รายงานการวิจัยและการพัฒนาการวิจัยการเกษตร ฉบับสมบูรณ์

เสนอ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)

รหัสโครงการ PRP6005020520

ผลของอาหารผสมเสร็จหมักจากเศษเหลือสับปะรดต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม

Effect of fermented total mixed ration (FTMR) from pineapple wastes on growth performance and nutrients digestibility in crossbred goat

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรพรรณ แสนภูมิ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนันท์ เชาว์เครือ

ดร. สุภาวดี ฉิมทอง

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

Assist Prof. Dr. Pornpan Saenphoom

Assist. Prof. Dr. Anan Chaokaur

Dr. Suphavadee Chimtong

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนอุดหนุนการพัฒนาการวิจัยการเกษตร จากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปี 2560 ที่ให้การสนับทุนวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี ที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการรวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลอง

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยอาหารสัตว์เพชรบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเลี้ยงสัตว์ทดลองและการผสมอาหารผสมเสร็จหมัก

ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ที่ช่วยให้คำแนะนำช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกระหว่างการทดลองในปฏิบัติการอาหารสัตว์

ขอบขอบคุณนางสาวชาลินี ติ้มขลิบ ที่ให้การช่วยเหลือในช่วงดำเนินการทดลอง

ผศ. ดร. พรพรรณ แสนภูมิ
ผศ. ดร. อนันท์ เชาว์เครือ
ดร. สุภาวดี ฉิมทอง

ชื่อโครงการวิจัย ผลของอาหารผสมเสร็จหมักจากเศษเหลือสับปะรดต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม

ชื่อผู้วิจัย ผศ. ดร. พรพรรณ แสนภูมิ
ผศ. ดร. อนันท์ เชาว์เครือ
ดร. สุภาวดี ฉิมทอง
คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร

แหล่งทุนอุดหนุนการวิจัย กองทุนอุดหนุนการพัฒนาการวิจัยการเกษตร ประจำปีพ.ศ. 2560 จากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)
ปีที่ดำเนินการเสร็จ พ.ศ. 2561

บทคัดย่อ

จากการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอาหารผสมเสร็จหมัก (Fermented total mixed ration; FTMR) จากเศษเหลือสับปะรดต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหาร FTMR ต่อค่าการย่อยได้และผลผลิตแก๊สในหลอดทดลอง แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลองๆ ละ 4 ซ้ำ คือ อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด (T1), อาหาร FTMR จากใบสับปะรด (T2) และอาหาร FTMR จากกากสับปะรด (T3) ผลการศึกษาพบว่า อาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีปริมาณเยื่อใยสูงกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด ($P<0.01$) แต่อย่างไรก็ตามอาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (68.04%) สูงกว่าอาหาร FTMR จากเปลือก (57.29%) และใบสับปะรด (55.46%) แต่ในทางตรงกันข้ามอาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมต่ำกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด ($P<0.01$) นอกจากนี้อาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดสูงกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด ($P<0.01$) โดยปริมาณกรดไขมันที่ระเหยง่ายมีค่า 167.76, 159.07 และ185.39 mmol/l ตามลำดับ

สำหรับการทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม โดยใช้แพะพันธุ์ลูกผสมเพศผู้ (พันธุ์พื้นเมือง×บอร์) จำนวน 16 ตัว มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 17.08 ± 0.40 กิโลกรัม โดย แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มการทดลองๆ ละ 4 ซ้ำ คือ กิ่งและใบกระถินสด (กลุ่มควบคุม, T1) , อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด (T2), อาหาร FTMR จากใบสับปะรด (T3) และอาหาร FTMR จากกากสับปะรด (T4) โดยให้อาหารและน้ำอย่างเต็มที่ตลอดระยะการทดลอง (72 วัน) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการกินได้ของแพะแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยแพะที่ได้รับกระถินสดร่วมกับอาหารข้นมีปริมาณการกินได้สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหาร FTMR แต่อย่างๆไรก็ตามสมรรถนะการเจริญเติบโตและสัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ปริมาณไนโตรเจนของแพะแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ โดยแพะที่ได้รับกระถินสดร่วมกับอาหารข้นจะมีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหาร FTMR ($P<0.01$) ส่วนปริมาณยูเรียไนโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือดของอาหาร FTMR

แต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ที่ชั่วโมง 0 และ 4 ตามลำดับ โดยแพะที่ได้รับกระถินร่วมกับอาหารข้นจะมีปริมาณยูเรียไนโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือดสูงกว่าแพะที่อาหาร FTMR

จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่าอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกาก) ในอัตราส่วน 60:40สามารถนำมาสามารถนำไปใช้เป็นทางเลือกสำหรับการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ในช่วงฤดูแล้งหรือช่วงขาดแคลนอาหารหยาบได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

คำสำคัญ : อาหารผสมเสร็จหมัก, สับปะรด, กระถิน และแพะลูกผสม

Research Title Effect of fermented total mixed ration (FTMR) from pineapple wastes on growth performance and nutrients digestibility in crossbred goat

Researches Assist. Prof. Dr. Pornpan Saenphoom

Assist. Prof. Dr. Anan Chaokaur

Dr. Suphavadee Chimtong

Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn university

Research Grants Agricultural Research Development Agency (Public organization) (2017)

Research Year 2018

Abstract

The objective of this experiment was to study effect of fermented total mixed ration (FTMR) from pineapple wastes on growth performance and nutrients digestibility in crossbred goat. This study was designed in a completely randomized design (CRD) and consisted of 2 experiments. Firstly, the objective was to study effect of FTMR from pineapple wastes on *in vitro* digestibility and gas production. The experiment consisted of 3 treatments and 4 replications such as FTMR from pineapple peel (T1), FTMR from pineapple leaf (T2) and FTMR from pineapple meal (T3). The result showed that FTMR from pineapple meal had higher crude fiber that other treatments ($P<0.01$). However, FTMR from pineapple meal had higher *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) but lower gas production than other treatments ($P<0.01$). In addition, FTMR from pineapple meal had higher ammonium-nitrogen (NH_3-N) and total volatile fatty acid (TVFA) than other treatments ($P<0.01$). The TVFA values were 167.76, 159.07 and 185.39 mmol/l respectively.

Secondly, the objective effect of FTMR from pineapple wastes on growth performance and nutrients digestibility in crossbred goat. Sixteen crossbred goats (Native × Boer) with an average initial weight of goat was 17.08 ± 0.40 kg. The experiment consisted of 4 treatments and 4 replications such as goat fed with *Leucaena* (T1 as control), goat fed with FTMR from pineapple peel (T2), goat fed with FTMR from pineapple leaf (T3) and goat fed with FTMR from pineapple meal (T4). All goats were offered to feed and water *ad libitum* through this experiment. The result found that feed intake was significantly among treatment ($P<0.01$). The goat fed with *Leucaena* had higher feed intake than other treatments. However, growth performance, nutrient digestibility and nitrogen in rumen were not significantly among treatment ($P>0.05$) expect nitrogen intake. The goat fed with *Leucaena* had higher nitrogen intake than other treatments. In addition, blood urea nitrogen and blood glucose were significantly among treatment ($P<0.01$) at 0 and 4 hrs. The goat fed with *Leucaena* had higher blood urea nitrogen and blood glucose than other treatments.

In conclusion, FTMR from pineapple waste (peel, leaf and meal) in 60:40 ration could be used as roughage substitute in dry season because it had no adverse effect on nutrients digestibility and growth performance in crossbred goat.

Keywords: fermented total mixed ration, pineapple, *Leucaena* and crossbred goat

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อไทย	ข
บทคัดย่ออังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	4
1. แพะ (Goat)	4
2. สับปะรด (Pineapple)	14
3. การทำพืชหมัก (Silage)	18
4.อาหารผสมเสร็จ (Total mixed ration; TMR) และอาหารผสมเสร็จหมัก (Fermented total mixed ration; FTMR))	22
5. ผลของการใช้อาหารหมักผสมเสร็จ (TMR) และ อาหารผสมเสร็จหมัก (FTMR) ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	26
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดต่อการย่อยได้ในหลอดทดลอง *(In vitro* digestibility), และผลผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (gas production)	26
การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม	30
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	34
ระยะเวลาทำการวิจัย	34
สถานที่ดำเนินการวิจัย ทดลอง และเก็บข้อมูล	34
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	35
การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดต่อการย่อยได้ในหลอดทดลอง (*In vitro* digestibility), และผลผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (gas production)	35
การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม	40
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	45
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	54

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อมูลสถิติการเลี้ยงแพะในประเทศไทยรายภาค ระหว่างปี พ.ศ. 2545 - 2558	6
2	ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนกลูโคสให้เป็นกรดไขมันที่ระเหยง่ายเป็นแหล่งพลังงาน	11
3	ปริมาณความต้องการโภชนะของแพะเพื่อการดำรงชีพในสภาพขังคอก	13
4	องค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่างๆของสับปะรด (% วัตถุแห้ง)	18
5	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับปะรดจากโรงงาน (% วัตถุแห้ง)	18
6	ลักษณะทางกายภาพและเคมีของอาหารผสมเสร็จที่ดี	23
7	ผลของอาหาร FTMR ต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ของแกะ	24
8	ผลของอาหาร TMR จากหญ้าเนเปียร์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะลูกผสม	25
9	สูตรอาหาร FTMR ที่ใช้ในการทดลอง (ต่อน้ำหนักสด)	27
10	การประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง	35
11	องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร FTMR	37
12	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง ณ ชั่วโมงที่ 24	38
13	จลนพลศาสตร์และปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง	39
14	ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดของอาหาร FTMR	40
15	องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (น้ำหนักแห้ง)	41
16	ผลของอาหาร FTMR ต่อปริมาณการกินได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม	42
17	ผลของอาหาร FTMR ต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม	43
18	ผลของอาหาร FTMR ต่อปริมาณไนโตรเจนในแพะลูกผสม	43
19	ผลของอาหาร FTMR ต่อปริมาณยูเรียไนโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือดในแพะลูกผสม	44

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แพะพันธุ์พื้นเมือง x บอร์	5
2	สรีรวิทยาระบบทางเดินอาหารของแพะ	8
3	เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน	10
4	การสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่ายจากไพรูเวทในกระเพาะรูเมน	11
5	เมแทบอลิซึมของโปรตีนและไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน	12
6	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสับปะรด	15
7	เนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตของสับปะรดในปี พ.ศ. 2554-2557	16
8	การแปรรูปสับปะรด	17
9	ลักษณะพืชหมัก	20
10	กระบวนการที่เกิดขึ้นในการหมัก	22
11	ลักษณะทางกายภาพของอาหารผสมเสร็จ (TMR)	23
12	ลักษณะทางกายภาพของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง	36
13	ค่า pH ของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง	36

บทที่ 1
บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในประเทศไทยอาชีพทางด้านปศุสัตว์เป็นอาชีพที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตที่สำคัญคือ พันธุ์สัตว์, การจัดการ และอาหารสัตว์ ในปัจจุบันมีการปรับปรุงพันธุ์สัตว์อย่างต่อเนื่องให้มีผลผลิตที่มีคุณภาพตามความต้องการควบคู่กับต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง ซึ่งในทางการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องนี้มีปัจจัยทางด้านอาหารถือเป็นปัจจัยสำคัญโดยเฉพาะอาหารหยาบซึ่งจัดได้ว่าเป็นอาหารหลักในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง แต่อย่างไรก็ตามในช่วงฤดูแล้งมักจะเกิดปัญหาขาดแคลนอาหารหยาบทำให้สัตว์ได้รับโภชนะที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ เกษตรกรผู้เลี้ยงจึงมีการนำเอาเศษเหลือทางการเกษตรในท้องถิ่นมาเป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทน โดยมักจะถนอมอาหารในรูปหญ้าแห้งหรือหญ้าหมัก ซึ่งเป็นแหล่งอาหารหยาบที่มีคุณค่าทางอาหารที่ดี และมีปริมาณเพียงพอตลอดฤดูแล้ง นอกจากนี้การใช้เศษเหลือทางการเกษตรยังช่วยลดต้นทุนค่าอาหาร และเป็นการลดภาวะในการกำจัดของเสียด้วย เช่น เปลือกสับปะรด, กากสับปะรด และใบสับปะรด เป็นต้น ซึ่งเป็นเศษเหลือทางการเกษตรที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เนื่องจากมหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี ตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกสับปะรดและส่งเข้าโรงงานแปรรูปมากจึงทำให้เกิดเศษเหลือทิ้งจากสับปะรดเป็นจำนวนมาก

เปลือกสับปะรดมักจะนำมาใช้เลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนมากอยู่แล้ว ทั้งการให้สัตว์กินแบบหมัก, แบบแห้ง หรือผสมกับอาหารข้น เป็นต้น การปลูกสับปะรดในพื้นที่ 1 ไร่ จะได้ผลพลอยได้เป็นเปลือกสับปะรดประมาณ 2.7 ตัน (สมบัติ และคณะ, 2539) จากการศึกษาจินดา (2547) พบว่า โดยทั่วไปองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับปะรดสดจะมีปริมาณน้ำอยู่สูง ซึ่งจะมีวัตถุแห้งประมาณ 10-12% มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 3.2-3.4 (Perez et al., 1973) มีค่าโภชนะย่อยได้ (Total Digestible Nutrients, TDN) 65-74% นอกจากนี้มีปริมาณโปรตีน, แร่ธาตุ และวิตามินอีต่ำ (Muller, 1974; Muller, 1975) ปริมาณน้ำตาลที่พบส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครส (70%) กลูโคส (20%) และ ฟรุคโตส (10%) (Muller, 1978) นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์โบรมิเลน (Bomelain) อีกทั้งเป็นวัตถุดิบที่มีความเป็นกรดสูงที่จะสามารถช่วยย่อยอาหารได้ดียิ่งขึ้น ส่วนต้นและใบสับปะรดเป็นเศษเหลือที่หาได้ง่ายในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ใบสับปะรดเป็นส่วนประกอบของลำต้น เกษตรกรจะตัดต้นทิ้งหลังจากการเก็บผลสดแล้ว ใบสับปะรดจึงเป็นสิ่งเหลือทิ้งหรือผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีเกือบตลอดปี และจะมีมากในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมิถุนายน เนื่องจากเป็นช่วงที่เกษตรกรส่วนใหญ่เก็บผลผลิตส่งโรงงานซึ่งตรงกับช่วงฤดูแล้งที่เกษตรกรขาดแคลนหญ้าสดสำหรับเลี้ยงสัตว์ และนอกจากนี้เศษเหลือจากโรงงานสับปะรดยังมีในส่วนของกากสับปะรดที่เหลือจากการคั้นเอาส่วนน้ำออกจากส่วนเนื้อของสับปะรดจึงทำให้เกิดเศษเหลือซึ่งมีปริมาณมาก องค์ประกอบทางเคมีของใบสับปะรดจะมีโปรตีน 8.47%, เยื่อใย 17.89%, ADF 25.87% และ Neutral Detergent Fiber (NDF) 42.28% (วารุณี และ วลัยกานต์, 2541) และองค์ประกอบทางเคมีของกากสับปะรดจะมีโปรตีน 4.33%, เยื่อใย 31.15%, ADF 42.34% และ NDF 83.65% (อาทิตย์ และ ศรเทพ, 2556)

อาหารผสมเสร็จ หรือ Total mixed ration (TMR) เป็นการประกอบสูตรอาหารที่คำนวณสัดส่วนตามความต้องการของสัตว์โดยผสมอาหารข้นและอาหารหยาบตามอัตราส่วนที่เหมาะสม การให้อาหารผสมเสร็จสามารถควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารข้นและอาหารหยาบแบบแยกกัน (กรมปศุสัตว์, มมป.) เป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการ และประหยัดแรงงานในการเลี้ยงสัตว์ (Bath *et al.,* 1979)

และไม่ส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโต, ปริมาณการกินได้, ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และมีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักแตกต่างจากการให้อาหารข้นและอาหารหยาบแบบแยกกัน (อานุภาพ และคณะ, 2550) นอกจากนี้การศึกษาของนพรัตน์ และคณะ (2553) พบว่าต้นทุนการผลิตทั้งหมดของโคที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสร็จ มีต้นทุนการผลิตสูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารหลัก แต่โคที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสร็จ มีราคาซากสูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารหลักส่งผลให้กำไรสุทธิจากการเลี้ยงโคโดยใช้อาหารผสมเสร็จสูงกว่าโคกลุ่มอื่น และนอกจากนี้เกษตรกรสามารถเก็บถนอมอาหารให้อยู่ในรูปอาหารผสมเสร็จหมัก หรือ Fermented total mixed ration (FTMR) เพื่อเป็นการลดปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการนำเศษเหลือจากสับปะรดที่เป็นเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรที่พบมากในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สำหรับเศษเหลือทางการเกษตรจะนำมาผสมเป็นอาหารผสมเสร็จโดยศึกษาการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมเสร็จหมักในหลอดทดลอง, สมรรถนะการเจริญเติบโต, การย่อยได้โภชนะและการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะของอาหารผสมเสร็จหมักในแพะพันธุ์ลูกผสม ตลอดจนจะนำองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นไปถ่ายทอดสู่เกษตรกรให้รู้จักการนำเอาเศษเหลือทางการเกษตรมาใช้เป็นแหล่งอาหารในช่วงฤดูแล้ง อันจะเป็นการพัฒนาขีดความสามารถของชุมชนสู่การเสริมสร้างความเข้มแข็งและยั่งยืนของชุมชนต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อทำการประเมินคุณภาพอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกากสับปะรด)

2.2 เพื่อศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกากสับปะรด) ต่อองค์ประกอบทางเคมี

2.3 เพื่อศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกากสับปะรด) ต่อการย่อยวัตถุแห้ง, อินทรียวัตถุและผลผลิตแก๊สในหลอดทดลอง

2.4 เพื่อศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกากสับปะรด) ต่อปริมาณกรดไขมันระเหยได้และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในหลอดทดลอง

2.5 เพื่อศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกากสับปะรด) ต่อปริมาณการกินได้ และสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะ

2.6 เพื่อศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกากสับปะรด) ต่อการย่อยได้โภชนะของแพะ

3. สมมติฐานของการวิจัย

3.1 ผลการประเมินคุณภาพอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพดี

3.2 ผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกากสับปะรด) อการย่อยวัตถุแห้ง, อินทรียวัตถุและผลผลิตแก๊สในหลอดทดลองมีความแตกต่างกัน

3.3 ผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกากสับปะรด) ต่อปริมาณกรดไขมันระเหยได้และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในหลอดทดลอง

3.4 ผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกากสับปะรด) ต่อปริมาณการกินได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะมีความแตกต่างกัน

3.5 ผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกากสับปะรด) ต่อต่อการย่อยได้โภชนะของแพะมีความแตกต่างกัน

4. ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาผลของการใช้อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด, กากสับปะรด และใบสับปะรดต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร FTMR, การย่อยได้ในหลอดทดลอง, ผลผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส, ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในหลอดทดลอง ตลอดจนศึกษาผลของการใช้อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด, กากสับปะรด และใบสับปะรดต่อสมรรถนะเจริญเติบโตและการย่อยได้ของโภชนะในแพะลูกผสมเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทนสำหรับสัตว์ในช่วงฤดูแล้ง

5.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

5.1) ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมี, การย่อยได้ในหลอดทดลอง, ผลผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส, ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในหลอดทดลองของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกากสับปะรด)

5.2) ทราบถึงความเป็นไปได้ของการใช้อาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกากสับปะรด) ต่อปริมาณการกินได้, สมรรถนะการเจริญเติบโตและการย่อยได้โภชนะของแพะลูกผสม

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

1. แพะ (Goat)

1.1 ข้อมูลทั่วไป

แพะจัดอยู่ใน Mammalia, Order Artiodactyla, Suborder Ruminantia, Family Bovidae, Tribe Caprinae และ Genus Capra โดยแพะมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Capra aegagrus hircus* แพะเป็นสัตว์กระเพาะรวม (Ruminant) หรือสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่นเดียวกันกับโค กระบือ และแกะ โดยแพะเป็นสัตว์กระเพาะเคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่เลี้ยงง่าย มีการเจริญเติบโตเร็ว และยังกินอาหารได้หลากหลายชนิด สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมต่างๆ และการจัดการง่ายกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นๆ (ศิริรัตน์, 2556) นอกจากนี้แพะหนึ่งตัวให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย 2-3 ลิตร/วัน และแพะตั้งท้องประมาณ 5 เดือนและให้มักให้ลูกแฝด (2-3 ตัว/ครอก) ส่งผลทำให้ได้ผลผลิตเร็วทั้งแพะเนื้อหรือนม อีกทั้งยังประกอบกับสถานการณ์ในปัจจุบันความต้องการแพะในท้องตลาดมีมากขึ้นทำให้ราคาแพะมีชีวิตเพิ่มสูงกว่าในอดีต เกษตรกรเป็นจำนวนมากจึงหันมาสนใจที่จะเลี้ยงแพะเป็นอาชีพ (หนึ่งนุช, 2551)

1.2 สายพันธุ์แพะ

แพะมีหลายสายพันธุ์ทั้งให้เนื้อ, นม, ขนหรือให้ทั้งเนื้อและนม สำหรับสายพันธุ์ที่เป็นนิยมเลี้ยงได้แก่ พันธุ์บอร์ (Boer), แองโกล่า (Angora), แคชเมียร์ (Cashmere), แบล็คเบงกอล (Black Bengal), ซาเนน (Saanen), แอลไพน์ (Alpine), แองโกลนูเบียน (Anglo Nubian), ลาแมนชา (LaManchas), ทอกเก็นเบิร์ก (Toggenberg), เหลาซาน (Loashan) และแพะพื้นเมือง (Native goats) เป็นต้น (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2557)

แพะพื้นเมืองเป็นแพะที่มีขนาดเล็ก มีการเลี้ยงและขยายพันธุ์กันอย่างแพร่หลายในภาคใต้ของประเทศไทย โดยมากแพะพื้นเมืองที่เลี้ยงกันอยู่ในประเทศไทยได้จากสายพันธุ์แพะในประเทศอินเดีย และประเทศมาเลเซีย โดยการเลี้ยงแพะในเขตภาคใต้ของประเทศไทยนั้น มักจะเป็นการเลี้ยงแบบปล่อยให้หากินไปตามพื้นที่รกร้าง หรือตามพื้นที่สวนไร่นา ทุ่งหญ้าสาธารณะ ในพื้นที่สวนยาง หรือป่าพรุ เป็นต้น แพะพื้นเมืองนั้นเป็นแพะที่มีขนาดตัวเล็ก สำหรับขนาด รูปร่าง และสีสันของลำตัวของแพะพื้นเมืองนั้นมีความผันแปรค่อนข้างสูง คือมีมากมายหลายสีตั้งแต่ สีเหลือง แดง น้ำตาลแดงน้ำตาลเข้ม ดำ หรืออาจมีลักษณะแบบสีผสม เช่น ขาวน้ำตาล ขาวดำ และน้ำตาลดำ อาจพบลำตัวแพะมีลายจุดหรือลายเป็นวง เป็นแต้ม หรือมีลายกระด่างกระดำ มีการผสมสีกัน จนสีของลำตัวดูเปรอะไปทั้งตัว เป็นต้น นอกจากนี้ลักษณะนิสัยแพะพื้นเมืองจะค่อนข้างร่าเริงและมีความอดทนสูงต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมหลายอย่าง อาทิเช่น สภาพอากาศร้อน หรือความชื้นที่มีมากจากสภาพฝนตกชุกในเขตภาคใต้ของไทย แพะพื้นเมืองมีขนาดเล็กจึงทำให้ปราดเปรียว คล่องตัวในการซอกแซกหากินใบไม้ตามพุ่มไม้และป่าย คล่องแคล่ว เชื่อง ไม่ตื่นคนหากินเก่ง กินอาหารได้หลากหลายชนิด ได้แก่ ผลพลอยได้ทางการเกษตร เศษพืชผัก หรือเศษอาหารที่เหลือจากครัวเรือน ยิ่งไปกว่านั้นลักษณะเด่นแพะพื้นเมืองจะค่อนข้างเป็นสัดเร็ว แต่ก็เลี้ยงลูกเก่ง สอนลูกให้หากินได้เร็ว (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2557)

พันธุ์บอร์ (Boer) เป็นแพะเนื้อที่นิยมเลี้ยงในประเทศไทยเพราะเป็นแพะเนื้อที่มีขนาดรูปร่างลำตัวที่ใหญ่ และลำตัวมีขนาดยาวสันและกว้าง ทำให้มีกล้ามเนื้อมาก และมีลักษณะของกระดูกโครงร่างใหญ่แข็งแรง ลักษณะเด่นที่เห็นได้ชัดของสายพันธุ์นี้ คือ ลำตัวเป็นสีขาว ส่วนหัวและคอมักมีสีน้ำตาลแดง นอกจากนี้ลักษณะหัว

โหนกนูน ตั้งจมูกโด่งและงุ้มลง เขาเอนไปด้านหลังและงอโค้งลงด้านล่าง ใบหูยาวและห้อยลง มีเครา แต่ไม่มีติ่ง (Wattle) ที่ใต้คอน้ำหนักตัวเฉลี่ยของตัวผู้อยู่ที่ประมาณ 70- 90 กิโลกรัม ส่วนตัวเมียมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยอยู่ที่ 50-65 กิโลกรัม แม่แพะมีอัตราการให้ลูกแฝดสูง โดยมีจำนวนลูก 2-3 ตัว/ครอก แต่มักพบปัญหาที่แม่แพะให้นมน้อยไม่เพียงพอในการเลี้ยงลูกแฝด แต่อย่างไรก็ตามแพะพันธุ์นี้มีข้อดีในการเลี้ยงเป็นแพะเนื้อเพราะมีขนาดใหญ่ ให้ปริมาณเนื้อมาก นอกจากนี้พบว่าหนังจะมีคุณภาพดี อัตราการเจริญเติบโตดีหากมีการดูแลให้อาหารข้นเสริม (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2557)

แพะลูกผสม (Mixed breed) เป็นลูกแพะที่เกิดจากการผสมพันธุ์ของพ่อแม่แพะต่างพันธุ์ซึ่งอาจเป็นการผสมพันธุ์กันระหว่างพันธุ์ซาเนนกับพันธุ์แองโกลนูเบียน พันธุ์ซาเนนกับพันธุ์พื้นเมือง หรือพันธุ์ซาเนนกับพันธุ์บอร์ เป็นต้น สำหรับจุดประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์ให้ได้ลูกผสมระหว่างสายพันธุ์แท้ทั้งของแพะเนื้อ และแพะนม เพื่อการใช้ประโยชน์จากข้อดีและลดข้อด้อยของสายพันธุ์แท้แต่ละพันธุ์ เช่น การผสมพันธุ์ระหว่างแพะเนื้อ (พันธุ์บอร์) กับแพะนม (พันธุ์ซาเนน) จะทำให้ได้ลูกที่มีขนาดใหญ่ใช้เป็นแพะเนื้อจะให้คุณภาพดีมีเนื้อมาก และยังเกิดลักษณะเด่นของแพะนมที่ให้นมมากทำให้มีน้ำนมเลี้ยงลูกได้ดีและมีนมเพียงพอที่จะใช้ในการเลี้ยงดูลูกที่เกิดเป็นลูกแฝดสองหรือแฝดสามในแต่ละครอก ช่วยให้ลูกที่เกิดมาได้กินนมมากเพียงพอ ส่งผลทำให้ลูกมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีและรวดเร็ว ลดอัตราการตายและยังช่วยให้ลูกแพะมีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงขึ้นอีกด้วย อีกทั้งหากมีการผสมพันธุ์แพะสายพันธุ์แท้กับแพะพื้นเมือง ลูกผสมก็สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในเขตร้อนได้ดี มีความทนต่อโรคและแมลงที่มักพบได้ในพื้นที่เขตร้อนชื้น รวมถึงแพะยังจะมีการเป็นหนุ่มเป็นสาวได้เร็วตามลักษณะเด่นในเรื่องของระบบสืบพันธุ์ที่มีในแพะพื้นเมือง สามารถช่วยให้เกษตรกรได้ผลผลิตที่เป็นตัวลูกแพะที่เพิ่มจำนวนขึ้นในฝูงได้อย่างรวดเร็วในระยะเวลาไม่นาน อีกทั้งแม่แพะจะเลี้ยงลูกเก่ง มีการดูแลลูกได้ดีทำให้ลูกมีน้ำหนักตัวที่ดีเมื่อถึงช่วงอายุหย่านม

แพะเนื้อที่เกษตรกรในประเทศไทยนิยมเลี้ยง ส่วนใหญ่เป็นแพะลูกผสม และแพะพื้นเมือง ซึ่งแพะลูกผสมที่นิยม ได้แก่ พันธุ์บอร์ผสมกับพันธุ์ซาเนน พันธุ์บอร์ผสมกับพันธุ์แองโกลนูเบียน แพะพื้นเมืองผสมกับพันธุ์บอร์แพะพื้นเมืองผสมกับพันธุ์ซาเนน และแพะพื้นเมืองผสมกับพันธุ์แองโกลนูเบียน เป็นต้น (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) (ภาพที่ 1)

ภาพที่ 1 แพะพันธุ์พื้นเมือง x บอร์

1.3 ข้อมูลสถิติจำนวนแพะเนื้อในประเทศไทย

จำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะเนื้อในประเทศไทย ระหว่างปี 2551–2554 พบว่ามีจำนวน เกษตรกรทั้งหมดเพิ่มขึ้น 7.01% โดยเพิ่มจาก 32,347 ครัวเรือน ในปี 2551 เป็น 40,372 ครัวเรือน ในปี 2554 แสดงเห็นได้ว่าจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากราคาแพะเนื้อมีชีวิตอยู่ในระดับที่น่าพอใจ จึงดึงดูดใจให้เกษตรกรหันมาสนใจเลี้ยงกันมากขึ้น รวมทั้งมีโครงการต่างๆ จากภาครัฐมาส่งเสริม ทำให้มีจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะเนื้อเพิ่มขึ้น (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2557)

โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะเนื้อส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้ เมื่อพิจารณาด้านจำนวนแพะเนื้อ ณ วันที่ 1 มกราคม ระหว่างปีพ.ศ. 2545 – 2558 พบว่า ปี 2551–2554 มีจำนวนแพะเนื้อทั้งหมดเพิ่มขึ้น 3.66% จาก 344,516 ตัว ในปี 2551 เป็น 394,204 ตัว ในปี 2554 เนื่องจากในช่วง 5 ปีผ่านมา ตลาดมีความต้องการแพะเนื้อในการบริโภคมีสูง และทำให้นเกษตรกรได้หันมาสนใจเลี้ยงแพะเนื้อเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้จำนวนแพะเนื้อเพิ่มสูงขึ้น โดยจังหวัดยะลาเป็นจังหวัดที่มีจำนวนแพะเนื้อ มากที่สุดและภาคใต้มีจำนวนแพะเนื้อมากที่สุดรองลงมาได้แก่ ภาคกลาง ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีจำนวนแพะเนื้อน้อยที่สุด(สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) สำหรับในปี พ.ศ. 2558 มีแพะทั้งหมดประมาณ 539,583 ตัว ซึ่งเพิ่มจากปี พ.ศ. 2556-2557 ที่มีแพะทั้งหมด 440,277 และ 468,377 ตัว ตามลำดับ และโดยแบ่งเป็นตัวเพศผู้ 146,832 ตัว และเพศเมีย 368,261 ตัว (ตารางที่ 1) (กรมปศุสัตว์, 2558)

ตารางที่ 1 ข้อมูลสถิติการเลี้ยงแพะในประเทศไทยรายภาค ระหว่างปี พ.ศ. 2545 - 2558

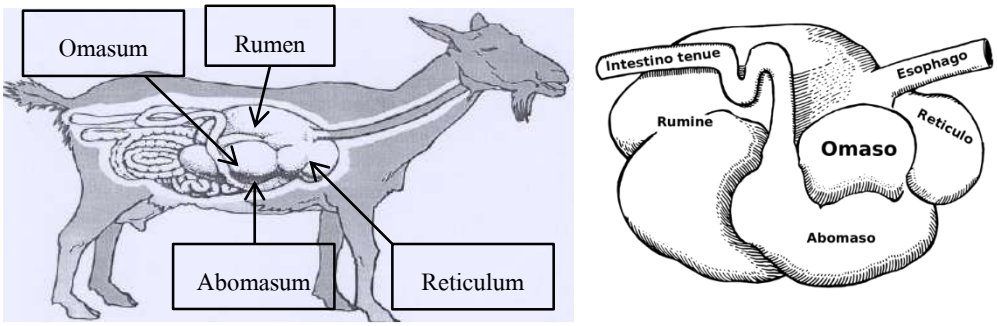
ปี พ.ศ.	ภาคเหนือ (ตัว)	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ตัว)	ภาคกลาง (ตัว)	ภาคใต้ (ตัว)	รวมทั้งประเทศ (ตัว)
2545	29,579	4,573	37,356	106,436	177,944
2546	43,410	5,021	52,967	112,519	213,917
2547	39,729	12,354	62,950	135,043	250,076
2548	55,310	13,974	109,681	159,390	338,355
2549	56,149	15,014	111,742	141,245	324,150
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)

1.4 สรีรวิทยาระบบทางเดินอาหารและระบบย่อยอาหารของแพะ

แพะเป็นสัตว์กระเพาะรวมที่จัดอยู่ในกลุ่มสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่นเดียวกับโค และกระบือ เพราะมีโครงสร้างทางกายวิภาคและสรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหารคล้ายกัน แต่มีเพียงกระเพาะที่มีขนาดเล็กกว่าโค และกระบือเท่านั้น แพะเป็นสัตว์ที่ให้ผลผลิตไดหลากหลายรูปแบบทั้งเนื้อและนม ดังนั้นปริมาณและคุณภาพของผลผลิตส่วนมากเป็นผลมาจากคุณภาพของอาหารหยาบที่สัตว์กินและศักยภาพการย่อยอาหารของสัตว์ โดยเฉพาะการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะอาหารส่วนหน้า ซึ่งกระเพาะหมักทำหน้าที่หมักอาหารที่มีเยื่อใยสูงและสังเคราะห์วิตามินให้แก่ตัวสัตว์ โดยปกติอาหารที่มีเยื่อใยสูงจะมีคุณค่าทางโภชนะต่ำ แต่จุลินทรีย์จะเปลี่ยนเป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ที่สัตว์นำไปใช้ในการดำรงชีวิตและสร้างผลผลิตต่อไป ซึ่งระบบทางเดินอาหารของแพะสามารถแบ่งแยกได้เป็น 4 ส่วน คือ กระเพาะหมัก (Rumen), กระเพาะรวงผึ้ง (Reticulum), ถ้าแพะที่โตเต็มที่ขนาดของสองกระเพาะแรกจะมีความจุประมาณ 60-85 % ของความจุของกระเพาะทั้งหมด โดย Rumen มีความจุของกระเพาะประมาณ 80% และ Reticulum มีความจุกระเพาะประมาณ 5% สำหรับ Rumen ทำหน้าที่รับอาหารจากการผ่านขบวนการเคี้ยวที่มีอาหารในรูปของแข็ง และปนกับน้ำลายปริมาณมาก (ในน้ำลายจะเป็นแหล่งไนโตรเจน คือ ยูเรีย และมิวโคโปรตีน มีฟอสฟอรัสและโซเดียม ซึ่งจุลินทรีย์จะนำไปใช้ และน้ำลายทำหน้าที่รักษาระดับความเป็นกรดด่างใน Rumen และกระเพาะอื่นๆ ส่วนอาหารจะถูกแยก โดย สวนบนจะเป็นอาหารในรูปของแข็ง ส่วนล่างเป็นรูปของเหลวและอาหารแข็งที่ย่อยมีขนาดเล็กแล้ว โดยการหดตัวของผนัง Rumen อาหารชิ้นใหญ่จะถูกดันให้อยู่ด้านบนส่วนหน้า เมื่อสัตว์ต้องการเคี้ยวเอื้อง กระเพาะส่วน Reticulum และ Rumen จะหดตัวมีแรงดันอาหารขยอกออกมาที่ปาก อาหารก้อนที่ถูกนำมาเคี้ยวเอื้องเรียกว่า Bolus มีจุลินทรีย์ติดมาเป็นจำนวนมาก เมื่อเคี้ยวเอื้องแล้วจะกลืนกลับไปที่ Rumen ทำการคลุกเคล้าใหม่อาหารขนาดใหญ่ก็ขยอกออกมาเคี้ยวเอื้อง อาหารขนาดเล็กก็ส่งไปยัง Reticulum ส่วนที่เป็นแก๊สก็เรอออกมา ส่วนที่เป็นสารละลายจะถูกดูดซึมผ่านผนัง Rumen เข้าสู่กระแสเลือดทันที Reticulum มีหน้าที่ดันอาหารที่มีขนาดใหญ่กลับไปที่ Rumen และปล่อยอาหารขนาดเล็กไปยังกระเพาะสามสิบกลีบ (Omasum)

กระเพาะ Omasum มีหน้าที่ย่อยอาหารต่อโดยอาศัยจุลินทรีย์ที่ติดมาจาก Rumen และ Reticulum อาหารที่ถูกย่อยเป็นสารละลายจะถูกดูดซึมผ่านเข้าสู่กระแสเลือด ส่วนที่เหลือก็เข้าสู่กระเพาะแท้หรือกระเพาะจริง (Abomasum) สำหรับ กระเพาะ Abomasum มีหน้าที่เหมือนสัตว์กระเพาะเดี่ยว คือ ย่อยอาหารและย่อยจุลินทรีย์ที่ติดมากับอาหาร ทำให้สัตว์ได้รับกรดอะมิโนจากเซลล์จุลินทรีย์ และวิตามินต่างๆ ที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้นมา สารละลายนี้ก็จะถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือด โดยกระเพาะอาหารของแพะมีความจุประมาณ 75% ของช่องท้องซึ่งจะกินพื้นที่ด้านช่องท้องด้านซ้ายทั้งหมดและขยายไปช่องท้องด้านขวา กระเพาะอาหารของแพะโตเต็มวัยมีความจุประมาณ 15-18 ลิตร ประกอบด้วยส่วนต่างๆ (วินัย, 2542) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สรีรวิทยาระบบทางเดินอาหารของแพะ
ที่มา: หนึ่งนุช (2551); บุญล้อม (2546)

1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้ของอาหารในกระเพาะรูเมน

มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้ของกระเพาะรูเมน ได้แก่ (ฉลอง, 2541)

1) ค่าความเป็นกรดด่างในรูเมน (Rumen pH) ถ้าหากสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับอาหารข้นในปริมาณที่สูง ทำให้ค่า pH ในกระเพาะรูเมนมีค่าลดลง (pH ต่ำ) ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการย่อยได้ของอาหารหยาบลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยเยื่อใยจะสามารถทำงานได้ดีที่ค่า pH ประมาณ 6 - 7 (pH กลาง) และยังเหมาะสำหรับจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยโปรตีนแล้วได้แอมโมเนีย ถ้าหากค่า pH ในกระเพาะรูเมนมีค่าต่ำกว่า 5.5 จะส่งผลทำให้ลดประสิทธิภาพการทำงาน เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์และสัตว์อาจตายได้

2) อัตราการไหลผ่านของอาหารที่ย่อย (Digesta) ของกระเพาะรูเมน (Passage rate of digesta) อัตราการไหลผ่านของอาหารขึ้นอยู่กับปริมาณการกินได้ของอาหาร คือ เมื่อสัตว์มีปริมาณการกินได้ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ปริมาณของของเหลวรูเมนและอัตราการไหลผ่านจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน ส่วนการบีบตัวของรูเมนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลผ่านของ digesta ด้วย ดังนั้นถ้ามีอัตราการไหลผ่านที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การย่อยได้ของอาหารในกระเพาะรูเมนลดลง เพราะอาหารที่ถูกย่อยจะมีระยะเวลาที่อยู่ในกระเพาะรูเมนน้อยลง ทำให้จุลินทรีย์มีเวลาในการย่อยสลายอาหารน้อยลงไปด้วย

3) ปริมาณของเยื่อใยในอาหาร อาหารที่มีเยื่อใยหรือลิกนินสูงจะส่งผลทำให้สัตว์มีการย่อยได้ที่ลดลง เนื่องจากขาดเอนไซม์หรือไม่เพียงพอต่อการย่อยเยื่อใย

4) ชนิดของสัตว์มีผลต่อการย่อยอาหารที่แตกต่างกัน โคสามารถย่อยอาหารหยาบได้ดีกว่าแกะ แต่แกะสามารถย่อยอาหารข้นได้ดีกว่า และกระบือสามารถย่อยอาหารหยาบได้ดีกว่าโค

5) โภชนะที่สำคัญ (Nutrients) สำหรับจุลินทรีย์ อาหารที่มีโปรตีนต่ำจะมีผลต่อการย่อยได้ของพลังงานและทำให้ปริมาณการกินได้ลดลงไปด้วย แต่ถ้าอาหารที่มีโปรตีนสูง หรือ Non Protein Nitrogen (NPN) เช่น urea กับสัตว์ที่กินฟางเป็นอาหารหลัก การย่อยได้ของฟางข้าวจะเพิ่มขึ้น การขาดแร่ธาตุที่สำคัญ เช่น Mg, P, S, Fe, Co, Mn และ Zn จะทำให้การย่อยได้ของอาหารในรูเมนลดลง

6) ความเข้มข้นของปริมาณแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน เนื่องจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนมีความต้องการไนโตรเจนในปริมาณมากเพื่อใช้ในการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (Microbial protein) โดยปริมาณ

ไนโตรเจนที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ที่อยู่ในน้ำรูเมน และจุลินทรีย์จะสามารถทำงานได้ดีที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนเท่ากับ 6 - 90 mg NH_3- N/L.และอัตราการไหลผ่านของจุลินทรีย์โปรตีนจากรูเมนไปยัง กระเพาะ Abomasum สูงสุดเมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนีย 90-200 mgNH3-N/l of rumen fluid

7) อุณหภูมิของสภาพแวดล้อม (Thermal environment) สัตว์จะพยายามรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ (ประมาณ 37 ˚C) เมื่อสภาพแวดล้อมที่สัตว์อาศัยอยู่มีอุณหภูมิสูงขึ้น สัตว์จะพยายามลดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย ด้วยการลดปริมาณการกินอาหารโดยเฉพาะอาหารประเภทพลังงาน เมื่อสัตว์การกินอาหารลดลงจะส่งผลให้การเคลื่อนบีบตัวของกระเพาะลดลงตามไปด้วย

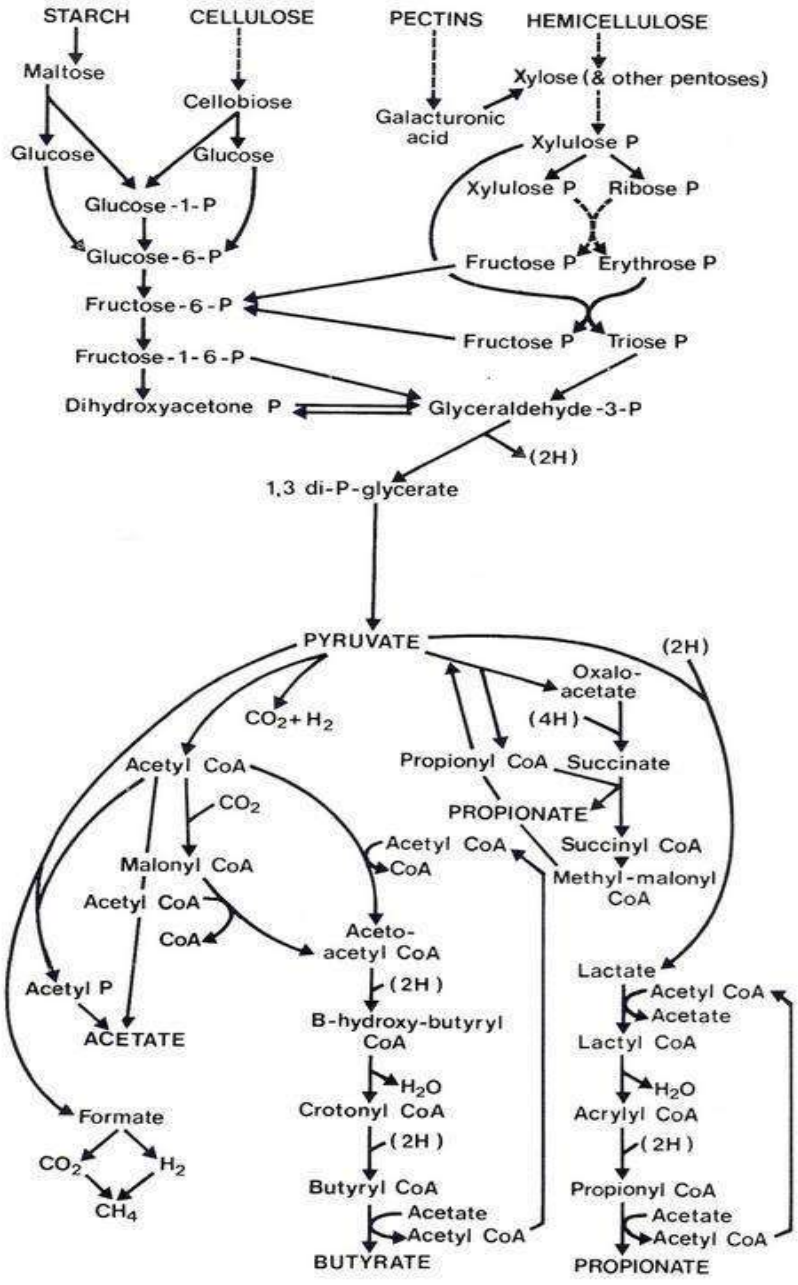
1.6 เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

การย่อยคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะเกิดขึ้นครั้งแรกในกระเพาะรูเมน โดยอาศัยน้ำย่อย หรือเอนไซม์ในกระเพาะรูเมนเท่านั้น โดยคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของพอลิแซ็คคาไรด์ (Polysaccharide) และจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดียว (Monosaccharide) เช่น กลูโคส (Glucose) หรือเพนโทส (Pentose) โดยผ่านวิถีต่างๆ จากนั้นกลูโคส หรือเพนโทสจะถูกหมักในกระเพาะรูเมนอย่างรวดเร็ว และจะถูกสังเคราะห์ต่อไปเป็นกรดไพรูวิก (Pyruvic acid) หรือไพรูเวท (Pyruvate) ซึ่งเป็นสารตัวกลางที่มีความสำคัญมากสำหรับกระบวนการสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่าย (Volatile fatty acid: VFA) พบว่าประมาณ 60% ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันระเหยได้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ตัวสุดท้าย (End - products) ที่สำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำตาลจะสามารถถูกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วที่สุด รองลงมาคือแป้ง และพวกโครงสร้างของผนังเซลล์พืชจะถูกเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด (ภาพที่ 3)

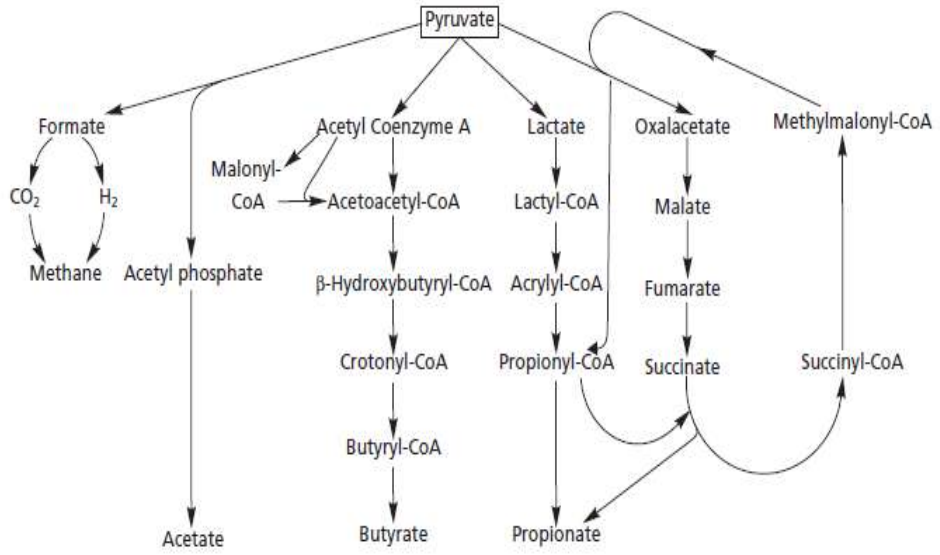
นอกจากนี้เมื่อย่อยคาร์โบไฮเดรตแล้วได้ไพรูเวท ไพรูเวทนั้นสามารถเปลี่ยนเป็นกรดไขมันที่ระเหยง่าย, คาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สมีเทน (Methane; CH_4) กรดไขมันที่ระเหยง่ายที่สามารถเกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนได้แก่ กรดอะซิติค (Acetic acid; C_2) กรดโพรพิโอนิค (Propionic acid; C_3) และกรดบิวทิริค (Butyric acid: C_4) กรดไขมันระเหยง่ายเหล่านี้จะถูกดูดซึมผ่านผนังรูเมนเพื่อเมแทบอไลซ์ต่อไป โดยกลูโคส 1 โมล ถูกเปลี่ยนกรดโพรพิโอนิกได้ 2 โมล โดยไม่มีการสูญเสีย CO_2 ส่วนการเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติก หรือบิวทีริกนั้นจะได้ 2 และ 1 โมล ตามลาดับ โดยมีการสูญเสีย CO_2 อย่างละ 2 อะตอม (ตารางที่ 2) ซึ่ง CO_2 ที่เกิดขึ้นบางส่วนอาจรวมตัวกับ H_2 ได้เป็นแก๊สมีเทน แก๊สเหล่านี้ไม่มีประโยชน์ต่อตัวสัตว์จำเป็นต้องระบายออก มิฉะนั้นอาจเกิดอาการท้องอืด ซึ่งเป็นอันตรายได้ (บุญล้อม, 2546;บุญเสริม, 2546)

ส่วนกรดไขมันที่ระเหยง่ายที่พบมากที่สุด คือ กรดอะซิติค นอกจากนี้ยังสามารถพบกรดไขมันอื่นๆ ได้ เช่น กรดไอโซบิวทิริก (Is butyric acid) กรดเมททิลบิวทิริก (Methyl butyric acid) และกรดวารลิริก (Varelic acid) เป็นต้น กรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายจะถูกใช้นำไปใช้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ โดยให้พลังงานประมาณ 80% ของพลังงานที่สัตว์ต้องการทั้งหมดในแต่ละวัน (ภาพที่ 4) หากสัตว์ได้รับอาหารอาหารหยาบหรืออาหารที่มีปริมาณเยื่อใยสูงจะส่งทำให้ได้ปริมาณกรดอะซิติคสูง (ประมาณ 60-70% ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด) ในทางตรงข้ามหากหากสัตว์ได้รับสัดสวนของอาหารหยาบลดลงและอาหารขนมีสัดสวนสูงขึ้น ปริมาณการผลิตกรดอะซิติกจะลดลง แตกรดโพรพิโอนิกจะมีสัดสวนที่เพิ่มขึ้นแทน กรดอะซิติกนอกจากจะถูกใช้เปนแหลงพลังงานที่สำคัญของรางกายสัตวแลว ยังถูกใช้เปนแหลงวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตไขมันนม (Milk fat) ดวย ส่วนกรดโพรพิโอนิกเปนกรดที่มีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับการรักษาปริมาณน้ำตาล (กลูโคส) ในเลือด และเปนวัตถุดิบในการสังเคราะหน้ำตาลแลคโตส

ในนม สำหรับกรดบิวทีริกที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนจะถูกเปลี่ยนเป็นเบต้า-ไฮดรอกซีบิวทีเรท (β-hydroxybu - tyrate) ในระหว่างที่ถูกดูดซึมผ่านผนังรูเมน แล้วเบต้า-ไฮดรอกซีบิวทีเรทจะเปลี่ยนต่อไปโดยเนื้อเยื่อ ต่างๆ โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ จนในที่สุดจะถูกเมแทบอไลซ์ต่อไปในวัฏจักรเครบส์ได้เป็นแห่งพลังงาน (บุญล้อม, 2546)



ภาพที่ 3 เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน
ที่มา: ฉลอง (2541)



ภาพที่ 4 การสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่ายจากไพรูเวทในกระเพาะรูเมน
ที่มา: McDonald *et al.* (2011)

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนกลูโคสให้เป็นกรดไขมันที่ระเหยง่ายเป็นแหล่งพลังงาน

ชนิดกรดไขมันระเหยได้	โมล/ โมลกลูโคส	ATP/โมลกรด	ATP/โมลกูโคส	ประสิทธิภาพ* (%)
Acetic acid	2	10	20	53
Propionic acid	2	17 (18)	34 (36)	90
Butyric acid	1	25 (26)	25 (26)	66

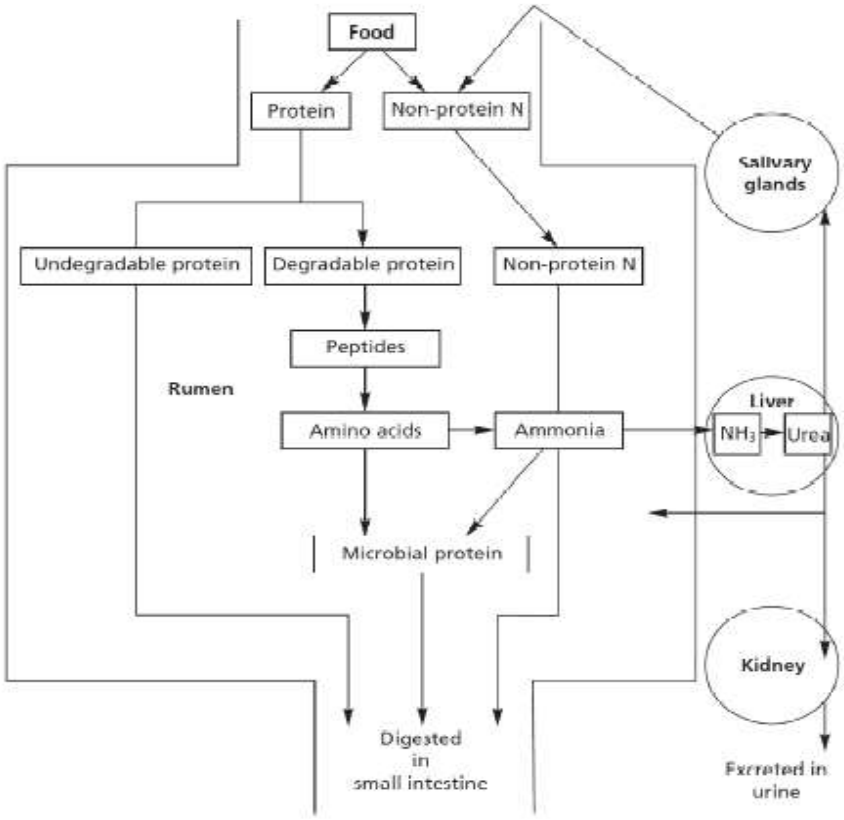
หมายเหตุ *คิดเทียบกับการเมแทบอไลซ์กลูโคสในร่างกายได้พลังงาน 38 ATP
ที่มา: บุญล้อม (2546)

1.7 เมแทบอลิซึมของโปรตีนในกระเพาะรูเมน

โปรตีนในอาหารสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ โปรตีนแท้ (True protein) และไนโตรเจนจากโปรตีนไม่แท้ (Non protein nitrogen; NPN) จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งโปรตีนได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนที่ไม่ใช้โปรตีนแท้ โดยจุลินทรีย์จะสามารถย่อยสลายในกระเพาะรูเมน โดยเปปไทด์ (Peptide) จะถูก utilize ต่อเป็นกรดอะมิโน จากนั้นจะผลิตแอมโมเนียและกรดอินทรีย์ต่างๆ โดยกระบวนการ Deamination แล้วถูกนำไปใช้ต่อไป เช่น นำแอมโมเนียไปสร้างเป็นจุลินทรีย์โปรตีน (Microbial protein) (คณิน และคณะ, 2551)

โดยที่จุลินทรีย์สามารถทำงานได้ดีในกระเพาะรูเมนในช่วงค่า pH 6.5 – 7.0 และมีอุณหภูมิระหว่าง 39 - 40°C นอกจากนี้ควรมีระดับแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ระหว่าง 4 – 5 mg% (Satter and Slyter, 1974) ซึ่งมีความสำคัญต่อแบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา ส่งผลให้สามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสมต่อการย่อย

อาหาร (เมธา, 2533; Czerkawski, 1986) ซึ่งพบว่ามีอัตราการย่อยสลายของอาหารที่แตกต่างกัน และสารไนโตรเจนที่ไม่ใช้โปรตีนไม่แท้มีอัตราในการย่อยสลายเร็วที่สุด ส่วนการย่อยและกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่เป็นเปปไทด์,กรดอะมิโน และแอมโมเนีย จะเกิดปฏิกิริยาการขจัดหมู่อะมิโนแบบออกซิเดชัน (Oxidative deamination) โดยอาศัยเอ็นไซม์จากจุลินทรีย์ได้เป็นแอมโมเนีย และกรดแอลฟาคีโตน (α - ketone acid) (บุญล้อม, 2527) จุลินทรีย์สามารถนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีน ทั้งนี้ยังพบว่า 80% ของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ถูกสังเคราะห์โดยการใช้แอมโมเนีย และอีก 20% ถูกสังเคราะห์โดยการใช้กรดอะมิโนโดยตรง ส่วน α - ketone acid อาจถูกสลายตัวต่อไป เพื่อใช้ในการสร้างสารประกอบอื่นๆ หรือเป็นแหล่งของพลังงาน (เมธา, 2533) (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 เมแทบอลิซึมของโปรตีนและไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน
ที่มา: McDonald *et al.* (2011)

1.8 ความต้องการอาหารและโภชนะของแพะ

อาหารที่แพะกินจะถูกย่อย และดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อนำไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย โภชนะที่แพะต้องการสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พลังงาน, โปรตีน, น้ำ, วิตามิน และแร่ธาตุ โดยโภชนะต่างๆ เหล่านี้จะถูกนำไปใช้เพื่อการดำรงชีพ (Maintenance requirement) เป็นความต้องการเพื่อให้ร่างกายสามารถดำเนินกิจกรรมได้อย่างเป็นปกติ นอกจากนี้จะถูกนำไปใช้เพื่อการให้ผลผลิต (Requirement for production) เช่น เพื่อการเจริญเติบโต การอุ้มท้อง การให้เนื้อ และการให้นม เป็นต้น (บุญนำพา, 2548) (ตารางที่ 3) มีหลายปัจจัย

เช่น สายพันธุ์ คุณภาพอาหารและสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อความต้องการพลังงานที่แตกต่างกัน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า แพะพันธุ์พื้นเมืองของไทยและแพะพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์แองโกลโนเบียน มีความต้องการพลังงาน 98.9 kcalME/kgBW0.75/วัน (Pralomkarn *et al.,* 1995) ในขณะที่แพะพันธุ์ West African มีความต้องการพลังงานเพื่อดำรงชีวิต 91.8 kcalME/kgBW0.75/วัน (Zemmelink *et al.,* 1991)

1) แพะต้องการพื้นที่ในการอยู่อาศัยประมาณ 1 ตารางเมตร/ตัว โดยส่วนใหญ่เกษตรกรมักแบ่งโรงเรือนออกเป็นคอกๆ แต่ละคอกจะขังแพะรวมกันเป็นฝูง โดยจะคัดขนาดของแพะให้มีขนาดใกล้เคียงกัน (สุรชน, 2531)

2) อาหารหยาบ ถือเป็นอาหารหลักที่สำคัญของสัตว์กระเพาะรวม โดยอาหารหยาบจะมีลักษณะที่มีเยื่อใยสูง (มากกว่า 18%) นอกจากนี้พบว่าปริมาณการกินอาหารของแพะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ด้วย แพะเนื้อในเขตร้อนมีความต้องการอาหารหยาบวันละประมาณ 10% ของน้ำหนักตัว โดยต้องการวัตถุแห้งประมาณ 400 – 1,200 กรัม/วัน (ศิริรัตน์, 2556)

3) แพะมีความต้องการอาหารข้นประมาณ 0.5 – 1 กิโลกรัม/วัน เนื่องจากอาหารข้นเป็นอาหารที่มีปริมาณของเยื่อใยที่ต่ำ (น้อยกว่า 18%) แต่มีความเข้มข้นของโภชนะต่อน้ำหนักสูง และสามารถย่อยได้ง่าย นอกจากนี้การเสริมอาหารข้นถือเป็นทดแทนโภชนะในส่วนที่ขาดไปเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (ปิ่น และคณะ, 2556)

4) แพะจำเป็นต้องได้รับแร่ธาตุที่จำเป็นเพื่อการดำรงชีพ และการเจริญเติบโตอย่างเหมาะสม แพะต้องการวิตามินเอประมาณ 400 – 4,700 IU/วัน วิตามินดีประมาณ 85 – 950 IU/วัน และแคลเซียมประมาณ 70 – 280 มิลลิกรัม/วัน (ศิริรัตน์, 2556)

ตารางที่ 3 ปริมาณความต้องการโภชนะของแพะเพื่อการดำรงชีพในสภาพขังคอก

น้ำหนักแพะ (กก.)	วัตถุแห้งที่กิน		โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (กรัม)	พลังงาน (เมกกะแคลอรี)			โปรตีน (กรัม)	
	กก.	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว		พลังงานย่อยได้	พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้	พลังงานสุทธิ	โปรตีนทั้งหมด	โปรตีนย่อยได้
10	0.28	2.8	159	0.70	0.57	0.32	22	15
20	0.48	2.4	267	1.18	0.96	0.54	38	26
30	0.65	2.2	362	1.59	1.30	0.73	51	35
40	0.81	2.0	448	1.98	1.61	0.91	63	43
50	0.95	1.9	530	2.34	1.91	1.08	75	51
60	1.09	1.8	608	2.68	2.19	1.23	86	59

ที่มา: NRC (1981)

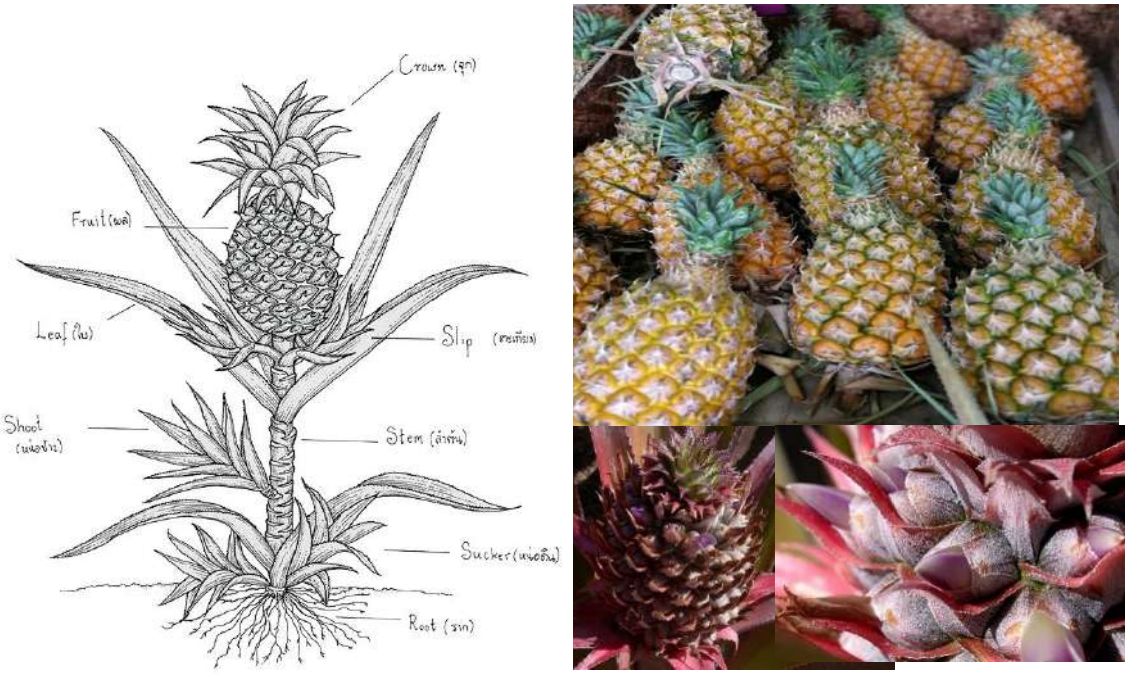
2. สับปะรด (Pineapple)

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ทั่วไป

สับปะรดมีจัดอยู่ในวงศ์ (Family): Bromeliaceae, จีนัส (Genus): Ananas, สปีชีส (Species): Comosu ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ananascomosus* (Linn.) Merr. ชื่อสามัญ: Pineapple ชื่อท้องถิ่น:สับปะรด (ภาคกลาง) บ่อนัด มะขะนัด มะนัด (ภาคเหนือ) บักนัด (ภาคอีสาน) ขนุนทอง ยานัด ย่านนัด (ภาคใต้)

สับปะรดเป็นไม้ล้มลุกมีอายุหลายปี สามารถสูงได้ถึง 1–2 เมตร มีลักษณะใบเรียงเป็นวง ลำต้นสั้น หนา และรูปทรงกระบอง อาจยาวได้ถึง 50 ซม. มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5–8 ซม. โคนแคบกว่านี้เล็กน้อย ส่วนใบจะมีสีเขียวอมเทาหรือแดง ส่วนมากมี 30–50 เรียงเป็นกระจุกซ้อน เรียวยาวและมีปลายแหลมคม ส่วนใบกว้างประมาณ 4 ซม. อาจยาวได้ถึง 1 เมตร ขอบมีหนามแหลมหรือเรียบในบางสายพันธุ์ แผ่นใบด้านล่างมีขน ด้านบนเป็นร่องเพื่อรับน้ำให้ไหลลงสู่ลำต้นใต้ดิน สำหรับดอกมีลักษระเรียงบนแกนช่อคล้ายช่อกระจะ (Raceme) พัฒนามาจากเนื้อเยื่อที่ปลายลำต้น มีได้ถึงจำนวน 200 ดอก ก้านช่อยาวได้ถึง 50 ซม. ส่วนตัวช่อดอกยาว 20–30 ซม. โคนมีใบประดับ 5–7 ใบ ส่วนมากมีสีแดง แต่ละดอกมีใบประดับย่อยหนา 1 ใบ โคนเชื่อมติดกัน ดอกบานจากโคนเรียงเวียนสู่ปลายช่อ ดอกคล้ายดอกในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวทั่วไป มีกลีบเลี้ยงและกลีบดอกจำนวนอย่างละ 3 กลีบ เรียงซ้อนเหลื่อม กลีบดอกช่วงปลายกลีบสีม่วง โคนกลีบสีขาว กลีบรูปขอบขนาน เรียงชิดติดกันคล้ายเป็นหลอด ยาวประมาณ 1.5 ซม. ดอกจะเปิดกว้างในเวลากลางคืน เกสรเพศผู้ 6 อัน เรียง 2 วง รังไข่มี 3 ช่อง แต่ละดอกเชื่อมติดกัน เกสรเพศเมีย 1 อัน ยาวกว่าเกสรเพศผู้เล็กน้อย ยอดเกสรแยกออกเป็น 3 แฉก

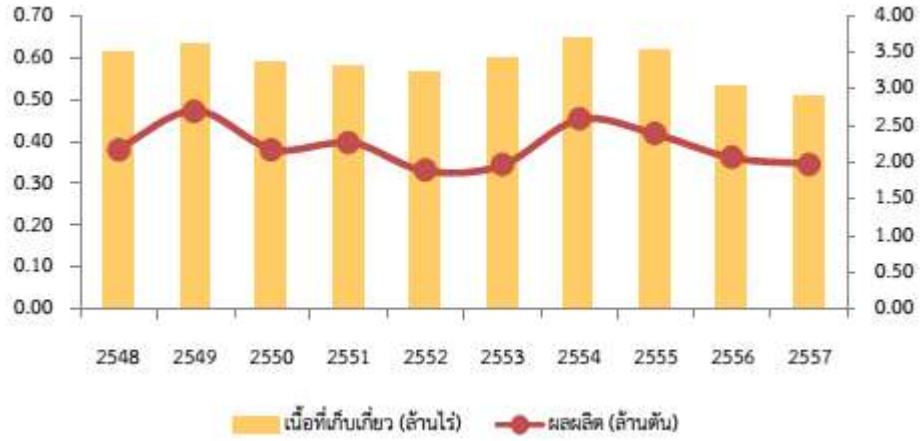
นอกจากนี้ผลของสับปะรดจัดเป็นผลรวมที่เกิดจากดอกที่เชื่อมติดกัน โดยในสายพันธุ์ที่ปลูกส่วนมากไม่มีเมล็ด เนื่องจากไม่มีการผสมเกสร (Parthenocarpy) แต่อาจมีร่องรอยของเมล็ดที่ไม่พัฒนาปรากฏอยู่ หรืออาจพบเพียง 1–2 เมล็ด ผลรูปทรงกระบอก ยาวได้ถึง 30 ซม. ปลายผลมีกระจุกใบ 20–30 ใบ ไขขาวทั่วไป ผลย่อยรูปประมาณ 5 เหลี่ยม หรือเรียกว่า ตาสับปะรด ที่มีลักษณะสีเขียวอมเหลืองหรือแดง เนื้อฉ่ำสีขาวหรือเหลือง ซึ่งเมล็ดจะมีขนาดเล็ก เรียวยาว กว้าง 1–2 มม. ยาว 3–5 มม. ผิวสีน้ำตาล (ภาพที่ 6) (Herbarium News, 2017)



ภาพที่ 6 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสับปะรด
ที่มา: ราชัน และ มสารกา (2561)

2.2 สถานการณ์ด้านการผลิตสับปะรด

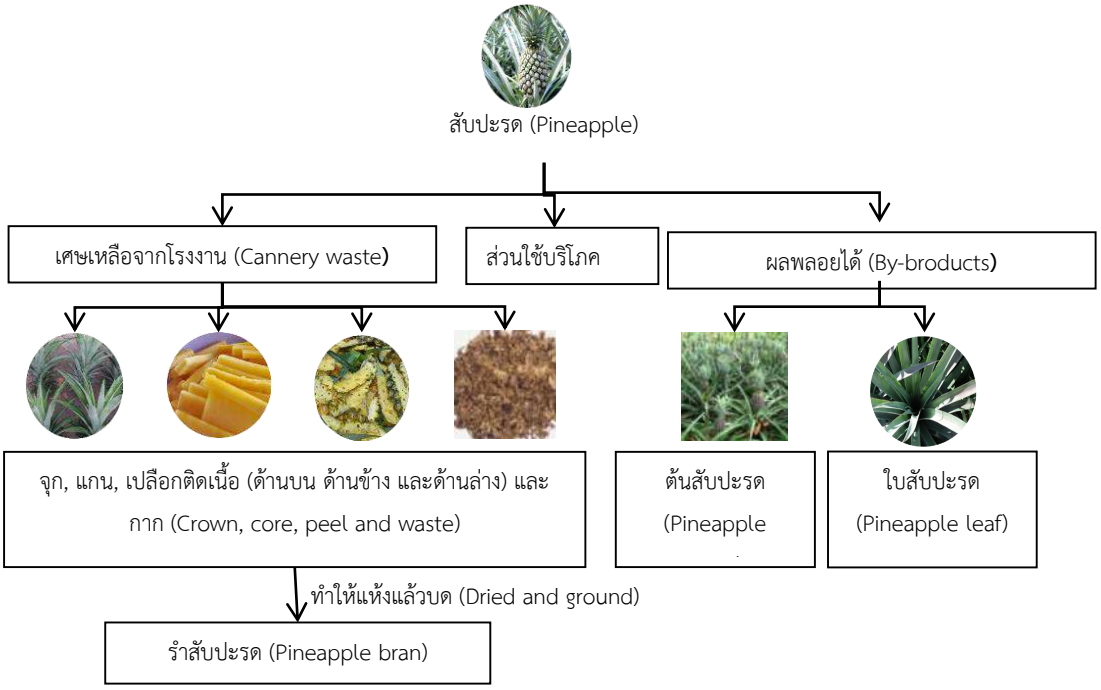
ในปัจจุบันการปลูกสับปะรดในประเทศไทย จากสถิติข้อมูลจากศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่า เนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตของสับปะรดในปี พ.ศ.2554-2557 มีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ร้อยละผลผลิตสับปะรดโรงงานมีปริมาณเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 7) แสดงให้เห็นว่าปริมาณเศษเหลือจากโรงงานสับปะรดจะมีปริมาณที่เพิ่มด้วยเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตาม ในปี พ.ศ. 2558 พบว่า จำนวนผลผลิตสับปะรดในปี 2558 ทั้งหมดมีประมาณ 1,825,195 ตัน โดยปลูกมากที่ภาคกลาง (1,437,828 ตัน), ภาคเหนือ (259,073 ตัน), ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (108,172 ตัน), และภาคใต้ (20,122 ตัน) ตามลำดับ



ภาพที่ 7 เนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิตของสับปะรดในปี พ.ศ. 2554-2557
ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2557)

2.3 การแปรรูปสับปะรด

สับปะรดหนึ่งผลจะหนักประมาณ 1,754.4 กรัม/ผล ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 3,870.00 กิโลกรัม/ไร่ สับปะรดหนึ่งผลเมื่อเข้าแปรรูปในโรงงาน จะมีเศษเหลือใช้จากการทำสับปะรดกระป๋องประมาณ 1,228.1 กรัม/ผล ผลพลอยได้จากการปลูกสับปะรดจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และเพชรบุรีมีพื้นที่ปลูกสับปะรดมากกว่า 6 แสนไร่ จากพื้นที่ปลูก 1 ไร่ จะได้เปลือกสับปะรดเฉลี่ย 2,700.55 กิโลกรัม หรือถ้าคิดเป็นปริมาณเปลือกทั้งประเทศประมาณ 2.8 ล้านตัน ส่วนของใบสับปะรดประมาณ 4.0 ล้านตันและจุกประมาณ 0.370 ล้านตัน (สมบัติ และคณะ, 2539) เศษเหลือ และผลพลอยได้เหล่านี้จะมีออกมากทุกปีระหว่าง เดือนเมษายนถึงมิถุนายน และระหว่าง พฤศจิกายนถึงมีนาคม ส่วนในช่วงเวลาอื่นจะมีปริมาณน้อย ซึ่งส่วนใหญ่ผลผลิตจากการปลูกนี้จะถูกนำส่งเข้าโรงงานแปรรูปสับปะรด เป็นจำนวนมาก จึงส่งผลให้เกิดเป็นเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น เปลือก, ใบ, จุก และ ก้าน เป็นต้น (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 การแปรรูปสับปะรด

ที่มา: ดัดแปลงจาก จินดา (2547)

2.3 องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรด

เศษเหลือจากสับปะรดมักจะนำมาใช้เลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนมากอยู่แล้ว ทั้งการให้สัตว์กินแบบหมัก แบบแห้ง หรือผสมกับอาหารข้น เป็นต้น การปลูกสับปะรดในพื้นที่ 1 ไร่ จะได้ผลพลอยได้เป็นเปลือกสับปะรดประมาณ 2.7 ตัน (สมบัติ และคณะ, 2539) โดยทั่วไปองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับปะรดสดจะมีปริมาณน้ำอยู่สูง ซึ่งจะมีวัตถุแห้งประมาณ 10-12% มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 3.2-3.4 (Perez and Hsu, 1973) มีค่าโภชนะย่อยได้ (Total Digestible Nutrients, TDN) 65-74% นอกจากนี้มีปริมาณโปรตีน, แร่ธาตุและวิตามินอีต่ำ (Muller, 1974; Muller, 1975; จินดา, 2547) ปริมาณน้ำตาลที่พบส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครส (70%) กลูโคส (20%) และ ฟรุคโตส (10%) (Muller, 1978) นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์โบรมิเลน (Bomelain) อีกทั้งเป็นวัตถุดิบที่มีความเป็นกรดสูงที่จะสามารถช่วยย่อยอาหารได้ดียิ่งขึ้น ส่วนต้นและใบสับปะรดเป็นเศษเหลือที่หาได้ง่ายในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ใบสับปะรดเป็นส่วนประกอบของลำต้น เกษตรกรจะตัดต้นทิ้งหลังจากการเก็บผลสดแล้ว ใบสับปะรดจึงเป็นสิ่งเหลือทิ้งหรือผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีเกือบตลอดปี และจะมีมากในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมิถุนายน เนื่องจากเป็นช่วงที่เกษตรกรส่วนใหญ่เก็บผลผลิตส่งโรงงานซึ่งตรงกับช่วงฤดูแล้งที่เกษตรกรขาดแคลนหญ้าสดสำหรับเลี้ยงสัตว์ และนอกจากนี้เศษเหลือจากโรงงานสับปะรดยังมีในส่วนของกากสับปะรดที่เหลือจากการคั้นเอาส่วนน้ำออกจากส่วนเนื้อของสับปะรดจึงทำให้เกิดเศษเหลือซึ่งมีปริมาณมาก องค์ประกอบทางเคมีของใบสับปะรดจะมีโปรตีน 8.47%, เยื่อใย 17.89%, ADF 25.87% และ Neutral Detergent Fiber (NDF) 42.28% (วารุณี และ วลัยกานต์, 2541) และองค์ประกอบทางเคมีของกากสับปะรดจะมีโปรตีน 4.33%, เยื่อใย 31.15%, ADF 42.34% และ NDF 83.65% (อาทิตย์ และ ศรเทพ, 2556) (ตารางที่ 4 และ 5)

ตารางที่ 4 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 และวิภา (2528)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับปะรดจากโรงงาน (% วัตถุแห้ง)

โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	NFE	เอกสารอ้างอิง
6.90	0.90	17.80	4.00	70.40	FAO (1983)
4.80	1.90	25.5	4.50	63.30	Khajiarern (1984)
3.74	3.81	12.72	3.99	77.72	ชวนิศดากร (2526)
6.44	1.84	13.96	6.81	52.92	จินดา และคณะ (2528)
6.00	3.81	14.81	6.81	68.54	จินดา และคณะ (2542)

หมายเหตุ: NFE = Nitrogen free extract

ที่มา: จินดา (2547)

3. การทำพืชหมัก (Silage)

หญ้าหมักหรือพืชอาหารสัตว์หมัก หมายถึง พืชอาหารสัตว์ต่างๆ เช่น ต้นข้าวโพด, ต้นข้าว ฟ่าง, หญ้า และถั่วต่างๆ ที่เก็บเกี่ยวในขณะที่มีความชื้นพอเหมาะนำมาเก็บไว้ในสภาพไรออกซิเจนใน ภาชนะปิดและเก็บถนอมไว้ในสภาพอวบน้ำจนเกิดสภาพหมักดองเมื่อพืชอาหารสัตว์สดๆได้เปลี่ยน สภาพเป็นหญ้าหมักได้โดยการรักษาเนื้อเยื่อพืชไม่ให้เน่าเปื่อยเกิดจากกระบวนการซึ่งอาศัย เชื้อจุลินทรีย์บางชนิด เช่น แบคทีเรียในกลุ่มแล็กโตบาซิลัสและแบคทีเรียกลุ่มนี้จะย่อยแป้งในต้น, ใบ หรือเมล็ดพืชและเปลี่ยนให้เป็นกรด เรียกว่า กรดแลคติก (Lactic acid) กรดที่เกิดขึ้นนี้เป็นสารที่ช่วย รักษาเนื้อพืชไม่ให้เน่า การหมักแบบนี้เกิดขึ้นในที่ที่ไร้อากาศ (Anaerobic) โดยใช้หลุมหมักซึ่งเรียกว่า ไซโล (Silo) การทำหญ้าหมักมีกระบวนการตรงข้ามกับการทำหญ้าแห้งเพราะการทำหญ้าแห้งอาศัยกระบวนการไล่ความชื้นออกจากพืช แต่การทำหญ้าหมักต้องการรักษาความชื้นไว้ (กรมปศุสัตว์, 2547)

นอกจากนี้การทำหญ้าหมักต่างจากปุ๋ยหมัก ตรงที่การทำปุ๋ยหมักนั้นเชื้อราจุลินทรีย์จะย่อยสลายเนื้อเยื่อของพืชจนเน่าเปื่อยปลดปล่อยแร่ธาตุให้ พืชดูดซึมเป็นปุ๋ยได้ซึ่งหญ้าหมักจะช่วยทำให้คุณค่าทางอาหารของพืชเหล่านั้นคงอยู่สามารถถนอมไว้ ใช้ได้ในช่วงที่ขาดแคลนหญ้าสดพืชอาหารสัตว์ที่นำมาใช้ในการหมักได้มาจากพืชอาหารสัตว์ที่มีอยู่ มากมายในช่วงฤดูฝนซึ่งเจริญงอกงามดีและมีปริมาณมากเกินพอสำหรับสัตว์เลี้ยงนอกจากนี้ยังไม่สามารถเก็บไว้ใช้ในยามขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ได้ (กรมปศุสัตว์, 2547)

3.1 พืชที่เหมาะสมต่อการทำพืชหมัก

สำหรับพืชที่จะเหมาะทำพืชหมักนั้นสิ่งสำคัญต้องมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate; WSC) ในระดับที่เพียงพอต่อการหมักเปรี้ยว โดยต้องมีไม่ต่ำกว่า 18% ถ้าระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้มีน้อยกว่า 10% ของวัตถุแห้ง อาจจะไม่สามารถทำพืชหมักได้ เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria; LAB) จะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่มีอยู่ในพืชได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติค (Lactic acid) และกรดอะซิติค (Acetic acid) ส่งผลทำให้พืชหมักมีค่า pH ลดลงประมาณ 4.2 หรืออาจต่ำกว่านั้น (จันทกานต์, 2545)

นอกจากนี้พืชชนิดนั้นต้องมีค่าของ Buffering capacity ต่ำ แสดงว่าพืชนั้นมีความต้านทานต่อการลดลงของ pH ได้น้อยจะทำให้พืชหมักเป็นกรดเร็วขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งในพืชสดจะต้องมีมากกว่า 20% ขึ้นไป โดยพบว่าระดั วัตถุแห้งที่เหมาะสมในการทำพืชหมักคืออยู่ระหว่าง 30-35% และถ้าสูงกว่านี้จะมีผลทำให้การอัดแน่นไม่ดีและก่อให้เกิดราได้ง่าย สำหรับลักษณะทางกายภาพของพืชในด้านโครงสร้างจะต้องเหมาะสมต่อการอัดแน่นการสับให้มีชิ้นขนาด 1-5 ซม. จะทำให้การอัดแน่นได้ดี ซึ่งวัตถุแห้งในพืชมีส่วนสัมพันธ์ด้วย (กรมปศุสัตว์, 2547)

3.2 มาตรฐานทางกายภาพของพืชหมัก

พืชหมักที่ดีควรมีลักษณะดังนี้ คือ มีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆคล้ายผลไม้ดองไม่มี กลิ่นเหม็นเน่าหรือกลิ่นฉุนของแอมโมเนีย (NH_3) เนื้อของพืชหมักต้องไม่เป็นเมือกเนื้อไม่เละไม่มีรา หรือส่วนที่บูดเน่า ถ้ามีสีขาวเป็นเส้นกระจายบนอาหารหมักแสดงว่าเกิดราคุณภาพอาหารหมักจะด้อยลง สำหรับสีของพืชหมักควรมีสีเหลืองอมเขียว ถ้าปรากฏเป็นสีน้ำตาลไหม้หรือดำแสดงว่าเกิดความร้อนมากในขณะหมักทำให้สารอินทรีย์สลายตัวนับเป็นการสูญเสียทางโภชนะหรือธาตุอาหาร ซึ่งถ้าพืชหมักเป็นสีดำไม่ควรนำไปให้สัตว์กินและค่าความเป็นกรดด่างของอาหารหมักควรมีค่า pH อยู่ ในช่วง 3.5-4.2 เมื่อทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส (กรมปศุสัตว์, 2547) (ภาพที่ 9)

ภาพที่ 9 ลักษณะพืชหมัก
ที่มา: Bolinger (2017)

3.3 มาตรฐานทางเคมีของพืชหมัก

พืชหมักควรมีค่า pH อยู่ในระหว่าง 3.5-4.2 สำหรับปริมาณกรดอินทรีย์โดยมีกรดแลกติกอยู่ในปริมาณมาก มีกรดอะซิติกเป็นส่วนน้อย และไม่ควรมีกรดบิวทีริก หรือมีน้อยที่สุด พืชหมักที่ดีไม่ควรเปรี้ยวเกินไปและควรมีสัดส่วนของกรดต่างๆดังนี้ คือ มีกรดแลกติก 1.5-2.5%, กรดอะซิติก 0.5–0.8% และกรดบิวทีริกน้อยกว่า 0.1% (กรมปศุสัตว์, 2547)

3.4 ปัจจัยที่มีผลต่ออาหารหมัก

1) ชนิดและอายุพืชขณะตัด เช่น ข้าวโพด ควรตัดช่วงที่ระยะฝักเป็นน้ำนมและก่อนเมล็ดจะแข็ง เพราะมีคาร์โบไฮเดรตสูง

2) ขนาดของชิ้นพืชที่หมักการสับพืชให้มีขนาดเล็กจะทำให้สามารถอัดได้แน่นเพื่อไล่อากาศได้ดี และยังทำให้น้ำตาลถูกปล่อยออกมาได้เร็วซึ่งจะช่วยท้าให้เกิดกรดแลคติคเร็วขึ้น และชิ้นส่วนของพืชยังผสมคลุกเคล้ากันได้ทั่วถึงอย่างดี

3) ระดับความชื้นในพืชหมักระดับความชื้นที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 65-70% ถ้าความชื้นสูงเกินไปหรือมีน้ำสูงเกินไปจะทำให้พืชหมักที่ได้มีคุณภาพเลวเพราะของเหลวที่ไหลออกมา จากพืชที่กำลังหมักอยู่จะทำให้สูญเสียกรดและโภชนะที่มีประโยชน์ต่อสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่งคาร์โบไฮเดรตในพืชที่มีโปรตีนสูงการสูญเสียกรดแลคติคโดยวิธีนี้จะทำให้สภาพภายในหลุมหมักเหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า นอกจากนี้ความชื้นสูงจะเจือจางกรดแลคติคทำให้เวลาที่ pH จะลดลง ถึง 4.2 ต้องล่าช้าออกไป และสารอาหารหรือโภชนะที่ควรจะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ต้องนำมาใช้ในการผลิตกรดแลคติคเพิ่มขึ้นอีก หรือในทางตรงกันข้ามกรดแลคติคที่ผลิตได้อาจถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นกรดบิวทีริคซึ่งเป็นกรดที่มีกลิ่นเหม็นทำให้คุณภาพพืชหมักเลวลง (มีปริมาณกรดบิวทีริคมากกว่ากรดแลคติค) ทำให้สัตว์ไม่ชอบกิน (กรมปศุสัตว์, 2547)

3.5 กระบวนการหมักในพืชหมัก (Fermentation)

การเปลี่ยนแปลงของช่วงหมัก แบ่งได้ 5 ระยะ (กรมปศุสัตว์, 2547)

1) พืชที่นำมาหมักต้องทำการตัดหรือสับให้มีขนาดเล็กจากนั้นใส่ถังหมักหรือหลุมหมัก จากนั้นอัดให้แน่นและทำการดูดอากาศออกให้ได้มากที่สุดซึ่งภายหลังการปิดถังหมักเซลล์พืชยังคง หายใจอย่างต่อเนื่องโดยใช้ออกซิเจนที่เหลืออยู่เช่นเดียวกับแบคทีเรียที่ใช้ก๊าซออกซิเจนเพื่อย่อยสลาย พวกคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้

จนกระทั่งถึงระยะที่ออกซิเจนหมดไปซึ่งผลผลิตที่ได้จากกระบวนการนี้ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, น้ำ และความร้อน ถ้าอุณหภูมิในหลุมสูงเกิน 38 °C ดังสมการ

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_2H_5OH + CO_2$$

พืชหมักจะคุณภาพแย่ลงในระยะนี้ใช้เวลา 1-2 วันหลังปิดถังหมักซึ่งโดยปกติแล้ว ก๊าซออกซิเจนจะถูกใช้หมดภายใน 4-5 ชั่วโมง หากลดช่วงเวลานี้ให้สั้นลงได้เท่าไหร่ความสูญเสียสารอาหารก็น้อยลงเพราะคาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยสลายใช้หมดไป และเกิดเป็นความร้อนและน้ำ ซึ่งทำให้ความน่ากินของพืชหมักลดลง โปรตีนบางส่วนอาจสูงถึง 50% ถูกย่อยสลายไปเป็นแก๊สแอมโมเนีย

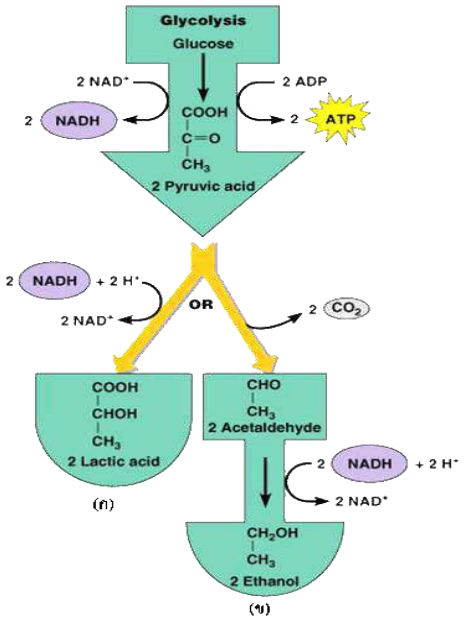
การหมักที่สมบูรณ์จะทำให้ความเป็นกรดเพิ่มขึ้น และหยุดยั้งกระบวนการย่อยสลายโปรตีน (Proteolysis) ในกระบวนการหมัก ถ้าอาหารหยาบมีความชื้นน้อยก็อาจเกิดผลเสียเช่นเดียวกันเพราะจะทำให้เกิดความร้อนสูง เนื่องจากกระบวนการหมักไม่สมบูรณ์ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเมล์ลาร์ด (Maillard reaction) กับโปรตีนโปรตีนจะเปลี่ยนโครงสร้างโดยไปรวมกับคาร์โบไฮเดรตเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ย่อยสลายสิ่งต่างๆเหล่านี้ที่เกิดขึ้นจะทำให้อาหารหยาบหมักที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ของพลังงานและโปรตีนต่างๆ

2) ระยะที่เกิดกรดอะซิติก (Acetic acid) ระยะนี้จะเกิดขึ้นหลังจากก๊าซออกซิเจนถูกจำกัดหมดแล้ว และเซลล์พืชตายแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเริ่มย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำกับโปรตีนบางชนิดให้กลายเป็นกรดอะซิติกและกรดที่เกิดขึ้นจะทำให้ pH ลดลงจาก 6.0 ถึง 4.2 เมื่อค่าความเป็นกรดลดไปถึงระดับนี้แบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติกจะเริ่มถูกทำลายระยะนี้จะเกิดขึ้น ตั้งแต่วันที่ 2 -4 หลังปิดหลุมหมักปกติจะใช้เวลาประมาณ 24 ถึง 72 ชั่วโมง

3) ระยะเริ่มผลิตกรดแลคติคเป็นระยะที่มีความสำคัญมากเพราะแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคจะเริ่มทำงานในวันที่ 3 หลังปิดหลุมหมักขณะที่กรดอะซิติคเริ่มลดลงแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคเพิ่มปริมาณขึ้นและกรดแลคติคก็เพิ่มขึ้นกรดแลคติคเป็นกรดที่มีประโยชน์ ซึ่งโคนมสามารถนำไปสร้างเป็นพลังงานได้แบคทีเรียอาจใช้โภชนะในพืชหมักมากถึง 10% ในการสร้างกรดนี้ ถ้ากระบวนการหมักเกิดขึ้นสมบูรณ์กรดแลคติคจะทำให้ความเป็นกรดเพิ่มขึ้นค่า pH ลดลงไปถึง 4.2 หรือต่ำกว่า

4) ระยะผลิตกรดแลคติคอย่างต่อเนื่องการผลิตกรดแลคติคจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไปอีกประมาณ 2 สัปดาห์หรือมากกว่าอุณหภูมิเริ่มลดลงเหลือประมาณ 26-27 °C และ pH ลดลงที่ระดับ 3.8 ซึ่งส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงและหยุดหรือสิ้นสุดลง

5) ระยะเก็บรักษาถ้าทุกอย่างเป็นไปด้วยดี พืชหมักจะยังคงเป็นพืชหมักที่เก็บไว้ในรูปหมักดองไปได้นานโดยอาศัยกรดแลคติคป้องกันไม่ให้เกิดการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตต่อไปอีก แต่ถ้ากรดแลคติคมีปริมาณน้อยกรดบิวทีริคก็จะถูกสร้างขึ้นมาและโปรตีนจะถูกเปลี่ยนแปลงไปทำให้พืชหมักจะเกิดการสูญเสียขึ้น (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 กระบวนการที่เกิดขึ้นในการหมัก (ก) = กระบวนการหมักกรดแลกติก, (ข) = กระบวนหมักแอลกอฮอล์
ที่มา: โสภาพรรณ (2555)

4. อาหารผสมเสร็จ (Total mixed ration; TMR) และอาหารผสมเสร็จหมัก (Fermented total mixed ration; FTMR)

การให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องในปัจจุบันได้มีการให้อาหารแบบอาหารผสมเสร็จ (Total mixed ration; TMR) เป็นการนำอาหารหยาบและอาหารข้นมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยอาหารหยาบจะผ่านการหมักหรือไม่หมักก็ได้ทำการผสมให้เข้ากันและนำไปเลี้ยงสัตว์ทันที โดยต้องคำนวณสัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิดจากน้ำหนักแห้งให้ได้ตรงตามความต้องทางโภชนะการของสัตว์ และทำการผสมอาหารข้นก่อนนำไปเลี้ยงสัตว์แต่อาหารผสมเสร็จมีข้อจำกัดทางด้านอายุการจัดเก็บรักษา แต่ช่วยลดปัญหาการเลือกกินในสัตว์ได้ ดังนั้นจึงได้มีการปรับระบบการจัดการอาหารในรูปแบบอาหารผสมเสร็จหมัก (Fermented total mixed ration; FTMR) เป็นการหมักโดยการนำอาหารข้นและอาหารหยาบผสมกัน และทำการหมักตามระยะเวลาที่กำหนดเพื่อ เป็นการถนอมอาหารให้เก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น ซึ่งเหมาะกับสภาพอากาศในประเทศไทยที่ในช่วงฤดูแล้งมักจะเกิดปัญหาขาดแคลนอาหารหยาบ ซึ่งที่ผ่านมาเกษตรกรจึงแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบ โดยมักจะเก็บถนอมรักษาในรูปพืชแห้ง (Hay) และพืชหมัก (Silage) (พรพรรณ และคณะ, 2560) ปัจจุบันมีบริษัทผลิตอาหารผสมสำเร็จรูปออกมาจำหน่ายทั้งในรูปอาหารผสมสำเร็จรูปอัดเม็ด อาหารผสมสำเร็จรูปแบบผง หรืออาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก (วิโรจน์, 2560)

ลักษณะของอาหารผสมเสร็จที่ดี อาหารผสมเสร็จหรืออาหารผสมเสร็จพืชหมัก (TMR) อาหารจะแปรไปตามวัตถุดิบอาหารหยาบหลักที่เลือกใช้ เช่น หญ้า, ข้าวโพด, เปลือกสัปปะรด และฟางข้าว เป็นต้น แต่พื้นฐานการผลิตอาหารผสมเสร็จสดผลิตและให้สัตว์กินต่อวัน ควรมีความสดใหม่หอมและสัตว์สามารถกินได้ (วิโรจน์, 2560) (ตารางที่ 6 และ ภาพที่ 11)

ตารางที่ 6 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของอาหารผสมเสร็จที่ดี

ลักษณะทางกายภาพ	ลักษณะทางเคมี
1) มีสีน้ำตาล เขียวอ่อนถึงเข้ม มีกลิ่นหอมเปรี้ยว	1) มีค่า pH 3.5-4.2
2) ไม่มีกลิ่นอับหรือมีเชื้อราขาวหรือราดำ	2) แอมโมเนีย 8-10% ของไนโตรเจนทั้งหมด
3) ขนาดชิ้นขั้นต่ำ 1 เซนติเมตร – 1 นิ้ว เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อให้สัตว์ไม่สามารถเลือกกินได้	3) เยื่อใย NDF 28-40%
4) มีความชื้น ประมาณ 35-60% หรือวัตถุแห้ง 40%	4) โปรตีนในอาหาร 14-16% และมีค่าบายพาสโปรตีน 35-40% ของโปรตีนรวม
	5) ค่าไขมันขั้นต่ำ 3 %

ที่มา: วิโรจน์ (2560)

ภาพที่ 11 ลักษณะทางกายภาพของอาหารผสมเสร็จ (TMR)
ที่มา : สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ (2560)

5. ผลของการใช้อาหารหมักผสมเสร็จ (TMR) และ อาหารผสมเสร็จหมัก (FTMR)ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Yuangklang *et al.* (2004) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักในโคเพศผู้เจาะกระเพาะ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในโคที่ได้รับอาหาร FTMR มีค่าสูงกว่าโคที่ได้รับอาหาร TMR เนื่องจาก FTMR มีความน่ากินเมื่อนำให้สัตว์มีค่าการย่อยได้สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารผสมครบส่วน

พิชาด และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาชนิดและขนาดของอาหารหยาบในอาหาร FTMR ต่อการกินได้ การย่อยได้และจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของแกะ พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ในแกะที่เลี้ยงด้วยอาหาร FTMR จากฟางข้าวละเอียดมีค่าสูง แม้ว่าปริมาณการกินได้ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวไม่ความแตกต่างกันทางสถิติ

ภูวดล และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันและหญ้าเนเปียร์ในอาหารผสมเสร็จ (TMR) ร่วมกับไขมันไหลผ่านต่อสมรรถภาพการผลิตของโคขุนพบว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR ที่มีทางใบปาล์มมีแนวโน้มการกินได้ของวัตถุแห้งและการกินได้เมแทบอลิกสูงกว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR ที่มีหญ้าเนเปียร์

แต่โคกลุ่มที่ได้รับอาหร TMR หญ้าเนเปียร์กลับมีแนวโน้มของการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารที่ดีกว่า

ไกรสิทธิ และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาการใช้ฟางข้าวบดเป็นแหล่งเยื่อใยสำหรับโครีดนม ซึ่งฟางข้าวจัดเป็นเศษเหลือทางการเกษตรมีการทดลองการเปรียบเทียบการกินได้ของอาหาร FTMR และอาหาร TMR ที่ให้โคกิน พบว่าโคกินอาหาร TMR จากฟางข้าวบดต่ออาหารข้นในอัตราส่วน 20:80 ได้ดีกว่าอาหาร FTMR จากฟางข้าวบดต่ออาหารข้นอัตราส่วน 20:80 (ความชื้น 45%) เนื่องจากผลจากกรดในอาหารหมัก แต่อย่างไรก็ตาม โคที่ได้รับอาหาร FTMR และ TMR มีอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณอาหารที่กินได้ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

สไบพร และพิชาด (2558) ได้ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนะและคุณภาพของใบอ้อยและฟางข้าวในอาหาร FTMR ต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของแกะ พบว่า แกะที่ได้รับอาหาร FTMR จากใบอ้อยและฟางข้าวมีปริมาณการกินได้และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ไม่แตกต่างกัน ยกเว้น แกะที่ได้รับอาหาร FTMR จากใบอ้อยหยาบมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุสูงกว่าอาหาร FTMR จากใบอ้อยละเอียด (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ผลของอาหาร FTMR ต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ของแกะ

สิ่งที่ศึกษา	อาหาร FTMR				SEM
	FTMR 1	FTMR 2	FTMR 3	FTMR 4	
ปริมาณการกินได้ (กก./วัน)	1.36	1.45	1.32	1.52	0.11
สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (%)					
วัตถุแห้ง	79.64^{a}	71.82^{b}	77.70^{a}	82.71^{a}	29.87
อินทรียวัตถุ	63.70^{a}	43.04^{c}	58.13^{b}	61.48^{ab}	19.53
โปรตีนหยาบ	71.78	63.66	69.43	70.83	59.32
เยื่อใย NDF	49.97	49.04	49.58	48.91	15.89
เยื่อใย ADF	49.29	45.72	46.68	46.48	50.65

หมายเหตุ : ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) NDF = Neutral detergent fiber, ADF = Acid detergent fiber, FTMR1= อาหารผสมเสร็จหมักฟางข้าวละเอียด, FTMR2 = อาหารผสมเสร็จหมักใบอ้อยละเอียด, FTMR3 = อาหารผสมเสร็จหมักฟางข้าวหยาบ, FTMR4 = อาหารผสมเสร็จใบอ้อยหยาบ, SEM = Standard error of mean

ที่มา: สไบพร และพิชาด (2558)

มาเหยด (2559) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักในสูตรอาหาร TMR ต่อสมรรถภาพการผลิตของแพะ พบว่ามี ปริมาณการกินได้ของแพะในอาหาร TMR แต่ละสูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยแพะสามารถกินอาหาร TMR 1 และอาหาร TMR 2 ได้มาก อาจเนื่องมาจากค่า ADF ที่ต่ำกว่า แสดงว่ามีสัดส่วนของลิกนินน้อยลงทำให้การย่อได้ในกระเพาะหมักสูงกกว่าอาหาร TMR กลุ่มอื่นๆ ส่วนสาเหตุที่แพะกินอาหาร TMR 3 ได้น้อยนั้น เนื่องจากค่า NDF ที่สูงกว่าอาหาร TMR กลุ่มอื่นๆ จึงมีความฟ่ามและต้องใช้พื้นที่ความจุในกระเพาะหมักมากกว่าอาหารกลุ่มอื่นๆ ทำให้แพะมีความสามารถในการกินที่น้อยลง นอกจากนี้โดยแพะที่ได้รับอาหาร TMR 1 และอาหาร TMR 2 มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มกว่าอาหาร TMR กลุ่มอื่นๆ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ผลของอาหาร TMR จากหญ้าเนเปียร์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะลูกผสม

สิ่งที่ศึกษา	อาหาร				SEM
	กลุ่มควบคุม	TMR 1	TMR 2	TMR 1	
ปริมาณการกินได้ (กรัม/ตัว/วัน)	400.83^{ab}	426.82^{a}	416.32^{a}	377.04^{b}	5.52
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก./ตัว)	4.29^{c}	5.46^{a}	5.16^{ab}	4.95^{b}	7.63
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	51.05^{c}	64.98^{a}	61.43^{ab}	58.90^{b}	7.63
อัตราการแลกเนื้อ	11.66^{b}	9.32^{a}	9.76^{a}	9.24^{a}	9.54
ต้นทุน (บาท/ตัว/วัน)	4.24^{c}	2.99^{b}	2.64^{a}	2.68^{a}	6.42

หมายเหตุ : ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$), อาหารควบคุม =อาหารข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว: หญ้าหมักอย่างเต็มที่, อาหาร TMR 1= อาหารข้น 85%:หญ้าหมัก 15%, อาหาร TMR 2 = อาหารข้น 80%: หญ้าหมัก 20%, อาหาร TMR 3 = อาหารข้น 75%: หญ้าหมัก 25%

ที่มา: มาเหยด (2559)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดต่อการย่อยได้ในหลอดทดลอง (*In vitro* digestibility), และผลผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (gas production)

1. แผนการทดลอง

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

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ อาหาร FTMR จากใบสับปะรด

กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ อาหาร FTMR จากกากสับปะรด

โดยแต่ละกลุ่มการทดลองมีอัตราส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น 60:40 (ตารางที่ 9) และมีปริมาณโภชนะเพียงพอต่อความต้องการของแพะตามน้ำหนักตัวในระยะต่างๆ ตามคำแนะนำของ NRC (1981)

ตารางที่ 9 สูตรอาหาร FTMR ที่ใช้ในการทดลอง (ต่อน้ำหนักสด)

วัตถุดิบอาหารสัตว์ (กก.)	อาหาร FTMR		
	กลุ่มการทดลองที่ 1	กลุ่มการทดลองที่ 2	กลุ่มการทดลองที่ 3
เปลือกสับปะรด	60.0	-	-
ใบสับปะรด	-	60.0	-
กากสับปะรด	-	-	60.0
กากถั่วเหลือง 44%	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
ราคา (บาท/กก.)	5.30	5.13	5.19

2. ขั้นตอนเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบ

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเปลือกสับปะรด, กากสับปะรด และใบสับปะรดจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรดในเขตพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ นำมาสับเป็นชิ้นเล็กๆ (3-5 ซม.) จากนั้นนำตัวอย่างเปลือกสับปะรด, กากสับปะรด และใบสับปะรดมาผสมกับอาหารข้นในอัตราส่วน 60:40 และผสมให้เข้ากันก่อนทำการอัดลงในถุงหมักพร้อมไล่อากาศออกให้หมดโดยบรรจุอาหารหมัก 1.5 กิโลกรัม/ถุง มัดปากถุงให้สนิทหมักในสภาวะไร้ออกซิเจนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย 21 วัน (ภาคผนวก ก)

3. สิ่งที่ศึกษา

3.1 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหารหมัก

โดยตรวจวัดสี, กลิ่น และลักษณะตามเกณฑ์ตามวิธีของ Trinder (1973) อ้างโดยบุญล้อม และบุญเสริม (2525) โดยใช้ผู้ประเมินจำนวน 35 คน และทำการตรวจวัดค่า pH ตามวิธีของ บุญล้อม และบุญเสริม (2525) โดยสุ่มตัวอย่างอาหารหมัก ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 50 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 200 ml หลังจากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ แล้วกรองด้วยผ้าขาวบางนำสารละลายตัวอย่างส่วนใสที่ได้ไปวัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH-meter (ภาคผนวก ก) จากนั้นเก็บสารละลายตัวอย่างส่วนใสเพื่อหาปริมาณกรดแลคติคต่อไป

3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis)

ทำการอบอาหาร FTMR ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และบดอาหารทดลองผ่านตะแกรงขนาด 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), เยื่อใยที่สกัดด้วย

สารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber; ADF) และลิกนิน (Acid detergent lignin; ADL) เพื่อนำไปคำนวณหาค่าเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส (Goering and Van Soest, 1970) รวมถึงการวิเคราะห์อื่นๆ เช่น การวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม โดยใช้วิธีการ Titrate การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส โดยใช้วิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสง และการวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter (ภาคผนวก ก)

3.3 ศึกษาประสิทธิภาพการการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ (*In vitro* digestibility) และจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส

3.3.1 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 จากนั้นนำไปผสมกับสารสะลายน้ำลายเทียมในห้องปฏิบัติการ โดยจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในชุดการทดลอง *In vitro* ตลอดเวลา เพื่อเป็นการไล่ก๊าซออกซิเจนออกจากสารละลาย และควบคุมอุณหภูมิที่ 39 °C บน Hot plate stirrer (ภาคผนวก ก)

3.3.2 ประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ (*In vitro* dry matter digestibility, IVDMD และ *In vitro* organic matter digestibility, IVOMD)

โดยเติมสารละลายผสม 40 ml ในขวดทดลองที่มีตัวอย่างอาหารทดลองทำการปิดหลอดทดลองด้วยจุกยาง และฝาอลูมิเนียม เพื่อป้องกันการผ่านเข้าออกของอากาศ และให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลาในทุกขั้นตอน จากนั้นนำไปบ่มเพื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 39°C ในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) จากนั้นทำการวัดหาค่าความสามารถในการการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุที่ระยะการบ่ม 24 และ 48 ชั่วโมงหลังจากการบ่มที่ชั่วโมงที่ 24 และ 48 นำไปแช่เย็น -20°C. เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ จากนั้นรอการวิเคราะห์ เมื่อจะทำการวิเคราะห์นำขวดแก้วทดลองออกมาจากตู้แช่แข็งและปล่อยให้ละลาย (thaw) ทำการกรองเอาส่วนที่เหลือจากการย่อยนำตัวอย่างที่กรองได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100-105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพในการย่อยได้วัตถุแห้ง (*In vitro* dry matter digestibility, IVDMD) จากนั้นย้ายตัวอย่างลงถ้วยเผา นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อคำนวณค่าความสามารถในการย่อยได้อินทรียวัตถุ (*In vitro* organic matter digestibility, IVOMD) (ภาคผนวก ก) ดังสมการ

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

$$\text{IVOMD (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักอินทรียวัตถุแห้งเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักอินทรียวัตถุแห้งหลังการเผา}) \times 100}{\text{น้ำหนักอินทรียวัตถุแห้งเริ่มต้น}}$$

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

3.3.4 ศึกษาจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหาร FTMR โดยทำการเติมสารละลายผสม 40 ml ในขวดทดลองที่มีตัวอย่างอาหารทดลองทำการปิดหลอดทดลองด้วยจุกยาง และฝาอลูมิเนียม เพื่อป้องกันการผ่านเข้าออกของอากาศ และให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลาในทุกขั้นตอน จากนั้นนำไปบ่มเพื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 39°C ในตู้อบลมร้อน จากนั้นทำการวัดผลผลิตแก๊สที่เกิดจากการหมักย่อยอาหารทดลอง ณ ชั่วโมงต่างๆ และคำนวณค่าจลนศาสตร์การหมักย่อย โดยทำการจดบันทึกปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นจากการหมักย่อย โดยใช้กระบอกฉีดยาแก้วขนาด 20 ml ที่เชื่อมต่อกับสายยาง และเข็มเบอร์ 24 ขนาด 1 นิ้ว โดยในช่วง 12 ชั่วโมงแรกทำการบันทึกผลผลิตแก๊สทุกๆ 1 ชั่วโมง และทำการบันทึกผลในช่วงต่อไปทุกๆ 3 ชั่วโมงจนถึงชั่วโมงที่ 24 และทำการบันทึกผลทุกๆ 6 ชั่วโมงจนถึงชั่วโมงที่ 72 โดยแต่ละครั้งที่ทำการวัดผลผลิตแก๊สแล้ว จะทำการเขย่าขวดทดลองทุกครั้ง และจะนำค่าผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆ มาคำนวณปริมาณแก๊สสะสม (ภาคผนวก ก) และคำนวณค่าจลนศาสตร์การผลิตแก๊สโดยอาศัยสมการของ Ørskov 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

$$d = |a| + b$$

3.3.5 วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (Total Volatile Fatty Acid, TVFA) โดยใช้สารละลายของเหลวที่ได้จากการบ่มย่อยที่ 24 และ 48 ชั่วโมง มาทำการวิเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acids, VFA) โดยฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatography, GC) เพื่อวิเคราะห์ตามวิธีของ Wang *et al.* (1999) ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic; C2), กรดโพรพิโอนิก (propionic; C3) และกรดบิวทีริก (butyric acid; C4) (ภาคผนวก ก และ ข)

3.3.6 วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนด้วยวิธีการกลั่น (Bremner and Keeney, 1965) โดยใช้สารละลายของเหลวที่ได้จากการบ่มย่อยที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ทำการดูดสารละลายปริมาณ 2 ml และสารละลายบัฟเฟอร์ 10 ml ใส่ใน Kjeldahl flask แล้วเติม NaOH 35% ประมาณ 60 ml หลังจากนั้นทำการกลั่นตัวอย่างทันทีหลังจากการเติมด่าง แล้วทำการเก็บสารละลายโดยใช้ขวดรูปชมพูขนาด 200 ml ที่มีกรดบอริก 2% ปริมาณ 10 ml ร่วมกับ Bromo cyesol green เป็นอินดิเคเตอร์ (สารละลายที่ได้ภายหลังการกลั่นจะมีสีน้ำเงิน) และทำการไตเตรทสารละลายที่ได้ด้วยกรด HCl 0.1 N จนถึงจุดยุติ (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีฟ้าใสหรือสีเขียวอ่อนใส) ทำการจดบันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (ภาคผนวก ก) แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณดังสมการนี้

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

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

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

1. แผนการทดลอง

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

กลุ่มการทดลองที่ 1 (T1) คือ กิ่งและใบกระถินสด (กลุ่มควบคุม)
กลุ่มการทดลองที่ 2 (T2) คือ อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด
กลุ่มการทดลองที่ 3 (T3) คือ อาหาร FTMR จากใบสับปะรด
กลุ่มการทดลองที่ 4 (T4) คือ อาหาร FTMR จากกากสับปะรด

2. ขั้นตอนเตรียมการทดลอง

2.1. ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเศษเหลือสับปะรดจากโรงงานอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ น ามาสับเป็นชิ้นเล็กๆ (3-5 ซม.) ในการเตรียมอาหาร FTMR (T2, T3 และ T4 โดยใช้เปลือก, ใบ และกากสับปะรด ตามลำดับ) นำตัวอย่างเศษเหลือจากสับปะรดมาผสมกับอาหารข้นในอัตราส่วน 60:40 และผสมให้เข้ากันก่อนทำการอัด ลงในถุงหมัก ผูกปากถุงให้สนิทหมักในสภาวะไร้ออกซิเจนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย 21 วัน ก่อนนำมาใช้เลี้ยงแพะที่ทำการศึกษาในงานทดลอง

2.2 สำหรับกลุ่มควบคุม (T1) ทำการตัดกระถินสดให้แพะทดลองในกลุ่มการทดลองที่ 1 ทุกวัน โดยทำการตัดกระถินในเขตพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี และร่วมกับการเสริมอาหารข้น 1.5 % ของน้ำหนักตัว โดยการใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับการค้า (โดยได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารข้น เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบโภชนะเคมีอาหาร)

2.3 ใช้แพะพันธุ์ลูกผสม (พื้นเมือง x บอร์) เพศผู้ จำนวน 16 ตัว มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 17.08 ± 0.40 กิโลกรัม (แพะที่เข้าทดลองมีน้ำหนักตัวต่ำที่สุด 11.60 กิโลกรัม และน้ำหนักตัวสูงที่สุด 22.34 กิโลกรัม) 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

โดยทำการสุ่มสัตว์ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ทำการเลี้ยงสัตว์แบบคอกขังเดี่ยวในโรงเรือนแบบยกพื้นสัตว์ทดลองจะได้รับอาหารทดลอง 2 ช่วงเวลา คือ 08.00 และ 15.00 น. โดยสัตว์ทดลองจะได้รับอาหารทดลองตามกลุ่มการทดลอง และน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) และมีก้อนแร่ธาตุให้ตลอดเวลา

4. สิ่งที่ศึกษา

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis)

การวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (Dry matter), โปรตีนหยาบ (Crude protein; CP), ไขมัน (Ether extract; EE), เถ้า (Ash) และทำการวิเคราะห์เยื่อใยโดยวิธี Detergent fiber analysis (Goering and Van Soest, 1970) ได้แก่ เยื่อใยรวม (Crude fiber; CF), Neutral Detergent Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (ADF) และ Acid Detergent Lignin (ADL) ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารด้วยวิธีอื่นๆเช่น การวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม โดยใช้วิธีการ Titrate การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส โดยใช้วิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสง และการวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter (ภาคผนวก ก)

4.2 ปริมาณการกินได้ (Feed Intake; FI)

ทำการเก็บข้อมูลปริมาณอาหาร โดยการชั่งน้ำหนักอาหารก่อนให้ และอาหารที่เหลือในวันถัดไปทุกครั้ง และทำการสุ่มเก็บอาหาร โดยแบ่งเก็บเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.2.1. ส่วนแรก นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 ℃ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1mm. เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองต่อไป

4.2.2. ส่วนที่สอง นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 ℃ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง ตามวิธีการ AOAC (1990) และนำมาปรับหาปริมาณการกินได้ของสัตว์ในแต่ละวัน นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ (ภาคผนวก ก) ดังสมการต่อไปนี้

ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (กก.) (Total feed intake) = ปริมาณอาหารที่ให้(กก.) – ปริมาณอาหารที่เหลือ (กก.)

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

4.3 สมรรถนะการเจริญเติบโต (Growth Performance)

ทำการชั่งน้ำหนักแพะทุกตัวในวันก่อนเข้าทดลองในแต่ละระยะการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เพื่อนำมาคำนวณอัตราการเจริญเติบโต (Average Daily Gain; ADG),ปริมาณการกินได้รวมต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (% BW)และปริมาณการกินได้รวมทั้งหมดต่อน้ำหนักเมทาบอลิคต่อวัน(g/kgBW$^{0.75}$) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน(กก./วัน) (Average daily gain; ADG)} = \frac{\text{น้ำหนักสัตว์ที่เพิ่มขึ้น (กก.)}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง (วัน)}}$$

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

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

และนำค่าปริมาณการกินได้ต่อวันและค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันที่ได้มาคำนวณอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ดังสมการต่อไปนี้

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

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Gain : Feed) (Feed Efficiency: FE)} = \frac{\text{อัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน)}}{\text{ปริมาณการกินได้ (กก./วัน)}} \times 100$$

4.4 การย่อยได้โภชนะ

ทำการสุ่มเก็บมูลสัตว์ โดยจะทำการเก็บมูลเป็นจำนวน 4 ครั้ง (4 ระยะการทดลองๆ ละ 15 วัน) โดยเก็บตัวอย่างครั้งละ 3 วัน ในช่วงสุดท้ายของแต่ระยะการทดลอง 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 แล้วนำมูลแพะทั้งหมดที่สุ่ม (4 ระยะการทดลอง) มาคลุกเคล้ากัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1ml. เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของมูล และนำค่าที่ได้ไปหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ตามวิธี Schnieder and Flatt (1975) ดังสมการต่อไปนี้

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (Dry Matter Digestibility)

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

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (Nutrient Digestibility)

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

4.5 ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjedahl method

ทำสุ่มเก็บปัสสาวะโดยจะทำการเก็บเป็น 4 ครั้ง (4 ระยะการทดลองๆ ละ 15 วัน) โดยเก็บตัวอย่างครั้งละ 3 วัน ในช่วงสุดท้ายของแต่ระยะการทดลอง โดยใช้ขวดพลาสติกที่ทำการเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 โมลาร์ (1 M H_2SO_4) ให้ปัสสาวะมีสภาพเป็นกรด (pH < 3) เพื่อป้องกันการสูญเสียไนโตรเจนเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์และทำการตวงปริมาณปัสสาวะแพะทั้งหมดและบันทึกข้อมูล จากนั้นทำการสุ่มเก็บปัสสาวะประมาณ 20%ในแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง และนำปัสสาวะแพะทั้งหมดที่สุ่ม (4 ระยะการทดลอง) 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 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือด

ทำการเก็บตัวอย่างเลือดที่หลอดเลือดดำบริเวณลำคอ (Jugular Vein) ในวันที่ 15 ของแต่ระยะการทดลอง 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 Mackey and Mackey (1972) และวิเคราะห์หาปริมาณกลูโคสในเลือด (Blood Glucose) ตามวิธี Glucose (GO) Assay kit Enzymatic method โดยใช้ Glucose Oxidase/Peroxidase และ o-Dianisidine Reagent โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูปของบริษัท Sigma-Aldrich จำกัด เป็นน้ำยาผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา (ภาคผนวก ก)

$$\text{mg Glucose} = \frac{(\Delta A_{540} \text{ of Test})(\text{mg Glucose in standard})}{\Delta A_{540} \text{ of standard}}$$

$$= \frac{(\Delta A_{540} \text{ of Test})(0.05)}{\Delta A_{540} \text{ of standard}}$$

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

6. ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาในการทำงานวิจัยตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2560 – 31 ธันวาคม 2561 ระยะเวลาดำเนินงานทดลอง 15 เดือน

7. สถานที่ดำเนินการวิจัย ทดลอง และเก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์เพชรบุรี

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดต่อการย่อยได้ในหลอดทดลอง (*In vitro* digestibility), และผลผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (gas production)

1. การประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหาร FTMR

จากการศึกษาพบว่า การประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองที่ระยะเวลาการหมัก 21 วันโดยมีลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยยังคงสภาพเดิมมีกลิ่นคล้ายผลไม้ ดองสีของอาหารเปลี่ยนจากสีน้ำตาลอ่อนเหลืองเป็นสีน้ำตาลเข้มเนื้อของอาหารไม่เป็นเมือกไม่เละ โดยอาหาร FTMR จากกากสับปะรดอยู่ในเกณฑ์ระดับที่ดีมาก (20-25 คะแนน) ในขณะที่อาหาร FTMR จากใบและเปลือกสับปะรดอยู่ในเกณฑ์ระดับที่ปานกลาง (6-14 คะแนน) (ตารางที่ 10 และภาพที่ 12) มีซึ่งสามารถนำไปเลี้ยงสัตว์ตามรายงานอาหารหมักที่ดีของกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2547) นอกจากนี้เมื่อทดสอบ pH ของอาหาร FTMR พบว่าค่า pH ของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอาหาร FTMR จากกากเปลือกสับปะรดมีค่า pH ต่ำกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด ซึ่งส่งผลทำให้อาหาร FTMR จากกากสับปะรดอยู่ในเกณฑ์ระดับที่ดีมาก (ภาพที่ 13)

ตารางที่ 10 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

ตัวชี้วัด (คะแนน)	อาหาร FTMR		
	T1	T2	T3
กลิ่น (12 คะแนน)	9.96	5.00	10.03
เนื้อสัมผัส (4 คะแนน)	2.79	2.64	2.64
สี (3 คะแนน)	1.34	2.36	1.56
ค่า pH (6 คะแนน)	0.00	0.00	6.00
คะแนนรวม (25 คะแนน)	14.09	10.00	20.21

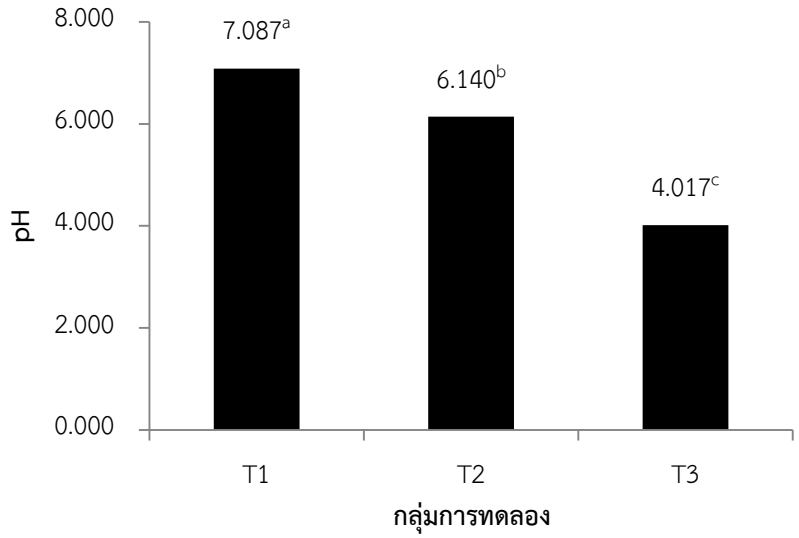
หมายเหตุ: ระดับคะแนน 20 – 25 = ดีมาก, 15 -19 = ดี, 6 – 14 = ปานกลาง, 0 – 5 = ต่ำ, T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด , T2 = อาหาร FTMR จากใบสับปะรด, T3 = อาหาร FTMR จากกากสับปะรด

T1 T2

T3

ภาพที่ 12 ลักษณะทางกายภาพของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

หมายเหตุ: T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด, T2 = อาหาร FTMR จากใบสับปะรด, T3 = อาหาร FTMR จากกากสับปะรด



ภาพที่ 13 ค่า pH ของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

หมายเหตุ: T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด, T2 = อาหาร FTMR จากใบสับปะรด, T3 = อาหาร FTMR จากกากสับปะรด

2. องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร FTMR

จากการศึกษาพบว่า องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร FTMR แต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) ยกเว้นโปรตีนรวม, พลังงานรวม, เยื่อใย ADF และ ADL โดยอาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีปริมาณเยื่อใยสูงกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด (ตารางที่ 11) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกากสับปะรดมีปริมาณเยื่อใย (26.23%) สูงกว่าเปลือก (11.59%) และใบสับปะรด (21.25%) ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาของ Chanjula *et al.* (2010) รายงานค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหมักที่แตกต่างกัน อาจขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น อายุของพืช ความหนาแน่นของพืช และส่วนของพืชที่นำมาใช้ในการหมัก นอกจากนี้ยังมีปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมที่พืชอาศัยอยู่ ฤดูกาล และสภาพอากาศ เป็นต้น

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร FTMR

สิ่งที่ศึกษา (%)	สับปะรด			อาหาร FTMR			SEM	P-value
	เปลือก	ใบ	กาก	T1	T2	T3		
ความชื้น	88.74	85.10	67.10	38.49^{b}	47.02^{ab}	54.02^{a}	2.36	<0.01
วัตถุแห้ง	11.26	14.90	32.90	61.51^{a}	52.98^{ab}	45.98^{b}	2.36	<0.01
	----------%น้ำหนักแห้----------							
โปรตีนรวม	6.21	8.79	5.38	24.82	24.20	24.27	0.10	0.09
ไขมันรวม	0.95	2.80	0.59	11.20^{a}	10.03^{b}	9.17^{c}	0.07	<0.01
เยื่อใยรวม	11.59	21.25	26.23	14.32^{b}	17.31^{ab}	19.23^{a}	0.51	0.02
เยื่อใย NDF	37.46	52.02	76.89	44.56^{e}	44.39^{e}	50.55^{d}	0.73	0.02
เยื่อใย ADF	17.21	32.37	39.36	24.29	28.75	31.30	1.21	0.13
ลิกนิน ADL	0.49	0.51	0.09	0.47	0.57	0.31	0.05	0.18
เฮมิเซลลูโลส	20.25	19.65	37.53	20.27^{a}	15.65^{b}	19.25^{ab}	0.74	0.09
เซลลูโลส	16.72	31.86	39.28	23.82^{c}	28.17^{b}	30.99^{a}	0.05	<0.01
พลังงานรวม (kcal/kg)	3,881.13	3,859.00	3,900.30	4,257.35	4,152.23	4,129.54	27.71	0.21

หมายเหตุ: ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง (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, ลิกนิน ADL = Acid detergent lignin**,** T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด, T2 = อาหาร FTMR จากใบสับปะรด, T3 = อาหาร FTMR จากกากสับปะรด

3. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของอาหารทดลอง

จากการศึกษาพบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหาร FTMR แต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) โดยอาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด (ตารางที่ 12) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีค่า pH ที่ต่ำ ทั้งนี้ความเป็นกรดจะส่งผลต่อทำให้ผนังเซลพืชเปื่อยยุ่ย ซึ่งจากการศึกษาที่ของ Kim *et al*. (2012) รายงานว่า การย่อยได้ของอินทรียวัตถุในโคที่ได้รับอาหารผสมครบส่วนหมักมีค่าสูงกว่าโคที่กินอาหารผสมครบส่วน

ตารางที่ 12 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง ณ ชั่วโมงที่ 24

สิ่งที่ศึกษา (%)	T1	T2	T3	SEM	P-value
IVDMD	57.29^{b}	55.46^{b}	68.04^{a}	1.15	<0.01
IVOMD	86.30	86.88	89.15	1.08	0.54

หมายเหตุ: ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01), T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด, T2 = อาหาร FTMR จากใบสับปะรด, T3 = อาหาร FTMR จากกากสับปะรด

4. ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมและจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณผลผลิตแก๊สของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) ที่ชั่วโมงต่างๆ อาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมต่ำกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด (ตารางที่ 13) ซึ่งไม่สอดคล้องจากค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ที่พบว่าอาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของเสาวลักษณ์ และคณะ (2542) รายงานว่า โดยปกติแล้วเมื่ออาหารเข้าสู่กระเพาะรูเมนจุลินทรีย์จะใช้เวลาในการปรับตัวเพื่อเข้าสู้กระบวนการย่อย 4-8 ชั่วโมงหมายความว่าหากทำการบันทึกปริมาณแก๊สจะสามารถวัดค่าแก๊สได้เพียงเล็กน้อย แต่หลังจาก 24 ชั่วโมงปริมาณแก๊สจะเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ และจะมีปริมาณลดลงหลังจาก 48 ชั่วโมง นอกจากนี้จากการศึกษาของภัทรภร (2556) ที่พบว่าแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนมีผลต่อเยื่อในอาหาร แต่ไม่มีผลทำให้การหมักย่อย และผลิตแก๊สต่างกัน

จากการศึกษาพบว่า จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) ที่ชั่วโมงต่างๆ ยกเว้นค่าปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย (a) และค่าอัตราการหมักย่อย (c) โดยอาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีปริมาณปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ยาก (b) และค่าศักยภาพการผลิตแก๊ส (d) ต่ำกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณผลผลิตแก๊สของอาหาร FTMR จากกากสับปะรดต่ำกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรดเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 13 จลนพลศาสตร์และปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

สิ่งที่ศึกษา (%)	T1	T2	T3	SEM	P-value
ค่าจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส					
|a| (ml)	10.91	11.16	8.83	0.20	0.03
b (ml)	123.37[a]	126.63[a]	98.84[b]	0.55	<0.01
c (%/h)	0.05	0.05	0.04	<0.01	0.16
d (ml)	134.27[a]	137.79[a]	107.67[b]	0.67	<0.01
ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม (ml/ 0.5g DM)					
ชั่วโมงที่ 12	64.45[a]	66.39[a]	45.90[b]	0.59	0.04
ชั่วโมงที่ 24	94.75[a]	97.46[a]	68.88[b]	0.70	0.02
ชั่วโมงที่ 48	121.60[a]	124.86[a]	92.15[b]	0.70	<0.01
ชั่วโมงที่ 72	130.21[a]	133.61[a]	101.34[b]	0.68	<0.01

หมายเหตุ: [a,b,c] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01), |a| = ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย, b = ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ ละลายน้ำได้ยาก, c = อัตราการหมักย่อย , d = ค่าศักยภาพการผลิตแก๊ส, T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด, T2 = อาหาร FTMR จากใบสับปะรด, T3 = อาหาร FTMR จากกากสับปะรด

5. ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดของอาหาร FTMR ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) ที่ชั่วโมงต่างๆ อาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดสูงกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด (ตารางที่ 14) อาจเนื่องมาจากสัมประสิทธิ์การย่อยได้อินทรียวัตถุอาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีค่าสูงกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบ ซึ่งฉลอง (2541) รายงานว่ากรดไขมันระเหยได้ง่ายเป็นผลผลิตสุดท้ายของการย่อยสลายอาหารประเภทพลังงานและคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ และมีประโยชน์ต่อตัวสัตว์ ซึ่งกรดไขมันระเหยได้เหล่านี้จะ เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่จะนำไปใช้ในการดำรงชีวิตและการให้ผลผลิตเนื้อและนมต่อไป แต่การผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ โดยที่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้มีการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย (สันติ และคณะ, 2555) สำหรับความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิด ของอาหาร (Lewis, 1975) โดยเฉพาะแหล่งคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีนที่ได้รับศักยภาพในการเกิดกระบวนการหมักของอาหาร ความสามารถในการย่อยสลายได้ของโปรตีน และสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสม (เมธา, 2533) ซึ่งอยู่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้เต็มที่ โดยระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้เต็มที่ คือ 5 – 25 mg/dl (Preston and Leng, 1987) และ10 -30 mg/dl เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (Ferguson *et al.,* 1993) นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนต่อประสิทธิภาพของกระบวนการหมักนั้นมีความสัมพันธ์

กับการเพิ่มขึ้นของประชากรจุลินทรีย์ ตลอดจนปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ สัมประสิทธิ์การสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ และยังก่อให้เกิดความสมดุลระหว่างพลังงานกับโปรตีนด้วย (สุปรีณา, 2552)

ตารางที่ 14 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดของอาหาร FTMR

สิ่งที่ศึกษา (mg/dl)	T1	T2	T3	SEM	P-value
แอมโมเนียไนโตรเจน (mg/dl)	13.84^{b}	13.80^{b}	17.27^{a}	0.07	<0.01
กรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมด (mmol/l)	167.76^{cd}	159.07^{d}	185.39^{c}	3.16	0.04

หมายเหตุ: ^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง (P<0.01), ^{c,d} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), T1 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด, T2 = อาหาร FTMR จากใบสับปะรด, T3 = อาหาร FTMR จากกากสับปะรด

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

1. องค์ประกอบทางเคมี

จากการศึกษาพบว่า องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร FTMR แต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยอาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด ทั้งนี้เป็นเพราะอาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูง (ตารางที่ 15) ในขณะที่อาหาร FTMR จากมีเยื่อใยรวม (8.64 %) และเซลลูโลส (22.58%) ต่ำกว่าการศึกษาของโสภณ และคณะ (2544) รายงานว่า การใช้อาหารผสมเสร็จจากเปลือกสับปะรดเป็นส่วนประกอบมีเยื่อใย 15.20%

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า กากสับปะรดมีปริมาณโปรตีน 3.61%, เฮมิเซลลูโลส 35.53% และเซลลูโลส 30.13% ซึ่งใกล้เคียงกันกับการศึกษาของอาทิตย์ และ ศรเทพ (2556) กากสับปะรดจะมีโปรตีน 4.33%, เยื่อใย 31.15%, ADF 42.34% และ NDF 83.65% นอกจากนี้ใบสับปะรดจะมีโปรตีน 8.47%, เยื่อใย 17.89%, ADF 25.87% และ Neutral Detergent Fiber (NDF) 42.28% (วารุณี และ วลัยกานต์, 2541)

ตารางที่ 15 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (น้ำหนักแห้ง)

สิ่งที่ศึกษา	สับปะรด			อาหาร	กิ่ง+ใบ	อาหารทดลอง (FTMR) ที่ผลิตจาก			SEM	P-value
(%)	เปลือก	ใบ	กาก	ข้น	กระถิน T1	เปลือก T2	ใบ T3	กาก T4		
ความชื้น	88.91	68.76	79.29	11.49	34.52^{e}	57.90^{a}	47.97^{b}	45.70^{b}	0.76	<0.01
วัตถุแห้ง	11.09	31.24	20.71	88.51	65.48^{a}	42.10^{c}	52.03^{b}	54.30^{b}	0.76	<0.01
	---------- % น้ำหนักแห้ง ----------									
เถ้า	5.43	4.58	1.57	7.28	7.25^{a}	6.64^{b}	5.74^{c}	5.33^{d}	0.03	<0.01
โปรตีนรวม	4.65	7.44	3.61	7.58	21.52^{a}	20.40^{a}	21.45^{a}	12.15^{b}	0.29	<0.01
ไขมันรวม	0.95	2.80	0.59	2.70	3.76^{a}	3.23^{b}	3.40^{b}	2.74^{c}	0.06	<0.01
เยื่อใยรวม	13.27	17.33	21.66	6.49	15.28^{a}	8.64^{d}	12.25^{c}	13.76^{b}	0.25	<0.01
เยื่อใย NDF	52.47	44.85	64.66	29.59	47.04^{a}	34.97^{c}	36.58^{b}	46.63^{a}	0.26	<0.01
เยื่อใย ADF	18.80	23.96	30.13	11.21	41.25^{a}	22.59^{d}	33.12^{b}	28.41^{c}	0.23	<0.01
ลิกนิน ADL	0.011	0.012	0.001	0.011	0.009^{a}	0.007^{ab}	0.009^{a}	0.005^{b}	<0.01	<0.01
เฮมิเซลลูโลส	32.16	20.86	35.53	18.38	5.79^{c}	12.38^{b}	3.46^{d}	18.22^{a}	0.26	<0.01
เซลลูโลส	18.79	23.98	30.13	11.19	41.24^{a}	22.58^{d}	33.11^{b}	28.40^{c}	<0.01	<0.01
พลังงานรวม (kcal/kg)	4,370.14	4,795.96	4,316.66	4,335.77	4,558.11^{a}	4,523.38^{a}	4,505.27^{a}	4,244.79^{b}	12.67	<0.01

หมายเหตุ: ^{a,b,c,d} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง (P<0.01), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), เยื่อใย ADF = Acid detergent fiber, เยื่อใย NDF = Neutral detergent fiber, ลิกนิน ADL = Acid detergent lignin, T1 = กิ่งและใบกระถินเสริมอาหารข้น, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด, T3 = อาหาร FTMR จากใบสับปะรด, T4 = อาหาร FTMR จากกากสับปะรด

2. ปริมาณการกินได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะ

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการกินได้ของอาหาร FTMR แต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) โดยแพะที่ได้รับอาหาร FTMR จะมีปริมาณการกินได้ต่ำกว่าแพะที่ได้รับกระถินสดร่วมกับอาหารข้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอาหาร FTMR มีความน่ากินต่ำ แต่อย่างไรก็ตามแพะที่ได้รับอาหาร FTMR จากเปลือก, ใบ และกากสับปะรดมีปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 16) โดยแพะมีปริมาณการกินได้เมื่อเทียบ %BW และ g/kgBW$^{0.75}$ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.00-3.38 %BW และ 42.23-77.05 g/kgBW0.75 ซึ่งถือได้ว่าปริมาณการกินได้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องการศึกษาของ Devendra and Burn (1983) รายงานว่า โดยแพะในเขตร้อนมีค่าเฉลี่ยของการกินได้วัตถุแห้งอยู่ในช่วง 1.9-3.8 %BW หรือ 40-128 g/kgBW$^{0.75}$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าสามารถให้อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรดถือว่าเป็นทางเลือกอาหารสัตว์แทนการให้อาหาร TMR ในช่วงฤดูแล้งหรือช่วงที่อาหารหยาบขาดแคลนได้ เนื่องจากมีปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ ยังพบว่า สมรรถนะการเจริญเติบโตของอาหาร FTMR แต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) จากการทดลองครั้งนี้สอดคล้องการศึกษาของเวชสิทธิ์ และคณะ (2541) รายงานว่าโคเนื้อลูกผสมพื้นเมือง-บราห์มันที่ได้รับอาหาร TMR จากสับปะรดเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับฟางข้าว มีอัตราการ

เจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน (P<0.05) และจากการศึกษาของไกรสิทธิ และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาผลของอาหาร TMR และอาหาร FTMR ในโคนม พบว่าโคนมที่ได้รับอาหาร TMR และอาหาร FTMR มีปริมาณการกินได้, อัตราการเจริญเติบโตค่าการย่อยได้ของโภชนะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) โดยมีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 6.30 - 6.52 กก./ตัว/วัน

ตารางที่ 16 ผลของอาหาร FTMR ต่อปริมาณการกินได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

สิ่งที่ศึกษา	กลุ่มการทดลอง				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
ปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง						
kg/d	0.92[a]	0.44[b]	0.56[b]	0.64[b]	0.04	<0.01
%BW	3.38[a]	2.00[b]	2.10[b]	2.30[b]	0.10	<0.01
g/kgBW$^{0.75}$	77.05[a]	42.23[b]	47.50[b]	52.62[b]	2.43	<0.01
สมรรถนะการเจริญเติบโต						
น้ำหนักตัว (กก./ตัว)	---------- ค่าเฉลี่ย ± SD ----------					
น้ำหนักเริ่มต้น	17.15±2.07	16.38±2.15	18.07±3.99	16.43±4.29	0.93	0.89
น้ำหนักสุดท้าย	27.03±1.53	21.81±4.75	26.30±3.67	27.73±6.49	1.31	0.30
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น	9.89±0.99	5.43±4.21	8.23±4.82	11.31±3.97	1.07	0.19
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	138.21±13.76	76.29±58.50	115.64±66.89	159.12±55.19	14.87	0.19
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก	6.68	7.26	5.57	4.09	0.50	0.10
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (%)	15.20	15.80	19.48	24.64	1.45	0.08

หมายเหตุ: [a,b] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), %BW = ปริมาณการกินได้รวมทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวต่อวัน, g/kgBW$^{0.75}$ = ปริมาณการกินได้รวมทั้งหมดต่อน้ำหนักเมทาบอลิคต่อวัน, T1 = กิ่งและใบกระถินเสริมอาหารข้น, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด, T3 = อาหาร FTMR จากใบสับปะรด, T4 = อาหาร FTMR จากกากสับปะรด

3. สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะ

จากการศึกษาพบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะของอาหาร FTMR แต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 17) โดยอาหาร FTMR มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (58.61-67.05%) และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม (59.67-74.75%) ใกล้เคียงกับกระถินที่มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (63.68 %) และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม (72.39%) แสดงให้เห็นว่า อาหาร FTMR จากสับปะรดจึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งการใช้เป็นรูปแบบการถนอมอาหารไว้ในช่วงฤดูแล้งที่ขาดแคลนอาหารหยาบ นอกจากนี้ เศษเหลือจากสับปะรดมีเอนไซม์โบรมิเลน (Bomelain) ซึ่งมีความเป็นกรดสูงที่จะสามารถช่วยย่อยอาหารได้ดียิ่งขึ้น โดยเอนไซม์โบรมิเลนในผลสับปะรดพบมากในส่วนเนื้อ, เปลือก , แกน และจุก ตามลำดับ (อรวินท์, 2527)

ตารางที่ 171 ผลของอาหาร FTMR ต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (%)	กลุ่มการทดลอง				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
วัตถุแห้ง	63.68	58.61	60.10	67.05	4.98	0.90
อินทรียวัตถุ	68.07	63.46	65.11	72.35	4.37	0.85
โปรตีนรวม	72.39	74.75	74.90	59.67	4.04	0.40
ไขมันรวม	53.31	72.79	60.65	72.60	5.93	0.49
เยื่อใย NDF	50.95	44.65	43.23	69.31	6.63	0.47
เยื่อใย ADF	47.51	40.03	61.66	59.85	5.26	0.48
พลังงานที่ย่อยได้	59.98	57.71	57.85	63.75	5.28	0.96

หมายเหตุ: SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), เยื่อใย ADF = Acid detergent fiber, เยื่อใย NDF = Neutral detergent fiber, T1 = กิ่งและใบกระถินเสริมอาหารข้น, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด, T3 = อาหาร FTMR จากใบสับปะรด, T4 = อาหาร FTMR จากกากสับปะรด

4. ปริมาณไนโตรเจน

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณไนโตรเจนของอาหาร FTMR แต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 18) ยกเว้นปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ โดยแพะที่ได้รับอาหาร FTMR จะมีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับต่ำกว่าแพะที่ได้รับกระถินสดร่วมกับอาหารข้น (P<0.01) ทั้งเนื่องจากกระถินมีโปรตีนสูง (21.52 %) และอาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 14% แต่อย่างไรก็ตาม สมดุลไนโตรเจนถือว่าเป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากโปรตีน ถ้าปริมาณไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกายเป็นบวก แสดงเห็นว่าปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับเพียงพอต่อความต้องการดำรงชีพหรือการใช้อาหารนั้นๆไม่มีผลกระทบต่อสมดุลไนโตรเจน อาจเนื่องจากอาหารที่ได้รับมีปริมาณไนโตรเจนเกินความต้องการของร่างกาย (ปิ่น และสุภิญญา, 2555) แต่ถ้าหากปริมาณไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกายเป็นลบแสดงว่าปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพ (พนอม, 2526)

ตารางที่ 18 ผลของอาหาร FTMR ต่อปริมาณไนโตรเจนในแพะลูกผสม

ปริมาณไนโตรเจน	กลุ่มการทดลอง				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
ปริมาณไนโตรเจน (กก./ตัว/วัน)						
ที่ได้รับ	2.52[a]	1.45[b]	1.68[b]	1.32[b]	0.13	0.01
ที่ขับออกทั้งหมด	0.97	0.61	0.52	0.84	0.09	0.34
มูล	0.70	0.35	0.36	0.50	0.06	0.11
ปัสสาวะ	0.27	0.06	0.06	0.34	0.06	0.95
ที่ย่อยได้	72.39	74.75	74.90	59.67	4.04	0.40
ที่ดูดซึมได้	88.79	81.23	83.40	74.61	3.09	0.35
ที่กักเก็บได้	61.17	55.98	58.30	34.29	5.49	0.23

หมายเหตุ: [a,b] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง ($P<0.01$), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), T1 = กิ่งและใบกระถินเสริมอาหารข้น, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด, T3 = อาหาร FTMR จากใบสับปะรด, T4 = อาหาร FTMR จากกากสับปะรด

5. ปริมาณยูเรียไนโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือด

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณยูเรียไนโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือดของอาหาร FTMR แต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ที่ชั่วโมง 0 และ 4 ตามลำดับ (ตารางที่ 19) โดยแพะที่อาหาร FTMR จะมีปริมาณยูเรียไนโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือดต่ำกว่าแพะที่ได้รับกระถินร่วมกับอาหารข้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้นที่พบว่า แพะที่ได้รับอาหาร FTMR จะมีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับต่ำกว่าแพะที่ได้รับกระถินสดร่วมกับอาหารข้น ($P<0.01$) ทั้งเนื่องจากกระถินมีโปรตีนสูง (21.52 %) ซึ่งค่าความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดในแพะโดยปกติควรอยู่ในช่วง 50 - 75 mg/dL (Kaneko, 1980) ส่วนค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดในแพะโดยปกติควรอยู่ในช่วง 11.2 - 27.7 mg/dL และนอกจากนี้ Nousiainen *et al.* (2004) รายงานว่าระดับยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดที่สูงเกินไป สามารถบ่งบอกถึงการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนในอาหารที่ไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดยังขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุ อาหาร ปริมาณโปรตีนที่สัตว์ได้รับ นอกจากนี้ปริมาณการกินได้ยังมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของระดับแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน และยังส่งผลต่อการเพิ่มของระดับความเข้มข้นยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดด้วย (Lewis, 1975; Kung and Huber, 1983)

ตารางที่ 19 ผลของอาหาร FTMR ต่อปริมาณยูเรียไนโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือดในแพะลูกผสม

สิ่งที่ศึกษา (mg%)	กลุ่มการทดลอง				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
ปริมาณยูเรียไนโตรเจน						
ณ ชั่วโมงที่ 0	23.67[a]	15.20[b]	13.95[b]	11.46[b]	0.66	<0.01
ณ ชั่วโมงที่ 4	17.42	16.62	14.69	16.47	1.44	0.92
ปริมาณกลูโคส						
ณ ชั่วโมงที่ 0	18.04	24.73	20.94	20.42	1.92	0.69
ณ ชั่วโมงที่ 4	45.88[a]	21.24[b]	24.07[b]	38.81[a]	1.61	<0.01

หมายเหตุ: [a,b] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$), SEM = Standard error of mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย), T1 = กิ่งและใบกระถินเสริมอาหารข้น, T2 = อาหาร FTMR จากเปลือกสับปะรด, T3 = อาหาร FTMR จากใบสับปะรด, T4 = อาหาร FTMR จากกากสับปะรด

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดต่อการย่อยได้ในหลอดทดลอง (In vitro digestibility), และผลผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (gas production)

1. การประเมินคุณภาพทางกายภาพของอาหาร FTMR พบว่า มีลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยยังคงสภาพเดิมมีกลิ่นคล้ายผลไม้ดองสีของอาหารเปลี่ยนจากสีน้ำตาลอ่อนเหลืองเป็นสีน้ำตาลเข้มเนื้อของอาหารไม่เป็นเมือกไม่เละ โดยอาหาร FTMR จากกากสับปะรดอยู่ในเกณฑ์ระดับที่ดีมาก (20-25 คะแนน) ในขณะที่อาหาร FTMR จากใบและเปลือกสับปะรดอยู่ในเกณฑ์ระดับที่ปานกลาง (6-14 คะแนน)

2. องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร FTMR พบว่า อาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีปริมาณเยื่อใยสูงกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด ($P<0.01$)

3. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและปริมาณผลผลิตแก๊สของอาหาร FTMR พบว่า อาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งสูง แต่ในตรงกันข้ามกับมีปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมต่ำกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด ($P<0.01$)

4. ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดของอาหาร FTMR พบว่า อาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดสูงกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด ($P<0.01$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

1. องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร FTMR พบว่า อาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าอาหาร FTMR จากเปลือกและใบสับปะรด ทั้งนี้เป็นเพราะอาหาร FTMR จากกากสับปะรดมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูง ($P<0.05$)

2. ปริมาณการกินได้, สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะ พบว่า แพะที่ได้รับอาหาร FTMR จะมีปริมาณการกินได้ต่ำกว่าแพะที่ได้รับกระถินสดร่วมกับอาหารข้น ($P<0.01$) แต่อย่างไรก็ตามแพะที่ได้รับอาหาร FTMR มีสรรถนะการเจริญเติบโต และสัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะไม่แตกต่างจากแพะที่ได้รับกระถินสดร่วมกับอาหารข้น ($P<0.05$)

3.ปริมาณไนโตรเจนของอาหาร FTMR พบว่าแพะที่รับอาหาร FTMR มีปริมาณไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ยกเว้นปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ โดยแพะที่ได้รับอาหาร FTMR จะมีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับต่ำกว่าแพะที่ได้รับกระถินสดร่วมกับอาหารข้น ($P<0.01$)

4. ปริมาณยูเรียไนโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือดของอาหาร FTMR พบว่า แพะที่อาหาร FTMR จะมีปริมาณยูเรียไนโตรเจนและกลูโคสในกระแสเลือดต่ำกว่าแพะที่ได้รับกระถินร่วมกับอาหารข้นที่ชั่วโมง 0 และ 4 ตามลำดับ ($P<0.01$)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อาหารผสมเสร็จหมัก FTMR จากเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, ใบ และกาก) ในอัตราส่วน 60:40 สามารถนำไปใช้เลี้ยงแพะเนื้อพันธุ์ลูกผสมได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะลูกผสมที่ทำการศึกษาทดลองในครั้งนี้

ข้อเสนอแนะ

1. เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง สามารถทำอาหาร FTMR ไว้สำหรับเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้เพื่อประหยัดแรงงานให้การเลี้ยงสัตว์ได้ ตลอดจนยังสามารถเก็บไว้ใช้เลี้ยงสัตว์ในช่วงฤดูแล้งหรือช่วงขาดแคลนอาหารหยาบได้

2. แนวทางการศึกษาวิจัยในอนาคตควรทำการศึกษาอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดในอัตราส่วนต่างๆ เช่น อัตราส่วน 70:30 เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์ได้

3. แนวทางการศึกษาวิจัยในอนาคตควรทำการศึกษาอาหาร FTMR จากเศษเหลือสับปะรดโดยนำมาผสมร่วมกับ เช่น อาหาร FTMR จากกากและเปลือกสับปะรด หรือ อาหาร FTMR จากกากและใบสับปะรด เป็นต้น

4. แนวทางการศึกษาวิจัยในอนาคตควรทำการศึกษาอาหาร FTMR เปรียบเทียบกับ อาหาร TMR จากเศษเหลือสับปะรด เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2558). ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ-แกะ รายเขตปศุสัตว์ ปีงบประมาณ 2558. เข้าถึงได้เมื่อ 5 มิถุนายน 2559.

กรมปศุสัตว์. (2547). มาตรฐานพืชอาหารหมักของกองอาหารสัตว์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 23 หน้า.

ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ, เฉลิมพล เยื้องกลาง, ชเวง สารคล่อง, ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส, จำลอง มิตรชาวไทย และ ไพวัลย์ ศรีนานวล. 2548. ผลของอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ ค่าการย่อยได้ของโภชนะ และผลผลิตน้ำนมในโครีดนม. ในการประชุมวิชาการครั้งที่ 44. สาขาสัตว์ สัตวแพทย์ศาสตร์ ประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

คณิน บรรณกิจ และคณะ. (2551). ผลการทดแทนแคสพูเรีย (กากมันสำปะหลัง+ยูเรีย) ในอาหารข้นต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในโคเนื้อพันธุ์พื้นเมือง x บาร์ห์มัน. การประชุมสัมมนาทางวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ครั้งที่ 1 วันที่ 4 – 5 กันยายน 2551.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2547. การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 562 – 581 หน้า.

ฉลอง วชิราภากร. (2541). โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ภาควิชาสัตวศาสตร์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นพรัตน์ เหรียญทอง, สุริยะ สะวานนท์, ภูมพงศ์ บุญแสน, พีรชิต ไชยหาญ, ธีราภรณ์ ปัญญาบุญ, ปรีชา อินนุรักษ์ และ วรเทพ ชมพูนิตย์. 2553. ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิตคุณภาพซาก และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสนที่ได้รับอาหารรูปแบบแตกต่างกัน. 69-76 *ใน:* ประชุมทางวิชาการสาขาเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญนำพา ด่างเหลา. (2548). ผลของเยื่อใยจากเปลือกถั่วลิสงและฟางข้าวในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2527). โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2546). ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ปรับปรุงครั้งที่ 2 , อ.เมือง จ.เชียงใหม่, 202 หน้า.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. (2525). การประเมินคุณภาพพืชหมัก. วิธีการวิเคราะห์และทดลองทางโภชนศาสตร์สัตว์. 103-111. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

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

ปิ่น จันจุฬา, พัชรินทร์ ภักดีฉนวน และสุธา วัฒนสิทธิ์. (2556). “ผลของกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารแพะต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก สมดุลไนโตรเจนและสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะ.” รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ รหัสโครงการ NAT550288S. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประจำปีงบประมาณ 2555.

ปิ่น จันจุฬา และ สุภิญญา ชูใจ. (2555). ผลของระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนและสมดุลไนโตรเจนในแพะที่ได้รับหญ้าซิกแนลแห้งเป็นอาหารหลัก. วารสารเกษตร, 28(2): 101-112.

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

พิชาด เขจรศาสตร์, ธีระยุทธ จันทะนาม และ สไบพร สุรินทร. 2559. ผลของชนิดอาหารหยาบและ ขนาดในอาหารผสมสำเร็จหมัก (FTMR) ต่อการกินได้การย่อยได้และจุลินทรีย์ในรูเมนของแกะขุน. แก่นเกษตร 44 (2): 83-91

ภัทรภร ทัศพงษ์. (2556). การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Ruminants Production). เอกสารประกอบการเรียนการสอนสำหรับนิสิตสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ภาควิชา วิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภูวดล บินสุหลง, อุมาพร แพทยศาสตร์ และโอภาส พิมพา. 2559. ผลของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมัน และหญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมเสร็จ (TMR) ร่วมกับไขมันไหลผ่านต่อสมรรถภาพ การผลิตของโคขุน. แก่นเกษตร 44 (2): 25-33.

มาเหยด เถาวัลย์. 2559. ผลของการใช้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักในสูตรอาหารผสมเสร็จต่อสมรรถภาพการผลิตของแพะและการยอมรับของกลุ่มเกษตรกรรายย่อย. วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 27(1) : 116-122

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพฯ : ฟันนี่พลับบลิชชิ่ง.

ราชัน ภู่มา และมสารกา รุ่งกระจ่าง (2561). http://powo.science.kew.org, http://www.samrancom.com, https: / / en. wikipedia. org, http: / / www. ogtr. gov. au, https: / / www. khaosod. co. th, http://lang4fun.blogspot.com

วรพงษ์ สุริยจันทราทอง และวิภา ตั้งนิพนธ์. (2528). ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุเหลือใช้ยางอย่างจากโรงงานอาหารกระป๋องสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์. 13 หน้า.

วารุณี พานิชผล และวลัยกานต์ เจียมเจตจรูญ. 2541. ตารางคุณค่าทางอาหารสัตว์ กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ เอกสารวิชาการที่ 41 (2) – 0514 – 079.

วินัย ประลมพ์กาญน์. (2542). การผลิตเนื้อและแพะนมในเขตร้อน. นครศรีธรรมราช : สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. 338 หน้า.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2560. TMR เพิ่มคุณภาพน้ำนม. ขอนแก่น : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศิริรัตน์ บัวผัน. (2556). อาหารและพืชอาหารสำหรับแพะ. เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกาแพงแสน นครปฐม.

สไบพร สุรินทร และ พิชาด เขจรศาสตร์. 2558. ผลของการใช้ใบอ้อยและฟางข้าวในอาหารผสมสำเร็จหมัก (FTMR) ต่อการกินได้ การย่อยได้ และจุลินทรีย์ในรูเมนของแกะ. แก่นเกษตร. 43 (1): 1-7

สมบัติ ตงเต๊า, สมเกียรติ นวลละออง และ ศศิธร วสุนันต์. (2539). การรวบรวมพันธุ์และศึกษาพันธุ์สับปะรด. รายงานผลงานวิจัยปี 2534. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร : 460 – 467 หน้า.

สมบัติ ตงเต๊า, สมเกียรติ นวลละออง, ศศิธร วสุนันต์. 2539. การรวบรวมพันธุ์และศึกษาพันธุ์สับปะรด. รายงานผลงานวิจัยปี 2534. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. สถานีวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร : 460-467.

สันติ หมัดหมัน, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, วันวิศาข์ งามผ่องใส และเสาวนิต คูประเสริฐ. (2555). “ผลของการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆต่อปริมาณการกินได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในโคพื้นเมือง.” แก่นเกษตร 40 : 79 – 92 หน้า.

สำนักพัฒนาอาหารสัตว์. 2560. TMR และ Feed Center. แหล่งที่มา: http://nutrition.dld.go.th/nutrition/index.php/2015-08-06-07-40-35/682-tmr-4.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557). สับปะรด. เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม. เข้าถึงได้จาก www.doa.go.th/hort/images/stories/statushort/hy2557/pineapple.pd

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร 2557. การศึกษาตลาดแพะเนื้อ. เอกสารวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร เลขที่ 127 เดือนตุลาคม. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 60 หน้า

สุปรีณา ศรีไสคา. (2552). ผลของการใช้ใบและก้านสะเดาในอาหารแพะเนื้อต่อกระบวนการหมัก ในกระเพาะหมักและสมรรถนะการผลิต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการผลิตสัตว์ บัณฑิต วทิยาลยั มหาวทิยาลยัเทคโนโลยสีุรนารี.

สุรชน ต่างวิพัฒน์. (2531). คำแนะนำการลี้ยงแพะ. โครงการพัฒนาปศุสัตว์ภาคใต้เพื่อการส่งออก กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ และคณะ. (2542). “การวัดได้ของโภชนะและค่าพลังงานในฟางข้าวโดยใช้ถุงไนลอนและการวัดปริมาณแก๊ส.” ใน : ประชุมวิชาการ ครั้งที่ 37 สาขาสัตวศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 76 – 85 หน้า.

โสภณ ชินเวโรจน์, สมศักดิ์ เภาทอง และ วิโรจน์ วนาสิทธชยัวฒัน์. (2544). การใชอ้าหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปะรดเป็นส่วนประกอบส าหรับโครีดนม. In: ใน รายงานผลงานวิจยัประจา ปี 2544. กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตวใ์กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รหัส 014-02-44 : 246-256

โสภาพรรณ อักณราศิวะโรจน์. 2555. กระบวนการหมักกรดแลกติก ระบบย่อยอาหารและการ สลาย สารอาหารระดับเซลล์. แหล่งที่มา: https://krusicne.wordpress.com/2012/08/26/, 18 พฤศจิกายน 2559.

หนึ่งนุช สายปิ่น. (2551). การผลิตแพะ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 223 หน้า.

อรวินท์ วงศ์มีเกียรติ. (2527). การผลิตเอนไซม์โบรมิเลน จากส่วนเหลือทิ้งของสับปะรด. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลับเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย.

อาทิตย์ ปัญญาศักดิ์ และ ศรเทพ ธัมวาสร. 2556. อิทธิพลของระยะเวลาการหมักและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพ พี เอ็ม อาร์. วิทยาศาสตร์เกษตร. 44(1): 55-58.

อานุภาพ เส็งสาย, ปริญญา จเรรัชต์, วิโรจน์ วนาสิทธิชัยวัฒน์ และสมศักดิ์ เภาทอง. 2547. การศึกษาการเปรียบเทียบรูปแบบการให้อาหารในโคขุน. 353-363. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

AOAC. (1990). Official Method of Analysis. 14th Ed. Association of Official Analysis Chemists. Washington D. C.

Bath, D.L., F. N. Dickerson, H. A. Tucker, and R. D. Appleman. 1979. Dairy Cattle: Principles. Practices, Problem, Profit. 2nd Edition, LEA& FEB/ GER, Philadelphia.

Bolinger D. (2017. OPPORTUNITIES FOR SAVINGS WITH LESS SILAGE SHRINK.

Bremner, J. M., and D. R. Keeney. (1965). "Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite." Analytica Chimica Acta. 32 : 485 – 495 pp.

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.

Czerkawski, R. W. (1986). An Introduction to Rumen Studies. Pergamon Press, Oxford. 199 p.

Devendra, C. and M. Brurns. (1983). Goat production in tropics. Farmham royal; Commonwealth agricultural bureau.

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.

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.

Goering, H. K. and P. J., Van Soest. (1970). Forage Fiber Analysis (apparatus, reagent, procedures and some application). Washington. D. C. Agric: New Mexico State University.

Herbarium News. (2017). http: / / powo. science. kew. org, http: / / www. samrancom. com, https: / / en. wikipedia. org, http: / / www. ogtr. gov. au, https: / / www. khaosod. co. th, http://lang4fun.blogspot.com

Kaneko J. (1989). Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 4th edition. Academic Press, Inc. California, USA. 932.

Kim, S. H., M. J. Alam, M. J. Gu, K. W. Park, C. O. Jeon,J. K. Ha, K. K. Cho, and S. S. Lee. 2012. Effect oftotal mixed ration with fermented feed on ruminal *in vitro* fermentation, growth performance and blood characteristics of Hanwoo steers. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 25(2):213-223.

Kung, L. Jr. and J. T. Huber. (1983). "Performance of high producing cows in early lactation fed protein of varying amounts, sources, and degradability." J. Dairy Sci. 66 : 227 – 234 pp.

Lewis, D. (1975). "Blood urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant." J. Agric. Sci. (Camb.), 48 : 438 – 446 pp.

Mackay, E. M. and L. L., Mackay. (1972). "Estimation sugar and nitrogen compounds by enzymatic colorimetric test in serum and plasma." J. Clini. Invest 4 : 295 pp.

McDonald, P., R. A. Edward, J. F. D. Greenhalgh, C. A. Morgan. L. A. Sinclair and R. A. Wilkinson (2011). Animal Nutrition. (7th ed). Pearson, Harlow, England. 692 pp.

Muller, Z. O. (1978). Feeding protential of pineapple waste for cattle. World animal Review 25 : 25.

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.

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: 6174.

NRC. (1981). Nutrient Requirements of Goats : Angora, Dairy and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries. National Academy Press, Washington, DC., USA.

Ørskov, E. R., and I. McDonald. (1979). "The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage." Journal of Agricultural Science. 92, 2 : 499 – 503 pp.

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.

SAS. (1998). User's Guide: Statistics. Version 9.2 Edition. SAS. Inst. Cary, N.C.

Satter, L. D., and R. E. Slyter (1974). "Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*." Brit. J. Nutr. 32: 199.

Schneider, B. H., and Flatt, W. P. (1975). "The evaluation of food though digestibility experiments." Georgia, USA: The University of Georgia Press.

Sommart, K., D.S. Parker, P. Rowlinson, and M. Wanapat. 2000. Fermentation characteristics and microbial protein synthesis in an in vitro system using cassava, rice straw and dried ruzi grass as substrates. Asian-Aust. J.Anim. Sci., 13: 1084-1093.

Wang, Q., Kuninobu, M., Ogawa, H.I., Kato, Y., 1999. Degradation of volatile fatty acids in highly efficient anaerobic digestion. Biomass Bioenergy 16, 407-416.

Yuangklang, C., S. Wittayakun, K. Vasupen, C. Sarnklong, S. Wongsuttawas, P. Srinanaun, T. Keawking and B. Palaeukhum. 2004a. Effect of supplemental urea-treated rice straw as fiber enhancer on voluntary feed intake, ruminal Fermentation and milk production in dairy cows fed total mixed ration. In: Proceedings of the Agricultural Seminar, Animal Science/Animal Husbandry. 27-28 January 2004, Sofitel Raja Orchid Hotel, Khon Kaen, Thailand. page 231238

Zemmelink G., Tolkamp B.J., and Ogink N.W.M. (1991). Energy Requirement for maintenance and gain of West African Dwarf goats. SRR, 5: 205-21

ภาคผนวก ก
ภาพแสดงการเตรียมการทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมอาหาร FTMR โดยนำเศษเหลือสับปะรด (เปลือก, กาก และใบสับปะรด) มาหันให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตร จากนั้นคลุกเคล้าด้วยกากน้ำตาลตามสูตรแต่ละการทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 2 นำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารหยาบมาผสมกับอาหารข้นตามสูตรแต่ละการทดลอง จากนั้นนำมาอัดและไล่อากาศ โดยทำการหมักสภาวะไร้ออกซิเจนเป็นเวลา 21 วัน

ภาพภาคผนวกที่ 3 อาหาร FTMR วันที่ 21 ทำการประเมินคุณภาพอาหารหมักในด้าน กลิ่น สี และเนื้อสัมผัส

ภาพภาคผนวกที่ 4 การหาค่า pH ของอาหาร FTMR

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

ภาพภาคผนวกที่ 6 เตรียมตัวอย่างและสารละลายที่ประกอบด้วยสารละลายบัพเฟอร์และแร่ธาตุ ต่างๆ ใส่ในภาชะขวดรูปชมพู่ขนาด 5,000 มิลลิลิตร เตรียมหนักตัวอย่าง 0.5 กรัม ในขวดวัคซีนและปิดฝาให้สนิท และการเก็บของเหลว (Rumen fluid) จากกระเพาะหมักโคผสมกับสารละลายที่เตรียมไว้ในขวดรูปชมพู ดูดสารละลายในขวดวัคซีนที่มีอาหารปริมาณ 40 มิลลิลิตร จากนั้นทำการบ่มตามระยะเวลาที่กำหนด

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

ภาพภาคผนวกที่ 8 ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดและความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนโดยนำ ตัวอย่างไปปั่นแยกกากออก จากนั้นจะนำตัวอย่างส่วนที่ใสไปทำการวิเคราะห์

ภาพภาคผนวกที่ 9 การค่าปริมาณแบคทีเรียที่สำคัญโดยวิธี 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 โดยจะทาการเจาะเลือดแพะ จากนั้นนำเลือดมาปันเหวี่ยงเพื่อนำส่วนใสไปวิเคราะห์

ภาพภาคผนวกที่ 13 วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด, ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนและจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดยเก็บตัวอย่างจากกระเพาะรูเมน

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

1. การประเมินอาหารหมักทางกายภาพ (กรมปศุสัตว์, 2547)

แบบประเมินพืชหมักทางกายภาพ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์

ลักษณะทางกายภาพ	คะแนน
1. กลิ่น - หอมคล้ายกลิ่นผลไม้ดอง หรือน้ำส้มสายชู (12 คะแนน) - ไม่หอม มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย (8 คะแนน) - มีกลิ่นฉุนมาก และเหม็นเล็กน้อย (4 คะแนน) - เหม็นเน่า หรือเหม็นกลิ่นรา (0 คะแนน)	
2. เนื้อพืชหมัก - แน่น มีส่วนใบและลำต้นที่ยังคงสภาพเดิมและไม่มีสิ่งเจือปน (4 คะแนน) - แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย ลื่นเป็นเมือก (2 คะแนน) - แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยมาก มีสิ่งเจือปน (1คะแนน) - เละเป็นเมือก และสกปรกมาก (0 คะแนน)	
3. สี - เหลืองอมเขียว หรือสีกากี (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 นำของเหลวที่กรองได้ไปวัดความค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter)

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

3.1 วิธีการทดลอง

1. หาความเข้มข้นมาตรฐานของโซเดียมไฮดรอกไซด์

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

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน NaOH } (N_1) = \frac{(N_2 \times V_2)}{V_1}$$

เมื่อ N_1 = ความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (N)

V_1 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท

N_2 = ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานของ KHP (N)

V_2 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน KHP ที่ใช้ในการไตเตรท

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

4.1 วัสดุ และอุปกรณ์

- ถังบรรจุ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
- สายยางนำแก๊สและอุปกรณ์แยกทางแก๊ส
- ขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 5 ลิตร
- กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 100, 500 และ1000 มิลลิลิตร
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flash) ขนาด 100 และ 1,000 มิลลิลิตร
- กระติกน้ำร้อน (Thermos) ขนาด 2 ลิตร
- กรวยกรอง
- ผ้าขาวบางสำหรับกรองของเหลวจากกระเพาะรูเมน
- ปิเปต (Pipet) ขนาด 0.5 และ 1.0 มิลลิลิตร
- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- กระบอกฉีดยาพลาสติก ขนาด 50 มิลลิลิตร (สำหรับถ่ายเทของเหลว)
- กระบอกฉีดยาแก้ว 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 มิลลิลิตร เตรียมจาก

  โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟส (KH_2PO_4) ปริมาณ 6.20 กรัม

  ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟส (Na_2HPO_4) ปริมาณ 5.70 กรัม

  โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาณ 2.22 กรัม

  แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$) ปริมาณ 0.60 กรัม

  ทำละลายและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
- สารละลายแร่ธาตุอาหารรอง (Micro mineral solution) ปริมาณ 0.23 มิลลิลิตร เตรียมจาก

  แมกกานีสไดคลอไรด์ ($MnCl_24H_2O$) ปริมาณ 10.00 กรัม

  แคลเซียมไดคลอไรด์ ($CaCl_2.2H_2O$) ปริมาณ 13.20 กรัม

  โคบอลต์ไดคลอไรด์ ($CoCl_2.6H_2O$) ปริมาณ 1.00 กรัม

  เฟอร์รัสไตรคลอไรด์ ($FeCl_3.6H_2O$) ปริมาณ 8.00 กรัม

ทำละลายและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

- สารละลายรีซาซูริน (Resazurine solution) ปริมาณ 1.0 มิลลิลิตร เตรียมจาก

รีซาซูริน (Resazurine solution) ปริมาณ 0.1 กรัม

ทำละลายและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

- สารละลายสำหรับไล่ออกซิเจน (Reduction solution) ปริมาณ 60.00 มิลลิลิต รเตรียมจาก

โซเดียมซัลไฟด์ ($Na_2S.9H_2O$) 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 ที่มีคุณภาพสูง แต่มีข้อเสียตรงที่น้ำยามีราคาสูง

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 $FeCl_3 \square 6\ H_2O$ 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 องซาเซลเซียส

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 ผสมให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาทีพอดีนำมาแช่ในอ่างน้ำเย็นประมาณ 5 นาที นำไปวัด A ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

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

การคำนวณ

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

6. ปริมาณกลูโคสในเลือด (Blood Glucose)

6.1 ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย

1) 10% Sodium tangstate

- ชั่ง Sodium tangstate 10 g ละลายน้ำ จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml

2) 0.05 M H_2SO_4

- ตวงสารละลาย H_2SO_4 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 (ll) sulfate 2.25 g ละลายน้ำ จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 500 ml

5) Phosphomolydbic 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 แล้วปรับปริมาณด้วยน้ำให้ได้ 500 ml

6) Unknown

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

6.2 การกำจัดโปรตีนออกจากเลือดตัวอย่าง

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 5,000g เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกตะกอนโปรตีน

4) ปิเปตสารละลายใสส่วนบนออกใส่ในหลอดทดลองใหม่ที่แห้งเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณกลูโคสต่อไป

6.3 การหาปริมาณกลูโคส

1) ปิเปตสารดังแสดงในตารางตามลำดับ

สารละลาย (mL)	หลอดที่		
	blank	Standard	Unknown
น้ำกลั่น	1.00	-	-
กลูโคสมาตรฐาน (0.05 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	-	1.00	1.00
เลือดตัวอย่างที่กำจักโปรตีนแล้ว	-	-	-
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

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