี เกศกมลასน์. (2553). ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของอาหารผสมสำเร็จหมักที่มีเปลือกสับประรดผสมในระดับต่างๆในแพะ. *in: รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี 2553, กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.*

สันติ หมัดหมั่น, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, วันวิสาข์ งามพองใส, and เสาวนิต คูประเสริฐ. (2555). ผลของการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในโคพื้นเมือง. *แก่นเกษตร*, 40: 79-92.

สาขันธ์ ทัดศรี. (2540). พืชอาหารสัตว์เขตร้อนการผลิตและจัดการ. ภาควิชาพืชไร่นา. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สาขันธ์ ทัดศรี. (2522). หลักการทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์. โรงพิมพ์อักษรสยาม. กรุงเทพฯ. 455.

สาขันธ์ ทัดศรี. (2548). หญ้าอาหารสัตว์และหญ้าพื้นเมืองในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุกัญญา รัตนทับทิมทอง. (2544). ผลของกระถินต่อสรีระภาพในแพะลูกผสมพื้นเมืองเองโกนุเบียงเพศเมีย. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.*

สุนทร รอดด้วง, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, and วันวิสาข์ งามพองใส. (2554). การประเมินอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใส่ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส. *แก่นเกษตร*, 39: 251-260.

สุปรินา ศรีไสกา. (2552). ผลของการใช้ใบและก้านสะเดาในอาหารแพะเนื้อต่อกระบวนการหมัก ในกระเพาะหมักและสมรรถนะการผลิต. *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการผลิตสัตว์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.*

เสมอใจ บุรีนอก. (2554). การใช้แบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำ พืชหมักเป็นสารเสริมชนิดใหม่ในพืช หมักเขตร้อน. *แก่นเกษตร*, 39: 85-98.

โสภณ ชินเวโรจน์, สมศักดิ์ เกาทอง, and วิโรจน์ วนาสิทธชัชวัฒน์. (2544). การใช้อาหารผสมสำเร็จที่มีเปลือก

- สับปะรดเป็นส่วนประกอบสำหรับโครีดนม. *In*: ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2544, กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รหัส 014-02-44 : 246-256.
- อนันต์เดช เข้มหอม, วันวิสาข์ งามผ่องใส, and ปิ่น จันจุฬา. (2555). ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดคั่วในอาหารชั้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโคชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย. *แก่นเกษตร*, 40: 343-358.
- อนันต์ เข้าว์เครือ, ญาณิกา ไหละครบุรี, โชติรส คุณมี, ชวันรัส สันทอง, and สุภาวดี ฉิมทอง. (2557). การประเมินคุณค่าทางโภชนาและคาร์โบไฮเดรตในรูปแบบน้ำตาลที่ละลาย ได้ของเศษเหลือจากสับปะรด *แก่นเกษตร*, 40(2): 301-306.
- อนันต์ เข้าว์เครือ, พิไลพรรณ รักการเขียน, and ไพลิน เฟิงเฟ่งพิศ. (2555). ผลของสัดส่วนกากเนื้อ ในสับปะรดกับอาหารชั้น ต่อจลนศาสตร์การหมักย่อยในระบบ *in vitro*. *แก่นเกษตร*, 40(2): 193-196.
- อรวินท์ วงศ์มีเกียรติ. (2527). การผลิตเอนไซม์โบรมิเลน จากส่วนเหลือทิ้งของสับปะรด. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย.
- อาทิตย์ ปัญญาศักดิ์, and ศรีเทพ ชัมวาสร. (2556). อิทธิพลของระยะเวลาการหมักและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพ พี เอ็ม อาร์. *วิทยาศาสตร์เกษตร*, 44(1): 55-58.
- อานุกาพ เส็งสาย, ปริญญา จเรรัชต์ วิโรจน์, วนาสิทธิ ชัยวัฒน์, and สมศักดิ์ เกาทอง. 2550. การศึกษาการเปรียบเทียบรูปแบบการให้อาหารในโคขุน. <http://www.dld.go.th> Retrieved 8 สิงหาคม 2561.
- อานุกาพ เส็งสาย, ปริญญา จเรรัชต์, วิโรจน์ วนาสิทธิชัยวัฒน์, and สมศักดิ์ เกาทอง. (2547). การศึกษาการเปรียบเทียบรูปแบบการให้อาหารในโคขุน. 353-363 *In*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เอกชัย พฤกษ์อำไพ. (2546). คู่มือเลี้ยงแพะ. *ฐานเกษตรกรรม*, กรุงเทพฯ.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพแสดงการเตรียมการทดลอง



ภาพภาคผนวกที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมอาหาร FTMR โดยนำเศษเหลือสับปรีด (เปลือก, กาก และ ใบสับปรีด) มาหั่นให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตร จากนั้นคลุกเคล้าด้วยกาน้ำตาลตามสูตรแต่ละการทดลอง



ภาพภาคผนวกที่ 2 นำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารหยาบมาผสมกับอาหารข้นตามสูตรแต่ละการทดลอง จากนั้นนำมาอัดและไล่อากาศ โดยทำการหมักสภาวะไร้ออกซิเจนเป็นเวลา 21 วัน



ภาพภาคผนวกที่ 3 อาหารวันที่ 21 ทำการประเมินคุณภาพอาหารหมักในด้าน กลิ่น สี และเนื้อสัมผัส



ภาพภาคผนวกที่ 4 การหาค่า pH ของอาหารหมัก และการหาปริมาณกรดแลคติกทั้งหมด



ภาพภาคผนวกที่ 5 ตัวอย่างอาหาร FTMR ถูกนำไปอบที่ 65 °C และนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Proximate analysis



ภาพภาคผนวกที่ 6 เตรียมตัวอย่างและสารละลายที่ประกอบด้วยสารละลายบัฟเฟอร์และแร่ธาตุต่างๆ ใส่ในภาชนะขวดรูปชมพู่ขนาด 5,000 มิลลิลิตร เตรียมหนักตัวอย่าง 0.5 กรัม ในขวดวัคซีนและปิดฝาให้สนิท และการเก็บของเหลว (Rumen fluid) จากกระเพาะหมักโคผสมกับสารละลายที่เตรียมไว้ในขวดรูปชมพู่ คุณสารละลายในขวดวัคซีนที่มีอาหาร ปริมาณ 40 มิลลิลิตร จากนั้นทำการบ่มตามระยะเวลาที่กำหนด



ภาพภาคผนวกที่ 7 การวัดผลผลิตแก๊สจนถึง 72 ชั่วโมง โดยทำการวัด pH ที่ 24 และ 48 ภายหลังการบ่ม และการค่าการสัมพันธ์การย่อยได้ในหลอดทดลอง



ภาพภาคผนวกที่ 8 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดและความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจน โดยนำ ตัวอย่างไปปั่นแยกกากออก จากนั้นจะนำตัวอย่างส่วนที่ใสไปทำการวิเคราะห์



ภาพภาคผนวกที่ 9 การคำนวณแบคทีเรียที่สำคัญโดยวิธี roll tube technic



ภาพภาคผนวกที่ 10 เตรียมตัวอย่างอาหาร FTMR ก้านใบกระถิน ทำการเตรียมโรงเรือนและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงแพะก่อนเข้าการทดลอง สุ่มแพะเข้าตามกลุ่มการทดลอง โดยทำการถ่ายพยาธิก่อนเริ่มการทดลอง



ภาพภาคผนวกที่ 11 ทำการเก็บอาหารออกทุกเช้าเพื่อหาปริมาณการกินได้ และทำการชั่งน้ำหนักแพะทุก 15 วัน ทำการเก็บมูล และ ปัสสาวะเพื่อนำไปวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การย่อยได้ และปริมาณไนโตรเจน



ภาพภาคผนวกที่ 12 วิเคราะห์หากลูโคส และยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด โดยจะทำการเจาะเลือดแพะ จากนั้นนำเลือดมาปั่นเหวี่ยงเพื่อนำส่วนใสไปวิเคราะห์



ภาพภาคผนวกที่ 13 วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด, ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนและจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดยเก็บตัวอย่างจากกระเพาะรูเมน

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

1. การประเมินอาหารหมักทางกายภาพ (กรมปศุสัตว์, 2547)

แบบประเมินพืชหมักทางกายภาพ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์

ลักษณะทางกายภาพ	คะแนน
1. กลิ่น - หอมคล้ายกลิ่นผลไม้ดอง หรือน้ำส้มสายชู (12 คะแนน) - ไม่หอม มีกลิ่นจุนเล็กน้อย (8 คะแนน) - มีกลิ่นจุนมาก และเหม็นเล็กน้อย (4 คะแนน) - เหม็นเน่า หรือเหม็นกลิ่นรา (0 คะแนน)	
2. เนื้อพืชหมัก - แน่น มีส่วนใบและลำต้นที่ยังคงสภาพเดิมและไม่มีสิ่งเจือปน (4 คะแนน) - แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย ลิ่นเป็นเมือก (2 คะแนน) - แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยมาก มีสิ่งเจือปน (1คะแนน) - ละเป็นเมือก และสกปรกมาก (0 คะแนน)	
3. สี - เหลืองอมเขียว หรือสีจาง (3คะแนน) - เหลืองอมเขียว หรือเขียวเข้ม (2 คะแนน) - น้ำตาลทอง (1 คะแนน) - น้ำตาลเข้ม หรือ ดำ (0 คะแนน)	
4. pH - 3.5 – 4.2 (6 คะแนน) - 4.3 –4.6 (4 คะแนน) - 4.7 –5.1 (2 คะแนน) - > 5.1 (0 คะแนน)	
คะแนนรวม	
ผลการประเมินคุณภาพ	

หมายเหตุ: คะแนนคุณภาพ 20-25 = ดีมาก, 15-19 = ดี, 6-14 = ปานกลาง, 0-5 = ต่ำ

2. วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชหมัก (บุญล้อม และบุญเสริม, 2525)

2.1 อุปกรณ์

- pH meter (ยี่ห้อ Adwa รุ่น AD 12)
- บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.2 วิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่างอาหารหมัก 50 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปปั่นในโถปั่น(blender jar) นาน 30 วินาที
2. กรองตัวอย่างผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำของเหลวที่กรองได้ไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter)

3. วิเคราะห์หากรดแลคติกทั้งหมด (Total lactic acid) (AOAC, 1990)

3.1 วิธีการทดลอง

1. หาความเข้มข้นมาตรฐานของโซเดียมไฮดรอกไซด์

โดยชั่งโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (Potassium hydrogen phthalate: KHP) 2.0423 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐาน KHP ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐาน KHP ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร นำมาไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่เตรียมไว้ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาเลอิน (Phenophtalein indicator) จากนั้นคำนวณหาค่า Normality ของสารละลาย NaOH ดังแสดงในสมการ

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน NaOH (N}_1\text{)} = \frac{(N_2 \times V_2)}{V_1}$$

เมื่อ N_1 = ความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (N)

V_1 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท

N_2 = ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานของ KHP (N)

V_2 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน KHP ที่ใช้ในการไตเตรท

2. วิเคราะห์ปริมาณกรดแลกติกทั้งหมด

นำสารละลายตัวอย่างมาทำการปั่นเหวี่ยงเอาตะกอนออกแล้วจะมีส่วนใส จากนั้นดูดตัวอย่างที่เป็นส่วนใส 2 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีน (Phenophthalein indicator) ประมาณ 2 หยด และทำการไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จดบันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณกรดแลกติกทั้งหมด (AOAC, 1990) ดังแสดงในสมการ

$$\text{ปริมาณกรดแลกติกทั้งหมด (\%)} = \frac{(N \times V_1 \times MW \times 100)}{(V_2 \times 1,000)}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

V_1 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต (มิลลิลิตร)

V_2 = ปริมาณของสารตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร/กรัม)

MW = น้ำหนักโมเลกุลของกรดแลกติก (90.08)

4. การประเมินค่าจุลศาสตร์การหมักย่อยในระบบ *In vitro* gas production technique (Sommert *et al.*, 2000)

4.1 วัสดุ และอุปกรณ์

- ถังบรรจุ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
- สายยางนำแก๊สและอุปกรณ์แยกทางแก๊ส
- ขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 5 ลิตร
- กระจกดวง (Cylinder) ขนาด 100, 500 และ 1000 มิลลิลิตร
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 และ 1,000 มิลลิลิตร
- กระจกน้ำร้อน (Thermos) ขนาด 2 ลิตร
- กรวยกรอง
- ผ้าขาวบางสำหรับกรองของเหลวจากกระเพาะรูเมน
- ปิเปต (Pipet) ขนาด 0.5 และ 1.0 มิลลิลิตร
- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- กระจกฉีดยาพลาสติก ขนาด 50 มิลลิลิตร (สำหรับถ่ายเทของเหลว)
- กระจกฉีดยาแก้ว ขนาด 20 มิลลิลิตร (สำหรับวัดปริมาตรแก๊ส)

- เข็มฉีดยา เบอร์ 18 ยาว 1 นิ้ว (สำหรับถ่ายเทของเหลว)
- เข็มฉีดยา เบอร์ 24 ยาว 1 นิ้ว (สำหรับวัดปริมาตรก๊าซ)
- ขวดวัคซีน ขนาด 50 มิลลิลิตร จุกยางและฝาครอบอลูมิเนียม
- เครื่องกวนสารให้ความร้อน (Hot plate stirrer)
- ตู้อบ (Hot air oven)

4.2 สารเคมีและการเตรียม

- น้ำกลั่นปริมาณ 1,091 มิลลิลิตร
- สารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer solution) ปริมาณ 728 มิลลิลิตร เตรียมจาก
 - โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO_3) ปริมาณ 35.00 กรัม
 - แอมโมเนียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) ปริมาณ 4.00 กรัม
 - ทำละลายและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
- สารละลายแร่ธาตุอาหารหลัก (Macro mineral solution) ปริมาณ 364 มิลลิลิตรเตรียมจาก
 - โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) ปริมาณ 6.20 กรัม
 - ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) ปริมาณ 5.70 กรัม
 - โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาณ 2.22 กรัม
 - แมกนีเซียมซัลเฟต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ปริมาณ 0.60 กรัม
 - ทำละลายและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
- สารละลายแร่ธาตุอาหารรอง (Micro mineral solution) ปริมาณ 0.23 มิลลิลิตรเตรียมจาก
 - แมกนีเซียไดคลอไรด์ ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) ปริมาณ 10.00 กรัม
 - แคลเซียมไดคลอไรด์ ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ปริมาณ 13.20 กรัม
 - โคบอลต์ไดคลอไรด์ ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ปริมาณ 1.00 กรัม
 - เฟอร์รัสไตรคลอไรด์ ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ปริมาณ 8.00 กรัม
 - ทำละลายและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
- สารละลายริซาซูลิน (Resazurine solution) ปริมาณ 1.0 มิลลิลิตร เตรียมจาก
 - ริซาซูลิน (Resazurine solution) ปริมาณ 0.1 กรัม
 - ทำละลายและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
- สารละลายสำหรับไล่ออกซิเจน (Reduction solution) ปริมาณ 60.00 มิลลิลิตรเตรียมจาก
 - โซเดียมซัลไฟด์ ($\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) ปริมาณ 0.58 กรัม
 - โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 M ปริมาณ 60.00 กรัม
- ของเหลวจากกระเพาะรูเมน (Rumen fluid) 658 มิลลิลิตร

5. ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood Urea Nitrogen: BUN) (Mackey and Mackey, 1972)

5.1 วิธีการตรวจวัดปริมาณยูเรียที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ

1. วิธีอ้อม (Indirect method) ได้แก่ การใช้เอนไซม์ Urease ย่อยสลายยูเรียให้กลายเป็นแอมโมเนียมไอออน หลังจากนั้นวัดปริมาณแอมโมเนียมไอออนด้วยอิเล็กโทรดวัดค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity method) หรือให้ทำปฏิกิริยาเคมีต่อเพื่อวัดสีที่เกิดขึ้น หรือวัดการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของ NADH ที่ 340 นาโนเมตร วิธีนี้มีข้อดีที่มีความจำเพาะสูงเหมาะสำหรับการตรวจวัดในเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติหรือเครื่อง Spectrophotometer ที่มีคุณภาพสูงแต่มีข้อเสียตรงที่น้ำยามีราคาสูง

2. วิธีตรง (Direct method) ตรวจวัดปริมาณยูเรียโดยให้ยูเรียรวมกับ Diacetyl group เกิดเป็นสารประกอบ Diazine ที่มีสีชมพู (Fearon reaction) วิธีนี้มีความแม่นยำและความถูกต้องอยู่ในระดับดีและน้ำยามีราคาถูก

5.2 อุปกรณ์

- หลอดเก็บเลือด (ใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือด) ขนาด 5 มิลลิลิตร
- ถังน้ำแข็ง
- Beaker ขนาด 50-100 มิลลิลิตร
- น้ำกลั่น
- หลอดทดลอง (Screw cap tube) ขนาด 16x 125 มิลลิเมตร
- Autopipett
- เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) และเครื่อง Spectrophotometer
- เครื่องเขย่า (Vortex)

5.3 สารเคมี และการเตรียมน้ำยา

1. Ferric chloride reagent

ละลาย $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ 15 กรัมในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติม H_3PO_4 (85%) 300 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันเติมน้ำกลั่นจนครบ 450 มิลลิลิตร เก็บน้ำยาไว้ในขวดสีน้ำตาล ปิดฝาให้แน่น

2. Acid reagent

เติม Conc. H_2SO_4 150 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เติม Ferric chloride reagent 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

3. Color reagent

ละลาย diacetyl monoxime 1.7 กรัม และ thiosemicarbazide 0.3 กรัมในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร ถ้าสารละลายขุ่นให้กรองด้วยกระดาษกรองก่อน เก็บน้ำยาในขวดสีชาปิดฝาให้แน่น

4. Stock BUN standard (100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)

ละลาย Urea 214.2 มิลลิกรัม และ Sodium azide 100 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

5. Working BUN standard

เจือจาง Stock BUN standard ด้วย Sodium azide solution (0.1 กรัมเปอร์เซ็นต์) ให้มีความเข้มข้น 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 80 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

5.4 วิธีการทดลอง

ดูดสารต่างๆ ใส่ลงใน screw cap tube ตามตาราง แล้วปิดฝา Screw cap tube ผสมให้เข้ากันนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาทีพอดีนำมาเขย่าในอ่างน้ำเย็นประมาณ 5 นาที นำไปวัด A ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

สารที่เติม	Blank	Standard	Unknown
น้ำกลั่น (ไม่โครลิตร)	20	-	-
Standard (ไม่โครลิตร)	-	20	-
Unknown (ไม่โครลิตร)	-	-	20
Color reagent (ไม่โครลิตร)	3.0	3.0	3.0
Acid reagent (ไม่โครลิตร)	2.0	2.0	2.0

การคำนวณ

$$\text{BUN (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)} = \frac{A_{\text{unk}}}{A_{\text{std}}} \times C_{\text{std}}$$

6. ปริมาณกลูโคสในเลือด (Blood Glucose)

6.1 ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย

1. 10% Sodium tungstate

ชั่ง Sodium tungstate 10 g ละลายน้ำ จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml

2. 0.05 M H₂SO₄

ตวงสารละลาย H₂SO₄ เข้มข้น (97%) จำนวน 2.76 ml ค่อยๆใส่ลงในน้ำ จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

3. 0.05 mg/ml Glucose

ชั่ง glucose 0.05 g ละลายน้ำ จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

4. Alkaline copper tartate

ชั่ง sodium carbonate anhydrous 20 g, tartaric acid 3.8 g หรือ potassium sodium tartrate tetrahydrate 7.14 g, Copper (II) sulfate 2.25 g ละลายน้ำ จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 500 ml

5. Phosphomolybdic acid

ชั่ง sodium molybdate 28.4 g หรือ Ammonium heptamolybdate (tetrahydrate) 29.5 g, sodium tartate 5 g หรือ potassium sodium tartrate tetrahydrate 7.3 g และ phosphoric acid เข้มข้น (85%) 125 ml ละลายสาร 2 ตัวแรกก่อน จากนั้นค่อยๆ เติม phosphoric acid แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ได้ 500 ml

6. Unknown

เตรียมสารละลาย unknown สำหรับวิเคราะห์หาน้ำตาลในเลือดทำโดยเก็บตัวอย่างเลือดแล้วนำมาผสมสารละลายน้ำตาลกลูโคสที่ทราบความเข้มข้นของน้ำแล้ว โดยเตรียมตัวอย่าง 2-3 ระดับให้ครอบคลุมระดับน้ำตาลในเลือดสูงและต่ำกว่าเกณฑ์ปกติคือ 80-100 mg/100 ml

6.2 การกำจัด โปรตีนออกจากเลือดตัวอย่าง

1. เตรียมหลอดทดลองที่สามารถใช้ได้กับเครื่องปั่นเหวี่ยง

2. เติมสารต่อไปนี้ตามลำดับ

2.1 0.05 M H₂SO₄ ปริมาตร

1.60 ml

- 2.2 เลือดตัวอย่างที่ได้รับ (Sample) 0.20 ml
- 2.3 10% Sodium tungstate 0.20 ml *หมุนหลอดเบาๆจนเกิดตะกอนสีน้ำตาล อย่าให้มีฟอง
- 2.4 น้ำกลั่น 4.00 ml

3. ปิดหลอดแล้วเขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปปั่นในเครื่องปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที หรือประมาณ 5000g เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกตะกอนโปรตีน

4. ปิเปตสารละลายใส่ส่วนบนออกใส่ในหลอดทดลองใหม่ที่แห้งเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณกลูโคสต่อไป

6.3 การหาปริมาณกลูโคส

1. ปิเปตสารดังแสดงในตารางตามลำดับ

สารละลาย (mL)	หลอดที่		
	blank	Standard	Unknown
น้ำกลั่น	1.00	-	-
กลูโคสมาตรฐาน (0.05 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	-	1.00	1.00
เลือดตัวอย่างที่กำจัดโปรตีนแล้ว	-	-	-
Alkaline copper tartate	1.00	1.00	1.00
ต้มในน้ำเดือด 5 นาที แล้วแช่ในน้ำธรรมดาเพื่อให้เย็นลง			
Phosphomolybdic acid	1.00	1.00	1.00
น้ำกลั่น	2.00	2.00	2.00

2. ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายเกิดสีเข้มที่สุด (ประมาณ 5 นาที) แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 580 นาโนเมตร (A_{580})

3. คำนวณหาปริมาณกลูโคสในสารละลายเลือดตัวอย่าง ในหน่วยมิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร หรือ mg% จากสมการ

$$\text{กลูโคส (mg\%)} = \frac{A_{580} \text{ ของสารละลายเลือดตัวอย่าง}}{A_{580} \text{ ของสารละลายกลูโคสมาตรฐาน}} \times 0.05 \times 100 \times \frac{1}{0.2} \times 6$$

ภาคผนวก ก

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสัตว์ประรดต่อการย่อยได้ในหลอดทดลอง (In vitro digestibility), จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (gas production) และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00042222	0.00021111	0.30	0.7502 ^{ns}
Error	6	0.00420000	0.00070000		
Corrected Total	8	0.00462222			

C.V. (%) = 0.652377 Root MSE = 0.026458 ^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดแลคติกของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.01708889	0.00854444	5.30	0.0472*
Error	6	0.00966667	0.00161111		
Corrected Total	8	0.02675556			

C.V. (%) = 5.131361 Root MSE = 0.040139 * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	66.93626667	33.46813333	428.96	<.0001**
Error	6	0.46813333	0.07802222		
Corrected Total	8	67.40440000			

C.V. (%) = 0.506819 Root MSE = 0.279325 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P < 0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของวัตถุแห้งของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	66.93626667	33.46813333	428.96	<.0001**
Error	6	0.46813333	0.07802222		
Corrected Total	8	67.40440000			

C.V. (%) = 0.622289 Root MSE = 0.279325 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P < 0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเถ้าของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.29215556	0.14607778	9.81	0.0128*
Error	6	0.08933333	0.01488889		
Corrected Total	8	0.38148889			

C.V. (%) = 1.538499 Root MSE = 0.122020 * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรตีนรวมของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	5.39948889	2.69974444	12.82	0.0068**
Error	6	1.26313333	0.21052222		
Corrected Total	8	6.66262222			

C.V. (%) = 2.036918 Root MSE = 0.458827 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันรวมของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.53182222	0.26591111	1.27	0.3458 ^{ns}
Error	6	1.25220000	0.20870000		
Corrected Total	8	1.78402222			

C.V. (%) = 13.11075 Root MSE = 0.456837^{ns} = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเชื้อใยรวมของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	7.54828889	3.77414444	14.42	0.0051**
Error	6	1.57000000	0.26166667		
Corrected Total	8	9.11828889			

C.V. (%) = 4.429289 Root MSE = 0.511534 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเชื้อใย NDF ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	240.3605556	120.1802778	1172.11	<.0001**
Error	6	0.6152000	0.1025333		
Corrected Total	8	240.9757556			

C.V. (%) = 0.775177 Root MSE = 0.320208 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเชื้อใย ADF ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	20.69468889	10.34734444	40.27	0.0003**
Error	6	1.54186667	0.25697778		
Corrected Total	8	22.23655556			

C.V. (%) = 2.136440 Root MSE = 0.506930 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ NFE ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	4.18802222	2.09401111	2.00	0.2159 ^{ns}
Error	6	6.28073333	1.04678889		
Corrected Total	8	10.46875556			

C.V. (%) = 1.876876 Root MSE = 1.023127 ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลิกนิน ADL ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.06002222	0.03001111	6.80	0.0287*
Error	6	0.02646667	0.00441111		
Corrected Total	8	0.08648889			

C.V. (%) = 7.227881 Root MSE = 0.066416 * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Hemicellulose ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	125.2994667	62.6497333	623.66	<.0001**
Error	6	0.6027333	0.1004556		
Corrected Total	8	125.9022000			

C.V. (%) = 1.802885 Root MSE = 0.316947 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Cellulose ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	22.77535556	11.38767778	2446.04	<.0001**
Error	6	0.02793333	0.00465556		
Corrected Total	8	22.80328889			

C.V. (%) = 0.299145 Root MSE = 0.068232 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานรวมของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	289486.3200	144743.1600	80.77	<.0001**
Error	6	10751.8800	1791.9800		
Corrected Total	8	300238.2000			

C.V. (%) = 1.103780 Root MSE = 42.33178 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้วัตถุแห้ง ณ ชั่วโมงที่ 24

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	70.50847045	35.25423522	52.64	0.0002**
Error	9	4.01816097	0.66969350		
Corrected Total	11	74.52663142			

C.V. (%) = 1.369770 Root MSE = 0.818348 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้วัตถุแห้ง ณ ชั่วโมงที่ 48

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	38.7809833	19.3904917	1.73	0.2311 ^{ns}
Error	9	100.8008947	11.2000994		
Corrected Total	11	139.5818780			

C.V. (%) = 5.175407 Root MSE = 3.346655^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้อินทรีย์วัตถุ ณ ชั่วโมงที่ 24

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	39.05325702	19.52662851	5.81	0.0395*
Error	9	20.16172596	3.36028766		
Corrected Total	11	59.21498298			

C.V. (%) = 1.948128 Root MSE = 1.833109 * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสัมประสิทธิ์การย่อยได้อินทรีย์วัตถุ ณ ชั่วโมงที่ 48

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	8.57562051	4.28781026	1.78	0.2228 ^{ns}
Error	9	21.65498026	2.40610892		
Corrected Total	11	30.23060077			

C.V. (%) = 1.608807 Root MSE = 1.551164^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH ภายหลังการบ่ม ณ ชั่วโมงที่ 24

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00051667	0.00025833	0.18	0.8343 ^{ns}
Error	9	0.01257500	0.00139722		
Corrected Total	11	0.01309167			

C.V. (%) = 0.602975 Root MSE = 0.037379^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH ภายหลังการบ่ม ณ ชั่วโมงที่ 48

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.02495000	0.01247500	2.54	0.1332 ^{ns}
Error	9	0.04415000	0.00490556		
Corrected Total	11	0.06910000			

C.V. (%) = 1.103856 Root MSE = 0.070040^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	5.41806667	2.70903333	7.17	0.0257*
Error	6	2.26713333	0.37785556		
Corrected Total	8	7.68520000			

C.V. (%) = 8.185081 Root MSE = 0.614700 * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ยาก

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	84.2264667	42.1132333	15.45	0.0043**
Error	6	16.3503333	2.7250556		
Corrected Total	8	100.5768000			

C.V. (%) = 2.474182 Root MSE = 1.650774 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการผลิต

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00008889	0.00004444	2.00	0.2160 ^{ns}
Error	6	0.00013333	0.00002222		
Corrected Total	8	0.00022222			

C.V. (%) = 7.190916 Root MSE = 0.004714^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าศักยภาพการผลิตแก๊ส

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	131.9552889	65.9776444	16.45	0.0037**
Error	6	24.0714000	4.0119000		
Corrected Total	8	156.0266889			

C.V. (%) = 2.698293 Root MSE = 2.002973 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม ณ ชั่วโมงที่ 12

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	35.47148889	17.73574444	5.60	0.0424*
Error	6	18.99060000	3.16510000		
Corrected Total	8	54.46208889			

C.V. (%) = 4.061913 Root MSE = 1.779073 * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม ณ ชั่วโมงที่ 24

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	69.06468889	34.53234444	7.75	0.0218*
Error	6	26.74560000	4.45760000		
Corrected Total	8	95.81028889			

C.V. (%) = 3.498946 Root MSE = 2.111303 * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม ณ ชั่วโมงที่ 48

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	111.2579556	55.6289778	12.61	0.0071**
Error	6	26.4697333	4.4116222		
Corrected Total	8	137.7276889			

C.V. (%) = 2.944558 Root MSE = 2.100386 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม ณ ชั่วโมงที่ 72

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	126.2180667	63.1090333	15.15	0.0045**
Error	6	24.9903333	4.1650556		
Corrected Total	8	151.2084000			

C.V. (%) = 2.772011 Root MSE = 2.040847 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ณ ชั่วโมงที่ 24

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	968.829267	484.414633	1.15	0.3597 ^{ns}
Error	9	3798.326025	422.036225		
Corrected Total	11	4767.155292			

C.V. (%) = 12.12263 Root MSE = 20.54352^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ณ ชั่วโมงที่ 48

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	643.377950	321.688975	2.08	0.1814 ^{ns}
Error	9	1395.560675	155.062297		
Corrected Total	11	2098.9383625			

C.V. (%) = 6.127020 Root MSE = 12.45240^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอมโมเนียใน ไตรเจน ณ ชั่วโมงที่ 24

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	12.50000000	6.25000000	5.11	0.0328*
Error	9	11.00000000	1.22222222		
Corrected Total	11	23.50000000			

C.V. (%) = 5.264484 Root MSE = 1.105542 * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอมโมเนียใน ไตรเจน ณ ชั่วโมงที่ 48

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	30.29166667	15.14583333	8.29	0.0091**
Error	9	16.43750000	1.82638889		
Corrected Total	11	46.72916667			

C.V. (%) = 4.877376 Root MSE = 1.351440 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ Proteolytic bacteria ณ ชั่วโมงที่ 24

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	11.46558067	5.73279033	3.30	0.0840 ^{ns}
Error	9	15.61953500	1.73550389		
Corrected Total	11	27.08511567			

C.V. (%) = 52.62875 Root MSE = 1.317385^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ Proteolytic bacteria ณ ชั่วโมงที่ 48

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	27.7568340	13.8784170	0.58	0.5803 ^{ns}
Error	9	215.9028230	23.9892026		
Corrected Total	11	243.6596570			

C.V. (%) = 123.4811 Root MSE = 4.897877^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ Cellulolytic bacteria ณ ชั่วโมงที่ 24

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	9.03151573	4.51575786	0.91	0.4349 ^{ns}
Error	9	44.43609487	4.93734387		
Corrected Total	11	53.46761060			

C.V. (%) = 78.09646 Root MSE = 2.222013^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ Cellulolytic bacteria ณ ชั่วโมงที่ 48

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	8.03546667	4.01773333	2.04	0.1866 ^{ns}
Error	9	17.76880000	1.97431111		
Corrected Total	11	25.80426667			

C.V. (%) = 41.16509 Root MSE = 1.405102^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสัตว์ประดต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

ตารางภาคผนวกที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	86.5168642	43.2584321	7.94	0.0206*
Error	6	32.6726568	5.4454428		
Corrected Total	8	119.1895210			

C.V. (%) = 3.803151 Root MSE = 2.333547 * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของวัตถุแห้งของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	86.5168642	43.2584321	7.94	0.0206*
Error	6	32.6726568	5.4454428		
Corrected Total	8	119.1895210			

C.V. (%) = 3.803151 Root MSE = 2.333547 * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเถ้า ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	3.65959798	1.82979899	258.38	<.0001**
Error	6	0.04249039	0.00708173		
Corrected Total	8	3.70208836			

C.V. (%) = 1.289159 Root MSE = 0.084153 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรตีนรวม ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	27.27852760	13.63926380	21.77	0.0018**
Error	6	3.75975979	0.62662663		
Corrected Total	8	31.03828740			

C.V. (%) = 4.014415 Root MSE = 0.791598 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของไขมันรวมของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	2.80699125	1.40349562	52.58	0.0002**
Error	6	0.16014975	0.02669163		
Corrected Total	8	2.96714100			

C.V. (%) = 5.440900 Root MSE = 0.163376 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเชื้อใยรวมของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	30.76846200	15.38423100	22.30	0.0017**
Error	6	4.13851314	0.68975219		
Corrected Total	8	34.90697514			

C.V. (%) = 6.531988 Root MSE = 0.830513 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเชื้อใย NDF ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	106.5035404	53.2517702	107.49	<.0001**
Error	6	2.9723672	0.4953945		
Corrected Total	8	109.4759076			

C.V. (%) = 1.667936 Root MSE = 0.703843 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเชื้อใย ADF ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	644.7175739	322.3587870	424.02	<.0001**
Error	6	4.5614605	0.7602434		
Corrected Total	8	649.2790345			

C.V. (%) = 2.961437 Root MSE = 0.871919 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของลิกนิน ADL ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00001425	0.00000712	3.80	0.0857 ^{ns}
Error	6	0.00001123	0.00000187		
Corrected Total	8	0.00002548			

C.V. (%) = 19.54702 Root MSE = 0.001368^{ns} = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Hemicellulose ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	228.1052662	114.0526331	230.23	<.0001**
Error	6	2.9723465	0.4953911		
Corrected Total	8	231.0776127			

C.V. (%) = 5.517729 Root MSE = 0.703840 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Cellulose ของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	644.5336885	322.2668442	1.704E8	<.0001**
Error	6	0.0000113	0.0000019		
Corrected Total	8	644.5336998			

C.V. (%) = 0.004672 Root MSE = 0.001375 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานรวมของอาหาร FTMR

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	160889.5211	80444.7606	112.51	<.0001**
Error	6	4290.0878	715.0146		
Corrected Total	8	165179.6089			

C.V. (%) = 0.610584 Root MSE = 26.73976 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณการกิน ได้ทั้งหมด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	76.3561167	38.1780583	4.71	0.0398*
Error	9	72.9343750	8.1038194		
Corrected Total	11	149.2904917			

C.V. (%) = 23.96398 Root MSE = 2.846721 * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณการกิน ได้วัดดูแห้ง (กก./วัน)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.30905000	0.15452500	13.30	0.0021**
Error	9	0.10457500	0.01161944		
Corrected Total	11	0.41362500			

C.V. (%) = 15.56585 Root MSE = 0.107794 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณการกิน ได้วัดดูแห้ง %BW

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	3.59661667	1.79830833	42.58	<.0001**
Error	9	0.38007500	0.04223056		
Corrected Total	11	3.97669167			

C.V. (%) = 7.886181 Root MSE = 0.205501 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณการกิน ได้วัดดูแห้ง g/kgBW^{0.75}

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	1947.885350	973.942675	39.49	<.0001**
Error	9	221.949550	24.661061		
Corrected Total	11	2169.834900			

C.V. (%) = 8.409094 Root MSE = 4.965990 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเริ่มต้น

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	1.2654000	0.6327000	0.05	0.9474 ^{ns}
Error	9	104.8310000	11.6478889		
Corrected Total	11	106.0964000			

C.V. (%) = 20.42430 Root MSE = 3.412900 ^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 55 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักรีดสุดท้าย

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	31.2903500	15.6451750	0.95	0.4235 ^{ns}
Error	9	148.7322750	16.5258083		
Corrected Total	11	180.0226250			

C.V. (%) = 15.33312 Root MSE = 4.065195^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 56 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	25.92485000	12.96242500	1.71	0.2339 ^{ns}
Error	9	68.03877500	7.55986389		
Corrected Total	11	93.96362500			

C.V. (%) = 28.04918 Root MSE = 2.749521^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 57 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเจริญเติบโต

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	5469.17502	2734.58751	1.81	0.2189 ^{ns}
Error	9	13617.69828	1513.07759		
Corrected Total	11	19086.87329			

C.V. (%) = 28.21290 Root MSE = 38.89830^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 58 การวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	14.52606667	7.26303333	3.84	0.0623 ^{ns}
Error	9	17.02870000	1.89207778		
Corrected Total	11	31.55476667			

C.V. (%) = 25.81536 Root MSE = 1.375528^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 59 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการใช้อาหาร

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	250.5632167	125.2816083	5.04	0.0341*
Error	9	223.8628500	24.8736500		
Corrected Total	11	474.4260667			

C.V. (%) = 24.19086 Root MSE = 4.987349 * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 60 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	353.713017	176.856508	2.42	0.1445 ^{ns}
Error	9	658.712275	73.190253		
Corrected Total	11	1012.425292			

C.V. (%) = 11.99892 Root MSE = 8.555130^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 61 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	295.4706167	147.7353083	2.67	0.1232 ^{ns}
Error	9	498.6306500	55.4034056		
Corrected Total	11	794.1012667			

C.V. (%) = 9.920934 Root MSE = 7.443346^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 62 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	902.738617	451.369308	8.10	0.0097**
Error	9	501.272475	55.696942		
Corrected Total	11	1404.011092			

C.V. (%) = 9.031237 Root MSE = 7.463038 ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 63 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันรวม

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	1658.064617	829.032308	3.63	0.0698 ^{ns}
Error	9	2054.425475	228.269497		
Corrected Total	11	3712.490092			

C.V. (%) = 21.76429 Root MSE = 15.10859^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 64 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเชื้อโดยรวม

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	609.651467	304.825733	1.99	0.1920 ^{ns}
Error	9	1376.370000	152.930000		
Corrected Total	11	1986.021467			

C.V. (%) = 22.72555 Root MSE = 12.36649^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 65 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเชื้อใย NDF

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	1038.555350	519.277675	4.52	0.0438*
Error	9	1034.297475	114.921942		
Corrected Total	11	2072.852825			

C.V. (%) = 16.73261 Root MSE = 10.72017 * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 66 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเชื้อใย ADF

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	880.904717	440.452358	2.61	0.1280 ^{ns}
Error	9	1521.205950	169.022883		
Corrected Total	11	2402.110667			

C.V. (%) = 21.83432 Root MSE = 13.00088^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 67 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงานที่ย่อยได้

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	437.337650	218.668825	2.46	0.1409 ^{ns}
Error	9	801.251975	89.027997		
Corrected Total	11	1238.589625			

C.V. (%) = 13.79202 Root MSE = 9.435465^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 68 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	2.31931667	1.15965833	12.39	0.0026**
Error	9	0.84237500	0.09359722		
Corrected Total	11	3.16169167			

C.V. (%) = 15.57590 Root MSE = 0.305937 ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 69 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทั้งหมด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.64415000	0.32207500	4.03	0.0563 ^{ns}
Error	9	0.71927500	0.07991944		
Corrected Total	11	1.36342500			

C.V. (%) = 41.12004 Root MSE = 0.282700^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 70 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนในมูล

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.64981667	0.32490833	9.43	0.0062**
Error	9	0.30995000	0.03443889		
Corrected Total	11	0.95976667			

C.V. (%) = 46.58841 Root MSE = 0.185577 ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 71 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00711667	0.00355833	0.10	0.9092 ^{ns}
Error	9	0.33277500	0.03697500		
Corrected Total	11	0.33989167			

C.V. (%) = 66.11651 Root MSE = 0.192289^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 72 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ข่อยได้

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	880.044200	440.022100	7.53	0.0120*
Error	9	526.204400	58.467156		
Corrected Total	11	1406.248600			

C.V. (%) = 9.301036 Root MSE = 7.646382 * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 73 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซึมได้

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	169.398617	84.699308	0.91	0.4364 ^{ns}
Error	9	837.296075	93.032897		
Corrected Total	11	1006.694692			

C.V. (%) = 11.50940 Root MSE = 9.645356^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 74 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่กักเก็บ

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	306.045950	153.022975	1.09	0.3767 ^{ns}
Error	9	1263.248350	140.360928		
Corrected Total	11	1569.294300			

C.V. (%) = 17.94653 Root MSE = 11.84740^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 75 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH ณ ชั่วโมงที่ 0

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.14130000	0.07065000	1.38	0.3753 ^{ns}
Error	6	0.15325000	0.05108333		
Corrected Total	8	0.29455000			

C.V. (%) = 3.185570 Root MSE = 0.226016^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 76 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH ณ ชั่วโมงที่ 4

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.39203333	0.19601667	2.80	0.2063 ^{ns}
Error	3	0.21030000	0.07010000		
Corrected Total	5	0.60233333			

C.V. (%) = 3.780543 Root MSE = 0.264764^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 77 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ณ ชั่วโมงที่ 0

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	7.02840000	3.51420000	15.30	0.0267*
Error	6	0.68895000	0.22965000		
Corrected Total	8	7.71735000			

C.V. (%) = 2.301167 Root MSE = 0.479218* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 78 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ณ ชั่วโมงที่ 4

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	4.01543333	2.00771667	14.24	0.0294*
Error	6	0.42285000	0.14095000		
Corrected Total	8	4.43828333			

C.V. (%) = 1.281706 Root MSE = 0.375433* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 79 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่ากรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ณ ชั่วโมงที่ 0

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	1818.430033	909.215017	330.21	0.0003**
Error	6	8.260300	2.753433		
Corrected Total	8	1826.690333			

C.V. (%) = 3.684709 Root MSE = 1.659347** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 80 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่ากรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ณ ชั่วโมงที่ 4

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	3595.887100	1797.943550	519.52	0.0002**
Error	6	10.382300	3.460767		
Corrected Total	8	3606.269400			

C.V. (%) = 2.774931 Root MSE = 1.860314 ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 81 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบคทีเรีย ณ ชั่วโมงที่ 0

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	3129.390833	1564.695417	14.97	0.0275*
Error	3	313.661250	104.553750		
Corrected Total	5	3443.052083			

C.V. (%) = 13.64112 Root MSE = 10.22515 * = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 82 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบคทีเรีย ณ ชั่วโมงที่ 4

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	5817.355833	2908.677917	7.08	0.0731 ^{ns}
Error	3	1233.122500	411.040833		
Corrected Total	5	7050.478333			

C.V. (%) = 22.14140 Root MSE = 20.27414 ^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 83 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรโตซัว ณ ชั่วโมงที่ 0

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	19.0000000	9.5000000	2.71	0.2123 ^{ns}
Error	3	10.5000000	3.5000000		
Corrected Total	5	29.5000000			

C.V. (%) = 17.81742 Root MSE = 1.870829 ^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 84 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโปรโตซัว ณ ชั่วโมงที่ 4

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	42.3333333	21.1666667	0.95	0.4776 ^{ns}
Error	3	66.5000000	22.1666667		
Corrected Total	5	108.8333333			

C.V. (%) = 38.69711 Root MSE = 4.708149 ^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 85 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณยูเรียในโตรเจน ณ ชั่วโมงที่ 0

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	35.79166667	17.89583333	13.49	0.0060**
Error	6	7.95833333	1.32638889		
Corrected Total	8	43.75000000			

C.V. (%) = 4.501718 Root MSE = 1.151690 ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 86 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณยูเรียในโตรเจน ณ ชั่วโมงที่ 4

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	11.34722222	5.67361111	19.93	0.0022**
Error	6	1.70833333	0.28472222		
Corrected Total	8	13.05555556			

C.V. (%) = 2.841623 Root MSE = 0.533594 ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 87 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณกลูโคส ณ ชั่วโมงที่ 0

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	237.9068667	118.9534333	3.05	0.1222 ^{ns}
Error	6	234.3331333	39.0555222		
Corrected Total	8	472.2400000			

C.V. (%) = 24.72415 Root MSE = 6.249442^{ns} = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 88 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณกลูโคส ณ ชั่วโมงที่ 0

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	2021.863467	1010.931733	40.10	0.0003**
Error	6	151.277533	25.212922		
Corrected Total	8	2173.141000			

C.V. (%) = 10.33391 Root MSE = 5.021247 ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ชาลินี ต่อมขลิบ
วัน เดือน ปี เกิด	29 ธันวาคม 2535
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลลำพูน
วุฒิการศึกษา	ปริญญาโท
ที่อยู่ปัจจุบัน	77/10 ม.1 ต.ท่าเสา อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร 74110
ผลงานตีพิมพ์	<p>พรพรรณ แสนภูมิ, สุภาวดี นิมทอง, อนันท์ เชาว์เครือ, มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี และ ชาลินี ต่อมขลิบ. (2559). ผลของระดับการใช้เปลือกตาลหมึกร่วมกับเปลือกสับประรดทดแทนกระถินเพื่อเป็นอาหารหยาบทดแทนในช่วงฤดูแล้งต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม. แก่นเกษตร.44(1): 13-18.</p> <p>ชาลินี ต่อมขลิบ, พรพรรณ แสนภูมิ, อนันท์ เชาว์เครือ และ เสมอใจ บุรินอก. (2560). การย่อยได้ และผลผลิตแก๊สในหลอดทดลองของเศษเหลือสับประรดหมักเพื่อใช้เป็นอาหารหยาบทดแทนในช่วงฤดูแล้ง. แก่นเกษตร.45(1): 26-32.</p> <p>ชาลินี ต่อมขลิบ และ พรพรรณ แสนภูมิ. (2560). ผลของอาหารผสมเสริมหมัก (FTMR) จากเศษเหลือสับประรดต่อการย่อยได้และผลผลิตแก๊สในหลอดทดลอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 48(2): 562-571.</p> <p>พรพรรณ แสนภูมิ, สุภาวดี นิมทอง, วสุนันท์ นิมอนงค์, กนิษฐา ผิวงม, ศิรินันท์ สุขเจริญ และ ชาลินี ต่อมขลิบ. (2560). การย่อยได้และผลผลิตแก๊สในหลอดทดลองของเปลือกตาลหมึกร่วมกับฟางข้าว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 48(2): 682-692</p>

