ผลของการหมักเปลือกลูกตาลโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

โดย
นางสาวทิพาพร ชาญปรีชา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผลของการหมักเปลือกลูกตาลโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

โดย

นางสาวทิพาพร ชาญปรีชา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

EFFECTS OF FERMENTED SUGAR PALM PEEL WITH FJLB ON NUTRIENTS DIGESTIBILITY AND GROWTH PERFORMANCE IN CROSSBRED GOAT

By

Miss Tipapron Chanprecha

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

Master of Science Program in Animal Science

Program of Animal Science

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2016

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการหมักเปลือกลูกตาลโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม” เสนอโดย นางสาวทิพาพร ชาญปรีชา เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

……..

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ แสนภูมิ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันท์ เชาว์เครือ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสมอใจ บุรีนอก

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(นายสัตวแพทย์ ดร. นรินทร์ ปริยวิชญภักดี)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนรรษมลวรรณ พลมั่น)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ แสนภูมิ)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันท์ เชาว์เครือ)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสมอใจ บุรีนอก)

...../...../.....

57751201: สาขาวิชาสัตวศาสตร์
คำสำคัญ: เปลือกลูกตาล / แพะ / สมรรถนะการเจริญเติบโต / การย่อยได้โภชนะ / น้ำพืชหมักจากหญ้า

ทิพาพร ชาญปรีชา : ผลของการหมักเปลือกลูกตาลโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ แสนภูมิ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันท์ เชาว์เครือ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสมอใจ บุรีนอก. 164 หน้า.

จากการศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วย 3 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี โดยวางแผนการทดลองแบบ 3 x 2 factorial in Completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส โดยพบว่าน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ที่เติมน้ำตาลกลูโคสมีจำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติคและปริมาณกรดแลคติคที่สูง ส่งผลให้ค่า pH ลดต่ำลง และยังมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์และหญ้ากินนี ($P < 0.05$) นอกจากนี้น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ที่เติมน้ำตาลกลูโคสมีจำนวนแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค จำนวนเชื้อราและยีสต์ต่ำกว่าน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์และหญ้ากินนีที่บ่มเป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง($P< 0.05$) ส่วนการทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับปรุงเปลือกลูกตาลหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคจากน้ำพืชหมัก โดยวางแผนการทดลองแบบ 2 x 4 factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ชนิดของน้ำพืชหมักและระยะเวลาการหมัก พบว่าเปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีร่วมกับน้ำตาลกลูโคสมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในหลอดทดลอง ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน และปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดสูงกว่าเปลือกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P < 0.01$) ที่หมักเป็นเวลา 21 วัน การทดลองที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเปลือกลูกตาลหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และการย่อยได้โภชนะในแพะพันธุ์ลูกผสม (พื้นเมือง x บอร์) จำนวน 9 ตัว เพศผู้ มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 13.67 ± 0.58 กิโลกรัม อายุเฉลี่ย 3 – 4 เดือน โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD พบว่าแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีปริมาณการกินได้ สมรรถนะการเจริญเติบโต ปริมาณกลูโคส ยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด และสมดุลไนโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ โดยแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีมีปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะสูงกว่าแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P < 0.05$) นอกจากนี้แพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมักมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนต่ำ แต่มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และพลังงานที่ย่อยได้สูงกว่าแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P < 0.01$) ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าเปลือกลูกตาลหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทนในการเลี้ยงแพะได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ลายมือชื่อนักศึกษา..... ปีการศึกษา 2559
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ 1. ..... 2. ..... 3. .....

57751201: MAJOR (ANIMAL SCIENCE)
KEY WORD: SUGAR PALM PEEL / GOAT / GROWTH PERFORMANCE / NUTRIENTS DIGESTIBILITY / FERMENTED JUICE FROM GRASS

TIPAPRON CHANPRECHA : EFFECTS OF FERMENTED SUGAR PALM PEEL WITH FJLB ON NUTRIENTS DIGESTIBILITY AND GROWTH PERFORMANCE IN CROSSBRED GOAT. THESIS ADVISORS: ASST. PROF. PORNPAN SAENPHOOM, Ph.D., ASST. PROF. ANAN CHAOKUAR, Ph.D. AND ASST. PROF. SMERJAI BUREENOK, Ph.D. 164 pp.

This study consisted of 3 experiments. Firstly, the objective was to study quality of fermented juice from napier grass, ruzi grass and guinea grass. This study was assigned with 3 x 2 factorial in completely randomized design (CRD). This study consisted of 2 factors such as type of fermented juice from grass and addition level of glucose. The results showed that fermented juice from ruzi grass with glucose had higher lactic acid bacterial count (LAB) and lactic acid content caused lower pH value. Moreover, fermented juice from ruzi grass with glucose had higher total sugar content than fermented juice from napier grass and guinea grass ($P < 0.05$). In addition, fermented juice from ruzi grass with glucose had lower aerobic bacterial, yeast and mold count than fermented juice from napier grass and guinea grass at hour 36 ($P < 0.05$). Secondly, the objective was to improve sugar palm peel with fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB). This experiment was designed in a 2 x 4 factorial in CRD. This study consisted of 2 factors such as types of FJLB and times of silage. The results showed that sugar palm peel silages with FJLB from guinea grass with glucose had higher *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD), ammonia nitrogen (NH_3-N) volume and total volatile fatty acid (TVFA) than sugar palm peel silages other treatments ($P < 0.01$) at 21 day of fermentation. Thirdly, the objective was to study effect of sugar palm peel with FJLB on growth performance and nutrients digestibility in crossbreed goat (Native x Boer) for 9 male crossbreed goats. The average initial weight of 13.67 ± 0.58 kg and age 3 - 4 month. This experiment was assigned into CRD. The results showed that goat fed sugar palm peel silage had feed intake, growth performance, glucose and urea nitrogen in blood, and nitrogen balance was not different statistically among treatments ($P > 0.05$), except of nitrogen excreted in the urine. Goat fed sugar palm peel silage with FJLB from guinea grass was had higher nitrogen excreted in the urine than goat fed sugar palm peel silage other treatments ($P < 0.05$). In addition goat fed sugar palm peel silage without FJLB was had lower digestibility coefficient of crude protein, but had higher digestibility coefficient of hemicellulose, cellulose and digestible energy than goat fed sugar palm peel silage other treatments ($P < 0.01$). In this experiment, we can conclude that sugar palm peel silage with lactic acid bacterial in FJLB from guinea grass is can use substitute as source roughage for goat diet no adverse effect on nutrients digestibility and growth performance in crossbreed goat.

Program of Animal Science Graduate School, Silpakorn University

Student's signature..... Academic Year 2016

Thesis Advisors' signature 1. ..... 2. ..... 3. .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร. พรพรรณ แสนภูมิ ผศ.ดร. อนันท์ เชาว์เครือ และ ผศ.ดร. เสมอใจ บุรีนอก ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้วิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณ น.สพ.ดร. นรินทร์ ปริยวิชญภักดี ประธานกรรมการ และ ผศ.ดร. ธนรรษมลวรรณ พลมั่น กรรมการในการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยตรวจสอบวิทยานิพนธ์ส่งผลให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ถูกต้องและสมบรูณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณาของอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณฟาร์มสาธิตคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี ที่กรุณาให้ใช้โคนมที่ทำการเจาะกระเพาะเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ที่ให้ความร่วมมือในการให้ตัวอย่างหญ้าที่ใช้ในการศึกษา นอกจากนี้ยังให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์ต่างๆ และให้ใช้พื้นที่ฟาร์มสำหรับเลี้ยงแพะในงานทดลอง ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัยจนสำเร็จรุล่วงด้วยดี

ขอขอบอาจารย์ ดร. วิไลวรรณ สิริโรจนพุฒิ ขอบคุณอาจารย์ดร. กฤษณะ เรืองฤทธิ์ และขอบคุณคุณคณาจารย์คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรทุกท่าน ขอขอบคุณ ดร. สุภาวดี นิมทอง, คุณพิมพ์ใจ มีตุ้ม และคุณวสุนันท์ นิ่มอนงค์ นักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณสุชานุช คล่องใจ นักวิชาการศึกษาและเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่คอยช่วยให้คำแนะนำ ให้การสนับสนุน และช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้วิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าของหนังสือ วารสาร เอกสาร และวิทยานิพนธ์ทุกเล่ม ที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์มีความสมบรูณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่วันเพ็ญ ชาญปรีชา (ผู้ปกครอง) ที่ให้โอกาส ให้ความรู้ ให้การศึกษาที่ดีแก่ลูกตลอดมาโดยให้การสนับสนุนอย่างเต็มที่ด้วยความหวังดีตลอดมา และยังคอยดูแลเอาใจใส่เสมอมา คุณค่าหรือประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอน้อมบูชาแด่พระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ที่อบรบสั่งสอน และให้คำแนะนำต่างๆ ตลอดมา

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญตาราง		ญ
สารบัญภาพ		ฑ
บทที่		
1	บทนำ	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการศึกษา	4
	สมมติฐานของการศึกษา	5
	ขอบเขตของการศึกษา	5
2	ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	แพะ (Goat)	6
	การเลี้ยงแพะในประเทศไทย	6
	สายพันธุ์แพะ	8
	ลักษณะและวิธีการเลี้ยงแพะ	9
	ความต้องการอาหารและโภชนะของแพะ	9
	ระบบการย่อยอาหาร และเมแทบอลิซึมในกระเพาะรูเมน	10
	ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้ของอาหารในกระเพาะรูเมน	11
	เมแทบอลิซึมโปรตีนในกระเพาะรูเมน	12
	เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน	14
	พืชอาหารสำหรับเลี้ยงแพะ	16
	หญ้าอาหารสัตว์	17
	ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพหญ้าอาหารสัตว์	17
	เศษเหลือทางการเกษตร	18
	อาหารหมัก (Silage)	22

บทที่ หน้า

กระบวนการในพืชหมัก..... 22

พืชที่เหมาะสมต่อการทำอาหารหมัก..... 23

ปัจจัยที่มีผลต่อพืชหมัก..... 24

มาตรฐานทางกายภาพของอาหารหมัก..... 25

มาตรฐานทางเคมีของอาหารหมัก..... 25

แบคทีเรียกรดแลคติค..... 26

การปรับปรุงพืชหมัก..... 27

การปรับปรุงพืชหมักโดยใช้สารเสริม..... 28

การปรับปรุงอาหารหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมัก..... 31

ชนิดของพืชที่เหมาะสมในการทำน้ำพืชหมัก..... 34

หญ้าเนเปียร์ (Napier grass)..... 34

หญ้ารูซี่ (Ruzi grass)..... 35

หญ้ากินนี (Guinea grass)..... 36

3 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 38

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณภาพของน้ำพืชหมัก (FJLB) จากหญ้าชนิดต่าง ๆ (หญ้าเนเปียร์,หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี)..... 38

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการปรับปรุงเปลือกลูกตาลหมักโดยใช้แบคทีเรีย - กรดแลคติคในน้ำหมักจากหญ้า (หญ้าเนเปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี)..... 40

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของการหมักเปลือกลูกตาลหมักโดย FJLB ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม..... 44

4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 47

การทดลองที่ 1 ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำพืชหมัก (FJLB) จากหญ้าชนิดต่าง ๆ (หญ้าเนเปียร์,หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี)..... 47

การทดลองที่ 2 ผลของการปรับปรุงเปลือกลูกตาลหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักจากหญ้า (หญ้าเนเปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี)..... 66

การทดลองที่ 3 ผลของการหมักเปลือกลูกตาลหมักโดย FJLB ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม..... 102

บทที่ หน้า
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 110
รายการอ้างอิง..... 112
ภาคผนวก..... 125
ภาคผนวก ก..... 126
ภาคผนวก ข..... 130
ประวัติผู้วิจัย..... 148

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สถิติการเลี้ยงแพะในประเทศไทยโดยแบ่งเป็นแต่ละภาค ปี พ.ศ. 2545 – 2555.....	7
2	สถิติจำนวนแพะที่เลี้ยงในประเทศไทยโดยแบ่งเป็นแต่ละภาค ปี พ.ศ. 2558.....	7
3	ปริมาณความต้องการโภชนะของแพะเนื้อ…….	10
4	องค์ประกอบทางเคมีจากส่วนต่างๆ ของเศษเหลือสับปะรด (%วัตถุแห้ง).....	19
5	ลักษณะพืชหมักที่ดี……...……..	25
6	คุณค่าทางโภชนะของหญ้า และพืชตระกูลถั่วหมัก (% วัตถุแห้ง).....	29
7	ความสามารถในการย่อยได้ทางโภชนะของโคต่อระดับยูเรียในอาหารข้น.....	30
8	ผลของเปลือกลูกตาลหมักต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม.....	31
9	ค่าความเป็นกรด – ด่าง, จำนวนจุลินทรีย์, ปริมาณกรด และคาร์โบไฮดรตที่ละ-ลายน้ำได้ของพืชหมัก.....	32
10	ผลของแบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมัก และกากน้ำตาลต่อคุณภาพและ-โภชนะของหญ้ารูซี่หมัก.....	33
11	องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าชนิดต่าง ๆ ที่อายุการตัดต่าง ๆ.....	37
12	ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria counts) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (Log10 cfu/ml)…….	48
12	ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria counts) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (Log10 cfu/ml) (ต่อ)…….	49
13	ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย(Log10 cfu/ml)…….….	49
13	ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (Log10 cfu/ml) (ต่อ)……..……..….	50
14	ปริมาณกรดแลคติคทั้งหมด (Total lactic acid content, %TA) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง.(%).....	52
15	ปริมาณของกรดแลคติคของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (%).....	53
16	ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง.....	55

ตารางที่ หน้า

17 ค่าความเป็นกรด – ด่าง ของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย..... 56

18 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar content) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (mg/ml)…….. 58

19 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (mg/ml)……..... 59

20 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค (Aerobic bacteria content) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (Log10 cfu/ml)……..... 61

21 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (Log10cfu/ml)..... 62

22 ปริมาณเชื้อราและยีสต์ (Mold and yeast content) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (Log10 cfu/ml)……... 64

23 ปริมาณเชื้อราและยีสต์ของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (Log10 cfu/ml)..... 65

24 คะแนนการประเมินลักษณะทางกายภาพของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง..... 67

25 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง..... 68

26 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย..... 69

27 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ระยะเวลาหมักที่ 0 วัน) …….. 72

28 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ระยะเวลาหมักที่ 7 วัน)..... 74

29 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ระยะเวลาหมักที่ 14 วัน)..... 76

30 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ระยะเวลาหมักที่ 21 วัน)..... 78

ตารางที่ หน้า

31 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (% วัตถุแห้ง)..... 80

32 ความสามารถในการย่อยได้หลังบ่มชั่วโมงที่ 24 ของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (%)..... 82

33 ความสามารถในการย่อยได้หลังบ่มชั่วโมงที่ 24 ของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลองเมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (%)…….. 83

34 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) หลังการบ่มย่อย ณ ชั่วโมงที่ 24 ของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง..... 84

35 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) หลังการบ่มย่อยชั่วโมงที่ 24 ของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย..... 85

36 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ml)..... 87

36 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ml) (ต่อ)..... 88

37 ปริมาณผลผลิตแก๊สของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (ml)..... 93

38 ค่าจลศาสตร์การหมักย่อยของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง..... 95

38 ค่าจลศาสตร์การหมักย่อยของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ต่อ)..... 96

39 ปริมาณผลผลิตแก๊สของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย..... 97

40 ผลของความเข้มข้นของผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมักของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง……. 100

41 ผลของความเข้มข้นของผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมักของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย …..…… 101

42 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (% วัตถุแห้ง)..... 102

42 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (% วัตถุแห้ง) (ต่อ)..... 103

43 ผลของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลองต่อการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม..... 104

ตารางที่ หน้า

44 สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลอง..... 106
45 ปริมาณกลูโคสและยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดในแต่ละกลุ่มการทดลอง..... 107
46 สมดุลไนโตรเจนของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลอง..... 109

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แพะสายพันธุ์ต่าง ๆ……..	8
2	สรีรวิทยาและการย่อยอาหารของแพะ…….	11
3	เมแทบอลิซึมของโปรตีนและไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน.....	13
4	เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน.....	15
5	การสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่ายจากไพรูเวทในกระเพาะรูเมน.....	16
6	ส่วนประกอบต่างๆ ของสับปะรด……	19
7	ส่วนประกอบต่างๆ ของตาลโตนด.....	21
8	กระบวนการหมักของแบคทีเรียกรดแลคติค.....	24
9	ชนิดของแบคทีเรียกรดแลคติคที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก.....	27
10	ลักษณะของหญ้าเนเปียร์.....	35
11	ลักษณะของหญ้ารูซี่…….	36
12	ลักษณะของหญ้ากินนี.....	37
13	กราฟแนวโน้มของปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติค…….	48
14	กราฟแนวโน้มของปริมาณกรดแลคติคทั้งหมด.....	51
15	กราฟแนวโน้มของค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)……	54
16	กราฟแนวโน้มของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด.....	57
17	กราฟแนวโน้มของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค.....	60
18	กราฟแนวโน้มของปริมาณเชื้อราและยีสต์.....	63
19	ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกลูกตาลหมักที่ระยะเวลา 0 วัน.....	89
20	ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกลูกตาลหมักที่ระยะเวลา 7 วัน.....	90
21	ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกลูกตาลหมักที่ระยะเวลา 14 วัน.....	91
22	ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกลูกตาลหมักที่ระยะเวลา 21 วัน.....	92

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แพะ (Goat) เป็นสัตว์กระเพาะรวมขนาดเล็ก เลี้ยงง่าย โตเร็ว สามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว คือแพะมีวงจรการเป็นสัดที่สั้นระยะเวลาประมาณ 21 วัน และมีระยะเวลาการตั้งท้อง 150 วัน จึงทำให้เป็นนิยมเลี้ยงในเกษตรกรทางภาคใต้ของประเทศไทย และพันธุ์แพะเนื้อที่นิยมเลี้ยงในประเทศไทย เช่น พันธุ์บอร์ พันธุ์แองโกร่า พันธุ์แคชเมียร์ และ พันธุ์แบล็คเบงกอล เป็นต้น โดยพบว่าแพะเนื้อในเขตร้อนมีความต้องการอาหารหยาบประมาณ 10% ของน้ำหนักตัว ต้องการวัตถุแห้ง (Dry matter intake) ประมาณ 3% ของน้ำหนักตัว ต้องการโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrients; TDN) ประมาณ 260 - 800 กรัม/วัน โปรตีนที่ย่อยได้ประมาณ 23 - 70 กรัม/วัน นอกจากนี้แพะยังต้องการแคลเซียมประมาณ 0.9 - 4.0 กรัม/วัน ฟอสฟอรัสประมาณ 0.7 – 2.8 กรัม/วัน และวิตามินเอประมาณ 400 – 4,700 IU/วัน และวิตามินดีประมาณ 85 – 950 หน่วยสากล/วัน (ศิริรัตน์, 2556: 1- 2) แพะนมที่อยู่ในช่วงการให้นมมีความต้องการโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดประมาณ 60 – 65% โปรตีนประมาณ 11 – 14% นอกจากนี้แพะยังต้องการแคลเซียมประมาณ 0.4 – 0.6 % ฟอสฟอรัสประมาณ 0.2 – 0.3% (Luginbuhl and Poore, 1998)

อาหารหยาบ ถือว่าเป็นแหล่งอาหารหลักที่สำคัญของสัตว์กระเพาะรวม โดยเป็นอาหารที่มีลักษณะที่ให้เยื่อใยสูง (มากกว่า 18%) เนื่องจากอาหารหยาบโดยส่วนใหญ่จะมีแหล่งที่มาจากพืช เช่น หญ้า พืชตระกูลถั่ว และเศษเหลือทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว มันสำปะหลัง เปลือกข้าวโพด เป็นต้น นอกจากนี้ในช่วงฤดูแล้งเกษตรกรมักประสบปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ หรืออาหารหยาบที่มีนั้นมีคุณภาพต่ำ ส่วนในฤดูฝนจะมีปริมาณของพืชสดเกินความต้องการของสัตว์แต่เนื่องจากในฤดูฝนถึงแม้จะมีปริมาณผลผลิตที่สูงแต่ไม่เอื้อให้ทำพืชแห้งได้ ดังนั้นเกษตรกรจึงนิยมเก็บถนอมในรูปของพืชหมักเพื่อไว้เป็นแหล่งอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง

พืชหมัก (Silage) ถือว่าเป็นการถนอมพืชอาหารสัตว์อย่างหนึ่ง ที่เก็บเกี่ยวพืชในขณะที่มีความชื้นที่เหมาะสม (65 - 75%) นำมาเก็บในสภาพสูญญากาศ (Anaerobic condition) การถนอมพืชอาหารสัตว์โดยวิธีการทำพืชหมักมีข้อดี คือ สามารถเก็บไว้ได้เป็นระยะเวลานานขึ้น โดยที่คุณค่าทางอาหารของพืชมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด (สายัณห์, 2540) นอกจากนี้เกษตรกรสามารถ

ใช้เศษเหลือทางการเกษตรในท้องถิ่นมาทำพืชหมักได้ เช่น การใช้เศษเหลือของสับปะรดจากโรงงานแปรรูปสับปะรดกระป๋อง เป็นแหล่งอาหารหยาบของแพะ พบว่าแพะที่ได้รับเศษเหลือจากสับปะรด และแพะได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งร่วมกับเศษเหลือของสับปะรดในอัตราส่วน 1 : 10 และ 1 : 20 โดยน้ำหนัก มีปริมาณอาหารที่กินได้ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้และสมรรถภาพการผลิต จึงสามารถใช้เศษเหลือของสับปะรดอย่างเดียว หรือร่วมกับอาหารหยาบชนิดอื่นเป็นอาหารหยาบของแพะได้ โดยใช้ร่วมกับอาหารข้น 2 % ของน้ำหนักตัว (พีระวัฒน์ และคณะ, 2554: 399 - 412) นอกจากนี้ในจังหวัดเพชรบุรี มีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากต้นตาลโตนดเป็นจำนวนมาก เช่น ในรูปของผลสด และผลิตภัณฑ์แปรรูปต่างๆ

การทำพืชหมัก เป็นการถนอมพืชอาหารสัตว์ไว้ในสภาพหมักดอง ภายใต้สภาวะสูญญากาศ (Anaerobic condition) โดยอาศัยการทำงานของแบคทีเรียกรดแลคติคชนิดอิงอาศัย (Epiphytic of lactic acid bacteria) ที่สามารถพบได้ในธรรมชาติตามส่วนต่างๆ ของพืช แต่จะมีจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของพืช ปริมาณของวัตถุแห้ง ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำตาลที่มีในพืช ซึ่งการทำงานของแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria; LAB) คือ แบคทีเรียกรดแลคติคจะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate; WSC) ที่มีอยู่ในเซลล์พืช ได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติค (Lactic acid) กรดอะซิติค (Acetic acid) และกรดโพรพิโอนิค (Propionic acid) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของกรดแลคติคจะส่งผลให้ทำค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของพืชหมักมีค่าลดลง ประมาณ 4.2 หรืออาจน้อยกว่านั้น นอกจากยังส่งผลให้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นประโยชน์สำหรับกระบวนการหมักได้ (อารีรัตน์, 2546) ดังนั้นจึงมีการใช้เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคเติมลงไปในพืชหมัก เพื่อเป็นการเพิ่มจำนวนของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคให้มากขึ้นตั้งแต่เริ่มกระบวนการหมัก

พืชหมักที่มีคุณภาพดี ควรมีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นผลไม้ดอง ไม่มีกลิ่นเน่าฉุน เนื้อของพืชหมักไม่เป็นเมือก และไม่และ เนื้อพืชหมักควรมีสีเขียวอมเหลือง มีรสชาติที่ออกเปรี้ยวเล็กน้อย นอกจากนี้พืชหมักควรมีวัตถุแห้งประมาณ 25 – 35% มีความชื้นประมาณ 60 – 65% มีค่า pH ประมาณ 4.2 มีปริมาณกรดแลคติคประมาณ 3 – 13% มีปริมาณกรดบิวทิริค (Butyric acid) ไม่เกิน 0.2% และมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนไม่เกิน 11% ของปริมาณไนโตรเจนรวม (สายัณห์, 2540: 376) พืชที่เหมาะสำหรับนำมาหมักควรเป็นพืชที่ให้ผลผลิตสูงมีปริมาณของน้ำตาล และคุณค่าทางโภชนะที่สูง นอกจากนี้พืชหมักที่ดีควรมีปริมาณวัตถุแห้งประมาณ 30 – 35% (กรมปศุสัตว์, 2547:

1 - 23) มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 18% ซึ่งพบว่าหญ้าเนเปียร์มีโปรตีนประมาณ 12.6 - 15.9% และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ประมาณ 33.3 - 36.5% ส่วนหญ้ารูซี่มีโปรตีนประมาณ 6.6 – 8.6% และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ประมาณ 50.8 - 51.1% และหญ้ากินนีมีโปรตีนประมาณ 7.1 – 7.9% และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำประมาณ 44.7 - 48.3% (เฉลา และคณะ, 2553) นอกจากนี้ยังพบว่าพืชชนิดอื่นที่มีระดับน้ำตาลในพืชไม่เพียงพอต่อการนำมาทำพืชหมักจึงจำเป็นต้องเติมสารช่วยหมัก เช่น กากน้ำตาล เมล็ดข้าวโพดบด และมันเส้นบด เป็นต้น นอกจากนี้มีรายงานว่า การเพิ่มคุณภาพหญ้าเนเปียร์หมักโดยใช้สารเสริมชนิดต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยหญ้าเนเปียร์หมักที่ไม่เติมสารเสริม, หมักร่วมกับถั่วคาวาลเคดแห้งบด 8%, หมักร่วมกับถั่วคาวาลเคดแห้งบด 8% และเมล็ดข้าวโพดบด 5% และหมักร่วมกับถั่วคาวาลเคดแห้งบด 8 % และมันเส้นบด 5% หมักเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าทุกกลุ่มมีลักษณะทางกายภาพของพืชหมักอยู่ในเกณฑ์ดีมาก มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.95 – 4.27 มีปริมาณกรดแลคติคอยู่ในช่วง 12.82 – 20.23% กรดอะซิติคอยู่ในช่วง 4.41 – 5.50% และกรดบิวทิริคอยู่ในช่วง 0.08 – 0.21% นอกจากนี้พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 8.97 – 11.16% (สดุดี และคณะ, 2551: 86 - 99)

การหมักแบบเติมแบคทีเรียกรดแลคติคที่ได้จากน้ำพืชหมัก (Fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria; FJLB) เพื่อเป็นการเร่งปฏิกิริยาของกระบวนการหมักในช่วงแรกเพื่อช่วยให้กระบวนการหมักสามารถเกิดได้เร็วขึ้น และเมื่อพืชหมักเริ่มมีสภาวะคงที่จะทำให้สามารถรักษาสภาพของพืชหมักไว้ได้นานขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำพืชวัตถุดิบมาทำเป็นน้ำพืชหมักได้ และนำน้ำพืชหมักที่ได้ไปเติมน้ำตาลเพื่อเป็นอาหารสำหรับกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติค ซึ่งสอดคล้องกับ Bureenok et al. (2005b: 807 - 811) รายงานว่าการเติมกลูโคสในน้ำพืชหมักสามารถเพิ่มจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติค (2 x 10^8 cfu/ml) ได้ดีกว่าการเติมน้ำตาลซูโครส (1.96 x 10^8cfu/ml) และกากน้ำตาล (1.85 x 10^9 cfu/ml) และยังพบว่าการใช้สารเสริมจากธรรมชาติ เช่น น้ำพืชหมักควรเติม 1% ต่อน้ำหนักวัตถุดิบสด (เสมอใจ, 2554: 85 - 98)

Bureenok et al. (2011: 226 - 271) รายงานว่าหญ้ารูซี่ที่หมักด้วยกากน้ำตาล 5% และหญ้ารูซี่ที่หมักด้วยกากน้ำตาล 5% ร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ 1% ที่หมักเป็นระยะเวลา 45 วัน มีค่า pH (3.81 และ 3.84 ตามลำดับ) ต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ และมีปริมาณของกรดแลคติค (127.9 และ 108.2 g/kg DM ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ นอกจากนี้พบว่า หญ้าที่หมักด้วยน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ 1% มีค่าการย่อยได้ของโปรตีน (803.3 g/kg) สูงที่สุด และยังสามารถเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียกลุ่มเซลลูโลไลติก (Cellulolytic bacteria) (7.3 log cfu/ml) ในโคนม

นอกจากนี้ Nishino and Uchida (1999: 1285 - 1288) รายงานว่าการเติมน้ำพืชหมักจากถั่วลูเซิน (2.5 ml kg^{-1}) ที่เติมและไม่เติมน้ำตาลซูโครส (20 g kg^{-1}) พบว่าการหมักถั่วลูเซินร่วมกับน้ำตาลซูโครส และน้ำพืชหมักมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงการหมักมากขึ้น นอกจากนี้การย่อยได้ในหลอดทดลองมีค่าสูงขึ้น และการผลิตแอมโมเนีย (Ammonia; NH_3) ในน้ำรูเมนภายในหลอดทดลองมีค่าลดลง และยังพบว่ามีค่า pH ลดลง สามารถเพิ่มปริมาณกรดแลคติค และลดปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia nitrogen; NH_3 – N) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมและกลุ่มที่เติมน้ำตาลซูโครส

เปลือกลูกตาลสด (Sugar palm peel) เป็นเศษเหลือจากการจำหน่ายผลตาลสด ซึ่งเปลือกลูกตาลสดสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ แต่มีข้อจำกัด คือ มีองค์ประกอบเยื่อใยของเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และเซลลูโลส (Cellulose) ในปริมาณสูงทำให้สัตว์ย่อยได้ยาก ซึ่งสอดคล้องกับ Saenphoom et al. (2015: 33) รายงานว่าเปลือกลูกตาลสดประกอบด้วยความชื้นประมาณ 82%, โปรตีนประมาณ 1.4%, เฮมิเซลลูโลสประมาณ 46% และเซลลูโลสประมาณ 31% นอกจากนี้ยังพบว่าประกอบด้วยลิกนินประมาณ 12.2%, เถ้าประมาณ 1.1%, ไขมันประมาณ 0.8% และเพคตินประมาณ 1.6% (จันทร์เพ็ญ และ พิทักษ์, 2557: 13)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำน้ำพืชหมักมาปรับปรุงเปลือกลูกตาลหมัก โดยเลือกแบคทีเรียกรดแลคติดที่ได้จากน้ำพืชหมักที่เตรียมจากหญ้าชนิดต่าง ๆ (หญ้าเนเปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี) ซึ่งสามารถเตรียมขึ้นเองได้ เมื่อเรานำน้ำพืชหมักที่มีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคที่เหมาะสมมาเติมลงในพืชหมักจะทำให้เกิดกระบวนการหมักที่ดีขึ้น เพื่อศึกษาการปรับปรุงเปลือกลูกตาลหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมัก และเพื่อศึกษาเปลือกลูกตาลหมักที่ใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสมเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทนในช่วงฤดูแล้ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำพืชหมัก (FJLB) ของหญ้าชนิดต่าง ๆ (หญ้าเนเปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี) และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส (0 และ 2%)

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณภาพของเปลือกลูกตาลหมักที่ใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ และระยะเวลาในการหมักที่เหมาะสม (0, 7, 14 และ 21 วัน)

1.2.3 เพื่อศึกษาสมรรถนะการเจริญเติบโต และการย่อยได้โภชนะของแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักที่ใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมัก

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การใช้เปลือกลูกตาลหมักร่วมกับแบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ มีผลต่อคุณค่าทางโภชนะ การย่อยได้ และกระบวนการหมักย่อย ผลผลิตจากกระบวนการหมักย่อย และมีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะพันธุ์ลูกผสม

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาคุณภาพของน้ำพืชหมัก (FJLB) จากหญ้าชนิดต่างๆ เพื่อศึกษาความเหมาะสมของน้ำพืชหมักที่จะนำไปปรับปรุงกระบวนการหมักของเปลือกลูกตาล

1.4.2 ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ ตลอดจนคุณค่าทางโภชนะของเปลือกลูกตาลหมักที่เติมแบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักโดยเทคนิค *in vitro* ในห้องปฏิบัติการ

1.4.3 ศึกษาผลของแพะพันธุ์ลูกผสม เพศผู้ อายุ 3 - 4 เดือน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 13.67 ± 0.58 กิโลกรัม ที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักที่เติมแบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของโภชนะ โดยวิธีการเก็บตัวอย่างทั้งหมด

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2
ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แพะ (Goat)

แพะมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Capra aegagrus hircus* มีชื่อเรียกสามัญว่า Goat จัดอยู่ในสกุล Bovidae แพะเป็นสัตว์กระเพาะรวม หรือสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก (Ruminant) ที่ในปัจจุบันเป็นที่นิยมเลี้ยง เนื่องจากแพะมีความสามารถในการปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมต่างๆ เลี้ยงง่าย สามารถกินอาหารได้หลากหลายชนิด สามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว พบว่าในประเทศไทยมีการเลี้ยงแพะในเขตพื้นที่ทางภาคใต้มากกว่า 50% ของจำนวนแพะทั้งประเทศ (กระทรวงเกษตร และสหกรณ์, 2558)

2.1.1 การเลี้ยงแพะในประเทศไทย

ปัจจุบันในประเทศไทยมีการเลี้ยงแพะเพื่อเป็นอาชีพเสริม โดยเฉพาะทางภาคใต้ของประเทศ เนื่องจากทางภาคใต้แพะถือว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญที่มีการบริโภค และเป็นที่ต้องการของตลาด นอกจากนี้การเลี้ยงแพะในทางภาคใต้ยังถือเป็นส่วนหนึ่งของระบบสังคมซึ่งเกี่ยวข้องกับความเชื่อทางศาสนา (ปิ่น และคณะ, 2556)

การเลี้ยงแพะในประเทศไทยมีแนวโน้มการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น จากรายงานกรมปศุสัตว์ (2555) ในช่วง 10 ปี ระหว่างปี 2545 - 2555 จะเห็นได้ว่าจำนวนแพะในประเทศไทยมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และพบว่าจำนวนแพะที่เลี้ยงในประเทศไทยทั้งหมดมีประมาณ 491,779 ตัว (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งกลุ่มแพะตามวัตถุประสงค์การเลี้ยงแพะ ได้เป็น 3 ประเภท คือ เพื่อการให้เนื้อ เพื่อการให้น้ำนม และเพื่อการประกอบพิธีทางศาสนา (สมเกียรติ, 2528) พบว่าส่วนใหญ่แพะที่เลี้ยงทางภาคใต้จะเลี้ยงมากในกลุ่มชาวไทยมุสลิม (271,730 ตัว) รองลงมาคือ ภาคกลาง (209,155 ตัว) โดยทั้งประเทศไทยมีการเลี้ยงแพะเนื้อมากกว่าแพะนม และยังพบว่านิยมเลี้ยงแพะเพศเมียมากกว่าเพศผู้ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 สถิติการเลี้ยงแพะในประเทศไทยโดยแบ่งเป็นแต่ละภาค ปี พ.ศ. 2545 - 2555

ปี	ภาค กลาง (ตัว)	ภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ (ตัว)	ภาค เหนือ (ตัว)	ภาค ใต้ (ตัว)	รวมทั้งประเทศ (ตัว)
2545	37,356	4,573	29,579	106,436	177,944
2546	52,967	5,021	43,410	112,519	213,917
2547	62,950	12,354	39,729	135,043	250,076
2548	109,681	13,974	55,310	159,390	338,355
2549	111,742	15,014	56,149	141,245	324,150
2550	162,926	21,423	86,373	174,052	444,774
2551	158,487	20,901	53,702	140,939	374,029
2552	160,278	20,363	61,368	141,787	383,796
2553	137,813	17,453	43,163	181,848	380,277
2554	145,517	16,320	42,802	222,928	427,567
2555	167,433	17,209	42,196	264,941	491,779

ที่มา: ดัดแปลงจากกรมปศุสัตว์, สถิติปศุสัตว์ ศูนย์สารสนเทศ "สถานการณ์การผลิต การบริโภคและการตลาดแพะในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง" สรุปข้อมูลและสถิติจำนวนแพะ และเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะประจำปี 2555

ตารางที่ 2 สถิติจำนวนแพะที่เลี้ยงในประเทศไทยโดยแบ่งเป็นแต่ละภาค ปี พ.ศ. 2558

ภาค	แพะเนื้อ (ตัว)			แพะนม (ตัว)		
	เพศผู้	เพศเมีย	รวม	เพศผู้	เพศเมีย	รวม
เหนือ	10,977	26,572	37,549	327	1,000	1,327
ตะวันออกเฉียงเหนือ	5,268	13,418	18,686	358	778	1,136
กลาง	46,257	149,288	195,545	2,669	10,941	13,610
ใต้	84,330	178,983	263,313	2,778	5,639	8,417
ยอดรวม	146,832	368,261	515,093	6,132	18,358	24,490

ที่มา: ดัดแปลงมาจากกระทรวงเกษตร และสหกรณ์ (2558), **ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยง แพะ แกะ รายเขตปศุสัตว์ ปีงบประมาณ 2558,** เข้าถึงได้เมื่อ 5 มิถุนายน, แหล่งที่มา http://ict.dld.go.th/th2/images/stories/stat_web/yearly/2558/7.goatsheep_region.pdf

2.1.2 สายพันธุ์แพะ

สายพันธุ์แพะจากทั่วโลกมีประมาณ 74 สายพันธุ์ สามารถจำแนกแพะตามประโยชน์ใช้สอยได้ออกเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) แพะพันธุ์เนื้อ เลี้ยงเพื่อการผลิตเนื้อเพียงอย่างเดียวมีประมาณ 16 สายพันธุ์ ซึ่งพันธุ์แพะที่เป็นที่รู้จักและนิยมนำมาเลี้ยงในประเทศไทย เช่น พันธุ์บอร์ (Boer) และพันธุ์แคชเมียร์ (Cashmere) 2) พันธุ์กึ่งเนื้อกึ่งนม เช่น พันธุ์แองโกลนูเบียน (Anglo nubian) 3) แพะพันธุ์เนื้อขน หรือหนัง เช่น พันธุ์แองโกร่า (Angora) พันธุ์แบล็คเบงกอล (Black bengal) และ 4) แพะพันธุ์นมจะมีเพียงไม่กี่สายพันธุ์ เช่น พันธุ์ซาเนน (Saanen) พันธุ์แอลไพน์ (Alpine) พันธุ์ลาแมนซา (La manchas) และพันธุ์ทอกเก็นเบิร์ก (Toggenberg) เป็นต้น ซึ่งแพะพันธุ์นมจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการคัดเลือกสายพันธุ์ โครงสร้าง รูปร่าง ลักษณะของเต้านม และความสมบูรณ์พันธุ์เพื่อช่วยส่งเสริมให้แพะสามารถผลิตน้ำนมได้ในปริมาณที่สูง (สมเกียรติ, 2528)

นอกจากนี้แล้วยังมีแพะพันธุ์พื้นเมือง (Native goats) ทางภาคใต้ของประเทศไทย เป็นแพะที่มีขนาดเล็ก มีความสูงประมาณ 50 เซนติเมตร มีน้ำหนักประมาณ 20 - 25 กิโลกรัม มีการเลี้ยงและขยายพันธุ์กันอย่างแพร่หลายในแถบภาคใต้ของประเทศไทย ส่วนแพะพันธุ์ลูกผสม (Mixed breed) เป็นลูกผสมระหว่างแพะสายพันธุ์แท้กับแพะสายพันธุ์พื้นเมือง จึงมีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในเขตร้อนได้ดี มีความทนทานต่อโรคและแมลงที่พบในพื้นที่เขตร้อนชื้น (สมเกียรติ, 2528)

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 1: แพะสายพันธุ์ต่าง ๆ (ก) แพะพันธุ์เบอร์ (ข) แพะพันธุ์แองโกลนูเบียน (ค) แพะพันธุ์ซาเนน (ง) แพะพื้นเมือง

ที่มา: นิรนาม (2553), **สายพันธุ์แพะ**, เข้าถึงเมื่อ 16 กรกฎาคม, เข้าถึงได้จาก https://goatsandsheep.word press.com/2010/07/16/sheep/

2.1.3 ลักษณะและวิธีการเลี้ยงแพะ

เกษตรกรมีวิธีการเลี้ยงแพะที่แตกต่างกันตามความสะดวก และเหมาะสมของเกษตรกรทั้งด้านการดูแลการจัดการ ต้นทุน และแพะเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย ทนต่อสภาพแวดล้อม ลักษณะการเลี้ยงแพะในประเทศไทยสามารถแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ ตามรายงานของบุญเสริม (2546) ได้แก่

1. การเลี้ยงแบบขังคอกจะต้องมีการจัดการที่ดี เกษตรจะต้องมีอาหารและน้ำให้สัตว์กินอย่างเพียงพอ วิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมในเกษตรกรเนื่องจากสิ้นเปลืองแรงงาน และเงินทุน แต่อาจสามารถพบเห็นได้ในเกษตรกรที่เลี้ยงแพะนม

2. การเลี้ยงแบบปล่อย โดยปกติเกษตรกรมักปล่อยแพะออกหากินตอนสายแล้วไล่ต้อนกลับเข้าคอกตอนเที่ยง หรือปล่อยแพะออกหากินตอนบ่ายแล้วไล่ต้อนกลับเข้าคอกตอนเย็น

3. การเลี้ยงแบบผูกล่ามจะใช้เชือกผูกคอแพะไว้กับเสาหลัก เกษตรจะต้องมีเวลาดูแลเอาใจใส่ วิธีนี้เหมาะสำหรับเกษตรกรที่เลี้ยงแพะจำนวนน้อย และเป็นที่นิยมเลี้ยงในแพะนม

4. การเลี้ยงแบบผสมผสานกับการปลูกพืช คือเกษตรกรจะเลี้ยงแพะปนไปกับการปลูกพืช การเลี้ยงแบบนี้ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นมากกว่าการเพาะปลูกเพียงอย่างเดียว

2.1.4 ความต้องการอาหารและโภชนะของแพะ

อาหารที่แพะกินจะถูกย่อย และดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อนำไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย โภชนะที่แพะต้องการสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พลังงาน โปรตีน น้ำ วิตามิน และแร่ธาตุ โภชนะต่างๆ จะถูกนำไปใช้เพื่อการดำรงชีพ (Maintenance requirement) เป็นความต้องการเพื่อให้ร่างกายสามารถดำเนินกิจกรรมได้อย่างเป็นปกติ นอกจากนี้จะถูกนำไปใช้เพื่อการให้ผลผลิต (Requirement for production) เช่น เพื่อการเจริญเติบโต การอุ้มท้อง การให้เนื้อ และการให้นม เป็นต้น (บุญนำพา และคณะ, 2550: 22 - 32) (ตารางที่ 3)

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 นอกจากนี้การเสริมอาหารข้นถือเป็นการชดเชยโภชนะในส่วนที่ขาดไปเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (ปิ่น และคณะ, 2556)

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

ตารางที่ 3 ปริมาณความต้องการโภชนะของแพะเนื้อ

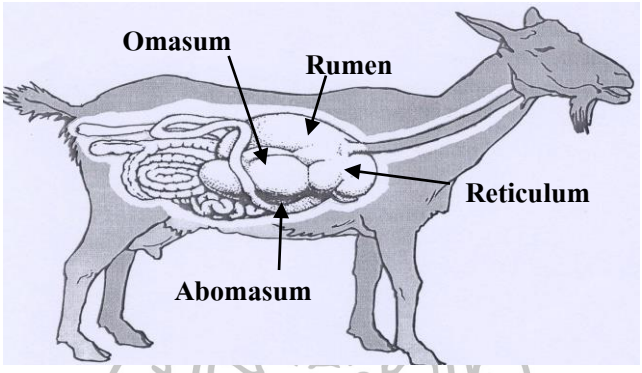
น้ำหนักแพะ (กิโลกรัม)	โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (กรัม)	พลังงาน (เมกกะแคลอรี)			โปรตีน (กรัม)	
		พลังงานย่อยได้	พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้	พลังงานสุทธิ	โปรตีนทั้งหมด	โปรตีนย่อยได้
10	159	0.70	0.57	0.32	22	15
20	267	1.18	0.96	0.54	38	26
30	362	1.59	1.30	0.73	51	35
40	448	1.98	1.61	0.91	63	43
50	530	2.34	1.91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

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

2.1.5 ระบบการย่อยอาหารและเมแทบอลิซึมในกระเพาะรูเมน

โครงสร้างกระเพาะอาหารของแพะจัดเป็นสัตว์กระเพาะรวมขนาดเล็ก ซึ่งมีความจุของกระเพาะรูเมนมากกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นเมื่อเทียบต่อหน่วยน้ำหนักตัวเท่ากัน แพะมีความจุประมาณ 75% ของช่องท้อง กระเพาะอาหารของสัตว์กระเพาะรวมสามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วน คือ กระเพาะหมัก (Rumen) กระเพาะรวงผึ้ง (Reticulum) กระเพาะสามสิบกลีบ (Omasum) และกระเพาะแท้ (Abomasum) และนอกจากนี้สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารที่เป็นเยื่อใยได้โดยการทำงานร่วมกับจุลินทรีย์จำนวนมากที่อาศัยอยู่ภายในกระเพาะหมัก (ภาพที่ 2) ได้แก่ แบคทีเรีย (Bacteria) โปรโตซัว (Protozoa) และเชื้อรา (Fungi) นอกจากนี้พบว่าแพะจัดเป็นสัตว์ที่มี

ประสิทธิภาพการใช้อาหารหยาบได้ดีกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นๆ เนื่องจากแพะมีอัตราการไหลผ่านของอาหารในกระเพาะหมักที่เร็วกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นๆ (วินัย, 2542: 338)



ภาพที่ 2: สรีรวิทยาและการย่อยอาหารของแพะ
ที่มา: หนึ่งนุช , การผลิตแพะ, (กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2553)

2.1.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้ของอาหารในกระเพาะรูเมน

1. ค่าความเป็นกรด – ด่างในรูเมน (Rumen pH) ถ้าค่า pH ในกระเพาะรูเมนมีค่าลดลง เนื่องจากสัตว์อาจได้รับอาหารข้นในปริมาณที่สูง ส่งผลให้อัตราการย่อยได้ของอาหารหยาบลดลง เพราะจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยเยื่อใยจะสามารถทำงานได้ดีที่ค่า pH ประมาณ 6 - 7 และยังเหมาะสำหรับจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยโปรตีนแล้วได้แอมโมเนีย ถ้าหากค่า pH ในกระเพาะรูเมนมีค่าต่ำกว่า 5.5 จะส่งผลทำให้ลดประสิทธิภาพการทำงาน และเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ (ภัทรภร, 2556)

2. อัตราการไหลผ่านของการย่อยอาหารจากกระเพาะรูเมน ปริมาณการกินได้ของอาหารมีผลต่ออัตราการไหลผ่านของอาหาร คือ เมื่อสัตว์มีปริมาณการกินได้ที่เพิ่มขึ้น ปริมาณของน้ำรูเมนและอัตราการไหลผ่านจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้ามีอัตราการไหลผ่านที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การย่อยได้ของอาหารในกระเพาะรูเมนลดลง เพราะอาหารที่ถูกย่อยจะมีระยะเวลาที่อยู่ในกระเพาะรูเมนน้อยลง ทำให้จุลินทรีย์มีเวลาในการย่อยสลายอาหารน้อยลงไปด้วย ส่วนการบีบตัวของกระเพาะรูเมนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลผ่าน แต่การไหลผ่านที่เร็วจะทำให้สัตว์สามารถกินอาหารได้มากขึ้น (ภัทรภร, 2556)

3. ปริมาณของเยื่อใยในอาหาร อาหารที่มีเยื่อใยสูงจะส่งผลทำให้สัตว์มีการย่อยได้ที่ลดลง (ภัทรภร, 2556)

4. ชนิดของสัตว์มีผลต่อการย่อยอาหารที่แตกต่างกัน โคสามารถย่อยอาหารหยาบได้ดีกว่าแกะ แต่แกะสามารถย่อยอาหารข้นได้ดีกว่า และกระบือสามารถย่อยอาหารหยาบได้ดีกว่าโค (ภัทรภร, 2556)

5. โภชนะ (Nutrient) มีความสำคัญสำหรับจุลินทรีย์ อาหารที่มีปริมาณของโปรตีนต่ำจะมีผลต่อการย่อยได้ของพลังงานให้ลดลง และส่งผลทำให้สัตว์มีปริมาณการกินได้ลดลงตามไปด้วย (ภัทรภร, 2556)

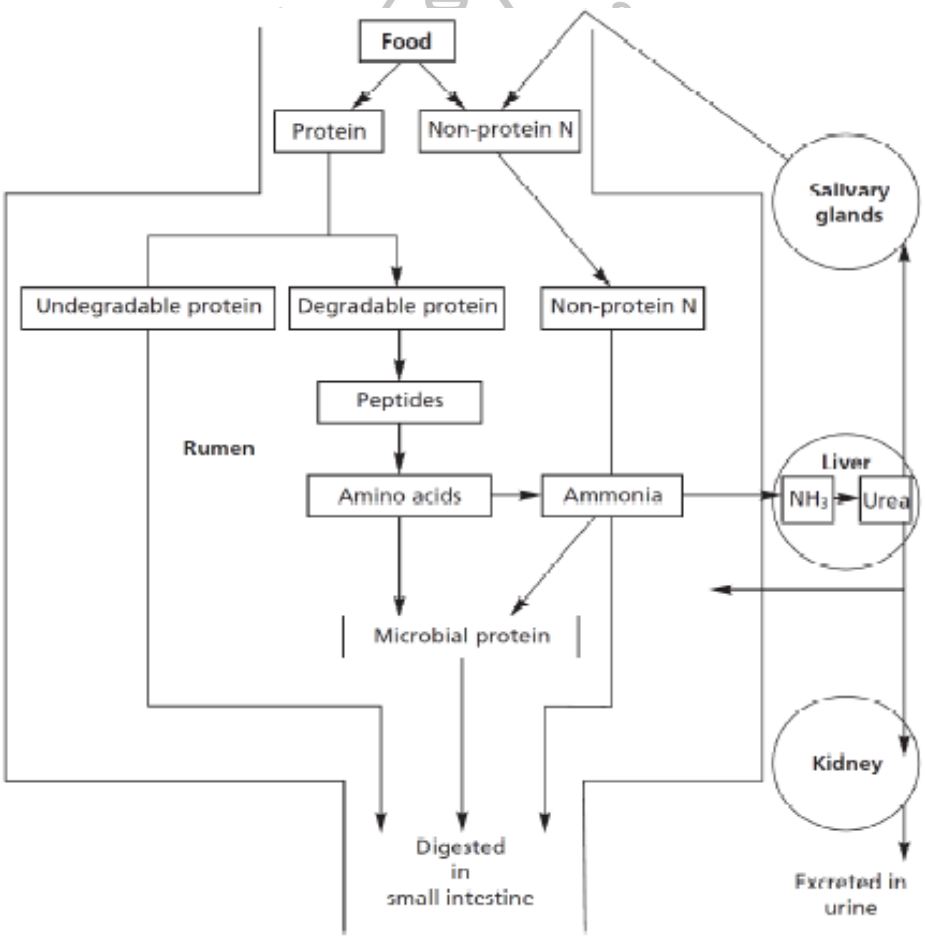
6. ความเข้มข้นของปริมาณแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน เนื่องจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนมีความต้องการไนโตรเจนในปริมาณมากเพื่อใช้ในการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน โดยปริมาณไนโตรเจนที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ที่อยู่ในน้ำรูเมน และจุลินทรีย์จะสามารถทำงานได้ดีที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนเท่ากับ 6 - 90 mgNH_3 - N/l (ภัทรภร, 2556)

7. อุณหภูมิของสภาพแวดล้อม (Thermal environment) สัตว์จะพยายามรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ (ประมาณ 37 ˚C) เมื่อสภาพแวดล้อมที่สัตว์อาศัยอยู่มีอุณหภูมิสูงขึ้นสัตว์จะพยายามลดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย โดยสัตว์จะลดปริมาณการกินอาหารโดยเฉพาะอาหารประเภทพลังงาน เมื่อสัตว์การกินอาหารลดลงจะส่งผลให้การเคลื่อนบีบตัวของกระเพาะลดลงตามไปด้วย (ฉลอง, 2541)

2.1.7 เมแทบอลิซึมโปรตีนในกระเพาะรูเมน

โปรตีนในอาหารสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ โปรตีนแท้ (True protein) และไนโตรเจนจากโปรตีนไม่แท้ (Non protein nitrogen; NPN) จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งโปรตีนได้ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ โดยจุลินทรีย์จะสามารถย่อยสลายในกระเพาะรูเมนได้เป็นแอมโมเนีย เพื่อใช้ในการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (Microbial protein) (คณิน และคณะ, 2551) โดยที่จุลินทรีย์สามารถทำงานได้ดีในกระเพาะรูเมนในช่วงค่า pH 6.5 – 7.0 และมีอุณหภูมิระหว่าง 39 - 40 ˚C นอกจากนี้ควรมีระดับแอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ระหว่าง 4 – 5 mg% (Satter and Slyter, 1974: 199 - 208) ซึ่งมีความสำคัญต่อแบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา ส่งผลให้สามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสมต่อการย่อยอาหาร (เมธา, 2533; Czerkawski, 1986) ซึ่งพบว่ามีอัตราการย่อยสลายของอาหารที่แตกต่างกันและสารไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนไม่แท้มีอัตราในการย่อยสลายเร็วที่สุด ส่วนการย่อยและกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่เป็นเปปไทด์ (Peptide)

กรดอะมิโน และแอมโมเนีย จะเกิดปฏิกิริยาการขจัดหมู่อะมิโนแบบออกซิเดชัน (Oxidative deamination) โดยอาศัยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ได้เป็นแอมโมเนีย และกรดแอลฟาคีโตน (α - ketone acid) (บุญล้อม, 2527) จุลินทรีย์สามารถนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีน เมธา (2533) รายงานว่า 80% ของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ถูกสังเคราะห์โดยการใช้แอมโมเนีย และอีก 20% ถูกสังเคราะห์โดยการใช้กรดอะมิโนโดยตรง ส่วน α - ketone acid อาจถูกสลายตัวต่อไป เพื่อใช้ในการสร้างสารประกอบอื่นๆ หรือเป็นแหล่งของพลังงาน (ภาพที่ 3)



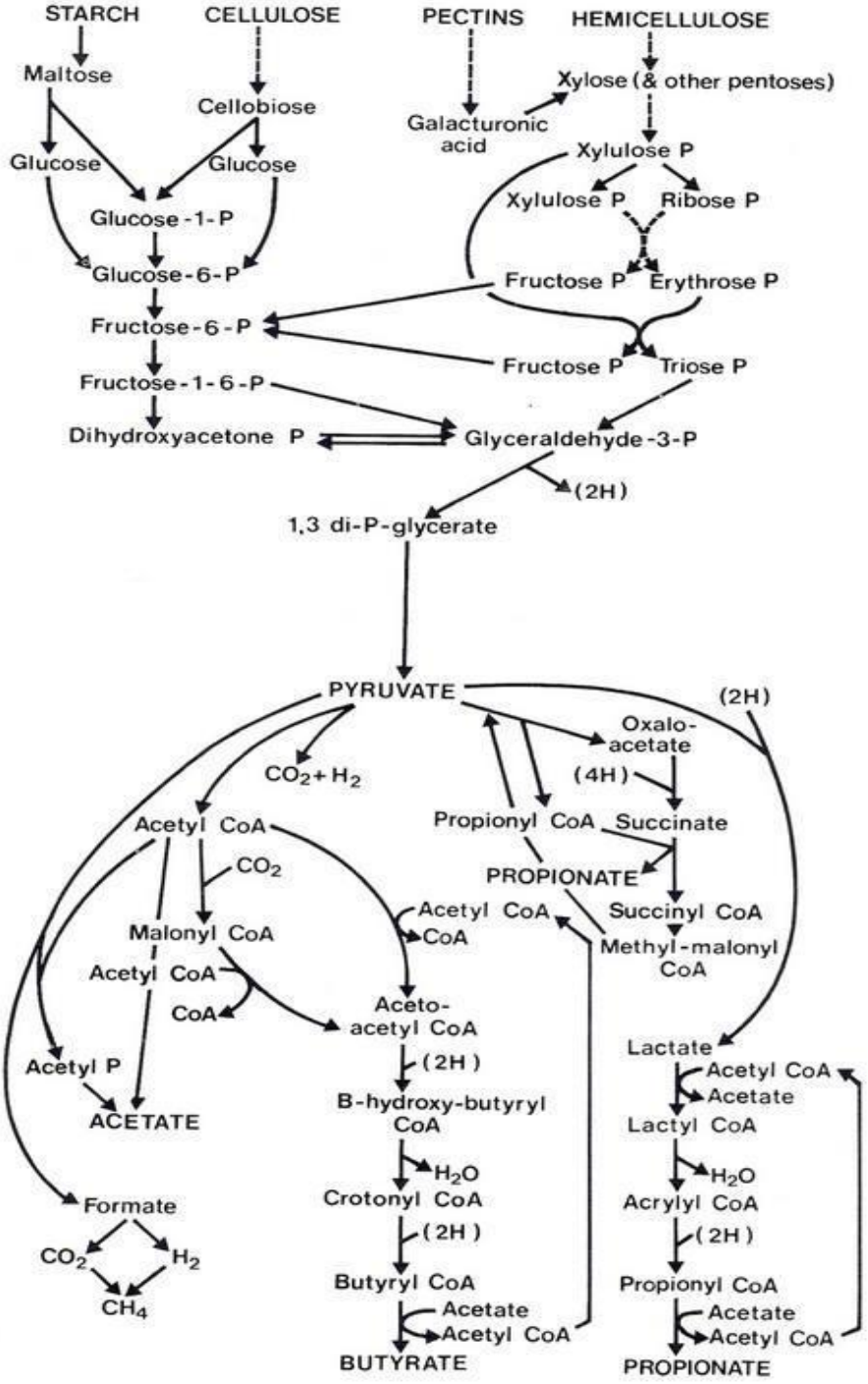
ภาพที่ 3: เมแทบอลิซึมของโปรตีนและไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน

ที่มา: McDonald et al., **Animal Nutrition**, (Pearson, Harlow, England. 2011: 180)

2.1.8 เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

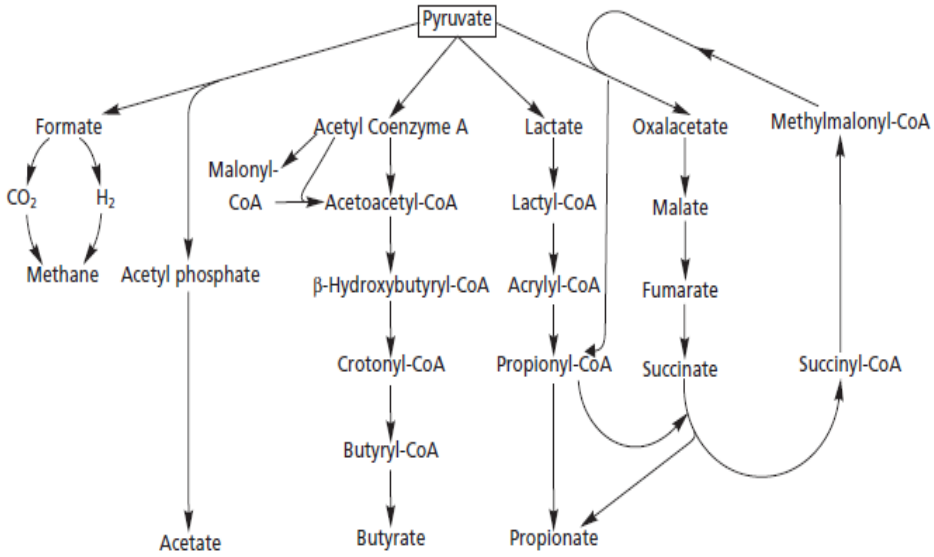
การย่อยคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะเกิดขึ้นครั้งแรกในกระเพาะรูเมน โดยอาศัยน้ำย่อย หรือ เอนไซม์ในกระพะรูเมนเท่านั้น โดยคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของพอลิแซ็คคาไรด์ (Polysaccharide) และจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดียว (Monosaccharide) เช่น กลูโคส (Glucose) หรือเพนโทส (Pentose) โดยผ่านวิถีต่างๆ จากนั้นกลูโคส หรือ เพนโทสจะถูกหมักในกระเพาะรูเมนอย่างรวดเร็ว และจะถูกสังเคราะห์ต่อไปเป็นกรดไพรูวิก (Pyruvic acid) หรือไพรูเวท (Pyruvate) ซึ่งเป็นสารตัวกลางที่มีความสำคัญมากสำหรับกระบวนการสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย พบว่าประมาณ 60% ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันระเหยได้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ตัวสุดท้าย (End - products) ที่สำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำตาลจะสามารถถูกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วที่สุด รองลงมาคือแป้ง และพวกโครงสร้างของผนังเซลล์พืชจะถูกเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด (ภาพที่ 4)

นอกจากนี้เมื่อย่อยคาร์โบไฮเดรตแล้วได้ไพรูเวท ไพรูเวทนั้นสามารถเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acids; VFA) คาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สมีเทน (Methane; CH_4) กรดไขมันที่ระเหยง่ายที่สามารถเกิดขึ้นในกระเพาะรูเมน ได้แก่ กรดอะซิติค (Acetic acid) กรดโพรพิโอนิค (Propionic acid) และกรดบิวทิริค (Butyric acid) ส่วนกรดไขมันที่ระเหยง่ายที่พบมากที่สุด คือ กรดอะซิติค นอกจากนี้ยังสามารถพบกรดไขมันอื่นๆ ได้ เช่น กรดไอโซบิวทิริค (Is butyric acid) กรดเมททิลบิวทิรค (Methyl butyric acid) และกรดวารลิริค (Varelic acid) เป็นต้น กรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายจะถูกใช้นำไปใช้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ โดยให้พลังงานประมาณ 80% ของพลังงานที่สัตว์ต้องการทั้งหมดในแต่ละวัน (บุญล้อม, 2546) (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 4: เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

ที่มา: ฉลอง, **โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น,** (ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2541: 60)



ภาพที่ 5: การสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่ายจากไพรูเวทในกระเพาะรูเมน

ที่มา: McDonald et al., **Animal Nutrition**, (Pearson, Harlow, England. 2011: 180)

2.2 พืชอาหารสำหรับเลี้ยงแพะ

แพะเป็นสัตว์กระเพาะรวมที่คล้ายกับโค ภายในกระเพาะรูเมนมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ภายในเพื่อช่วยในการย่อยสลายอาหาร และสังเคราะห์วิตามิน โดยปกติแพะมีความต้องการอาหารหยาบวันละประมาณ 10% ของน้ำหนักตัว ดังนั้นเมื่อเกษตรกรต้องการให้แพะให้ผลผลิตที่สูง เกษตรกรจึงต้องแพะได้รับอาหารที่มีคุณภาพที่ดีในปริมาณที่เหมาะสม หากแพะได้รับโภชนะที่มากเกินไปอาจทำให้คุณภาพของระบบการสืบพันธุ์ลดลง ซากอาจมีปริมาณไขมันมากเกินไป (วินัย, 2542: 338) สำหรับอาหารแพะสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ อาหารหยาบและอาหารข้น

อาหารหยาบ ถือว่าเป็นอาหารหลักที่สำคัญสำหรับสัตว์กระเพาะรวม และอาหารหยาบต้องเป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของพลังงานสุทธิ (Net energy; NE) ต่อหน่วยน้ำหนักต่ำ โดยเป็นอาหารที่มีเยื่อใยมากกว่า 18% เนื่องจากอาหารหยาบส่วนใหญ่มีแหล่งที่มาจากพืชอาหารสัตว์ ซึ่งต้องเป็นพืชที่เมื่อสัตว์กินเข้าไปแล้วทำให้เกิดประโยชน์แก่ร่างกายสัตว์ และไม่เป็นพิษต่อร่างกายสัตว์ เช่น หญ้าสด หญ้าแห้ง พืชตระกูลถั่ว ผลพลอยได้ทางการเกษตร หรือเศษเหลือทางการเกษตร รวมถึงอาหารหยาบที่เกษตรกรทำขึ้นเอง เช่น พืชอาหารหมัก เป็นต้น (บุญเสริม และ บุญล้อม, 2542: 48) ส่วนอาหารข้น (Concentrates) คืออาหารมีความเข้มข้นของโภชนะต่อหน่วยน้ำหนักสูง มีเยื่อใยต่ำกว่า 18% (ภัทราภร, 2556: 97)

2.2.1 หญ้าอาหารสัตว์

หญ้าอาหารสัตว์ ถือว่าเป็นแหล่งอาหารหยาบที่มีราคาถูกที่สุด หญ้าอาหารสัตว์ทั่วโลกมีมากกว่า 10,000 ชนิด (สายัณห์, 2540: 376) และสามารถแบ่งกลุ่มพืชอาหารสัตว์ตามสภาพภูมิอากาศ คือ หญ้าอาหารสัตว์เขตร้อน และหญ้าอาหารสัตว์เขตอบอุ่น นอกจากนี้ลักษณะของหญ้าอาหารสัตว์ที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้ (สุภาพรรณ, 2555)

1. การพิจารณาจากความน่ากินของหญ้าอาหารสัตว์ โดยสัตว์จะใช้ความรู้สึกในการดมกลิ่น การสัมผัส และการรับรส ซึ่งเป็นตัวกำหนดในการเลือกกินอาหารของสัตว์ (ศิริรัตน์, 2556) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อความน่ากินของหญ้าอาหารสัตว์ เช่น จากตัวสัตว์เอง ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และความชอบกินของตัวสัตว์ด้วย เช่น ลักษณะทางกายภาพ และสารเคมีที่มีอยู่ในหญ้าอาหารสัตว์ (ธาตรี, 2549)

2. การพิจารณาจากความต้องการของผู้เลี้ยง พิจารณาจากคุณสมบัติของหญ้าอาหารสัตว์ด้านการให้ผลผลิต และคุณค่าทางโภชนะ รวมทั้งลักษณะการเจริญเติบโต และความทนทานต่อสภาพแวดล้อม ตลอดจนโรคและแมลงศัตรูพืช นอกจากนี้ยังต้องมีความทนต่อการตัดการแทะเล็มและการเหยียบย่ำของสัตว์ รวมทั้งต้องมีความสามารถในการแข่งขันและการอยู่ร่วมกับพืชชนิดอื่นได้ด้วย (สุภาพรรณ, 2555)

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพหญ้าอาหารสัตว์

1. พันธุกรรมของหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อน คือมักจะมีระดับโปรตีนที่ต่ำ แต่การให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณเยื่อใยสูงกว่าหญ้าอาหารสัตว์เขตหนาว

2. ชนิดของพืช และตำแหน่งในทรงพุ่ม หญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนแต่ละชนิดจะมีระดับโปรตีนประมาณ 10 – 20% ขึ้นอยู่กับอายุและการจัดการ ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันภายในพืชและลักษณะทางกายภาพ โดยพบว่าที่ส่วนโคนต้นของพืชจะมีระดับโปรตีน และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ต่ำกว่าส่วนอื่นๆ (วีระ, 2536)

3. อายุ และระยะการเจริญเติบโต เมื่อหญ้าอาหารสัตว์มีอายุมากขึ้นระดับของโปรตีนจะลดลง แต่ปริมาณเยื่อใยสูงขึ้น ในขณะการย่อยได้ของวัตถุแห้งจะลดลง คือ หญ้าอาหารสัตว์ที่มีการเจริญทางลำต้นมากกว่าทางใบทำให้มีอัตราส่วนระหว่างใบต่อลำต้นลดลง จึงเป็นสาเหตุทำให้ระดับโปรตีน และค่าการย่อยได้ลดลงส่งผลให้สัตว์มีปริมาณการกินได้ลดลง (Cecilia et al., 2007: 121 - 131) และนอกจากนี้ความถี่ในการตัดพืชอาหารสัตว์ที่เหมาะสมจะส่งผลให้พืชอาหารสัตว์มีระดับโปรตีนและเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ที่สูงขึ้น

2.2.3 เศษเหลือทางการเกษตร

ในประเทศไทยมีผลพลอยได้ เศษเหลือทางการเกษตร และอุตสาหกรรมหลายชนิด ในช่วงฤดูแล้งเกษตรกรมักขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ เกษตรกรได้มีการนำผลพลอยได้ เศษเหลือจากการเกษตรและอุตสาหกรรมมาเป็นอาหารสัตว์ โดยเฉพาะเป็นอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น ฟางข้าว ยอดอ้อย ต้นข้าวโพด และต้นถั่วเหลือง ผลพลอยได้และเศษเหลือจากสับปะรด เป็นต้น (จินดา , 2547: 562 - 581)

1. เศษเหลือจากสับปะรด

สับปะรด (*Ananas comosus*) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย สับปะรดที่นิยมปลูก ได้แก่ สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (จารุพันธุ์, 2526) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2555) รายงานว่า ในภาคตะวันตกของประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกสับปะรดมากที่สุดประมาณ 58% ของพื้นที่การปลูกสับปะรดของทั้งประเทศ โดยจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีพื้นที่ปลูกสับปะรดประมาณ 258,996 ไร่ และเพชรบุรีประมาณ 40,735 ไร่

(1) ลักษณะทางกายภาพของสับปะรดเป็น ไม้ล้มลุก มีอายุหลายปี มีความสูงประมาณ 90 - 100 เซนติเมตร มีลำต้นอยู่ใต้ดิน เป็นพืชใบเดี่ยวเรียงสลับซ้อนกันถี่มาก ไม่มีก้านใบ ดอกช่อออกจากกลางต้น มีดอกย่อยจำนวนมาก ผลเป็นแบบผลรวม รูปทรงกระบอก มีใบเป็นกระจุกที่ปลาย (ภาพที่ 6) สับปะรดที่นิยมปลูกเพื่อส่งโรงงานแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย เนื่องจากมีสัดส่วนของต้นสับปะรดคิดเป็น น้ำหนักผล 37.35% ใบประมาณ 38.78% จุกประมาณ 7.77% ส่วนของลำต้นประมาณ 12.86% ก้านผลประมาณ 3.08% และหน่อประมาณ 0.18% (สมบัติ และคณะ, 2539: 460 - 467)

(2) องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือจากสับปะรดจากโรงงานแปรรูป และอุตสาหกรรมจะมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ เช่น เปลือกด้านข้าง ส่วนหัว แกนกลาง และเศษเนื้อ อาจจะมีส่วนใดส่วนหนึ่งมากน้อยแล้วแต่โรงงาน ซึ่งจะส่งผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีจากเศษเหลือของสับปะรดมีค่าที่แตกต่างกัน เช่นเปลือกด้านข้างมีโปรตีนประมาณ 4.4% ส่วนหัวมีโปรตีนประมาณ 4.1% ส่วนล่างมีโปรตีนประมาณ 5.4% แกน (ไส้) มีโปรตีนประมาณ 3.2% และเศษเนื้อมีโปรตีนประมาณ 3.6% (วรพงษ์ และ วิภา, 2528) (ตารางที่ 4)

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ 6: ส่วนประกอบต่างๆ ของสับปะรด (ก) ส่วนผลของสับปะรด (ข) เปลือกสับปะรด (ค) ส่วนหัวของสับปะรด (ง) แกน (ไส้) ของสับปะรด

ที่มา: (ก) http://health.haijai.com/911/ (ข) http://www.ndoae.doae.go.th/article2010/2011006.html (ค) และ (ง) http://www.bloggang.com/mainblog.php?id=plaipanpim&month=01072011&group=1&gblog=267

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีจากส่วนต่างๆ ของเศษเหลือสับปะรด (%วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	เศษเหลือของเปลือกสับปะรด				
(%)	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
เฮมิเซลลูโลส	15.0	21.7	26.5	14.1	8.7
เซลลูโลส	10.4	15.2	17.6	11.5	5.2

ที่มา: วรพงษ์ และวิภา, “ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุเหลือใช้ยางอย่างจากโรงงานอาหารกระป๋องสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์.” (เอกสารเผยแพร่อัดสำเนา 13 หน้า.)

หมายเหตุ NFE = คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่าย (Nitrogen free extract), NDS = ส่วนที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent soluble) = 100 - %NDF, NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber), ADL = ลิกนิน (Lignin), เซลลูโลส = %ADF - %ADL, เฮมิเซลลูโลส = %NDF - %ADF

(3) การใช้เศษเหลือจากสับปะรดเลี้ยงสัตว์

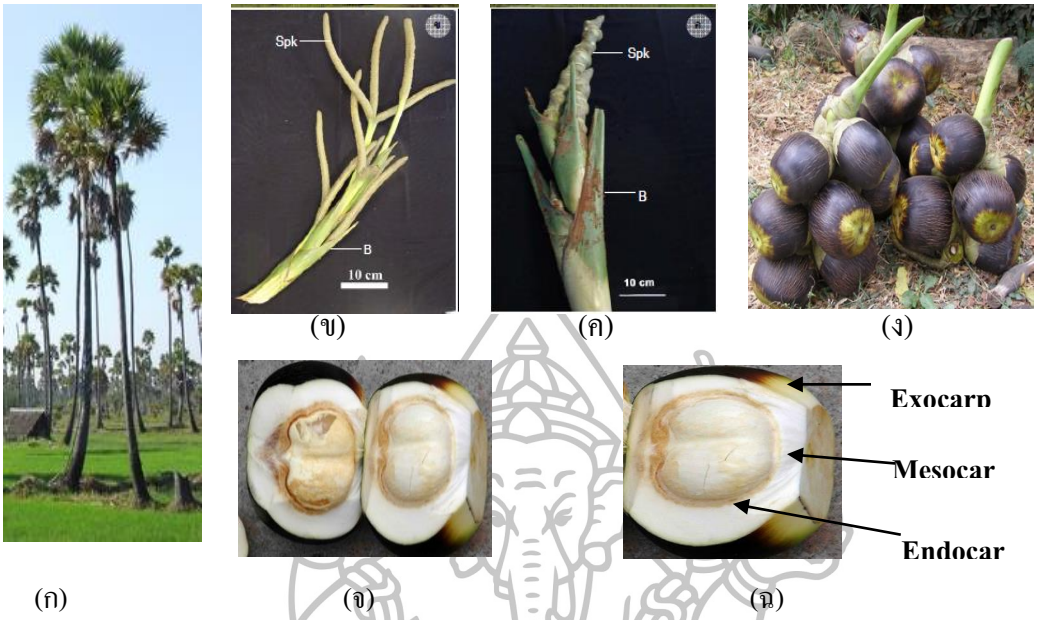
จินดา และคณะ (2524: 76 - 85) รายงานว่า โคที่ได้รับหญ้าสด และเปลือกสับปะรดสดร่วมกับอาหารผสม พบว่าโคที่ได้รับหญ้าสดร่วมกับอาหารผสมมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น (โปรตีน 20 % ซึ่งประกอบด้วยเปลือกสับปะรด ฟางข้าว ข้าวโพดบด ยูเรีย และกากน้ำตาล) ในขณะที่โคที่ได้รับหญ้าสดเพียงอย่างเดียว และได้รับอาหารผสมอย่างเดียวจะมีน้ำหนักลดลง เนื่องจากความสมดุลของค่าพลังงานในอาหารมีความสัมพันธ์กับการทำงานของจุลินทรีย์ที่สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารที่โคกินเข้าไป นอกจากนี้พีระวัฒน์ และคณะ (2554: 399 - 412) รายงานว่า แพะที่ได้รับเศษหรือหญ้าพิแคททูลั่มแห้งร่วมกับเศษเหลือจากสับปะรดในอัตราส่วน 1 : 0 และ 1 : 20 ทำให้มีค่าโปรตีนหยาบ (4.60 และ 4.75%) ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ มีปริมาณเยื่อใยเฮมิเซลลูโลส (14.07 และ 15.56%) และการย่อยได้ (28.53 และ 24.66 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) สูงกว่าแพะที่ได้รับหญ้าพิแคททูลั่มแห้งเพียงอย่างเดียว

2. เปลือกลูกตาลโตนด

ตาลโตนด (Sugar palm) เป็นพืชตระกูลปาล์ม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Borassus flabellifer Linn*. มีชื่อสามัญว่า Palmyra Palm หรือ Lontar หรือ Fan Palm (จันทร์เพ็ญ และ พิทักษ์, 2554) ตาลโตนดในประเทศไทยพบมากที่จังหวัดเพชรบุรี สุพรรณบุรี และนครปฐม

(1) ลักษณะทางกายภาพของตาลโตนด

ตาลโตนดเป็นไม้ยืนต้น ลำต้นเดี่ยว ใบเป็นแบบใบประกอบมีลักษณะคล้ายรูปพัดก้านใบแผ่กว้างเป็นกาบหุ้มรอบลำต้น ซึ่งลักษณะทางกายภาพของตาลโตนดเพศผู้และเพศเมียจะมีความคล้ายคลึงกัน แต่พบว่าจะมีลักษณะของช่อดอกที่แตกต่างกัน (เกษศรินทร์ และคณะ, 2551: 165) และตาลโตนด 1 ทะลาย ประกอบด้วยผลตาลอ่อนประมาณ 1 - 20 ผล ใน 1 ผล ประกอบด้วยเมล็ด 2 - 4 เมล็ด (เต้า) ส่วนประกอบของผลตาลโตนดสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ เปลือกชั้นนอกซึ่งมีผิวเรียบเป็นมันวาว (Exocarp) เปลือกส่วนที่ถัดมาจากเปลือกชั้นนอกจะมีสีขาว (Mesocarp) และส่วนที่เป็นกะลาแข็งหุ้มเมล็ดก่อนถึงเมล็ด (Endocarp) (ภาพที่ 7)



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ)

ภาพที่ 7: ส่วนประกอบต่างๆ ของตาลโตนด (ก) ต้นตาลโตนด (ข) ดอกเพศผู้ (ค) ดอกเพศเมีย (ง) ทะลายตาล (จ) ผล (ฉ) ส่วนประกอบของผลตาล

ที่มา: ดัดแปลงจากเกษศิรินทร์ และคณะ, “การจำแนกเพศตาลโตนดโดยใช้ลักษณะพฤกษศาสตร์และเครื่องหมายเอเอฟแอลพี ” (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยทักษิณ 2551)

(2) องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาล

เปลือกลูกตาลสดประกอบด้วย ความชื้นประมาณ 82%, โปรตีนรวมประมาณ 1.4 - 4.54%, เฮมิเซลลูโลสประมาณ 46% และเซลลูโลสประมาณ 31% นอกจากนี้เปลือกลูกตาลประกอบด้วยเยื่อใยรวมประมาณ 30.10% และมีพลังงานรวมประมาณ 4,025.36 kcal/kg (Saenphoom et al., 2015: 32 – 37; พรพรรณ และคณะ, 2559: 13 - 18) และพบว่าในเปลือกลูกตาลสุกประกอบด้วยลิกนินประมาณ 12.2%, เถ้าประมาณ 1.1%, ไขมันประมาณ 0.8% และเพคตินประมาณ 1.6% (จันทร์เพ็ญ และ พิทักษ์, 2557: 13)

2.3 อาหารหมัก (Silage)

อาหารหมัก หมายถึง การนำพืชอาหารสัตว์ที่มีความชื้นที่เหมาะสมนำมาทำการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่มีอากาศ (Anaerobic condition) เพื่อให้เกิดกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติโดยที่คุณค่าทางอาหารสัตว์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์ในช่วงฤดูแล้ง (ภาพที่ 9) (กรมปศุสัตว์, 2547: 1 - 23)

การหมักเป็นวิธีการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์โดยการทำงานของแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria; LAB) ที่สามารถพบได้ในธรรมชาติในสภาพวะที่ไร้ออกซิเจน (Anaerobic condition) ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้สามารถใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate; WSC) ในพืชควรมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้มากกว่า 6% ซึ่งแบคทีเรียกรดแลคติคจะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่มีอยู่ในพืชได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติค (Lactic acid) และกรดอะซิติค (Acetic acid) ส่งผลทำให้พืชหมักมีค่า pH ลดลงประมาณ 4.2 หรืออาจต่ำกว่านั้น (จันทกานต์, 2545: 11 - 19) ขบวนการหมักที่ไร้ออกซิเจนเกิดขึ้นโดยการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic bacteria) ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการทำพืชหมัก ผลผลิตที่ได้คือกรดแลคติคซึ่งเป็นกรดที่มีความสำคัญ และทำให้พืชหมักมีค่า pH ลดลง นอกจากนี้แบคทีเรียกลุ่มนี้จะมีจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล หากมีปริมาณน้ำตาลในพืชมาก และอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะทำให้เกิดกรดแลคติคเร็วขึ้น ซึ่งสามารถช่วยยับยั้งการเจริญของพวกจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดความเสียหาย และทำให้พืชหมักยังคงสภาพ

2.3.1 กระบวนการในพืชหมัก

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

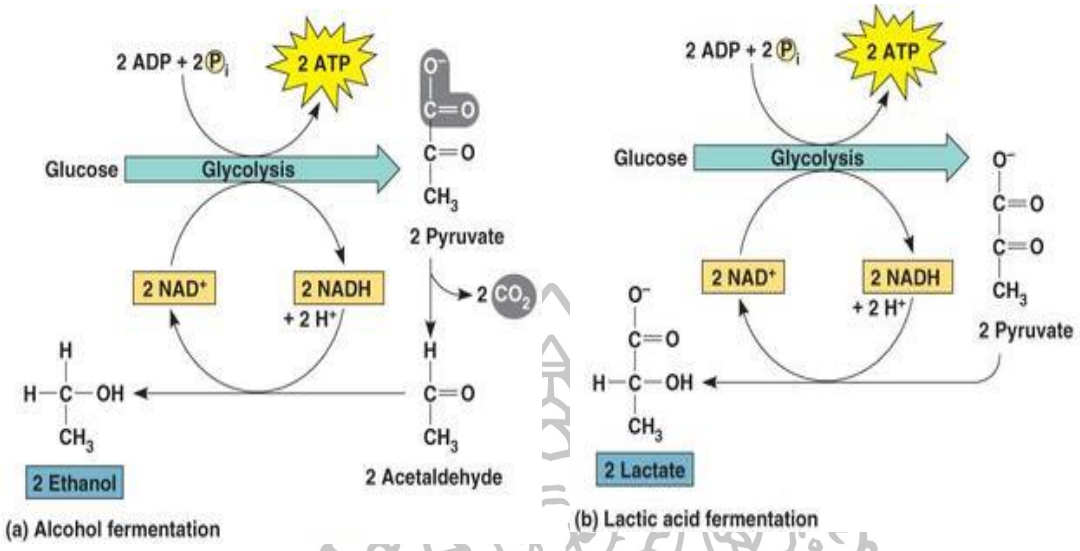
1. กระบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจน เมื่อนำพืชสดไปหมักในภาชนะที่มิดชิด ถึงแม้ว่าจะทำการอัดพืชให้แน่นแล้วแต่ก็จะมีอากาศหลงเหลือบางส่วน ทำให้จุลินทรีย์บางชนิดสามารถใช้ออกซิเจนที่มีอยู่อย่างจำกัดนี้ในกระบวนการหายใจได้ระยะหนึ่งจนกว่าอากาศในภาชนะที่หมักจะหมดไปซึ่งการหายใจระดับเซลล์ของพืชจะใช้คาร์โบไฮเดรต คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน โดยแบคทีเรียที่ใช้อากาศในการเจริญเติบโตจะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นกรด เช่น กรดอะซิติค

กรดโพพิโอนิค และกรดแลคติค เป็นต้น นอกจากนี้ในขณะที่มีอากาศ ยีสต์และเชื้อราจะเพิ่มจำนวนไปเรื่อยๆ จนกระทั่งอากาศถูกใช้หมดไป จนทำให้ยีสต์และเชื้อราไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้อีกและจะค่อยๆตายลง แต่เอนไซม์ต่างๆที่ถูกผลิตขึ้นจะทำงานตามปกติ โดยจะเปลี่ยนจากน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ ดังนั้นในการทำพืชหมักจำเป็นต้องไล่อากาศออกจากภาชนะที่ใช้หมักพืชเพื่อเป็นการช่วยลดจำนวนยีสต์และเชื้อราไม่ให้มีจำนวนมากเกินไป นอกจากนี้เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) หรือเอทานอล (Ethanol) ที่เกิดจากการทำงานของยีสต์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดอะซิติคในสภาพที่ไร้ออกซิเจน (สายัณห์, 2540) (ภาพที่ 8)

2. กระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะเกิดจากการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล กล่าวคือถ้ามีปริมาณน้ำตาลมาก และอยู่ในสภาพที่ไร้ออกซิเจนจะทำให้สามารถเกิดกรดแลคติคได้เร็วขึ้น โดยพบว่าจะมีปริมาณกรดแลคติคประมาณ 1 – 1.5% ของน้ำหนักแห้ง มีค่า pH ประมาณ 3.8 – 4.2 นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียกลุ่มโพรทีโอไลซ์ติค (Proteolytic bacteria) จะเปลี่ยนโปรตีนไปเป็นแอมโมเนีย กรดอะมิโน เอมีน และเอไมด์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มคาร์โบไฮเดรตเพื่อยับยั้งการใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงาน และยังทำให้พืชหมักที่ได้มีปริมาณโปรตีนที่เพียงที่จะเป็นประโยชน์สัตว์ได้ แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าพืชหมักจะมีค่า pH ที่ต่ำ (3.8 – 4.2) แต่ถ้าหากว่ามีอากาศสามารถเข้าไปข้างในถังหมักได้จะส่งผลให้แบคทีเรียกลุ่มคลอสตริเดียม (Clostridium) สามารถเจริญเติบโตได้ และแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถเปลี่ยนกรดแลคติคเป็นกรดบิวทิริค ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้พืชหมักมีคุณภาพต่ำ และไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน (สายัณห์, 2540) (ภาพที่ 8)

2.3.2 พืชที่เหมาะสมต่อการทำอาหารหมัก

พืชนั้นต้องให้ผลผลิตสูง มีปริมาณน้ำตาลสูง และควรมีคุณค่าทางโภชนะสูง นอกจากนี้ควรปริมาณวัตถุแห้งที่เหมาะสม (25 - 35%) และต้องมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในระดับที่เพียงพอ (ไม่ต่ำกว่า 18%) หากพืชนั้นมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้น้อยกว่า 10% ของวัตถุแห้งอาจจะไม่สามารถนำมาทำหญ้าหมักได้ พันธุ์พืชที่สามารถนำมาทำพืชหมัก ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง หญ้าเนเปียร์ เป็นต้น ส่วนพืชชนิดอื่นที่พบว่ามีปริมาณน้ำตาลในพืชไม่เพียงพอจำเป็นต้องเติมสารเสริมเพื่อช่วยในกระบวนการหมัก (กรมปศุสัตว์, 2547: 1 - 23)



ภาพที่ 8: กระบวนการหมักของแบคทีเรียกรดแลคติค

ที่มา: Anonymous, G. Cellular Respiration (9), Accessed April 11 n.d.., Available from https://semoneapbio finalexamreview.wikispaces.com/G.+Cellular+Respiration+(9)

2.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อพืชหมัก

ในการทำพืชหมักเพื่อให้ได้คุณภาพพืชหมักที่ดีอาจมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของพืชสด (กรมปศุสัตว์, 2547: 1 - 23) ได้แก่

1. ชนิด และอายุพืชขณะตัด พืชที่จะนำมาหมักไม่ควรมีอายุแก่หรืออ่อนจนเกินไป ควรตัดในช่วงที่ให้ผลผลิตสูง พร้อมทั้งมีคุณค่าทางอาหารเพียงพอ ทั้งแร่ธาตุและวิตามิน

2. ขนาดของชิ้นพืชที่หมัก ควรตัดพืชให้ขนาดยาวประมาณ 3 - 5 เซนติเมตร การสับพืชให้มีขนาดเล็กจะช่วยทำให้สามารถอัดพืชได้แน่นขึ้น เพื่อเป็นการไล่อากาศและมีผลทำให้จุลินทรีย์สามารถใช้สารอาหารจากพืชเพื่อการเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น และชิ้นของพืชที่เล็กลงยังส่งผลให้สามารถผสมคลุกเคล้ากันได้ดีและทั่วถึงมากขึ้น

3. ระดับความชื้นในพืชหมักที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 65 - 70% ถ้าความชื้นสูงเกินไปจะส่งผลให้พืชหมักที่ได้มีคุณภาพไม่ดี เพราะของเหลวที่ไหลออกมาจากพืชที่กำลังหมักอยู่จะทำให้พืชหมักสูญเสียกรดแลคติคและโภชนะที่มีประโยชน์ต่อสัตว์ นอกจากนี้ความชื้นที่สูงยังส่งผลให้มีปริมาณกรดแลคติคต่ำทำให้ค่า pH จะลดลงช้า และสารอาหารที่ควรจะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ต้อง

ถูกนำมาใช้ในการผลิตกรดแลคติคเพิ่มขึ้น หรือในทางตรงกันข้ามกรดแลคติคที่ผลิตได้อาจถูกเปลี่ยนเป็นกรดบิวทิริคส่งผลทำให้พืชหมักมีคุณภาพไม่ดี

2.3.4 มาตรฐานทางกายภาพของอาหารหมัก

อาหารหมักที่ดีควรมีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆ คล้ายผลไม้ดอง ไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า หรือกลิ่นฉุนของแอมโมเนีย เนื้อของอาหารหมักต้องไม่เป็นเมือก ไม่เละ และที่สำคัญต้องไม่มีสิ่งเจือปน ไม่มีราขึ้น หรือไม่มีส่วนที่บูดเน่า เนื่องจากการที่มีเชื้อราจะทำให้คุณภาพของพืชหมักไม่ดี สีของพืชหมักที่ดีควรมีสีเหลืองอมเขียว ถ้าปรากฏเป็นสีน้ำตาลไหม้ หรือดำ แสดงว่าระหว่างกระบวนการหมักอาจเกิดความร้อนมากเกินไปทำให้สารอินทรีย์สลายตัวส่งผลให้พืชหมักสูญเสียโภชนะ (กรมปศุสัตว์, 2547: 1 - 23)

2.3.5 มาตรฐานทางเคมีของอาหารหมัก

อาหารหมักที่ดีต้องไม่เปรี้ยวเกินไป ควรมีค่า pH อยู่ในระหว่าง 3.5 - 4.2 และควรมีสัดส่วนของกรดต่างๆ ดังนี้ ควรมีปริมาณกรดแลคติคอยู่มาก (1.5 - 2.5%) มีปริมาณกรดอะซิติคน้อย (0.5 - 0.8%) และไม่ควรมีปริมาณกรดบิวทิริค หรือต้องมีในปริมาณที่น้อยที่สุดน้อยกว่า 0.1% (กรมปศุสัตว์, 2547: 1 - 23) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ลักษณะพืชหมักที่ดี

ลักษณะของพืชหมัก	
ลักษณะทางกายภาพ	ลักษณะทางเคมี
1. มีกลิ่นหอมเปรี้ยว คล้ายกลิ่นผลไม้ดอง	1. pH ประมาณ 3.5 - 4.2
2. เนื้อพืชหมักไม่เละ ไม่เป็นเมือก และไม่มีสิ่งเจือปน	2. กรดแลคติคประมาณ 3 – 13%
3. มีสีเขียวอมเหลือง	3. กรดบิวทิริคไม่เกิน 1%
4. มีรสเปรี้ยวพอดี	4. แอมโมเนียไนโตรเจนไม่เกิน 11% ของ
5. ไม่มีเชื้อรา หรือส่วนที่บูดเน่า	ไนโตรเจนรวมทั้งหมด

ที่มา: ภัทรภร, “การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Ruminants Production).” (เอกสารประกอบการเรียนการสอน สำหรับนิสิตสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ภาควิชา วิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร), (2556: 138)

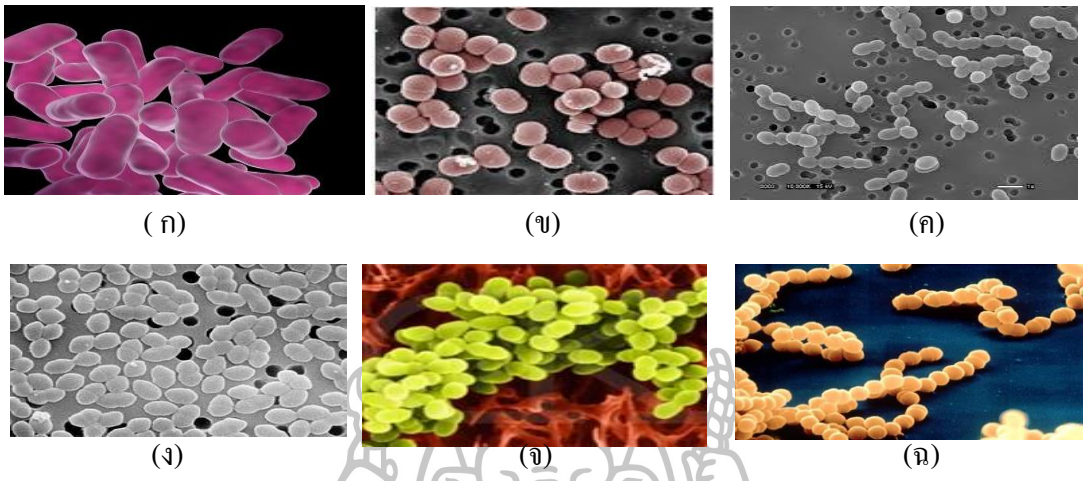
2.4. แบคทีเรียกรดแลคติค

แบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria) เป็นแบคทีเรียกลุ่มที่ย้อมติดสีแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ และไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส (Catalase) มีรูปร่างแบบท่อน และรูปร่างแบบกลม นอกจากนี้แบคทีเรียกรดแลคติคส่วนใหญ่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Microaerophile) มีเพียงบางชนิดไม่ต้องการอากาศ (Strickly anaerobic) แบคทีเรียกรดแลคติคจัดเป็นจุลินทรีย์ชนิดอิงอาศัย (Epiphytic bacteria) สามารถพบได้ทั่วไปตามผิวด้านนอกชิ้นส่วนต่างๆ ของพืช ในระหว่างการหมักพืชแบคทีเรียกรดแลคติคต้องมีการแข่งขันกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ โดยจำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติคจะมีจำนวนมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของพืช ปริมาณของวัตถุแห้ง รวมทั้งปริมาณและองค์ประกอบของน้ำตาลที่มีอยู่ในพืช นอกจากนี้ยังต้องมีคุณสมบัติเฉพาะของแบคทีเรียกรดแลคติค คือ มีค่าความต้านทานต่อการลดลงของ pH (Buffering capacity) และแรงดันออสโมซีส (Osmotic pressure) เป็นต้น (อารีรัตน์, 2546)

แบคทีเรียกรดแลคติคสามารถย่อยน้ำตาลกลูโคส หรือน้ำตาลที่มีคาร์บอน 6 อะตอมอื่นๆ ได้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ จึงสามารถจัดแบคทีเรียกรดแลคติคตามชนิดและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ แบคทีเรียกลุ่มโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (Homofermentative) และแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (Heterofermentative) (บุษกร, 2548: 11 - 33)

1. แบคทีเรียกลุ่มโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (Homofermentative) สามารถผลิตกรดแลคติคจากการหมักย่อยน้ำตาลได้ประมาณ 85% หรืออาจมากกว่าจากการหมักคาร์โบไฮเดรต ส่วนที่เหลือจะผลิตกรดอะซิติค และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงเล็กน้อยแบคทีเรียกลุ่มโฮโมเฟอร์เมนเททีฟที่ต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมไม่ต่ำกว่า 37˚C เช่น *L. bulgaricus , L. helveticus L. lactis , L. bulgaricus L. thermophilus* และ *L. delbrueckii* เป็นต้น และกลุ่มที่ต้องการอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 37 ˚C เช่น *L. casei , L. plantarum* และ *L. leichmannii* เป็นต้น (วิลาวัณย์ และ อังคนา, 2541: 429 - 436)

2. แบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (Heterofermentative) หลังจากการหมักย่อยน้ำตาลแล้วจะได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติคประมาณ50% และอีก 50% ผลิตกรดอะซิติค กรดฟอร์มิค (Formic acid) รวมทั้งเอทานอล (Ethanal) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรเฟอร์เมนเททีฟที่ต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมไม่ต่ำกว่า 37 ˚C เช่น *L. fermentum* และกลุ่มที่ต้องการอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 37˚C เช่น L. *brevis , L. buchneri L. pastorionus , L. hilgardii* และ *L. trichodes* เป็นต้น (วิลาวัณย์ และ อังคนา, 2541: 429 - 436) (ภาพที่ 9)



(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 9: ชนิดของแบคทีเรียกรดแลคติคที่เกี่ยวข้องกับการหมัก (ก) Lactobacillus, (ข) Pediococcus, (ค) Leuconostoc, (ง) Enterococcus, (จ) Lactococcus, (ฉ) Streptococcus

ที่มา: พิมพ์เพ็ญ (2554), **ชนิดของแบคทีเรียกรดแลคติคที่เกี่ยวข้องกับการหมัก,** เข้าถึงเมื่อ 16 พฤษภาคม แหล่งที่มา: www.surathai.net/images/1102996611/yeast01.jpg.

2.5 การปรับปรุงพืชหมัก

ในการทำพืชหมักให้ได้คุณภาพดีมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ชนิดของพืช อายุของพืชขณะตัด ขนาดของชิ้นพืชที่หมัก และระดับความชื้นในพืชหมัก (65 - 70%) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยของเทคนิคในการทำพืชหมัก รวมทั้งคุณภาพของวัตถุดิบด้วย ดังนั้นบางครั้งจึงจำเป็นต้องเติมสารลงไปในพืชเพื่อช่วยให้พืชหมักมีคุณภาพที่ดี ซึ่งสามารถแบ่งสารเสริมได้ออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้ (ภัทรภร, 2556: 138)

1. สารที่ใส่เพื่อช่วยให้เกิดสภาพกรดในกระบวนการหมักในปริมาณที่เหมาะสม สารกลุ่มนี้จะมีฤทธิ์เป็นกรด เช่น กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid), กรดเกลือ หรือกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid; HCl), กรดฟอร์มิก (Formic acid), ฟอร์มาลีน (Formalin) หรือ ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde), กรดโพรพิโอนิค (Propionic acid), กรดกำมะถัน หรือ กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid; H_2SO_4) เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้สารเสริมในกลุ่มนี้จำเป็นต้องระวังสารตกค้างที่อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์ด้วย

2. สารที่ใส่เพื่อช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เช่น เมล็ดธัญพืช มันเส้น เกลือ ยูเรีย กากน้ำตาล เป็นต้น นอกจากจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารโดยเพิ่มปริมาณของวัตถุแห้งในหญ้าหมักแล้ว ในกรณีของวัตถุดิบที่มีพลังงานสูง (มันเส้น กากน้ำตาล หรือเมล็ดธัญพืช) จะมีส่วนช่วยให้กระบวนการ

หมักเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์เร็วขึ้น ในกรณีการเติมเมล็ดธัญพืชอาจไม่คุ้มเนื่องจากอาจมีราคาแพง

3. สารจุลชีพและเอนไซม์ ใส่เพื่อทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ สารจุลชีพ เช่น แลคโตบาซิลลัส แอซิโดฟิลัส (*Lactobacillus acidophilis*), สเตร็ปโตค็อกคัส ฟีเซียม (*Streptococcus faecium*) และแลคโตบาซิลลัส เพนทาลัม (*Lactobacillus plantarum*) เป็นต้น เอนไซม์ (Enzyme) เช่น เอนไซม์เซลลูเลส (Cellulose enzyme), เอนไซม์อะไมเลส (Amylase enzyme) และเอนไซม์โปรติเอส (Protease enzyme) เป็นต้น นอกจากนี้การเติมสารกลุ่มนี้บางครั้งผลที่ได้อาจไม่เป็นตามต้องการเนื่องจากปริมาณของสารกลุ่มนี้ที่เติมลงไปอาจน้อยเกินไป หรืออาจจะไม่คุ้มเพราะเอนไซม์มีราคาแพง

2.5.1 การปรับปรุงพืชหมักโดยใช้สารเสริม

ณัฐฐา (2552: 45) รายงานว่าการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% พบว่า การหมักร่วมกับกากน้ำตาลไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ($P > 0.05$) โดยมีแนวโน้มว่าเมื่อระดับของกากน้ำตาลสูงขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้น (7.86, 7.88, 7.93 และ 7.92% ตามลำดับ) อาจเนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Soluble carbohydrate) ประมาณ 15.08 - 21.04% ซึ่งเป็นปริมาณที่มากเพียงพอสำหรับใช้ในกระบวนการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับ สันติ และคณะ (2555: 79 – 92) รายงานว่า การปรับปรุงทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับเดียวกัน พบว่าให้ผลเช่นเดียวกันคือ เมื่อระดับของกากน้ำตาลสูงขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้น (38.52, 34.00, 32.86 และ 33.01% ตามลำดับ) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปัจจัยของอายุใบปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการหมัก

เสมอใจ และคณะ (2554: 137 - 146) รายงานว่า หญ้ากินนีสีม่วง (*Panicum maximum cv.*) หมักร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ 3 ชนิดได้แก่ ถั่วท่าพระสไตโล (*Stylosanthes guianensis cv.*) ถั่วฮามาต้า (*Stylosanthes hamata cv.*) และถั่วคาวาลเคด *(Centrosema pascuorum cv.)*ในอัตราส่วน 50 : 50 ของน้ำหนักสด โดยการเติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนี พบว่าค่า pH ของพืชหมักทุกกลุ่มมีค่าอยู่ระหว่าง 4.33 - 4.56 ปริมาณกรดแลคติค 4.16 - 7.73% ของวัตถุแห้ง และมีปริมาณกรดบิวทิริคค่อนข้างต่ำ รวมถึงมีปริมาณ NH_3- N อยู่ระหว่าง 6.9 - 8.37% นอกจากนี้หญ้ากินนีหมักร่วมกับถั่วมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าการหมักหญ้ากินนีเพียงอย่างเดียว และหญ้ากินนีหมักร่วมกับถั่วท่าพระสไตโลมีค่าการย่อยได้วัตถุแห้ง และค่าพลังงานสูงกว่าการหมักร่วมกับถั่วชนิดอื่นๆ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 คุณค่าทางโภชนะของหญ้า และพืชตระกูลถั่วหมัก (% วัตถุแห้ง)

ชนิดของหญ้า	วัตถุแห้ง	ไขมัน	โปรตีน	NDF	ADF	ADL	NFE	NSC
หญ้ากินนีสีม่วง	28.75^{b}	2.51^{a}	6.65^{c}	73.68^{a}	37.89^{c}	4.21^{c}	42.83^{ab}	2.82^{c}
ถั่วท่าพระสไตโล	28.79^{b}	1.48^{c}	10.14^{a}	69.03^{ab}	43.50^{ab}	5.66^{a}	45.58^{a}	11.10^{a}
ถั่วฮามาต้า	31.60^{a}	1.57^{c}	10.08^{a}	71.07^{ab}	41.80^{bc}	5.34^{b}	41.50^{ab}	8.75^{ab}
ถั่วคาวาลเคด	25.32^{c}	1.86^{b}	10.23^{a}	63.41^{c}	39.29^{c}	4.54^{c}	41.14^{ab}	11.17^{a}
อัตราส่วนของหญ้ากินนีสีม่วงต่อพืชตระกูลถั่วหมัก (50 : 50)								
ถั่วท่าพระสไตโล	24.51^{d}	1.99^{b}	9.71^{ab}	68.60^{b}	45.82^{a}	5.09^{b}	40.58^{b}	9.51^{ab}
ถั่วฮามาต้า	24.43^{cd}	2.03^{a}	9.31^{b}	68.77^{b}	43.56^{ab}	4.84^{c}	39.69^{b}	7.25^{b}
ถั่วคาวาลเคด	21.33^{e}	2.18^{a}	10.04^{a}	68.49^{b}	39.40^{c}	4.27^{c}	39.13^{b}	3.82^{c}
SEM	0.47	0.15	0.16	1.40	1.16	0.08	1.01	1.48

ที่มา: ดัดแปลงจาก เสมอใจ และคณะ, "คุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนะของหญ้ากินนีสีม่วงและถั่วอาหารสัตว์หมัก" แก่นเกษตร 39 (2554) : 143

หมายเหตุ ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber), ADL = ลิกนิน (Lignin), NFE = สารที่ปราศจากไนโตรเจน (Nitrogen free extract); NFE = 100 - (%โปรตีน + %ไขมัน + %เยื่อใย + %เถ้า), NSC = คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช้โครงสร้าง (Non – structural carbohydrate); NSC = 100 - (%โปรตีน + %ไขมัน + %NDF + %เถ้า)

เมธา และคณะ (2547: 239 - 254) รายงานว่าโคที่ได้รับมันเส้น และระดับยูเรีย ในสูตรอาหารข้นที่มีระดับมันเส้น 40, 50, 60 และ 70% และยูเรียในอัตราส่วน 0, 2, 4 และ 6% พบว่าเมื่อระดับยูเรียในอาหารข้นเพิ่มขึ้น (4%) โดยมีแนวโน้มของปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง, พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้, สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง, อินทรียวัตถุ, โปรตีน และเยื่อใย (NDF) เพิ่มขึ้น แต่ระดับของไขมันในน้ำนมสูงสุดเมื่อโคได้รับอาหารที่มีระดับยูเรีย 4% และมันเส้น 70% ของสูตรอาหาร (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ความสามารถในการย่อยได้ทางโภชนะของโคต่อระดับยูเรียในอาหารข้น

โภชนะที่ย่อยได้	ระดับยูเรีย (วัตถุแห้ง)				SEM
	0	2	4	6	
สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (%)					
วัตถุแห้ง	53.8[a]	58.8[b]	57.3[ab]	45.3[c]	1.14
อินทรียวัตถุ	61.5[a]	64.5[a]	63.8[a]	53.3[b]	1.75
โปรตีน	47.2[ab]	547[b]	52.3[b]	39.0[a]	2.36
NDF	44.4[a]	51.2[b]	46.6[ab]	37.1[c]	1.90
ADF	35.2[ab]	38.0[b]	34.9[ab]	27.9[a]	2.54
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ [1/]					
ME Mcal/d	19.3[ab]	22.7[a]	19.8[a]	16.0[b]	1.00
ME Mcal/kg DM	2.0[a]	2.1[a]	2.0[a]	1.7[b]	0.03

ที่มา: ดัดแปลงจากเมธา และคณะ, “ผลของระดับยูเรียและมันเส้นในสูตรอาหารข้นสำหรับโคนม” (ใน : การประชุมสัมมนาวิชาการเกษตรแห่งชาติประจำปี 2547 “ปศุสัตว์อาหารมาตรฐานโลก” (สาขาสัตวศาสตร์/สัตวบาล), 27 - 28 มกราคม 2547, โรงแรมโซฟิเทลราชาออคิดจังหวัดขอนแก่น (2547) : 249

หมายเหตุ [a,b,c] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean) (n = 4), [1/] การย่อยได้ของวัตถุแห้ง, NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber), ME Mcal/d = พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เมกะแคล/วัน (Metabolizable energy), ME Mcal/kg DM = พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เมกะแคล/กิโลกรัม วัตถุแห้ง

นอกจากนี้พรพรรณ และคณะ (2559: 13 – 18) รายงานว่าแพะที่ได้รับกิ่งและใบกระถินต่อเปลือกลูกตาลอ่อนหมักในอัตราส่วน 100 : 0, 70 : 30, 50 : 50 และ 30 : 70 พบว่าปริมาณการกินได้และอัตราการเจริญเติบโตของแพะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยอัตราการเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ 176.33, 195.33, 199.17 และ 184.22 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของแพะในกลุ่มที่ได้รับกิ่งและใบกระถินต่อเปลือกลูกตาลอ่อนหมักในอัตราส่วน 50 : 50 มีค่าต่ำ (3.67) แต่แพะที่ได้รับกิ่งและใบกระถินต่อเปลือกลูกตาลอ่อนหมักในอัตราส่วน 100 : 0 มีค่าการย่อยได้ของเยื่อใยต่ำ และมีปริมาณกลูโคสในเลือด มีปริมาณยูเรียไนโตรเจนก่อนและหลังจากให้อาหารที่ 0 และ 6 ชั่วโมงมีค่าสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารในสูตรอื่นๆ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ผลของเปลือกลูกตาลหมักต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

สมรรถนะการผลิต	อัตราส่วนกระถินต่อเปลือกลูกตาลหมัก				SEM
	100 : 0	70 : 30	50 : 50	30 : 70	
ปริมาณการกินได้ทั้งหมด (กก./ตัว)	830.58	867.59	748.69	731.58	28.89
อาหารข้น	597.50	623.92	493.82	490.75	24.23
อาหารหยาบ	233.08	243.67	254.87	240.83	9.65
%BW	3.53^{a}	3.45^{ab}	2.90^{c}	2.94^{bc}	0.09
g/kg $BW^{0.75}$	77.67^{a}	77.29^{a}	65.38^{b}	65.71^{b}	1.93
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก	4.61^{a}	4.45^{ab}	3.67^{c}	3.91^{c}	0.11
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (กก./วัน)	0.22^{b}	0.23^{b}	0.27^{a}	0.26^{ab}	0.01
น้ำหนักเริ่มต้น (กก./ตัว)	13.08	13.47	13.87	13.70	0.64
น้ำหนักสุดท้าย (กก./ตัว)	23.66	25.19	25.86	24.75	0.87
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กก./ตัว)	10.58	11.72	11.99	11.05	0.46
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	176.33	195.33	199.17	184.22	7.57

ที่มา: ดัดแปลงจาก พรพรรณ และคณะ, "ผลของระดับการใช้เปลือกลูกตาลหมักร่วมกับเปลือกสับปะรดทดแทนกระถินเพื่อเป็นอาหารหยาบทดแทนในช่วงฤดูแล้งต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม", **แก่นเกษตร** 44, ฉบับพิเศษ 1 (2559) : 17.

หมายเหตุ ^{a,b,c,} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), %BW = เปอร์เซ็นต์ปริมาณการกินได้รวมต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (Body weight), g/kg $BW^{0.75}$ = ปริมาณการกินได้รวมทั้งหมดต่อน้ำหนักเมทบอลิคต่อวัน (Metabolic body weight$^{0.75}$)

2.5.2 การปรับปรุงอาหารหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมัก

แบคทีเรียกรดแลคติคที่มีในพืช (Epiphytic lactic acid bacteria) ซึ่งสามารถพบได้ตามผิวด้านนอกส่วนต่างๆของพืช เช่น ลำต้น ใบ ดอก เป็นต้น พบว่าแบคทีเรียกรดแลคติคในส่วนของใบพืชน้อยกว่าในส่วนที่เป็นโครงสร้างของดอก และผล แบคทีเรียกรดแลคติคจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น (Cai et al., 1994: 420 - 428) นอกจากนี้การหมักแบบเติมแบคทีเรียกรดแลคติคจากน้ำพืชหมัก (Fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria; FJLB) เป็นสารเสริมจากธรรมชาติทางเลือกชนิดหนึ่งทำได้โดยการนำพืชวัตถุดิบมาทำน้ำพืชหมัก และนำน้ำพืชหมักที่ได้ไปเติมน้ำตาลเพื่อให้เป็นอาหารในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และเป็นการเร่งปฏิกิริยาการ

หมักในช่วงแรกเพื่อช่วยให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น และอาหารหมักที่มีสภาพคงที่จะสามารถช่วยให้เก็บรักษาพืชหมักไว้ได้นานขึ้น (เสมอใจ, 2554: 85 - 98)

Bureenok et al. (2005b: 807 - 811) รายงานว่าการเติมกลูโคสสามารถเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติค (2×10^8 cfu/ml) ได้ดีกว่าการเติมน้ำตาลซูโครส (1.96×10^8 cfu/ml) และกากน้ำตาล (1.85×10^9 cfu/ml) เนื่องจากการเติมน้ำตาลลงไปเพื่อให้เป็นแหล่งอาหารสำหรับแบคทีเรียในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย นอกจากนี้การใช้สารเสริมจากธรรมชาติ เช่น น้ำพืชหมักควรเติม 1% ต่อน้ำหนักวัตถุดิบสด (เสมอใจ, 2554: 85 - 98) ซึ่งสอดคล้องกับ Bureenok et al. (2011: 226 - 271) รายงานว่าหญ้ารูซี่ที่หมักด้วยกากน้ำตาล 5% และหญ้ารูซี่ที่หมักด้วยกากน้ำตาล 5% ร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ 1% ที่หมักเป็นระยะเวลา 45 วัน มีค่า pH ต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ และมีปริมาณของกรดแลคติค (127.9 และ 108.2 g/kg DM ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ ส่วนการย่อยได้ของโปรตีนพบว่ากลุ่มที่หมักด้วยน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ 1% มีการย่อยได้สูงที่สุด และยังสามารถเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียเซลลูไลติค (Cellulolytic bacteria) โดยมีค่าเท่ากับ 7.3 log cfu/ml. สูงที่สุดในโคนม (ตารางที่ 9 และ 10)

ตารางที่ 9 ค่าความเป็นกรด – ด่าง, จำนวนจุลินทรีย์, ปริมาณกรด และคาร์โบไฮดรตที่ละลายน้ำได้ของน้ำพืชหมัก

น้ำพืชหมัก	pH	แบคทีเรียกลุ่ม (cfu/ml)			ชนิดกรด (mg/ml)		
		กรดแลคติค	แอโรบิค	ยีสต์	แลคติค	อะซิติค	WSC ที่เหลือ
ไม่เติมน้ำตาล	5.83	2.29×10^8	1.97×10^8	-	0.00	0.11	0.00
1% น้ำตาลกลูโคส	4.24	2.00×10^8	1.50×10^6	-	3.51	0.06	0.00
1% น้ำตาลซูโครส	4.03	1.96×10^8	8.00×10^6	-	4.80	0.10	0.00
5% กากน้ำตาล	4.12	1.85×10^9	1.20×10^6	-	15.42	0.36	0.10

ที่มา: ดัดแปลงจาก Bureenok et al., "Fermentative quality of guineagrass silage by using fermented juice of the epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) as a silage additive", **Asian-Aust. Journal. Anim. Sci.** (2005b) : 808.

หมายเหตุ WSC = คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate)

ตารางที่ 10 ผลของแบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมัก และกากน้ำตาลต่อคุณภาพและโภชนะของหญ้ารูซี่หมัก

ตัวชี้วัด	กลุ่มการทดลอง				SEM	P - value
	กลุ่มที่ไม่เติมสารเสริม	กากน้ำตาล	น้ำพืชหมัก	กากน้ำตาลร่วมกับน้ำพืชหมัก		
pH	4.08[a]	3.81[b]	4.03[a]	3.84[b]	0.02	<0.001
วัตถุแห้ง (g/kg)	240.0[b]	275.0[a]	255.0[b]	274.0[a]	12.49	<0.001
ปริมาณของกรด (g/kg DM)						
กรดแลคติค	53.1[d]	127.9[a]	73.3[c]	108.2[b]	6.19	<0.001
กรดอะซิติค	21.1	23.7	19.8	19.1	4.49	0.729
กรดโพรพิโอนิค	6.4[b]	20.7[a]	3.7[b]	0[b]	2.47	<0.001
กรดบิวทิริค	9.8[a]	9.9[a]	0[b]	0[b]	0.94	<0.001
กรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด	88.4[c]	182.1[a]	96.8[c]	129.3[b]	10.49	<0.001
องค์ประกอบทางเคมี (g/kg DM)						
โปรตีน	49.4	48.1	47.6	50.2	0.87	0.179
WSC	14.7[b]	29.8[a]	15.5[b]	25.1[a]	2.06	<0.001
NDF	718.9	715.2	749.6	697.7	23.05	0.480
ADF	377.3	370.2	418.6	402.6	16.91	0.276

ที่มา: ดัดแปลงจาก Bureenok et al., “Effects of the fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and molasses on digestibility and r umen fermentation characteristics of ruzigrass (Brachiaria ruziziensis) silages.”, **Livestock Science.** (2011) : 269

หมายเหตุ [a,b,c,] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = Standard error of the mean, WSC = คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate), NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber)

นอกจากนี้เสมอใจ และคณะ (2557: 267 - 272) รายงานว่าไก่เนื้อที่ได้รับแบคทีเรียกรดแลคติค (*Lactobacillus plantarum* ST 10.2%) แบบผงแห้ง และผงแห้งจากน้ำพืชหมัก ทำให้ปริมาณ *E.coli* ในมูลต่ำที่สุดในช่วงแรกของการเจริญเติบโต นอกจากนี้ Frank et al. (2001: 330 - 343) รายงานว่าเมื่อมีการเติม *L. buchneri* ในหญ้าไรย์ (Ryegrass) หมักที่ปริมาณ 3 x 10^5 cfu/g ของพืชสด ส่งผลทำให้ค่า pH ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของกรดแลคติคที่สูง ปริมาณกรดอะซิติค กรดโพรพิโอนิค และเอธานอลมีค่าต่ำส่งผลทำให้พืชหมักมีค่า pH ต่ำ และยังพบว่าในการเติมแบคทีเรียกรดแลคติคร่วมกันสองชนิดขึ้นไปในหญ้าไรย์หมัก ทำให้ค่า pH ลดลงต่ำกว่ากลุ่มที่มีการเติมแบคทีเรียกรดแลคติคเพียงชนิดเดียวด้วย ซึ่งพบว่าค่า pH มีความสัมพันธ์กับชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ โดยเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดอะซิติคและกรดแลคติค ส่งผลให้ค่า pH ลดลง (อานัฐ, 2549: 300)

อัจฉรา และคณะ (2557: 23 - 36) รายงานว่าแพะที่ได้รับหญ้ามูลาโต้ และถั่วฮามาต้า (*Stylosanthes hamata*) ในรูปแบบสดและหมักโดยเติมน้ำพืชหมัก แล้วหมักเป็นระยะเวลา 80 วัน พบว่า มีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ และของอาหารทั้งหมดของแพะที่ได้รับหญ้ามูลาโต้หมักมีค่าสูงที่สุด ส่วนกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH แอมโมเนียไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย ภายหลังการให้อาหาร 2 ชั่วโมงแรก นอกจากนี้พบว่าแพะที่ได้รับถั่วและหญ้าหมักที่เติมน้ำพืชหมักไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำรูเมนของแพะ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยรักษาคุณภาพของพืชหมัก

2.6 ชนิดของพืชที่เหมาะสมในการทำน้ำพืชหมัก

2.6.1 หญ้าเนเปียร์ (Napier grass)

หญ้าเนเปียร์ ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pennisetum purpureum* ลำต้นมีลักษณะตั้งตรงสูงประมาณ 2.5 - 3.5 เมตร และเมื่อออกดอกจะมีความสูงถึงปลายช่อดอกประมาณ 3.5 - 4.5 เมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักสด 12 - 15 ตัน/ไร่ ปรับตัวได้ดีในดินหลายสภาพ ไม่มีโรคและแมลงรบกวน เก็บเกี่ยวง่าย และสามารถเก็บเกี่ยวได้นาน 6 - 7 ปี โดยปกติจะทำการตัดหญ้าเนเปียร์ครั้งแรกหลังปลูกประมาณ 75 วัน จากนั้นให้ตัดทุกๆ 45 - 60 วัน ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี มีปริมาณน้ำตาลในใบ และลำต้นสูง สามารถนำไปทำเป็นหญ้าหมักได้ โดยไม่จำเป็นต้องเติมสารเสริมใดๆ เหมาะกับเกษตรกรที่มีพื้นที่จำกัด (กองอาหารสัตว์, 2554) (ภาพที่ 10)

หญ้าเนเปียร์สามารถเจริญเติบโตเร็ว และยังให้ผลผลิตต่อไร่สูง มีความน่ากินสูง และมีคุณค่าทางโภชนะสูง หญ้าเนเปียร์แห้งประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 15.9 - 12.6 % และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ประมาณ 36.5 - 33.3 % (ตารางที่ 11) ซึ่งสอดคล้องกับสำราญ และ พรชัย (2554: 215 - 244) รายงานว่าอายุของการตัดหญ้ามีอิทธิพลต่อผลผลิต และคุณค่าทางโภชนะของหญ้าเนเปียร์ พบว่าอายุการตัดหญ้าที่เหมาะสมที่สุด ควรตัดที่อายุ 35 - 45 วัน มีโปรตีนประมาณ 11.1 - 12.8% มีเซลลูโลสประมาณ 41.7 - 43.2% เยื่อใยทั้งหมดประมาณ 67.0 - 69.8% และมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งประมาณ 72.9 - 75.9% เนื่องจากถ้าตัดหญ้าที่อ่อน หรือแก่จนเกินไปจะมีผลต่อปริมาณของโปรตีนที่ต่ำลง

ภาพที่ 10: ลักษณะของหญ้าเนเปียร์

ที่มา: วิชาการดอทคอม, **เนเปียร์ จาก "หญ้าเลี้ยงช้าง" สู่พืชพลังงานแห่งอนาคต**, เข้าถึงเมื่อ 1 เมษายน, เข้าถึงได้จาก http://www.vcharkarn.com/varticle/58938.

2.6.2 หญ้ารูซี่ (Ruzi grass)

หญ้ารูซี่ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brachiaria ruziziensis* มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบกึ่งเลื้อย สามารถเจริญเติบโตได้ดี มีความสามารถในการทนแล้งได้พอสมควร แต่ไม่ทนต่อต่อสภาพพื้นที่ชื้นแฉะ มีความสูงประมาณ 60 - 100 เซนติเมตร ลำต้นมีลักษณะกลมแข็งเรียวเล็ก ไม่มีขน มีขนละเอียดคลุมทั้งด้านหน้าและด้านหลังใบ ใบมีความยาวประมาณ 13 -15 เซนติเมตร กว้างประมาณ 0.8 - 2.5 เซนติเมตร และมีคุณค่าทางโภชนะสูง (กรมปศุสัตว์, 2545) (ภาพที่ 11)

การตัดหญ้ารูซี่เพื่อนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ ควรตัดครั้งแรกที่อายุ 60 - 70 วันหลังจากปลูก โดยตัดสูงจากพื้นดิน 10 - 15 เซนติเมตร สามารถปล่อยสัตว์เข้าแทะเล็มในแปลงหญ้าครั้งแรกเมื่อหญ้าอายุ 70 - 90 วัน หลังจากนั้นจึงทำการตัดหรือปล่อยสัตว์เข้าแทะเล็มหมุนเวียนทุก 30 - 45 วัน พบว่าหญ้ารูซี่แห้งจะมีโปรตีนประมาณ 6.6 - 8.6 % และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ประมาณ 50.8 - 51.1 % (ตารางที่ 11)

(ก)

(ข)

ภาพที่ 11: ลักษณะของหญ้ารูซี่ (ก) ลักษณะของหญ้ารูซี่ (ข) ลักษณะช่อดอกของหญ้ารูซี่

ที่มา: แก้วเจ้าจอม (2552), **หญ้ารูซี่**, เข้าถึงเมื่อ 1 เมษายน, เข้าถึงได้จาก http://saranaruu.blogspot.com/2009/09/blog-post.html.

2.6.3 หญ้ากินนี (Guinea grass)

หญ้ากินนีเป็นหญ้าในสกุลกินนี (*Panicum maximum*) สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่ร่มเงา ทนทานต่อสภาพดินค่อนข้างเค็มและทนแล้ง ให้ผลผลิตสูง มีการเจริญเติบโตเป็นแบบกอตั้งตรง มีใบขนาดใหญ่ ดก อ่อนนุ่ม มีช่วงเวลาของการเจริญเติบโตก่อนออกดอกระหว่าง 90 - 110 วัน (กองอาหารสัตว์, 2537: 1 - 5) (ภาพที่ 12)

การตัดหญ้ากินนีสีม่วงเพื่อนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ ควรตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วัน หลังปลูกและตัดครั้งต่อไปทุกๆ 30 - 40 วัน โดยตัดสูงจากพื้นประมาณ 10 - 15 เซนติเมตร หญ้ากินนีสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นร่มเงา ให้ผลผลิตสูงมีคุณภาพดี พบว่าหญ้ากินนีแห้งมีโปรตีนประมาณ 7.1 – 7.9 % และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ประมาณ 44.7 - 48.3 % (ตารางที่ 11)

(ก)

(ข)

ภาพที่ 12: ลักษณะของหญ้ากินนี (ก) ลักษณะของหญ้ากินนี (ข) ลักษณะช่อดอกของหญ้ากินนี

ที่มา: (ก) นิรนาม (ม.ป.ป.), **หญ้ากินนีสีม่วง ประโยชน์ และการปลูกหญ้ากินนีสีม่วง**, เข้าถึงเมื่อ 1 เมษายน, เข้าถึงได้จาก http://puechkaset.com/%E0%B8%AB%E0%B8%8D%E0%B9%89%E0%B8% B2%E0% B8%81%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%99%E0%B8%B5%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%87/ และ (ข) กองอาหารสัตว์ (ม.ป.ป.), เข้าถึงเมื่อ 1 เมษายน, เข้าถึงได้จาก http://nutrition.dld.go.th/Nutrition_Knowlage/ARTICLE/Pro18.htm.

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าชนิดต่าง ๆ ที่อายุการตัดต่าง ๆ

อายุการตัด	องค์ประกอบทางเคมี (%DM)					
	วัตถุแห้ง(%)	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้
หญ้าเนเปียร์						
45 วัน	14.9	15.9	1.3	35.8	14.5	36.5
60 วัน	18.3	12.6	1.2	42.6	12.3	33.3
หญ้ารูซี่						
45 วัน	21.2	8.6	1.8	30.0	8.8	50.8
60 วัน	25.6	6.6	1.4	31.9	9.0	51.1
หญ้ากินนี						
45 วัน	22.6	7.9	1.2	35.5	10.7	44.7
60 วัน	24.6	7.1	1.2	33.4	10.0	48.3

ที่มา: คัดแปลงจาก เฉลา และคณะ (2553), “การรวบรวมและจัดทำข้อมูลด้านคุณค่าทางโภชนะของพืชอาหารสัตว์” (รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2553 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์)

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณภาพของน้ำพืชหมัก (FJLB) จากหญ้าชนิดต่าง ๆ (หญ้าเนเปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี)

3.1.1 ขั้นตอนเตรียมตัวอย่างน้ำพืชหมัก

สุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าทุกชนิดที่อายุ 45 วันจากแปลงหญ้าของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี หลังจากนั้นนำหญ้าสดชนิดต่างๆ (หญ้าเนปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี) น้ำหนักประมาณ 200 กรัมของน้ำหนักสด มาสับให้มีขนาดประมาณ 2 - 3 เซนติเมตร แล้วจึงนำไปปั่นร่วมกับน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อประมาณ 1,000 มิลลิลิตร (Bureenok et al., 2005b; 807 - 811) โดยใช้เครื่องปั่นยี่ห้อ Philips หลังจากนั้นกรองสารละลายที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำสารละลายน้ำพืชที่ได้นำไปเติมน้ำตาลกลูโคสที่ระดับ 2% (w/v) เพื่อเป็นอาหารในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติค แล้วบ่มทิ้งไว้ในสภาพไร้อากาศ ณ อุณหภูมิห้อง (30˚C) (ณ ชั่วโมงต่าง ๆ คือ บ่มที่ 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 และ 72 ชม.) (ภาคผนวก ก และ ข)

3.1.2 กลุ่มการทดลองและการวางแผนการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการทดลอง 2 x 3 factorial in CRD (Completely rendomized design; CRD) โดยประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังต่อไปนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส
กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์เติมน้ำตาลกลูโคส
กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส
กลุ่มการทดลองที่ 4 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคส
กลุ่มการทดลองที่ 5 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีไม่เติมน้ำตาลกลูโคส
กลุ่มการทดลองที่ 6 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีเติมน้ำตาลกลูโคส

3.1.3 สิ่งที่ศึกษา

1. ศึกษาค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของน้ำพืชหมัก (FJLB) จากหญ้าชนิดต่าง ๆ โดยใช้เครื่อง pH meter (รุ่น AD 31 Ec/TDS) (ภาคผนวก ข)

2. ศึกษาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar content) ของน้ำพืชหมักโดยวิธี Sulfuric acid - UV method โดยนำตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริก (Sulfuric acid; H_2SO_4) ความเข้มข้น 98% ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองหลังจากนั้นเขย่าแล้วทิ้งไว้ 10 - 15 นาที นำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ 315 นาโนเมตรโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (รุ่น Libra S22) (Ammar et al., 2013: 253 - 261) (ภาคผนวก ข)

3. ศึกษาปริมาณกรดแลคติค (Total lactic acid content) โดยนำตัวอย่างส่วนใสปริมาตร 2 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร หยดฟีนอลทาลีนจำนวน 2 หยด จากนั้นไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล โดยวิธีของ AOAC (1990) (ภาคผนวก ข)

4. ศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria content) จำนวนแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค (Aerobic bacteria content) จำนวนเชื้อราและยีตส์ (Mold and yeast content) ในน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Bactobasilus MRS agar, Nutrient agar และ Potato dextrose agar ตามลำดับ โดยการทำเจือจาง (Serial dilution) ที่ 10^{-2} - 10^{-9} เท่า โดยการปิเปต 1 มิลลิลิตรของตัวอย่าง และ 0.85% NaCl ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ จากนั้นดูดสารละลายตัวอย่างความเข้มข้นที่ต้องการใส่ในจานอาหาร (Petri dish) แล้วเทอาหารลงในจานอาหารแล้วไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 - 37 °C เป็นระยะเวลา 18 - 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการนับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารในแต่ละความเข้มข้น (30 - 300 โคโลนี) บันทึกผลและคำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เป็น Colony forming unit/milliliter (CFU/ml) ตามวิธีของ Kozaki et al. (1992: 6 - 16) (ภาคผนวก ก และ ข)

3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองมาประมวลผลทางสถิติ โดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 2 x 3 factorial in CRD (Completely randomized design; CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการทดลองแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์เทียบกับหนังสือการใช้โปรแกรมที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) (มนต์ชัย, 2544)

3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการปรับปรุงเปลือกลูกตาลหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักจากหญ้า (หญ้าเนเปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี)

3.1.1 ขั้นตอนเตรียมตัวอย่างน้ำพืชหมัก

สุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าทุกชนิดที่อายุ 45 วันจากแปลงหญ้าของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี หลังจากนั้นนำหญ้าสดชนิดต่างๆ (หญ้าเนปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี) น้ำหนักประมาณ 200 กรัมของน้ำหนักสด มาสับให้มีขนาดประมาณ 2 - 3 เซนติเมตร แล้วจึงนำไปปั่นร่วมกับน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อประมาณ 1,000 มิลลิลิตร (Bureenok et al., 2005b; 807 - 811) โดยใช้เครื่องปั่นยี่ห้อ Philips หลังจากนั้นกรองสารละลายที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำสารละลายน้ำพืชแล้วจึงนำไปเติมน้ำตาลกลูโคสที่ระดับ 2% (w/v) คือจะทำการเติมน้ำตาลกลูโคส 2 กรัม ลงในน้ำพืชหมักจากหญ้า 100 มิลลิลิตร เพื่อเป็นอาหารในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติค แล้วบ่มทิ้งไว้ในสภาพไร้อากาศ ณ อุณหภูมิห้อง (30°C) บ่มเป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง (ภาคผนวก ก และ ข)

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเปลือกลูกตาลอ่อนในเขตพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี หลังจากนั้นนำเอาเปลือกลูกตาลอ่อนสดหั่นออกเป็นชิ้นเล็กๆ ให้มีขนาดประมาณ 2 - 3 เซนติเมตร จากนั้นนำเอาเปลือกลูกตาลประมาณ 3 กิโลกรัมของน้ำหนักสด เติมน้ำพืชหมักตามกลุ่มการทดลองในปริมาตร 0.5 % (v/w) เช่นถ้าหากหมักตัวอย่าง 100 กิโลกรัม จะทำการเติมน้ำพืชหมัก 0.5 ลิตร โดยคลุกเคล้าให้เข้ากันก่อนอัดให้แน่นในถุงพลาสติกพร้อมไล่อากาศออกให้หมด แต่ละถุงบรรจุ 3 กิโลกรัม จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) แล้วนำตัวอย่างที่หมักไปวิเคราะห์ในวันที่ 0, 7, 14 และ 21 วัน (ภาคผนวก ก และ ข)

3.2.2 กลุ่มการทดลองและการวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 4 factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ชนิดของน้ำพืชหมัก และระยะเวลาการหมัก ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 8 กลุ่มการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังต่อไปนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์

กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส

กลุ่มการทดลองที่ 4 คือ เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่

กลุ่มการทดลองที่ 5 คือ เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส

กลุ่มการทดลองที่ 6 คือ เปลือกลูกตาลหมักที่เติมพืชหมักจากหญ้ากินนี

กลุ่มการทดลองที่ 7 คือ เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีร่วมกับน้ำตาลกลูโคส

กลุ่มการทดลองที่ 8 คือ เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล

3.2.3 สิ่งที่ศึกษา

1. การประเมินคุณภาพทางกายภาพของเปลือกลูกตาลหมักตามวิธีของกรมปศุสัตว์ (2547: 1 - 23) (ภาคผนวก ก และ ข)

2. ศึกษาค่า pH ของเปลือกลูกตาลหมักที่ใช้แบคทีเรียกรดแลคติค โดยสุ่มตัวอย่างอาหารหมัก ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 50 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ จากนั้นเติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นยี่ห้อ Philips แล้วกรองด้วยผ้าขาวบางนำสารละลายตัวอย่างส่วนใสที่ได้ไปวัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH - meter (รุ่น AD 31 Ec/TDS) (ภาคผนวก ข)

3. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่วัตถุแห้ง (Dry matter; DM), เถ้า (Ash), โปรตีนหยาบ (Crude Protein; CP), ไขมัน (Ether Extract; EE), พลังงาน (Gross energy; GE) โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 1990) และนำไปวิเคราะห์เยื่อใยโดยวิธี Detergent fiber analysis (Goering and Van Soest, 1970: 379) ได้แก่ เยื่อใยที่สกัดด้วยสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber; NDF), เยื่อใยที่สกัดด้วยสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber; ADF) และลิกนิน (Acid detergent lignin; ADL) เพื่อนำไปคำนวณหาค่าเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส

4. การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile fatty acid; TVFA) โดยนำตัวอย่างหลังการบ่มย่อยของพืชหมักโดยเทคนิค *in vitro* ไปทำการปั่นเหวี่ยงที่ 4,400 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 12 นาที สารละลายจะเกิดการตกตะกอน แล้วดูดสารละลายส่วนที่ใสปริมาตร 1 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 99 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดย่อย (Kjehdal flask) แล้วหยดเมทิลออเรนจ์ (Methyl orange indicator) ประมาณ 5 หยด (สารละลายจะเป็นสีเหลืองส้ม) แล้วเติม H_2SO_4 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นส้ม แล้วเป็นสีชมพูแดง) จากนั้นทำการกลั่นตัวอย่างทันทีหลังจากการเติม H_2SO_4 แล้วทำการเก็บสารละลายโดยใช้ขวดรูปชมพู่เปล่าขนาด 250 มิลลิลิตร โดยทำการเก็บสารละลายที่ได้จากการกลั่นประมาณ 150 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้จากการกลั่น เติมฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein indicator) ประมาณ 10 หยด แล้วทำการไตรเตรท

สารละลายที่ได้ด้วย NaOH 0.04 N จนถึงจุดยุติ (สารละลายเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีชมพูอ่อน) ทำการจดบันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหา TVFA (mg/l) ตามวิธีของ Brigg et al. (1957: 674 - 690) (ภาคผนวก ข)

5. การวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนด้วยวิธีการกลั่น นำตัวอย่างน้ำรูเมนหลังการบ่มย่อยของพืชหมักโดยเทคนิค *in vitro* ออกจากตู้แช่แข็งปล่อยให้ละลาย (Thaw) แล้วทำการปั่นเหวี่ยงที่ 4,400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 12 นาที สารละลายจะเกิดการตกตะกอน แล้วปิเปตสารละลายส่วนที่ใสปริมาตร 3 มิลลิลิตร เพื่อใช้ประเมินหากรดไขมันระเหยได้นำตัวอย่างที่ได้ปริมาณ 1 มิลลิลิตร แล้วละลายในน้ำกลั่น 99 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดย่อยแล้วเติม NaOH 35% ประมาณ 50 มิลลิลิตร (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีเหลืองดำขุ่น) หลังจากนั้นทำการกลั่นตัวอย่างทันทีหลังจากการเติม NaOH 35% แล้วทำการเก็บสารละลายโดยใช้ขวดรูปชมพูขนาด 250 มิลลิลิตรที่มีอินดิเคเตอร์ร่วมกับกรดบอริก (H_3BO_3) 4% ปริมาณ 25 มิลลิลิตร โดยทำการเก็บสารละลายที่ได้จากกระบวนการกลั่นประมาณ 200 มิลลิลิตร (สารละลายที่ได้จะมีสีเขียวอ่อนใส) และทำการไตเตรทสารละลายที่ได้ด้วย H_2SO_4 0.01 N จนถึงจุดยุติ (สารละลายจะเปลี่ยนจากมสีเขียวอ่อนใสเป็นชมพูม่วง) ทำการจดบันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (Bremner and Keeney, 1965: 485 - 495) (ภาคผนวก ข)

6. ประสิทธิภาพการการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ (*In vitro* dry matter digestibility; IVDMD และ *In vitro* organic matter digestibility, IVOMD) ตามวิธีการของ Sommart et al. (2000: 1084 - 1093) (ภาคผนวก ก และ ข)

การเตรียมตัวอย่างอาหารทดลองที่ใช้สำหรับการทดลอง *in vitro* บรรจุอาหารตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัมลงในขวดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปิดจุกยางและฝาอลูมิเนียมให้สนิทแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่งโมง ก่อนที่จะเติมสารละลายของแหลวจากกระเพาะรูเมน ตามวิธีการของ Sommart et al. (2000)

ทำการวัดหาค่าความสามารถในการการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุที่ระยะการบ่ม 24 ชั่วโมง ทำการสุ่มขวดทดลองออกมาแล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ และรอการวิเคราะห์ เมื่อจะทำการวิเคราะห์นำขวดทดลองที่ทำการสุ่มออกมาจากตู้แช่แข็งและปล่อยให้ละลายทำการกรองเอาส่วนที่เหลือจากการย่อย นำตัวอย่างที่กรองได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 - 105 ºC เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อคำนวณค่าความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้งและนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 ºC เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อคำนวณค่าความสามารถในการย่อยได้อินทรียวัตถุ

7. ปริมาณผลผลิตแก๊ส (Gas production) จะทำการวัดผลผลิตแก๊สที่เกิดจากการหมักย่อยของอาหารทดลอง ณ ชั่วโมงต่างๆ และคำนวณค่าจลนศาสตร์การหมักย่อย โดยทำการจดบันทึกปริมาตรของแก๊สที่เกิดขึ้นจากการหมักย่อย โดยใช้ไซริงค์แก้วขนาด 20 มิลลิลิตร เชื่อมต่อกับสายยาง และเข็มเบอร์ 24 ขนาด 1 นิ้ว โดยช่วงการบ่มและจดบันทึกดังนี้ ในช่วง 24 ชั่วโมงแรก ทำการบันทึกผลผลิตแก๊สทุกๆ 3 ชั่วโมง และทำการบันทึกผลในช่วงต่อไปทุกๆ 6 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 48 หลังจากนั้นทำการบันทึกผลทุกๆ 12 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 96 โดยแต่ละครั้งที่ทำการวัดผลผลิตแก๊สแล้วจะทำการเขย่าขวดทดลองทุกครั้ง และจะนำค่าผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆ มาคำนวณปริมาณแก๊สสะสม และคำนวณค่าจลนศาสตร์การผลิตแก๊สโดยอาศัยสมการของตามวิธีของ Ørskov and McDonald (1979: 499 - 503) (ภาคผนวก ข)

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลทั้งหมดมาประมวลผลทางสถิติ โดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 2 x 4 factorial in CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองแบบ Duncan’s multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์เทียบกับหนังสือการใช้โปรแกรมที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) (มนต์ชัย, 2544)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

3.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของการหมักเปลือกลูกตาลหมักโดย FJLB ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม

3.3.1 เตรียมการทดลอง

1. เตรียมสัตว์ทดลอง ใช้แพะพันธุ์ลูกผสม (พื้นเมือง x บอร์) เพศผู้ โดยมีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 13.67 ± 0.58 กิโลกรัม อายุ 3 - 4 เดือน จำนวน 9 ตัว โดยทำการถ่ายพยาธิ และฉีดไวตามินให้กับแพะทุกตัว

2. เตรียมน้ำพืชหมักตามการทดลองที่ 2 และเลือกน้ำพืชหมักจากผลการทดลองที่ 2 (น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีที่เติมน้ำตาลกลูโคส) และสุ่มเก็บตัวอย่างเปลือกลูกตาลอ่อนในเขตพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี หลังจากนั้นนำเปลือกลูกตาลมาสับเป็นชิ้นๆ (ขนาด 2 - 3 เซนติเมตร) แล้วใส่น้ำพืชหมัก 0.5 % ของน้ำหนักพืชสด แล้วผสมให้เข้ากันและอัดลงในถังหมักหรือถุงหมัก ปิดฝาให้สนิทหมักในสภาวะไร้ออกซิเจน ส่วนอาหารข้นใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปยี่ห้อซีพี 991 – 14 ที่มีโปรตีนอย่างน้อย 14%

3. ระยะการปรับสัตว์ก่อนเข้าการทดลอง (Preliminary period) สัตว์ทุกตัวจะได้รับเปลือกลูกตาลหมักตามกลุ่มการทดลองอย่างเต็มที่ และอาหารข้นวันละประมาณ 1.5% ของน้ำหนักแพะแต่ละตัว เป็นเวลา 7 วัน

4. ระยะทดลอง (Experimental period) ทำการสุ่มสัตว์ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ การให้อาหารแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลาคือ 08.00 และ 15.00 นาฬิกา โดยสัตว์ทดลองจะได้รับอาหารหยาบและน้ำอย่างเต็มที่ และอาหารข้นวันละประมาณ 1.5% ของน้ำหนักแพะแต่ละตัว ที่มีโปรตีนอย่างน้อย 14% และเสริมด้วยหญ้ากินนีสดวันละ 200 กรัมของน้ำหนักสด/น้ำหนักแห้ง ทำการเลี้ยงสัตว์แบบคอกขังเดี่ยวในโรงเรือนแบบยกพื้นเป็นเวลา 45 วัน

3.3.2 กลุ่มการทดลองและการวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยการทดลองครั้งนี้สามารถแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่มการทดลองๆละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนี 0.5%

กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล 0.5%

3.3.3 สิ่งที่ศึกษา

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis) ซึ่งจะประกอบด้วยการวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (Dry matter), โปรตีนหยาบ (Crude protein; CP), ไขมัน (Ether extract; EE), เถ้า (Ash) ตามวิธีการของ AOAC (1990) และทำการวิเคราะห์เยื่อใยโดยวิธี Detergent fiber analysis (Goering and Van Soest, 1970: 379)ได้แก่ เยื่อใยที่สกัดด้วยสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber; NDF), เยื่อใยที่สกัดด้วยสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber; ADF) และลิกนิน (Acid detergent lignin; ADL) และการวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้เครื่อง Bomb calorimeter

2. วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะโดย สุ่มเก็บปัสสาวะเป็นจำนวน 3 ครั้ง ทุกๆ 15 วัน โดยเก็บตัวอย่างครั้งละ 3 วัน ในช่วงสุดท้ายของแต่ระยะการทดลอง โดยตวงปริมาณปัสสาวะแพะทั้งหมด หลังจากนั้นทำการสุ่มปัสสาวะประมาณ 20% ของปริมาณปัสสาวะทั้งหมด เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ตามวิธี Kjedahl method (AOAC, 1990) (ภาคผนวก ก และข)

3. การวิเคราะห์หาปริมาณกลูโคสและยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด ตามวิธีการของ Mackey and Mackey (1972: 295) และวิเคราะห์หาปริมาณกลูโคสในเลือด (Blood glucose) โดยจะทำการเก็บตัวอย่างเลือดที่หลอดเลือดดำบริเวณลำคอ (Jugular vein) ของแพะแต่ละตัว ก่อนให้อาหารในตอนเช้า (0 ชั่วโมง) และหลังการให้อาหารในตอนเช้า (6 ชั่วโมง) ใส่ในหลอดเก็บเลือดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกลูโคส และยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood metabolite) (ภาคผนวก ก)

วิเคราะห์หา Blood metabolite จะนำส่วนพลาสมา (Plasma) เก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ -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 ข)

4. ปริมาณการกินได้ (Feed intake; FI) เก็บข้อมูลปริมาณอาหารข้น และอาหารหยาบ โดยการชั่งน้ำหนักอาหารก่อนให้ และอาหารที่เหลือในวันถัดไปทุกครั้ง และสุ่มเก็บอาหารแบ่งเก็บเป็น 2 ส่วน ดังนี้

(1) ส่วนแรก นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

(2) ส่วนที่สอง (ใส่ถุงกระดาษ) นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 - 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง ตามวิธีการ AOAC (1990) โดยนำมาปรับหาปริมาณการกินได้ของสัตว์ในแต่ละวัน นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้

5. สมรรถนะการเจริญเติบโต โดยการชั่งน้ำหนักแพะทุกตัวในวันก่อนเข้าทดลอง และทุกๆ 2 สัปดาห์ของการทดลอง เพื่อคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร รวมถึงปริมาณการกินได้รวมต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (% BW) และ ปริมาณการกินได้รวมทั้งหมดต่อน้ำหนักเมทบอลิคต่อวัน ($g/kgBW^{0.75}$)

6. การย่อยได้โภชนะ ตามวิธีการ AOAC (1990) และวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของมูลนำค่าที่ได้ไปหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้

สุ่มเก็บมูลสัตว์ จะทำการเก็บมูลเป็นจำนวน 3 ครั้ง ทุกๆ 15 วัน โดยเก็บตัวอย่างครั้งละ 3 วัน ในช่วงสุดท้ายของแต่ระยะการทดลอง โดยชั่งน้ำหนักมูลแพะทั้งหมด และแบ่งเก็บเป็น 2 ส่วน ดังนี้

(1) ส่วนแรก (ใส่ถุงกระดาษ) นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง ตามวิธีการ AOAC (1990)

(2) ส่วนที่สอง เก็บตัวอย่างประมาณ 10% ของมูลแพะทั้งหมด และนำมูลแพะทั้งหมดที่สุ่มมาคลุกเคล้ากัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของมูลนำค่าที่ได้ไปหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ตามวิธี Schnieder and Flatt (1975)

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลทั้งหมดของแพะที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ (CRD) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองแบบ Duncan multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูป (มนต์ชัย, 2544)

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

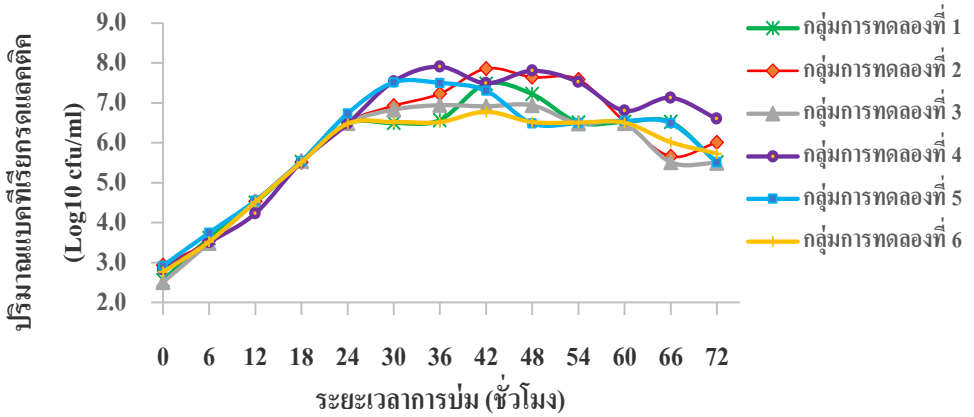
4.1 การทดลองที่ 1 ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำพืชหมัก (FJLB) จากหญ้าชนิดต่าง ๆ (หญ้าเนเปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี)

4.1.1 ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria count)

จากการศึกษาพบว่าปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จะเห็นได้ว่าปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคของทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องใน 24 ชั่วโมงแรก และพบว่าน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคสมีแนวโน้มของปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่ชั่วโมงที่ 18 และสูงที่สุด (7.91 Log10 cfu/ml) ในระยะเวลาการบ่มชั่วโมงที่ 36 ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าน้ำพืชหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 13 และตารางที่ 12) อาจเนื่องมาจากหญ้ารูซี่มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (50.8 – 51.1%) ในปริมาณที่สูง (เฉลา และคณะ, 2553) นอกจากนี้ Bureenok et al. (2006: 1073 - 1077) พบว่าหลังการบ่มน้ำพืชหมักเป็นระยะเวลา 2 วัน สามารถทำให้ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคเพิ่มขึ้น และการเติมน้ำตาลกลูโคสในน้ำพืชหมัก อาจเป็นแหล่งอาหารของแบคทีเรียกรดแลคติคจึงส่งผลให้มีการเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับ Bureenok et al. (2005a: 243 - 248) รายงานว่าการเติมน้ำตาลกลูโคสสามารถเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติคและสามารถปรับปรุงคุณภาพพืชหมักได้ดีกว่าการเติมกากน้ำตาล และน้ำตาลซูโครส นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติคหลังชั่วโมงที่ 36 จะมีจำนวนคงที่ อาจเนื่องมาจากมีอัตราการแบ่งตัวเท่ากับอัตราการตาย และหลังจากชั่วโมงที่ 60 ปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติคมีจำนวนที่ลดลงอาจเป็นเพราะแหล่งอาหารที่มีในน้ำพืชหมักอาจมีจำนวนน้อย หรือหมดไปแล้วจึงส่งผลให้แบคทีเรียกรดแลคติคไม่สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนได้

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยของปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติค ได้แก่ ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน ยกเว้นชั่วโมงที่ 18 และ 24 โดยเมื่อพิจารณาชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า พบว่าน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่มีแนวโน้มของปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติคสูงกว่าน้ำพืชหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 18

(ตารางที่ 13) และเมื่อพิจารณาที่ระดับน้ำตาลกลูโคส พบว่าน้ำพืชหมักกลุ่มที่เติมน้ำตาลกลูโคสจะมีปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติคสูงกว่าน้ำพืชหมักกลุ่มที่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส



ภาพที่ 13: กราฟแนวโน้มของปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติค

หมายเหตุ: กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 4 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 5 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 6 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีเติมน้ำตาลกลูโคส

ตารางที่ 12 ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria counts) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (Log10 cfu/ml)

ชั่วโมง	กลุ่มการทดลอง						SEM	A x B
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
0	2.56^{c}	2.93^{a}	2.50^{c}	2.82^{ab}	2.92^{a}	2.77^{b}	0.01	0.01
6	3.61^{b}	3.54^{bc}	3.49^{c}	3.50^{bc}	3.74^{a}	3.52^{bc}	0.01	0.03
12	4.50^{a}	4.53^{a}	4.51^{a}	4.23^{b}	4.55^{a}	4.51^{a}	0.01	0.01
18	5.52	5.52	5.54	5.52	5.54	5.51	0.01	0.93
24	6.48	6.52	6.49	6.48	6.73	6.48	0.01	0.42

ตารางที่ 12 ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria counts) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (Log10 cfu/ml) (ต่อ)

ชั่วโมง	กลุ่มการทดลอง						SEM	A x B
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
30	6.50^{d}	6.93^{b}	6.83^{c}	7.54^{a}	7.51^{a}	6.52^{d}	0.01	<0.01
36	6.57^{e}	7.23^{c}	6.95^{d}	7.91^{a}	7.50^{b}	6.52^{e}	0.02	<0.01
42	7.48^{b}	7.86^{a}	6.92^{c}	7.49^{b}	7.31^{b}	7.78^{c}	0.02	0.01
48	7.22^{b}	7.65^{a}	6.94^{c}	7.80^{a}	6.48^{d}	6.52^{d}	0.02	0.01
54	6.51^{b}	7.59^{a}	6.48^{b}	7.52^{a}	6.49^{b}	6.50^{b}	0.02	<0.01
60	6.52^{b}	6.53^{b}	6.49^{b}	6.80^{a}	6.55^{b}	6.50^{b}	0.02	0.01
66	6.52^{b}	5.66^{d}	5.51^{d}	7.13^{a}	6.49^{b}	6.02^{c}	0.02	<0.01
72	5.51^{d}	6.01^{b}	5.50^{d}	6.61^{a}	5.52^{d}	5.73^{c}	0.01	<0.01

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), A x B = ปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยระหว่างชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส, T1 = น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T2 = น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์เติมน้ำตาลกลูโคส, T3 = น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T4 = น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคส, T5 = น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T6 = น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีเติมน้ำตาลกลูโคส

ตารางที่ 13 ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (Log10 cfu/ml)

ชั่วโมง	ชนิดหญ้า			ระดับน้ำตาลกลูโคส		SEM	P- value		
	เนเปียร์	รูซี่	กินนี	0%	2%		A	B	A x B
0	2.74^{b}	2.67^{b}	2.87^{a}	2.66^{b}	2.84^{a}	0.01	0.01	0.01	0.01
6	3.58^{a}	3.50^{b}	3.63^{a}	3.62^{a}	3.52^{b}	0.01	0.01	0.01	0.03
12	4.52^{a}	4.37^{b}	4.53^{a}	4.52^{a}	4.43^{b}	0.01	0.01	0.01	0.01
18	5.52	5.53	5.53	5.53	5.52	0.01	0.94	0.58	0.93

ตารางที่ 13 ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (Log10 cfu/ml) (ต่อ)

ชั่วโมง	ชนิดหญ้า			ระดับน้ำตาลกลูโคส		SEM	P- value		
	เนเปียร์	รูซี่	กินนี	0%	2%		A	B	A x B
24	6.50	6.48	6.60	6.57	6.49	0.01	0.08	0.08	0.42
30	6.71^{c}	7.18^{a}	7.02^{b}	6.95^{b}	6.99^{a}	0.01	<0.01	0.04	<0.01
36	6.90^{b}	7.43^{a}	7.01^{b}	7.00^{b}	7.22^{a}	0.02	<0.01	0.01	<0.01
42	7.67^{a}	7.20^{b}	7.04^{c}	7.23^{b}	7.78^{a}	0.02	0.01	0.03	0.01
48	7.44^{a}	7.37^{a}	6.50^{b}	6.88^{b}	7.32^{a}	0.02	<0.01	<0.01	0.01
54	7.05^{a}	7.00^{a}	6.50^{b}	6.50^{b}	7.21^{a}	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
60	6.53^{b}	6.65^{a}	6.53^{b}	6.52^{b}	6.61^{a}	0.02	0.05	0.04	0.01
66	6.09^{b}	6.32^{a}	6.25^{a}	6.18	6.27	0.02	0.01	0.06	<0.01
72	5.76^{b}	6.05^{a}	5.62^{b}	5.51^{b}	6.12^{a}	0.01	<0.01	<0.01	<0.01

หมายเหตุ ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), A = ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า, B = ระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส, A x B = ปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยระหว่างชนิดน้ำพืชหมักของหญ้าและระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส

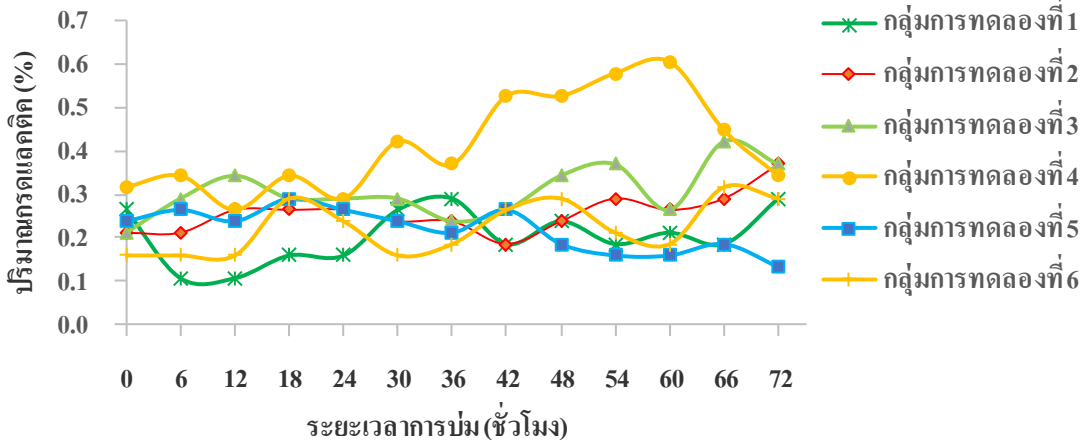
4.1.2 ปริมาณกรดแลคติคทั้งหมด (Total lactic acid)

จากการศึกษาพบว่าปริมาณกรดแลคติคของน้ำพืชหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นชั่วโมงที่ 18 และ 66 โดยน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคสมีปริมาณกรดแลคติคสูงกว่าน้ำพืชหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ตั้งแต่เริ่มการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 14 และตารางที่ 14) ซึ่งเฉลา และคณะ (2553) รายงานว่าหญ้าเนเปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนีมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน (36.5, 50.8 และ 44.7% ตามลำดับ) นอกจากนี้ Bureenok et al. (2005b: 807 - 811) รายงานว่าเมื่อเติมน้ำตาลลงในน้ำพืชหมักจะทำให้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักสามารถผลิตกรดแลคติคได้มากขึ้น และส่งผลให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้คงเหลือในระบบการหมักสูงขึ้น นอกจากนี้ Fraser et al. (2001: 151 – 161) กล่าวว่าในพืชที่ต่าง

ชนิดกันจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันด้วย เช่น วัตถุแห้ง โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ อาจทำให้มีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติคที่แตกต่างกัน รวมไปถึงการที่แบคทีเรียกรดแลคติคสามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งอาหารได้แตกต่างกันจึงส่งผลให้ผลผลิตของกรดแลคติคแตกต่างกันด้วย

นอกจากนี้ฉันทนา (2549) รายงานว่าแบคทีเรียกรดแลคติคสามารถใช้กากน้ำตาลเป็นอาหารสำหรับการเจริญเติบโตและสามารถเปลี่ยนกากน้ำตาลไปเป็นกรดแลคติคได้ง่าย เนื่องจากกากน้ำตาลสามารถสลายตัวในระหว่างเกิดกระบวนการหมักทำให้จุลินทรีย์สามารถนำกากน้ำตาลไปใช้ประโยชน์ในการผลิตกรดแลคติคได้ (Muck, 1996: 46 – 47; ทิพย์วรรณ, 2531)

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยของปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติค ทั้ง 2 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน ยกเว้นชั่วโมงที่ 18 และ 66 โดยเมื่อพิจารณาชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า พบว่าน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่มีแนวโน้มของปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติคสูงกว่าน้ำพืชหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 (ตารางที่ 15) และเมื่อพิจารณาที่ระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส พบว่าน้ำพืชหมักกลุ่มที่เติมน้ำตาลกลูโคสมีปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติคสูงกว่าน้ำพืชหมักกลุ่มที่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส



ภาพที่ 14: กราฟแนวโน้มของปริมาณกรดแลคติคทั้งหมด

หมายเหตุ: กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 4 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 5 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 6 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีเติมน้ำตาลกลูโคส

ตารางที่ 14 ปริมาณกรดแลคติคทั้งหมด (Total lactic acid content; %TA) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (%)

ชั่วโมง	กลุ่มการทดลอง						SEM	A x B
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
0	0.26^{ab}	0.22^{bc}	0.21^{bc}	0.32^{a}	0.24^{b}	0.16^{c}	0.01	0.01
6	0.11^{e}	0.21^{cd}	0.29^{ab}	0.34^{a}	0.26^{bc}	0.16^{de}	0.01	0.01
12	0.11^{c}	0.26^{b}	0.34^{a}	0.26^{b}	0.24^{b}	0.16^{c}	0.01	0.01
18	0.16^{b}	0.26^{a}	0.30^{a}	0.34^{a}	0.29^{a}	0.29^{a}	0.01	0.13
24	0.16^{b}	0.26^{a}	0.29^{a}	0.29^{a}	0.26^{a}	0.24^{a}	0.01	0.02
30	0.26^{b}	0.24^{b}	0.29^{b}	0.42^{a}	0.24^{b}	0.16^{c}	0.01	0.01
36	0.29^{b}	0.24^{bc}	0.24^{bc}	0.37^{a}	0.21^{c}	0.18^{c}	0.01	0.01
42	0.18^{b}	0.18^{b}	0.26^{b}	0.53^{a}	0.26^{b}	0.26^{b}	0.01	0.01
48	0.24^{cd}	0.24^{cd}	0.34^{b}	0.53^{a}	0.18^{d}	0.29^{bc}	0.01	0.01
54	0.18^{d}	0.29^{c}	0.37^{b}	0.58^{a}	0.16^{d}	0.21^{d}	0.01	0.02
60	0.21^{bc}	0.26^{b}	0.26^{b}	0.61^{a}	0.16^{c}	0.18^{bc}	0.01	<0.01
66	0.18^{c}	0.29^{b}	0.42^{a}	0.44^{a}	0.18^{c}	0.32^{b}	0.01	0.12
72	0.29^{a}	0.37^{a}	0.37^{a}	0.34^{a}	0.13^{b}	0.29^{a}	0.01	0.01

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), A x B = ปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยระหว่างชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส, T1 = น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T2 = น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์เติมน้ำตาลกลูโคส, T3 = น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T4 = น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคส, T5 = น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T6 = น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีเติมน้ำตาลกลูโคส

ตารางที่ 15 ปริมาณของกรดแลคติคของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (%)

ชั่วโมง	ชนิดหญ้า			ระดับน้ำตาลกลูโคส		SEM	P- value		
	เนเปียร์	รูซี่	กินนี	0%	2%		A	B	AxB
0	0.24^{ab}	0.26^{a}	0.20^{b}	0.24	0.23	0.02	0.01	0.57	0.01
6	0.16^{c}	0.32^{a}	0.21^{b}	0.22	0.24	0.02	<0.01	0.39	0.01
12	0.18^{b}	0.30^{a}	0.20^{a}	0.23	0.23	0.01	0.01	1.00	0.01
18	0.21^{b}	0.32^{a}	0.29^{a}	0.25^{b}	0.30^{a}	0.01	0.01	0.02	0.13
24	0.21^{b}	0.29^{a}	0.25^{ab}	0.24	0.26	0.01	0.01	0.16	0.02
30	0.25^{b}	0.36^{a}	0.20^{c}	0.26	0.27	0.01	<0.01	0.57	0.01
36	0.26^{a}	0.30^{a}	0.20^{b}	0.25	0.26	0.01	0.01	0.33	0.01
42	0.18^{c}	0.40^{a}	0.26^{b}	0.24^{b}	0.33^{a}	0.01	<0.01	0.01	0.01
48	0.24^{b}	0.43^{a}	0.24^{b}	0.25^{b}	0.35^{a}	0.01	<0.01	0.01	0.01
54	0.24^{b}	0.47^{a}	0.18^{c}	0.24^{b}	0.36^{a}	0.01	<0.01	<0.01	0.02
60	0.24^{b}	0.43^{a}	0.17^{c}	0.21^{b}	0.35^{a}	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
66	0.24^{b}	0.43^{a}	0.25^{b}	0.26^{b}	0.35^{a}	0.01	<0.01	0.01	0.12
72	0.33^{a}	0.36^{a}	0.21^{b}	0.26^{b}	0.33^{a}	0.01	0.01	0.01	0.01

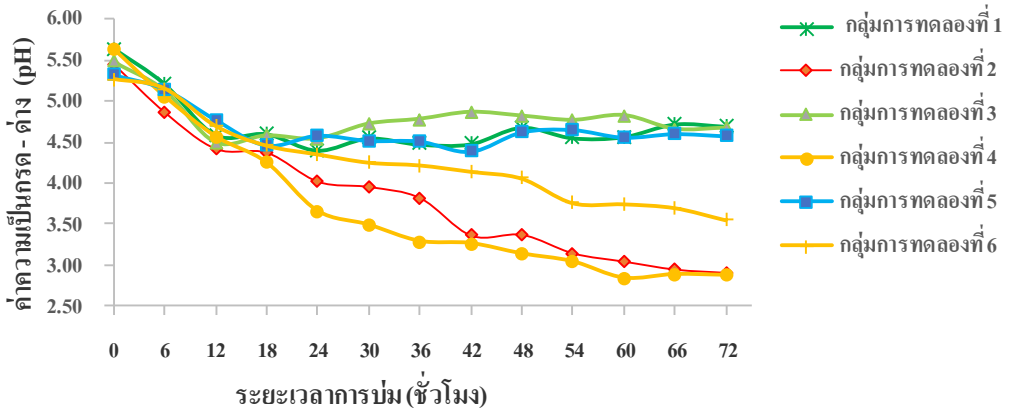
หมายเหตุ ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), A = ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า, B = ระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส, A x B = ปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยระหว่างชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส

4.1.3 ความเป็นกรด – ด่าง (pH)

จากการศึกษาพบว่า ค่า pH ของน้ำพืชหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) ซึ่งค่า pH ของทุกกลุ่มการทดลองอยู่ในช่วง 2.87 – 5.65 มีค่า pH ใกล้เคียงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติค ซึ่งควรมีค่า pH อยู่ในช่วง 6 - 6.5 นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มของค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 24 ชั่วโมงแรกหลังการบ่ม ซึ่งน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคสมีค่า pH ที่ต่ำกว่าน้ำ

พืชหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 15 และตารางที่ 16) จากการศึกษาของ Nishino and Uchida (1999: 1285 - 1288) รายงานว่าจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติคที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณของกรดแลคติคที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือหากมีจุลินทรีย์แบคทีเรียกรดแลคติคจำนวนมากจะสามารถผลิตกรดแลคติคได้มากตามไปด้วย ส่งผลทำให้ค่า pH มีค่าลดลง (อานัฐ, 2549: 300) นอกจากนี้การเติมเชื้อตั้งต้นอาจช่วยในการควบคุมการเกิดของจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการหมักให้ผลิตกรดแลคติคในปริมาณมาก และส่งผลให้ pH ของระบบมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว (Weinberg and Muck, 1996: 53 - 68)

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยของค่า pH ได้แก่ ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน โดยเมื่อพิจารณาชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า พบว่าน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่มีแนวโน้มของค่า pH ต่ำกว่าน้ำพืชหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ และเมื่อพิจารณาที่ระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส พบว่าน้ำพืชหมักกลุ่มที่เติมน้ำตาลกลูโคสมีค่า pH ต่ำกว่าน้ำพืชหมักกลุ่มที่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส



ภาพที่ 15: กราฟแนวโน้มของค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)

หมายเหตุ: กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 4 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 5 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 6 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีเติมน้ำตาลกลูโคส

ตารางที่ 16 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง

ชั่วโมง	กลุ่มการทดลอง						SEM	A x B
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
0	5.65^{a}	5.45^{bc}	5.49^{b}	5.64^{a}	5.33^{cd}	5.27^{d}	0.02	0.01
6	5.22^{a}	4.86^{b}	5.14^{a}	5.06^{a}	5.16^{a}	5.15^{a}	0.02	0.01
12	4.60^{b}	4.42^{d}	4.49^{cd}	4.57^{bc}	4.78^{a}	4.70^{a}	0.01	0.01
18	4.61^{a}	4.37^{bc}	4.58^{a}	4.25^{c}	4.47^{ab}	4.46^{ab}	0.02	0.03
24	4.41^{b}	4.02^{c}	4.54^{a}	3.66^{d}	4.59^{a}	4.35^{b}	0.01	<0.01
30	4.55^{b}	3.95^{d}	4.72^{a}	3.49^{e}	4.52^{b}	4.25^{c}	0.01	<0.01
36	4.48^{b}	3.82^{d}	4.78^{a}	3.29^{e}	4.52^{b}	4.22^{c}	0.01	<0.01
42	4.48^{b}	3.36^{d}	4.87^{a}	3.26^{d}	4.39^{b}	4.14^{c}	0.02	<0.01
48	4.68^{ab}	3.37^{d}	4.82^{a}	3.13^{e}	4.62^{b}	4.06^{c}	0.01	<0.01
54	4.55^{c}	3.14^{e}	4.77^{a}	3.04^{f}	4.66^{b}	3.76^{e}	0.01	<0.01
60	4.57^{b}	3.04^{d}	4.83^{a}	2.84^{e}	4.56^{b}	3.75^{c}	0.02	<0.01
66	4.72^{a}	2.95^{c}	4.66^{a}	2.66^{d}	4.61^{a}	3.70^{b}	0.03	<0.01
72	4.70^{a}	2.91^{c}	4.67^{a}	2.87^{c}	4.58^{a}	3.56^{b}	0.03	<0.01

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), A x B = ปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยระหว่างชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส, T1 = น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T2 = น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์เติมน้ำตาลกลูโคส, T3 = น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T4 = น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคส, T5 = น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T6 = น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีเติมน้ำตาลกลูโคส

ตารางที่ 17 ค่าความเป็นกรด – ด่าง ของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ปัจจัย

ชั่วโมง	ชนิดหญ้า			ระดับน้ำตาลกลูโคส		SEM	P - value		
	เนเปียร์	รูซี่	กินนี	0%	2%		A	B	A x B
0	5.55[a]	5.57[a]	5.30[b]	5.49	5.45	0.02	<0.01	0.32	0.01
6	5.04	5.10	5.16	5.17[a]	5.03[b]	0.02	0.84	0.01	0.01
12	4.51[b]	4.53[b]	4.74[a]	4.62[a]	4.56[b]	0.01	<0.01	0.02	0.01
18	4.49	4.41	4.46	4.55[a]	4.36[b]	0.02	0.40	0.01	0.03
24	4.21[b]	4.10[c]	4.47[a]	4.51[a]	4.01[b]	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
30	4.25[b]	4.11[c]	4.39[a]	4.60[a]	3.90[b]	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
36	4.15[b]	4.04[c]	4.37[a]	4.59[a]	3.77[b]	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
42	3.92[c]	4.07[b]	4.27[a]	4.58[a]	3.59[b]	0.02	0.01	<0.01	<0.01
48	4.03[b]	3.98[b]	4.34[a]	4.71[a]	3.52[b]	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
54	3.85[b]	3.90[b]	4.21[a]	4.66[a]	3.31[b]	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
60	3.81[b]	3.83[b]	4.16[a]	4.65[a]	3.21[b]	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
66	3.84[b]	3.66[c]	4.16[a]	4.66[a]	3.10[b]	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
72	3.80[b]	3.77[b]	4.07[a]	4.65[a]	3.11[b]	0.03	0.01	<0.01	<0.01

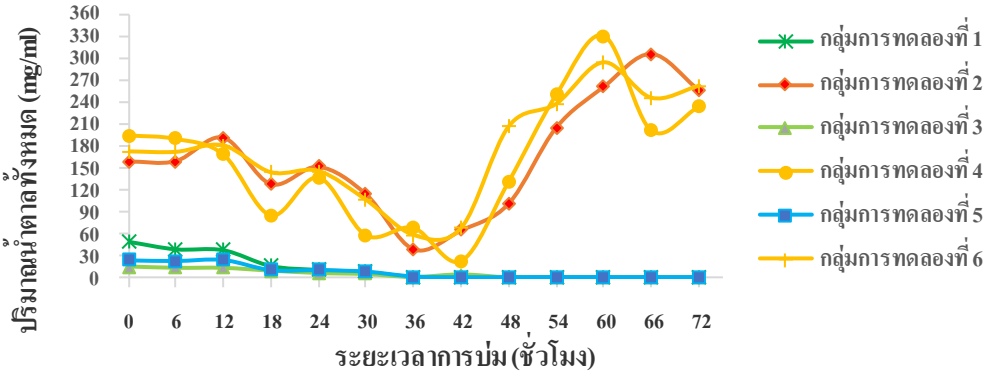
หมายเหตุ [a,b,c] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), A = ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า, B = ระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส, A x B = ปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยระหว่างชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส

4.1.4 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar content)

จากการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำพืชหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วใน 18 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกลุ่มที่ไม่ได้เติมน้ำตาลจะเริ่มคงที่ ส่วนน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ที่เติมน้ำตาลกลูโคสมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าน้ำพืชหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 68.04 mg/ml ที่บ่มชั่วโมงที่ 36 (ภาพที่ 16 และตารางที่ 18) หลังการหมักปริมาณน้ำตาลของน้ำหมักจะลดลงอย่างรวดเร็วใน

ระยะแรกของการหมัก เนื่องจากน้ำตาลเป็นแหล่งอาหารและพลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ (อภิญญา, 2556) แต่อย่างไรก็ตามกลุ่มการทดลองที่เติมน้ำตาลกลูโคสมีปริมาณของน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นหลังจากชั่วโมงที่ 42 ซึ่งอาจเกิดจากแบคทีเรียบางกลุ่มที่สามารถย่อยโพลีแซคคาไรด์ในน้ำพืชหมักให้กลายเป็นน้ำตาล ส่งผลให้มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น (กรมปศุสัตว์, 2547: 1 – 23)

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ได้แก่ ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้าและระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน ยกเว้นชั่วโมงที่ 12, 24, 60 และ 72 โดยเมื่อพิจารณาชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า พบว่าน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่มีแนวโน้มปริมาณของน้ำตาลต่ำกว่าน้ำพืชหมักกลุ่มการทดลองอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติค กล่าวคือ แบคทีเรียกรดแลคติคอาจใช้น้ำตาลในการเจริญเติบโต นอกจากนี้น้ำพืชหมักกลุ่มเติมน้ำตาลกลูโคสพบว่ามีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เติมน้ำตาลกลูโคส (ตารางที่ 19)



ภาพที่ 16: กราฟแนวโน้มของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

หมายเหตุ: กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 4 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 5 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 6 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีเติมน้ำตาลกลูโคส

ตารางที่ 18 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar content) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (mg/ml)

ชั่วโมง	กลุ่มการทดลอง						SEM	A x B
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
0	49.15^{c}	158.87^{b}	15.39^{d}	194.41^{a}	23.69^{d}	172.60^{b}	1.87	<0.01
6	38.77^{d}	159.27^{c}	13.57^{e}	189.64^{a}	22.82^{e}	171.96^{b}	1.28	<0.01
12	37.56^{c}	119.34^{a}	13.51^{d}	168.40^{b}	24.25^{d}	180.84^{a}	1.48	0.93
18	15.92^{c}	127.88^{a}	9.68^{c}	85.11^{b}	10.30^{c}	114.05^{a}	2.34	0.01
24	10.62^{b}	151.50^{a}	6.46^{b}	136.93^{a}	10.32^{b}	145.87^{a}	2.20	0.64
30	7.73^{c}	114.08^{a}	5.00^{c}	57.87^{b}	8.30^{c}	106.47^{a}	1.07	<0.01
36	0.97^{d}	38.77^{c}	1.08^{d}	68.04^{a}	1.66^{d}	58.49^{b}	0.88	<0.01
42	0.85^{c}	64.51^{a}	4.52^{c}	22.75^{b}	0.74^{c}	67.89^{a}	0.97	<0.01
48	0.70^{d}	100.97^{c}	0.52^{d}	113.06^{b}	0.77^{d}	206.56^{a}	1.65	<0.01
60	0.68^{c}	260.72^{b}	0.41^{c}	330.66^{a}	0.83^{c}	294.32^{ab}	8.69	0.29
66	0.79^{d}	305.71^{a}	0.46^{d}	201.11^{c}	0.82^{d}	245.94^{b}	3.19	<0.01
72	0.66^{b}	256.24^{a}	0.52^{b}	233.62^{a}	0.84^{b}	262.09^{a}	4.40	0.41

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), A x B = ปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยระหว่างชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส, T1 = น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T2 = น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์เติมน้ำตาลกลูโคส, T3 = น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T4 = น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคส, T5 = น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T6 = น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีเติมน้ำตาลกลูโคส

ตารางที่ 19 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (mg/ml)

ชั่วโมง	ชนิดหญ้า			ระดับน้ำตาลกลูโคส		SEM	P - value		
	เนเปียร์	รูซี่	กินนี	ไม่เติม	เติม		A	B	A x B
0	104.01	104.90	98.14	29.41^{b}	175.29^{a}	1.87	0.31	<0.01	<0.01
6	99.02	101.61	97.39	25.05^{b}	173.62^{a}	1.28	0.43	<0.01	<0.01
12	114.45^{a}	90.96^{c}	102.55^{b}	25.11^{b}	180.19^{a}	1.48	0.01	<0.01	0.93
18	71.90^{a}	47.40^{b}	77.17^{a}	11.97^{b}	119.01^{a}	2.34	0.01	<0.01	0.01
24	81.06	77.70	78.10	9.14^{b}	144.77^{a}	2.20	0.25	<0.01	0.64
30	60.90^{a}	31.44^{b}	57.39^{a}	7.01^{b}	92.81^{a}	1.07	<0.01	<0.01	<0.01
36	19.87^{b}	34.56^{a}	30.08^{a}	1.24^{b}	55.10^{a}	0.88	<0.01	<0.01	<0.01
42	32.68^{a}	13.64^{b}	34.32^{a}	2.04^{b}	51.72^{a}	0.97	<0.01	<0.01	<0.01
48	103.67^{a}	65.79^{b}	50.83^{c}	0.67^{b}	146.20^{a}	1.65	<0.01	<0.01	<0.01
54	102.78^{b}	125.09^{a}	119.21^{a}	0.69^{b}	230.69^{a}	1.72	0.01	<0.01	0.01
60	130.70	165.54	147.58	0.64^{b}	295.23^{a}	8.69	0.30	<0.01	0.29
66	153.25^{a}	100.79^{c}	123.38^{b}	0.69^{b}	250.92^{a}	3.19	<0.01	<0.01	<0.01
72	128.45	117.07	131.47	0.67^{b}	250.65^{a}	4.40	0.40	<0.01	0.41

หมายเหตุ ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), A = ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า, B = ระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส, A x B = ปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยระหว่างชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส

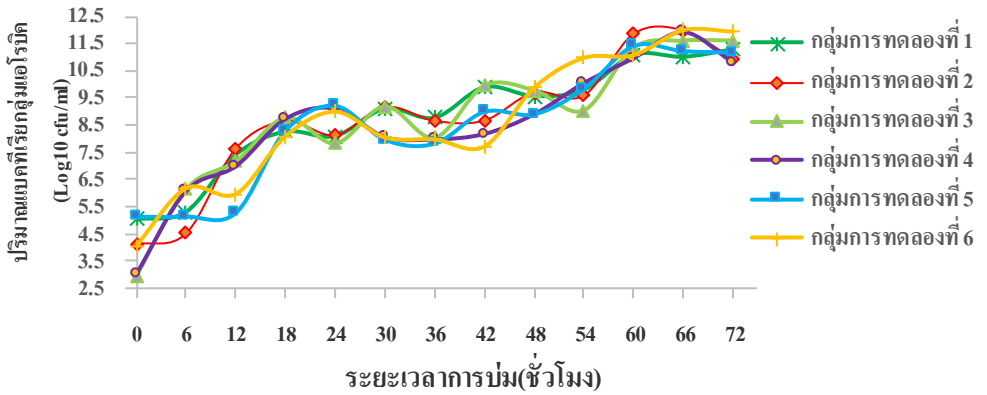
4.1.5 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค (Aerobic bacteria count)

จากการศึกษาพบว่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคของน้ำพืชหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยน้ำพืชหมักในทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆในช่วง 24 ชั่วโมงแรก แต่จะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาการหมักชั่วโมงที่ 30 – 42 มีแนวโน้มของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคลดลง นอกจากนี้น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่และหญ้ากินนีมีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค (8.03, 7.92, 7.82

และ7.97 Log10 cfu/ml ตามลำดับ) ต่ำกว่าน้ำหมักจากหญ้าเนเปียร์ (8.77 และ 8.65 Log10 cfu/ml) ที่ระยะเวลาการบ่มชั่วโมงที่ 36 (ภาพที่ 17 และตารางที่ 20) ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคมีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติสามารถติดมากับพืชได้ จากการศึกษา McDonald et al. (1991) รายงานว่าแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคสามารถใช้อากาศที่มีในกระบวนการหมักและใช้น้ำตาลในการเจริญเติบโตได้ นอกจากนี้การที่ค่า pH ลดต่ำลงยังมีผลทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการมีจำนวนลดลง

นอกจากนี้ Frank et al. (2000) พบว่าเมื่อใช้แบคทีเรียกรดแลคติคต่างชนิดกัน แต่ใช้ในปริมาณที่เท่ากันในการหมักหญ้าชนิดเดียวกันจะให้ผลที่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่ต่างกัน ชนิดของพืช รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ต่างกัน จึงอาจทำมีผลทำให้ค่า pH ลดลง ส่งผลให้แบคทีเรียชนิดอื่นชะงักการเจริญเติบโต

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยของปริมาณของแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค ได้แก่ ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน ยกเว้นชั่วโมงที่ 72 โดยเมื่อพิจารณาระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส พบว่ามีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคสูงกว่าน้ำพืชหมักกลุ่มที่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส ดังแสดงในตารางที่ 21



ภาพที่ 17 กราฟแนวโน้มของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค

หมายเหตุ: กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 4 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 5 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 6 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีเติมน้ำตาลกลูโคส

ตารางที่ 20 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค (Aerobic bacteria content) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (Log10 cfu/ml)

ชั่วโมง	กลุ่มการทดลอง						SEM	A x B
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
0	5.03^{a}	4.11^{b}	2.95^{c}	3.02^{c}	5.12^{a}	4.06^{b}	0.01	<0.01
6	5.31^{b}	4.51^{d}	6.14^{a}	6.07^{a}	5.13^{c}	6.17^{a}	0.02	<0.01
12	7.41^{b}	7.64^{a}	7.17^{c}	6.98^{d}	5.96^{e}	5.26^{f}	0.02	<0.01
18	8.26^{b}	8.65^{a}	8.78^{a}	8.73^{a}	8.29^{b}	8.09^{c}	0.01	0.01
24	8.09^{c}	8.13^{c}	7.83^{d}	9.11^{ab}	9.21^{a}	8.99^{b}	0.02	<0.01
30	9.11^{a}	9.17^{a}	9.19^{a}	8.06^{b}	7.96^{b}	8.04^{b}	0.02	<0.01
36	8.77^{a}	8.65^{a}	8.03^{b}	7.92^{bc}	7.82^{c}	7.97^{bc}	0.02	0.07
42	9.90^{a}	8.67^{c}	9.95^{a}	8.17^{d}	8.99^{b}	7.71^{e}	0.02	0.01
48	9.57^{b}	9.71^{ab}	9.78^{a}	8.90^{c}	8.90^{c}	9.88^{a}	0.02	<0.01
54	9.81^{bc}	9.59^{c}	9.04^{d}	10.05^{b}	9.83^{bc}	10.97^{a}	0.03	<0.01
60	11.09^{c}	11.86^{a}	11.35^{b}	10.96^{c}	11.41^{b}	11.08^{c}	0.02	<0.01
66	11.02^{c}	11.99^{a}	11.62^{b}	11.93^{a}	11.22^{c}	11.99^{a}	0.03	0.01
72	11.29^{abc}	10.94^{bc}	11.62^{a}	10.80^{c}	11.17^{abc}	11.44^{ab}	0.06	0.05

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), A x B = ปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยระหว่างชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส, T1 = น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T2 = น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์เติมน้ำตาลกลูโคส, T3 = น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T4 = น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคส, T5 = น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T6 = น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีเติมน้ำตาลกลูโคส

ตารางที่ 21 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (Log10 cfu/ml)

ชั่วโมง	ชนิดหญ้า			ระดับน้ำตาลกลูโคส		SEM	P- value		
	เนเปียร์	รูซี่	กินนี	0%	2%		A	B	A x B
0	4.57[a]	2.99[b]	4.60[a]	4.37[a]	3.73[b]	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
6	4.91[c]	6.11[a]	5.65[b]	5.23	5.58	0.02	<0.01	0.20	<0.01
12	7.53[a]	7.08[b]	5.61[c]	6.62[b]	6.86[a]	0.02	<0.01	0.01	<0.01
18	8.45[b]	8.75[a]	8.19[c]	8.44	8.49	0.01	<0.01	0.16	0.01
24	8.11[c]	8.47[b]	9.10[a]	8.38[b]	8.74[a]	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
30	9.14[a]	8.62[b]	8.00[c]	8.75[a]	8.42[b]	0.02	<0.01	0.01	<0.01
36	8.71[a]	8.00[b]	7.90[b]	8.21	8.20	0.02	<0.01	0.84	0.07
42	9.28[a]	9.06[b]	8.35[c]	9.61[a]	8.18[b]	0.02	<0.01	<0.01	0.01
48	9.64[a]	9.39[b]	9.34[b]	9.42	9.50	0.02	0.01	0.10	<0.01
54	9.70[b]	9.55[b]	10.40[a]	9.56[b]	10.20[a]	0.03	0.01	<0.01	<.01
60	11.47[a]	11.16[b]	11.24[b]	11.28	11.30	0.02	0.01	0.67	<0.01
66	11.50[b]	11.77[a]	11.61[ab]	11.29[b]	11.97[a]	0.03	0.03	<0.01	0.01
72	11.12	11.21	11.31	11.36	11.06	0.06	0.56	0.07	0.05

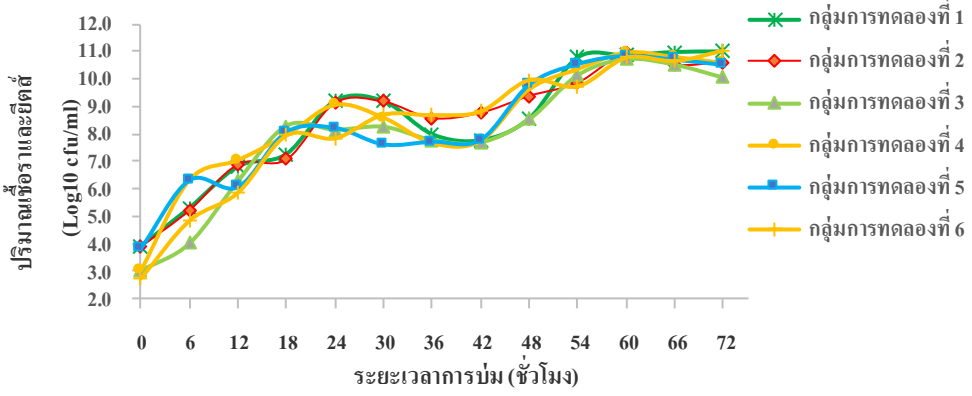
หมายเหตุ [a,b,c] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), A = ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า, B = ระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส, A x B = ปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยระหว่างชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส

4.1.6 ปริมาณเชื้อราและยีสต์ (Fungi and yeast count)

จากการศึกษาพบว่าปริมาณเชื้อราและยีสต์ของน้ำพืชหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยน้ำพืชหมักในทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มของปริมาณเชื้อราและยีสต์เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ อาจเนื่องจากปริมาณกรดแลคติค และปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้สูงอาจทำให้เชื้อราและยีสต์สามารถใช้องค์ประกอบเหล่านี้ที่มีในน้ำพืชหมักในการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวน หลังจากนั้นจะเริ่มคงที่ในชั่วโมงที่ 48 นอกจากนี้จะ

เห็นได้ว่าน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคสมีปริมาณของเชื้อราและยีสต์ (7.67 Log10 cfu/ml) ต่ำกว่าน้ำพืชหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ที่ระยะเวลาการบ่มชั่วโมงที่ 36 (ภาพที่ 18 และตารางที่ 22) นอกจากนี้พบว่าปริมาณกรดแลคติค และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้สูงอาจกระตุ้นให้เชื้อราและยีสต์เจริญเติบโตหลังมีอากาศเข้าสู่กระบวนการหมัก และสามารถใช้สารเหล่านั้นเป็นอาหารในการเจริญเติบโตได้ (Bureenok et al., 2011) และนอกจากนี้ Klaenhammer (1998: 337 - 349) กล่าวว่าแบคทีเรียกรดแลคติคมีบทบาทที่สำคัญในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อชนิดอื่นๆ โดยที่คุณสมบัติของการต้านเชื้อจุลินทรีย์จะแตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งสอดคล้องกับนิรันดร (2549) รายงานว่าแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคทำให้ความเป็น pH ต่ำลงและช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้พืชหมักเกิดความเสียหาย (เน่าเสีย)

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยของปริมาณเชื้อราและยีสต์ ได้แก่ ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้าและระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน ยกเว้นชั่วโมงที่ 60 และ 66 โดยพบว่าน้ำพืชหมักกลุ่มที่เติมน้ำตาลกลูโคสมีปริมาณของเชื้อราและยีสต์สูงกว่าน้ำพืชหมักกลุ่มที่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส (ตารางที่ 23)



ภาพที่ 18 กราฟแนวโน้มของปริมาณเชื้อราและยีสต์

หมายเหตุ: กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 4 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 5 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, กลุ่มการทดลองที่ 6 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีเติมน้ำตาลกลูโคส

ตารางที่ 22 ปริมาณเชื้อราและยีสต์ (Mold and yeast content) ของน้ำพืชหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (Log10 cfu/ml)

ชั่วโมง	กลุ่มการทดลอง						SEM	A x B
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
0	3.92^{a}	3.89^{ab}	3.01^{c}	3.02^{c}	3.82^{b}	2.72^{d}	0.01	<0.01
6	5.31^{b}	5.21^{b}	4.00^{d}	6.32^{a}	6.31^{a}	4.83^{c}	0.03	<0.01
12	6.82^{b}	6.89^{ab}	6.28^{c}	7.05^{a}	6.06^{d}	5.85^{d}	0.03	<0.01
18	7.27^{d}	7.07^{e}	8.30^{a}	7.95^{c}	8.07^{b}	7.94^{c}	0.01	0.03
24	9.21^{a}	9.13^{ab}	8.15^{c}	9.06^{b}	8.22^{c}	7.84^{d}	0.01	<0.01
30	9.19^{a}	9.18^{a}	8.26^{c}	8.59^{b}	7.62^{d}	8.70^{b}	0.01	<0.01
36	7.99^{b}	8.58^{a}	7.78^{c}	7.67^{c}	7.72^{c}	8.68^{a}	0.02	<0.01
42	7.77^{b}	8.77^{a}	7.69^{b}	7.74^{b}	7.78^{b}	8.82^{a}	0.02	<0.01
48	8.56^{d}	9.39^{c}	8.53^{d}	9.62^{b}	9.79^{ab}	9.96^{a}	0.03	<0.01
54	10.79^{a}	9.87^{e}	10.14^{d}	10.36^{c}	10.55^{b}	9.73^{f}	0.02	<0.01
60	10.87	10.94	10.73	10.97	10.85	10.78	0.03	0.13
66	10.99	10.52	10.52	10.81	10.71	10.66	0.03	0.01
72	11.01^{a}	10.62^{b}	10.05^{c}	10.59^{b}	10.52^{b}	11.03^{a}	0.03	<0.01

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), A x B = ปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยระหว่างชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส, T1 = น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T2 = น้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์เติมน้ำตาลกลูโคส, T3 = น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T4 = น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่เติมน้ำตาลกลูโคส, T5 = น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีไม่เติมน้ำตาลกลูโคส, T6 = น้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีเติมน้ำตาลกลูโคส

ตารางที่ 23 ปริมาณเชื้อราและยีสต์ของน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (Log10 cfu/ml)

ชั่วโมง	ชนิดหญ้า			ระดับน้ำตาลกลูโคส		SEM	P- value		
	เนเปียร์	รูซี่	กินนี	0%	2%		A	B	A x B
0	3.91[a]	3.02[c]	3.27[b]	3.58[a]	3.21[b]	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
6	5.26[b]	5.16[b]	5.57[a]	5.21[b]	5.46[a]	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
12	6.85[a]	6.67b	5.96[c]	6.39[b]	6.60[a]	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
18	7.17[c]	8.00[b]	8.12[a]	7.88[a]	7.65[b]	0.01	<0.01	<0.01	0.03
24	9.17[a]	8.61[b]	8.03[c]	8.53[b]	8.68[a]	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
30	9.19[a]	8.43[b]	8.16[c]	8.36[b]	8.82[a]	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
36	8.28[a]	7.72[b]	8.20[a]	7.83[b]	8.31[a]	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
42	8.27[a]	7.71[b]	8.30[a]	7.75[b]	8.45[a]	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
48	8.98[b]	9.08[b]	9.88[a]	8.96[b]	9.66[a]	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
54	10.33[a]	10.25[a]	10.14[b]	10.49[a]	9.99[b]	0.02	0.01	<0.01	<0.01
60	10.90	10.85	10.81	10.81	10.90	0.03	0.43	0.17	0.13
66	10.76	10.68	10.67	10.74	10.66	0.03	0.46	0.24	0.01
72	10.81[a]	10.31[b]	10.78[a]	10.53[b]	10.75[a]	0.03	<0.01	<0.01	<0.01

หมายเหตุ [a,b,c] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), A = ชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า, B = ระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส, A x B = ปัจจัยร่วม 2 ปัจจัยระหว่างชนิดน้ำพืชหมักของหญ้า และระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส

4.2 การทดลองที่ 2 ผลของการปรับปรุงเปลือกลูกตาลหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักจากหญ้า (หญ้าเนเปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี)

4.2.1 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกลูกตาลหมัก

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของพืชหมักตามวิธีของกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2547: 1 - 23) พบว่าลักษณะทางกายภาพของเปลือกลูกตาลหมักทุกกลุ่มการทดลองที่หมักเป็นระยะเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน มีค่าเฉลี่ย 14 – 23 คะแนน ถือว่าอยู่ในระดับดี (ตารางที่ 24) และเปลือกตาลหมักทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเฉลี่ยของ pH อยู่ในช่วง 3.14 – 3.85 (ตารางที่ 25) ซึ่งสอดคล้องกับกรมปศุสัตว์ (2547: 1 - 23) รายงานว่าอาหารหมักที่มีคุณภาพดี พืชหมักควรมีสีเขียวแกมเหลือง มีกลิ่นหอมของกรดคล้ายผลไม้ดอง ลักษณะของเนื้อพืชหมักไม่เป็นเมือก และไม่เละ รวมถึงไม่มีเชื้อราขึ้น ไม่มีสิ่งอื่นปนอยู่ นอกจากนี้พืชหมักที่ดีควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.5 - 4.2 ซึ่งบางครั้งอาจเกิดจากเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคในธรรมชาติที่ติดมากับส่วนต่างๆ ของพืชสามารถทำให้ค่า pH ของพืชหมักลดลงได้ (สุนีย์ และคณะ, 2543: 31 - 43) นอกจากนี้เมธา (2553) กล่าวว่าค่า pH ของพืชหมักที่ดีควรมี pH อยู่ระหว่าง 3.8 - 4.2 มีปริมาณกรดแลคติค และกรดอะซิติค ประมาณ 2.3 และ 6.5 g/L ตามลำดับ และพบว่าการเติมน้ำพืชหมักมีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพของถั่วลูเซิน (Lucern) หมัก โดยพบว่า pH มีค่าลดลง ปริมาณกรดแลคติคเพิ่มขึ้น และสามารถลดปริมาณของ NH_3 - N (Nishino and Uchida, 1999: 1285 - 1288)

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยของเปลือกลูกตาลหมัก ได้แก่ ชนิดของน้ำพืชหมัก และระยะเวลาการหมัก พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน ยกเว้นเปลือกลูกตาลหมักที่ระยะ 0 วัน นอกจากนี้พบว่าเปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่หมักเป็นระยะเวลา 21 วัน มีค่า pH ต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.27 ส่วนการเติมระดับน้ำตาลกลูโคสมีค่า pH ต่ำโดยมีค่าเท่ากับ 3.31 (ตารางที่ 26) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของกรดแลคติคจากการทดลองที่ 1 คือ น้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ที่เติมน้ำตาลกลูโคสมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคสูงกว่าน้ำพืชหมักชนิดอื่น และจากการศึกษาของ วีระพล (2547) รายงานว่าการหมักหญ้าแพงโกล่าอายุ 45 วัน ร่วมกับกากน้ำตาล 8% ทำให้หญ้าหมักมีค่า pH เท่ากับ 4.2 และการเสริมเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคสามารถช่วยควบคุมกระบวนการหมักให้มีประสิทธิภาพได้ (Cai et al., 1999: 520 - 526)

ตารางที่ 24 คะแนนการประเมินลักษณะทางกายภาพของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง

ระยะเวลาการหมัก	ลักษณะทางกายภาพ	กลุ่มการทดลอง							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0 วัน	กลิ่น	8	8.8	8	7.2	8	8	8	5.6
	เนื้อพืชหมัก	3.6	2.4	2.4	2	3.2	3.2	3.2	2
	สี	1.8	2.8	2.8	2.8	2.6	2.8	1.2	3
	pH	4	4.4	4	4	3.6	4	3.6	4
	คะแนนรวมเฉลี่ย	17.4	18.4	17.2	16	17.4	18	16	14.6
7 วัน	กลิ่น	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	10.4	8.8	10.4
	เนื้อพืชหมัก	2.8	2.8	2.2	2.8	2.8	2.4	3.6	3.6
	สี	3	2.6	2.2	2	1.8	1.8	2.6	2.6
	pH	4.8	4.8	4.8	4.8	5.2	5.2	5.2	5.6
	คะแนนรวมเฉลี่ย	20.2	19.8	18.8	19.2	19.4	19.8	20.2	22.2
14 วัน	กลิ่น	5.6	8.8	8.8	9.6	7.2	6.4	7.2	8.8
	เนื้อพืชหมัก	2.2	2.2	2.2	3.2	2.8	2.6	2.6	3.2
	สี	3	3	3	3	3	3	3	3
	pH	4.8	4.8	5.2	6	4.8	4.4	5.2	6
	คะแนนรวมเฉลี่ย	15.6	18.8	19.2	21.8	17.8	16.4	18	21
21 วัน	กลิ่น	9.6	9.6	10.4	10.4	10.4	8.8	10.4	9.6
	เนื้อพืชหมัก	1.8	1.8	1.6	2.8	2.2	2.2	2.6	2.2
	สี	2.6	2.2	2.6	2.6	2.2	2.2	2.2	2.6
	pH	5.2	5.2	5.6	5.2	5.4	5.6	4.8	5.2
	คะแนนรวมเฉลี่ย	19.2	18.8	20.2	21	20.2	18.8	20	19.6

หมายเหตุ: คะแนนคุณภาพ 20 – 25 = ดีมาก, 15 – 19 = ดี, 6 -14 = ปานกลาง, 0 – 15 = ต่ำ, T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก (กลุ่มควบคุม), T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T4 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่, T5 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T6 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมพืชหมักจากหญ้ากินนี, T7 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T8 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล

ตารางที่ 25 ค่าความเป็นกรด- ด่าง (pH) ของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง

ระยะเวลาหมัก	กลุ่มการทดลอง								SEM	P - value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
0 วัน	3.85	3.76	3.74	3.57	3.47	3.38	3.51	3.60	0.190	0.10
7 วัน	3.34 [a]	3.24 [d]	3.31 [ab]	3.16 [e]	3.26 [cd]	3.29 [cb]	3.14 [e]	3.25 [d]	0.005	<0.01
14 วัน	3.24 [c]	3.38 [a]	3.29 [b]	3.16 [c]	3.16 [e]	3.29 [b]	3.20 [d]	3.16 [e]	0.002	<0.01
21 วัน	3.38 [b]	3.49 [a]	3.42 [b]	3.17 [d]	3.15 [d]	3.24 [c]	3.15 [d]	3.15 [d]	0.005	<0.01

หมายเหตุ [a,b,c,d,e] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), หมายเหตุ: คะแนนคุณภาพ 20 – 25 = ดีมาก, 15 – 19 = ดี, 6 -14 = ปานกลาง, 0 – 15 = ต่ำ, T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก (กลุ่มควบคุม), T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T4 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่, T5 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T6 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมพืชหมักจากหญ้ากินนี, T7 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T8 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 26 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย

ตัวชี้วัด	ควบคุม	ชนิดหญ้า			ระดับการเติมกลูโคส		ระยะเวลาการหมัก (วัน)				SEM	P - value		
		เนเปียร์	รูซี่	กินนี	0%	2%	0	7	14	21		ระดับน้ำตาล	ระยะเวลา	อิทธิพลร่วม
pH	3.37[a]	3.39[a]	3.27[c]	3.36[b]	3.37[a]	3.31[b]	3.61[a]	3.25[c]	3.24[c]	3.27[b]	0.003	<0.001	<0.001	0.0002

หมายเหตุ [a,b,c] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

4.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาลหมัก

จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นค่าพลังงานรวม เปลือกลูกตาลหมักทุกกลุ่มการทดลองมีค่าโปรตีนประมาณ 1.8 – 4.35% นอกจากนี้มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสประมาณ 1.26 – 7.69% และเซลลูโลสประมาณ 28.76 – 46.39% โดยเปลือกตาลหมักที่หมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีที่เติมน้ำตาลกลูโคสมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสต่ำ (1.26%) กว่าเปลือกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ที่หมักเป็นระยะเวลา 21 วัน (ตารางที่ 27 – 31) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้มีค่าโปรตีนใกล้เคียงกับ พรพรรณ และคณะ (2559: 13 - 18) รายงานว่าเปลือกลูกตาลสดประกอบด้วยโปรตีน 4.54% เยื่อใยรวม 30.10% และมีพลังงานรวม 4,025.36 kcal/g นอกจากนี้ Saenphoom et al. (2016: 32 - 37) รายงานว่าการหมักเปลือกลูกตาลร่วมกับเปลือกสับปะรดในอัตราส่วน 2 : 1, 1 : 1 และ 1 : 2 เป็นเวลา 21 วัน มีค่าโปรตีนเท่ากับ 3.07, 1.55 แ ล ะ 2.80% ตามลำดับ และมีเซลลูโลสเท่ากับ 33.08, 30.14 และ 22.89%

นอกจากนี้ Chanjula et al. (2010: 527) รายงานค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหมักที่แตกต่างกัน อาจขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น อายุของพืช ความหนาแน่นของพืช ส่วนของพืชที่นำมาใช้ในการหมัก และความถี่ในการเก็บเกี่ยวของพืชนั้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมที่พืชอาศัยอยู่ ฤดูกาล และสภาพอากาศ เป็นต้น นอกจากนี้ Haigh (1990: 263 - 271) กล่าวว่าการทำพืชหมักโดยที่ไม่ต้องใช้สารเสริมพืชที่นำมาหมักควรมีวัตถุแห้งประมาณ 26% และควรมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ประมาณ 3.7 กรัม/วัตถุแห้ง และยังพบว่าเปลือกลูกตาลหมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีที่เติมน้ำตาลกลูโคสทุกระยะเวลาการหมัก มีปริมาณของเฮมิเซลลูโลสต่ำกว่าเปลือกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.26 – 7.76% ซึ่งสอดคล้องกับ Niimi and Kawamura (1998: 413 – 417) กล่าวว่าในระหว่างกระบวนการหมักของพืชหมักอาจเกิดการสลายตัวของสารประกอบของผนังเซลล์จึงอาจส่งผลให้ปริมาณของเฮมิเซลลูโลสในพืชหมักลดลง และแบคทีเรียในธรรมชาติสามารถใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารสำหรับการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตเป็นกรดแลคติคซึ่งส่งผลให้ปริมาณเยื่อใยของพืชหมักลดลง (ฉันทนา, 2549)

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยขององค์ประกอบทางเคมีของพืช ได้แก่ ชนิดของน้ำพืชหมักและระยะเวลาการหมัก พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน ยกเว้นค่าพลังงานรวม นอกจากนี้พบว่าเปลือกลูกตาลหมักที่ 21 วันมีปริมาณโปรตีน และปริมาณเฮมิเซลลูโลสต่ำที่สุด (2.35 และ 3.24% ตามลำดับ) ส่วนเปลือกลูกตาลหมักกลุ่มควบคุม และเปลือกลูกตาลหมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 4.10 และ 4.02% ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลอง

ในครั้งนี้พบว่าเปลือกลูกตาลหมักทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณโปรตีนที่ค่อนข้างต่ำ และพบว่าเปลือกลูกตาลหมักกลุ่มควบคุมมีปริมาณเยื่อใยของ NDF และ ADF ต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 90.70 และ 84.51% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับฐิติมา และคณะ (2559) รายงานว่าการใช้สารเสริมยูเรียและกากน้ำตาล ในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังส่งผลทำให้มีค่าเยื่อใยของ NDF และ ADF ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่มีการใช้สารเสริม เมื่อผ่านกระบวนการหมักจะทำให้ปริมาณเยื่อใยของ NDF ลดลง (จารุณี และคณะ, 2551: 46 - 55) นอกจากนี้คุณค่าทางโภชนะของอาหารสัตว์จะมีค่าแปรปรวนตามชนิด ลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหมัก (ฉลอง, 2541)

ตารางที่ 27 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ระยะเวลาหมักที่ 0 วัน)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	กลุ่มการทดลอง								SEM	P - value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
ความชื้น	86.34^{b}	83.28^{d}	87.11^{a}	85.48^{c}	85.63^{c}	86.95^{a}	83.57^{d}	86.49^{b}	0.05	<0.01
วัตถุแห้ง	13.66^{c}	16.72^{a}	12.89^{d}	14.52^{b}	14.37^{b}	13.05^{d}	16.43^{a}	13.51^{c}	0.05	<0.01
	----------% DM----------									
อินทรียวัตถุ	96.26^{a}	95.98^{ab}	96.05^{ab}	96.29^{a}	96.14^{ab}	96.13^{ab}	95.76^{bc}	95.53^{c}	0.04	0.02
เถ้า	3.74^{c}	4.02^{bc}	3.95^{bc}	3.71^{c}	3.86^{bc}	3.87^{bc}	4.24^{ab}	4.47^{a}	0.05	0.02
โปรตีน	5.44^{a}	4.78^{b}	4.99^{b}	4.29^{cd}	4.05^{d}	4.19^{d}	5.49^{a}	4.64^{bc}	0.05	<0.01
ไขมัน	0.15^{cd}	0.14^{cd}	0.18^{d}	0.31^{e}	0.34^{c}	0.41^{b}	0.12^{e}	1.18^{a}	0.01	<0.01
NDS	8.65^{b}	6.68^{e}	7.30^{d}	8.10^{c}	7.87^{c}	9.45^{a}	7.76^{c}	6.32^{e}	0.05	<0.01
NDF	91.35^{d}	93.32^{a}	92.70^{b}	91.90^{c}	92.13^{c}	90.55^{e}	92.24^{c}	93.68^{a}	0.04	<0.01
ADF	83.25^{e}	85.54^{c}	83.51^{c}	84.75^{e}	86.33^{d}	84.29^{b}	87.75^{d}	85.65^{a}	0.05	<0.01
ADL	23.64^{c}	24.58^{b}	27.61^{a}	22.26^{e}	21.22^{f}	20.61^{g}	22.28^{e}	22.94^{d}	0.05	<0.01
เฮมิเซลลูโลส	8.10^{b}	7.78^{b}	9.19^{a}	7.15^{c}	5.80^{d}	6.26^{d}	4.49^{e}	8.03^{b}	0.06	<0.01
เซลลูโลส	59.61^{e}	60.96^{d}	55.90^{e}	62.49^{c}	65.11^{a}	63.68^{b}	65.47^{a}	62.71^{c}	0.08	<0.01
พลังงานรวม (cal/g)	3,749	3,656	3,661	3,668	3,679	3,663	3,648	3,677	3.56	0.78

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f,g,h} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), NDS = ส่วนที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent soluble) = 100 - %NDF, NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber), ADL = ลิกนิน (Lignin), เซลลูโลส (Cellulose) = %ADF - %ADL, เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) = %NDF - %ADF, T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก (กลุ่มควบคุม), T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T4 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่, T5 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T6 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมพืชหมักจากหญ้ากินนี, T7 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T8 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 28 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ระยะเวลาหมักที่ 7 วัน)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	กลุ่มการทดลอง								SEM	P - value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
ความชื้น	86.55^{a}	85.74^{b}	85.08^{c}	84.48^{d}	83.57^{e}	83.21^{e}	86.38^{a}	84.04^{d}	0.05	<0.01
วัตถุแห้ง	13.45^{e}	14.43^{d}	14.92^{c}	15.52^{b}	16.43^{a}	16.79^{a}	13.62^{e}	15.96^{b}	0.06	<0.01
	----------% DM----------									
อินทรียวัตถุ	95.33^{b}	95.40^{b}	95.70^{a}	95.43^{ab}	95.38^{b}	95.52^{ab}	95.55^{ab}	94.82^{c}	0.03	<0.01
เถ้า	4.67^{b}	4.60^{b}	4.30^{c}	4.57^{bc}	4.62^{b}	4.48^{bc}	4.45^{bc}	5.18^{a}	0.03	0.01
โปรตีน	4.93^{b}	3.72^{be}	4.03^{cde}	4.13^{cd}	4.43^{bc}	3.47^{de}	3.36^{e}	6.51^{a}	0.08	<0.01
ไขมัน	2.95^{b}	3.41^{a}	3.01^{b}	1.68^{c}	1.27^{e}	1.63^{c}	1.48^{d}	1.09^{f}	0.01	<0.01
NDS	8.96^{b}	8.60^{bc}	12.89^{a}	8.55^{bc}	5.61^{e}	7.44^{d}	8.37^{c}	8.87^{bc}	0.06	<0.01
NDF	91.04^{d}	91.40^{cd}	87.11^{e}	91.45^{cd}	94.39^{a}	92.56^{b}	91.63^{c}	91.13^{cd}	0.06	<0.01
ADF	85.21^{e}	86.36^{d}	81.13^{g}	84.83^{e}	90.18^{a}	87.22^{c}	88.25^{d}	84.27^{f}	0.06	<0.01
ADL	52.39^{a}	37.13^{e}	25.31^{g}	44.92^{c}	33.71^{f}	46.45^{b}	38.72^{d}	23.00^{h}	0.04	<0.01
เฮมิเซลลูโลส	5.83^{c}	5.04^{d}	5.98^{bc}	6.62^{ab}	4.21^{e}	5.34^{cd}	3.38^{f}	6.86^{a}	0.01	<0.01
เซลลูโลส	32.82^{g}	49.23^{d}	55.82^{c}	39.91^{f}	56.47^{b}	40.78^{f}	49.53^{d}	61.27^{a}	0.07	<0.01
พลังงานรวม (cal/g)	3,761	3,787	3,797	3,736	3,784	3,777	3,794	3,701	0.26	0.12

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f,g,h} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), NDS = ส่วนที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent soluble) = 100 - %NDF, NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber), ADL = ลิกนิน (Lignin), เซลลูโลส (Cellulose) = %ADF - %ADL, เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) = %NDF - %ADF, T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก (กลุ่มควบคุม), T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T4 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่, T5 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T6 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมพืชหมักจากหญ้ากินนี, T7 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T8 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 29 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ระยะเวลาหมักที่ 14 วัน)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	กลุ่มการทดลอง								SEM	P - value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
ความชื้น	85.41^{b}	84.47^{c}	86.37^{a}	86.45^{a}	85.07^{b}	86.51^{a}	85.03^{b}	85.50^{b}	0.07	<0.01
วัตถุแห้ง	14.59^{b}	15.53^{a}	13.63^{c}	13.55^{e}	14.93^{b}	13.49^{c}	14.97^{b}	14.50^{b}	0.07	<0.01
	----------% DM----------									
อินทรียวัตถุ	94.64^{e}	94.66^{e}	95.04^{cd}	95.72^{a}	95.32^{bc}	95.34^{bc}	95.41^{ab}	94.81^{de}	0.03	<0.01
เถ้า	4.47^{a}	4.60^{bc}	4.30^{ab}	4.57^{bc}	4.62^{bc}	4.48^{c}	4.45^{abc}	5.18^{c}	0.03	0.01
โปรตีน	2.85^{cd}	4.60^{b}	5.29^{a}	2.32^{d}	3.08^{c}	4.42^{b}	3.12^{c}	2.30^{d}	0.06	<0.01
ไขมัน	3.17^{a}	2.93^{b}	2.98^{b}	2.17^{c}	1.05^{ef}	1.22^{e}	1.02^{f}	1.46^{d}	0.02	<0.01
NDS	10.79^{a}	7.89^{d}	7.54^{d}	7.76^{d}	6.94^{e}	8.98^{b}	8.54^{c}	7.70^{d}	0.04	<0.01
NDF	89.21^{e}	92.11^{b}	92.46^{b}	92.24^{b}	93.06^{a}	91.02^{d}	91.46^{c}	92.30^{b}	0.04	<0.01
ADF	85.79^{d}	89.33^{a}	88.56^{b}	87.52^{c}	88.59^{b}	89.30^{a}	89.52^{a}	85.44^{d}	0.04	<0.01
ADL	49.71^{b}	35.00^{h}	40.94^{f}	58.08^{a}	43.83^{d}	45.77^{c}	42.94^{e}	37.10^{g}	0.04	<0.01
เฮมิเซลลูโลส	3.42^{d}	2.79^{e}	3.90^{c}	4.72^{b}	4.48^{b}	1.72^{f}	1.94^{f}	6.86^{a}	0.05	<0.01
เซลลูโลส	36.08^{g}	54.33^{a}	47.62^{c}	29.44^{h}	44.76^{e}	43.53^{f}	46.58^{d}	48.34^{b}	0.06	<0.01
พลังงานรวม (cal/g)	3,689	3,654	3,612	3,649	3,675	3,621	3,681	3,684	0.38	0.98

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f,g,h} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), NDS = ส่วนที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent soluble) = 100 - %NDF, NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber), ADL = ลิกนิน (Lignin), เซลลูโลส (Cellulose) = %ADF - %ADL, เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) = %NDF - %ADF, T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก (กลุ่มควบคุม), T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T4 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่, T5 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T6 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมพืชหมักจากหญ้ากินนี, T7 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T8 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 30 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ระยะเวลาหมักที่ 21 วัน)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	กลุ่มการทดลอง								SEM	P - value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
ความชื้น	84.57[b]	87.07[b]	86.07[a]	84.57[a]	84.40[b]	85.34[a]	85.49[b]	83.58[b]	0.06	<0.01
วัตถุแห้ง	15.43[b]	12.93[c]	13.93[d]	15.43[b]	15.61[b]	14.66[c]	14.51[c]	16.42[a]	0.08	<0.01
	----------% DM----------									
อินทรียวัตถุ	93.46[c]	93.89[ab]	93.63[bc]	93.99[ab]	93.96[ab]	94.11[a]	93.83[abc]	94.05[a]	0.04	<0.01
เถ้า	6.54[a]	6.11[a]	6.37[bc]	6.01[e]	6.04[cd]	5.89[cd]	6.17[de]	5.95[ab]	0.04	0.02
โปรตีน	1.86[d]	2.63[c]	2.14[d]	2.03[d]	2.46[c]	2.69[c]	3.11[b]	4.35[a]	0.04	<0.01
ไขมัน	2.80[a]	2.86[a]	2.28[b]	2.29[b]	1.64[c]	1.34[d]	1.02[e]	1.49[cd]	0.03	<0.01
NDS	16.56[a]	4.52[h]	5.54[g]	10.84[b]	8.85[c]	7.15[e]	7.99[d]	6.55[f]	0.04	<0.01
NDF	83.44[h]	95.48[a]	94.46[b]	89.16[g]	91.15[f]	92.85[d]	92.01[e]	93.45[c]	0.04	<0.01
ADF	80.71[g]	93.22[a]	92.71[b]	85.73[f]	87.24[e]	89.79[d]	90.75[c]	85.76[f]	0.05	<0.01
ADL	51.05[c]	47.81[d]	46.00[f]	56.94[a]	55.72[b]	46.55[e]	45.03[g]	39.36[h]	0.03	<0.01
เฮมิเซลลูโลส	2.73[d]	2.26[e]	1.75[f]	3.43[bc]	3.91[b]	3.01[cd]	1.26[g]	7.69[a]	0.05	<0.01
เซลลูโลส	29.66[e]	45.41[b]	46.71[a]	28.76[f]	31.52[d]	43.24[c]	45.72[b]	46.39[a]	0.07	<0.01
พลังงานรวม (cal/g)	3,854	3,815	3,826	3,864	3,897	3,823	3,873	3,836	0.73	0.35

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f,g,h} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), NDS = ส่วนที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent soluble) = 100 - %NDF, NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber), ADL = ลิกนิน (Lignin), เซลลูโลส (Cellulose) = %ADF - %ADL, เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) = %NDF - %ADF, T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก (กลุ่มควบคุม), T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T4 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่, T5 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T6 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมพืชหมักจากหญ้ากินนี, T7 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T8 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล

ตารางที่ 31 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (% วัตถุแห้ง)

ตัวชี้วัด	ควบคุม	ชนิดหญ้า			ระดับการเติมกลูโคส		ระยะเวลาการหมัก (วัน)				SEM	P - value		
		เนเปียร์	รูซี่	กินนี	0%	2%	0	7	14	21		ระดับน้ำตาล	ระยะเวลา	อิทธิพลร่วม
ความชื้น	85.30[b]	85.62[a]	84.95[c]	85.31[b]	85.39[a]	85.21[b]	85.61[a]	84.86[c]	85.60[a]	85.13[b]	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
วัตถุแห้ง	14.69[b]	14.37[c]	15.04[a]	14.68[b]	14.60[b]	14.78[a]	14.39[c]	15.13[a]	14.39[c]	14.86[b]	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
อินทรียวัตถุ	94.04[b]	95.04[b]	95.27[a]	95.20[a]	95.06	95.13	96.01[a]	95.39[b]	93.86[d]	95.11[c]	0.02	0.07	<0.01	<0.01
เถ้า	5.13[a]	4.95[b]	4.72[c]	4.79[c]	4.86	4.93	3.98[d]	4.60[c]	6.13[a]	4.88[b]	0.02	0.07	<0.01	0.01
โปรตีน	4.10[a]	4.02[a]	3.34[c]	3.73[b]	3.64[b]	3.95[a]	4.73[a]	4.32[b]	3.49[c]	2.35[d]	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
ไขมัน	1.78[b]	2.22[a]	3.34[c]	1.02[d]	1.83[a]	1.34[b]	0.35[c]	2.06[a]	1.99[b]	1.69[b]	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NDS	9.29[a]	7.61[d]	8.06[c]	8.21[b]	8.80[a]	7.79[b]	7.76[d]	8.66[a]	8.26[c]	8.49[b]	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
NDF	90.70[d]	92.38[a]	91.93[b]	91.78[c]	91.19[b]	92.20[a]	92.23[a]	91.33[d]	91.73[b]	91.50[c]	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
ADF	84.51[d]	87.55[b]	86.91[c]	88.36[a]	86.43[b]	87.24[a]	85.13[d]	85.93[c]	88.01[b]	88.26[a]	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
ADL	37.40[c]	35.55[d]	42.08[a]	38.54[b]	41.43[a]	35.56[b]	23.14[d]	37.71[c]	44.17[b]	48.56[a]	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
เฮมิเซลลูโลส	6.19[a]	4.83[c]	5.02[b]	3.43[d]	4.76[b]	4.97[a]	7.10[a]	5.48[b]	3.72[c]	3.24[d]	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
เซลลูโลส	47.10[c]	51.99[a]	44.82[d]	49.81[b]	44.99[b]	51.87[a]	61.98[a]	48.22[b]	43.83[c]	39.70[d]	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
พลังงานรวม (cal/g)	3,860	3,602	3,719	3,759	3,691	3,894	3,683	3,659	3,732	3,792	0.14	0.69	0.26	0.15

หมายเหตุ [a,b,c,d] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), NDS = ส่วนที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent soluble) = 100 - %NDF, NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber), ADL = ลิกนิน (Lignin), เซลลูโลส (Cellulose) = %ADF - %ADL, เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) = %NDF - %ADF

4.2.3 ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ ณ 24 ชั่วโมงหลังการบ่มด้วยวิธี *In vitro*

จากการศึกษาความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุของเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลอง ณ ชั่วโมงที่ 24 หลังการบ่มของเปลือกลูกตาลหมักทุกกลุ่มการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยเปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาลทุกระยะเวลาหมักมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าเปลือกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 43.89, 44.39, 38.58 และ 44.25% ตามลำดับ (ตารางที่ 32) ส่วนการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ พบว่าเปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาลมีค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุโดยมีค่าเท่ากับ 44.32, 18.59, 36.26 และ 44.76% ตามลำดับ

กันยา และคณะ (2555: 531 - 535) รายงานว่า ประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งชานอ้อยที่หมักร่วมกับยูเรียมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งเท่ากับ 24.34 - 36.60% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับในการทดลองนี้ การที่มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งต่ำอาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของเยื่อใยในพืชที่มีปริมาณสูง และเป็นส่วนที่สัตว์ไม่สามารถย่อยได้ หรือย่อยได้ยาก (บุญล้อม, 2541: 218) ในพืชที่มีเยื่อใยสูงมักจะมีลิกนินเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง ซึ่งร่างกายสัตว์ไม่สามารถย่อยได้ และไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ลิกนินส่งผลทำให้การย่อยได้ของเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสลดลง นอกจากนี้ลิกนินยังขัดขวางการทำงานของน้ำย่อยด้วย (วรพงษ์, 2529: 17)

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุ ได้แก่ ชนิดของน้ำพืชหมัก และระยะเวลาการหมัก พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน ($P < 0.05$) โดยพบว่าเปลือกลูกตาลหมักที่ระยะเวลา 21 วัน มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งต่ำที่สุด (36.24%) แต่มีค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุสูงที่สุด (47.23%) ส่วนระดับการเติมน้ำตาลกลูโคส พบว่าเปลือกลูกตาลหมักร่วมกับน้ำพืชหมักกลุ่มที่เติมน้ำตาลกลูโคสจะมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงที่สุด (39.10%) แต่มีค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุไม่แตกต่างกัน (43.35 และ 43.04% ตามลำดับ) และพบว่าเปลือกลูกตาลที่หมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูง (38.90%) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (ตารางที่ 33) ซึ่งอาจเนื่องมาจากเปลือกลูกตาลหมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีมีปริมาณของเยื่อใยที่ค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ในหญ้ากินนีอาจมีส่วนประกอบของที่เป็นแป้ง น้ำตาล ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ และปริมาณโปรตีนอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงซึ่งพบว่าส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายจะสามารถเกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็วในกระเพาะรูเมน (Van Soest et al., 1991)

ตารางที่ 32 ความสามารถในการย่อยได้หลังบ่มชั่วโมงที่ 24 ของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (%)

ระยะเวลาการหมัก	ตัวชี้วัด	กลุ่มการทดลอง								SEM	P - value
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
0 วัน	IVDMD	39.96^{b}	37.42^{bc}	37.88^{bc}	37.58^{bc}	36.46^{c}	35.72^{c}	38.47^{bc}	43.89^{a}	0.34	<0.01
	IVOMD	44.22^{b}	42.95^{b}	42.29^{b}	43.11^{b}	41.74^{b}	42.40^{b}	42.45^{b}	44.32^{a}	0.34	<0.01
7 วัน	IVDMD	38.77^{cd}	41.90^{ab}	44.49^{a}	37.92^{b}	43.62^{a}	40.81^{bc}	40.38^{bcd}	44.39^{a}	0.32	<0.01
	IVOMD	42.83^{ef}	47.92^{bc}	51.00^{a}	40.70^{f}	45.81^{cd}	42.94^{ef}	44.57^{ed}	48.59^{b}	0.31	<0.01
14 วัน	IVDMD	35.34^{bc}	36.13^{abc}	34.87^{c}	39.15^{a}	34.59^{c}	39.00^{a}	38.40^{ab}	38.58^{a}	0.35	<0.01
	IVOMD	38.57^{a}	38.81^{a}	37.13^{a}	36.40^{a}	30.89^{b}	38.08^{a}	36.02^{a}	36.26^{a}	0.35	<0.01
21 วัน	IVDMD	34.46^{bc}	31.62^{c}	32.35^{c}	35.01^{bc}	33.81^{bc}	39.20^{ab}	39.30^{ab}	44.25^{a}	0.73	<0.01
	IVOMD	54.71^{a}	54.86^{a}	53.95^{a}	40.86^{d}	42.09^{cd}	42.62^{bcd}	43.74^{bc}	44.76^{b}	0.28	<0.01

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), *In vitro* dry matter digestibility (IVDMD) = การย่อยได้วัตถุแห้งในระบบ *in vitro*, *In vitro* organic matter digestibility (IVOMD) = การย่อยได้อินทรียวัตถุในระบบ *in vitro*, T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก (กลุ่มควบคุม), T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T4 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่, T5 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T6 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมพืชหมักจากหญ้ากินนี, T7 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T8 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล

ตารางที่ 33 ความสามารถในการย่อยได้หลังบ่มชั่วโมงที่ 24 ของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (%)

ความสามารถในการย่อยได้	ควบคุม	ชนิดหญ้า			ระดับการเติมกลูโคส		ระยะเวลาการหมัก (วัน)				SEM	P - value		
		เนเปียร์	รูซี่	กินนี	0%	2%	0	7	14	21		ระดับน้ำตาล	ระยะเวลา	อิทธิพลร่วม
IVDMD	39.95^{a}	37.08^{b}	37.20^{b}	38.90^{a}	37.47^{b}	39.10^{a}	38.42^{b}	41.53^{a}	36.93^{c}	36.24^{c}	0.23	<0.01	<0.01	0.02
IVOMD	44.59	46.43	40.13	41.52	43.35	43.04	44.84^{b}	43.38^{b}	39.13^{c}	47.23^{a}	0.40	0.70	<0.01	0.18

หมายเหตุ ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), *In vitro* dry matter digestibility (IVDMD) = การย่อยได้วัตถุแห้งในระบบ *in vitro*, *In vitro* organic matter digestibility (IVOMD) = การย่อยได้อินทรียวัตถุในระบบ *in vitro*

มหาวิทยาลัยศิลปากร

4.2.4 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) หลังการบ่ม ณ ชั่วโมงที่ 24

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองหลังการบ่ม ณ ชั่วโมงที่ 24ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยพบว่าค่า pH ของเปลือกลูกตาลหมักทุกกลุ่มการทดลองมีค่า pH อยู่ในช่วง 7.22 – 7.59 (ตารางที่ 34) ซึ่ง Russell and Wilson (1996: 1503 - 1509) กล่าวว่าค่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเยื่อใย (Cellulolytic bacteria) และการย่อยของโปรตีน ควรมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.0 - 7.0 ซึ่งสอดคล้องกับ พีรพจน์ และคณะ (2547: 541 – 546) รายงานว่า ของเหลวในกระเพาะหมักของโคมีค่า pH เฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.81 - 7.08 ซึ่งเป็นช่วงของ pH ที่ทำให้กระเพาะรูเมนทำงานเป็นปกติ (Ørskov และ Ryle, 1998)

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยของค่า pH ได้แก่ ชนิดของน้ำพืชหมัก และระยะเวลาการหมัก พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน ซึ่งเปลือกลูกตาลหมักที่ 21 วันมีค่า pH สูงที่สุด (7.45) และการหมักเปลือกลูกตาลร่วมกับน้ำพืชหมักกลุ่มที่เติมน้ำตาลกลูโคสมีค่า pH สูง (7.41) และเปลือกลูกตาลหมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีมีค่า pH (7.48) สูงกว่าเปลือกลูกตาลหมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดอื่น (ตารางที่ 35)

ตารางที่ 34 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) หลังการบ่มย่อย ณ ชั่วโมงที่ 24 ของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง

ระยะเวลาหมัก	กลุ่มการทดลอง								SEM	P - value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
0 วัน	7.24	7.40	7.38	7.27	7.35	7.46	7.39	7.40	0.026	0.73
7 วัน	7.46	7.25	7.25	7.36	7.39	7.51	7.50	7.46	0.024	0.06
14 วัน	7.39	7.50	7.45	7.54	7.50	7.36	7.30	7.35	0.020	0.06
21 วัน	7.59	7.59	7.58	7.22	7.49	7.34	7.38	7.45	0.050	0.54

หมายเหตุ SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก (กลุ่มควบคุม), T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T4 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่, T5 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T6 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมพืชหมักจากหญ้ากินนี, T7 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T8 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล

ตารางที่ 35 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) หลังการบ่มย่อยชั่วโมงที่ 24 ของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย

ตัวชี้วัด	ควบคุม	ชนิดหญ้า			ระดับการเติมกลูโคส		ระยะเวลาการหมัก (วัน)				SEM	P - value		
		เนเปียร์	รูซี่	กินนี	0%	2%	0	7	14	21		ระดับน้ำตาล	ระยะเวลา	อิทธิพลร่วม
pH	7.42[a]	7.42[a]	7.00[b]	7.48[a]	7.21[b]	7.41[a]	7.36[a]	7.40[a]	7.03[b]	7.45[a]	0.017	<0.01	<0.01	<0.01

หมายเหตุ [a,b] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

4.2.5 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม ณ ชั่วโมงที่ 12, 24, 48 และ 96 หลังการบ่ม

จากการศึกษาพบว่าปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม ณ ชั่วโมงต่าง ๆ ของเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยเปลือกตาลหมักทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณแก๊สสะสมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.62 – 44.74 มิลลิลิตร (ตารางที่ 36 และภาพที่ 19 – 22) โดยเปลือกลูกตาลหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ทุกระยะเวลาการหมักมีปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมมีค่าสูงที่สุด อยู่ในช่วง 9.20 – 44.74 มิลลิลิตร และเปลือกลูกตาลหมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีที่เติมน้ำตาลกลูโคสที่หมักเป็นระยะเวลา 21 วัน หลังการบ่มย่อยชั่วโมงที่ 12 – 96 มีปริมาณแก๊สสะสมสูงกว่าเปลือกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับค่าการย่อยได้วัตถุแห้ง และค่าการย่อยได้อินทรียวัตถุ

นอกจากนี้เสาวลักษณ์ และคณะ (2542: 76 - 85) กล่าวว่า ในช่วงแรกของกระบวนการหมักการเกิดแก๊สจะเกิดขึ้นได้ในปริมาณที่น้อยเนื่องจากการบ่มในช่วงแรกเป็นการรอให้จุลินทรีย์ทำงานโดยการเริ่มย่อยอาหารส่วนที่ย่อยยาก แต่หลังจากชั่วโมงที่ 24 การเกิดแก๊สจะเร็วขึ้น และช้าลงหลังจากชั่วโมงที่ 48 จนค่อนข้างคงที่หลังจากชั่วโมงที่ 72 เนื่องมาจากจุลินทรีย์อาจย่อยสลายส่วนที่ย่อยได้ยากหมดแล้วและเหลือแต่ส่วนที่ย่อยไม่ได้

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยของปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม ได้แก่ ชนิดของน้ำพืชหมัก และระยะเวลาการหมัก พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน ($P > 0.05$) ยกเว้นหลังการบ่มย่อยชั่วโมงที่ 12 โดยเปลือกลูกตาลหมักที่มีปริมาณแก๊สสะสมเท่ากับ 11.99, 8.77, 9.14 และ 8.34 มิลลิลิตร ตามลำดับ และเปลือกลูกตาลหมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีมีปริมาณแก๊สสะสม (11.90 มิลลิลิตร) สูงกว่าเปลือกลูกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 37)

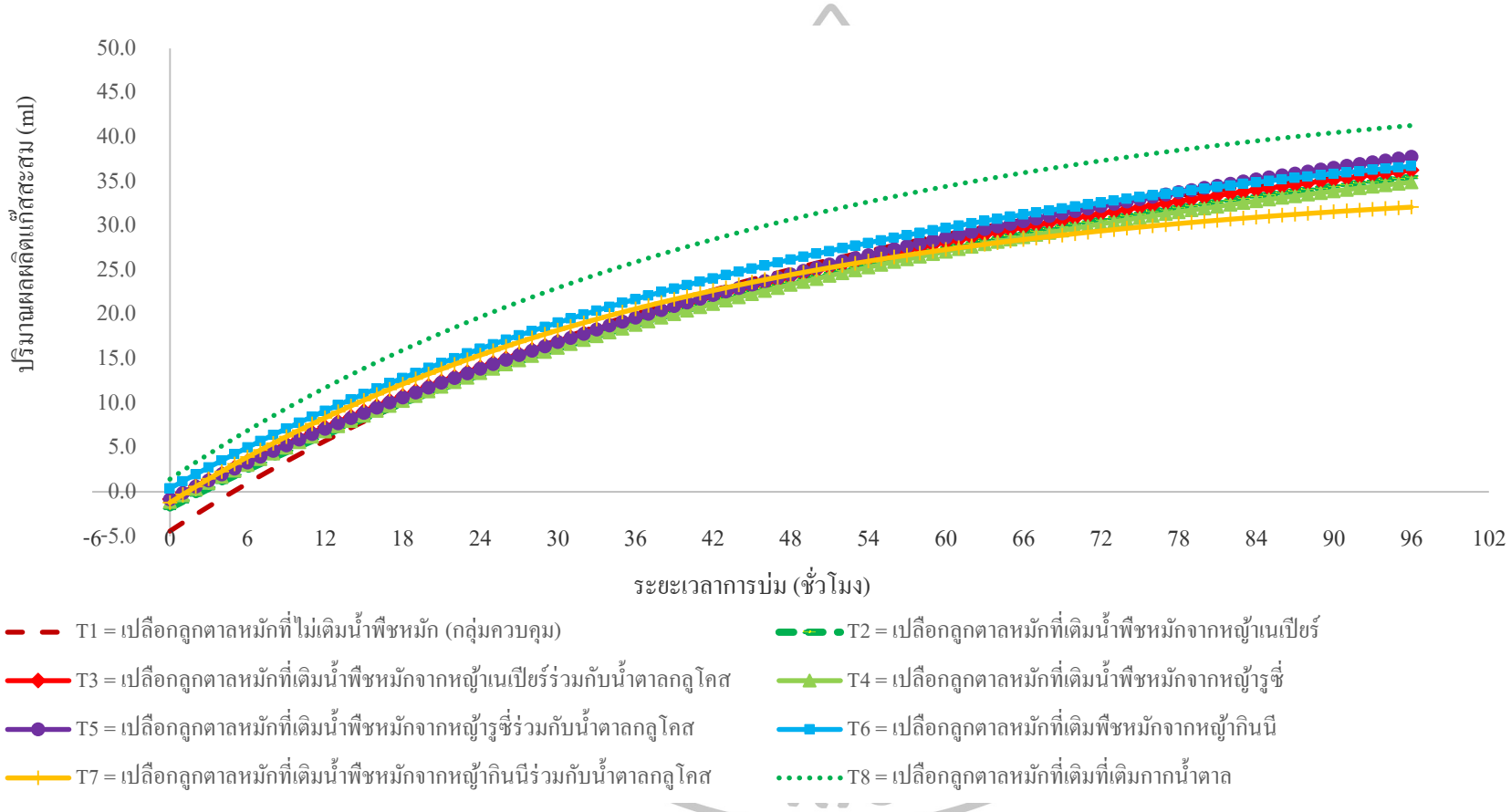
ตารางที่ 36 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ml)

ผลผลิตแก๊สสะสม	กลุ่มการทดลอง								SEM	P - value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
ระยะเวลาการหมัก 0 วัน										
12 ชั่วโมง	5.31	6.26	3.62	6.71	6.65	8.33	8.85	10.43	0.69	0.34
24 ชั่วโมง	12.90	12.95	7.26	13.17	12.91	14.56	15.75	18.51	0.89	0.18
48 ชั่วโมง	23.61	23.08	12.74	22.96	22.62	23.34	22.98	28.96	1.25	0.19
96 ชั่วโมง	34.76	34.88	19.13	34.36	34.64	32.61	30.15	39.42	1.64	0.16
ระยะเวลาการหมักหมัก 7 วัน										
12 ชั่วโมง	4.58	4.60	5.90	5.98	7.02	7.99	16.15	12.51	1.18	0.22
24 ชั่วโมง	10.72	10.65	12.92	12.52	13.66	16.67	22.80	23.07	1.16	0.06
48 ชั่วโมง	20.98	20.19	21.56	21.92	22.43	27.69	30.69	35.13	1.26	0.06
96 ชั่วโมง	35.49	32.21	28.69	31.80	30.48	39.55	38.75	44.74	1.48	0.16

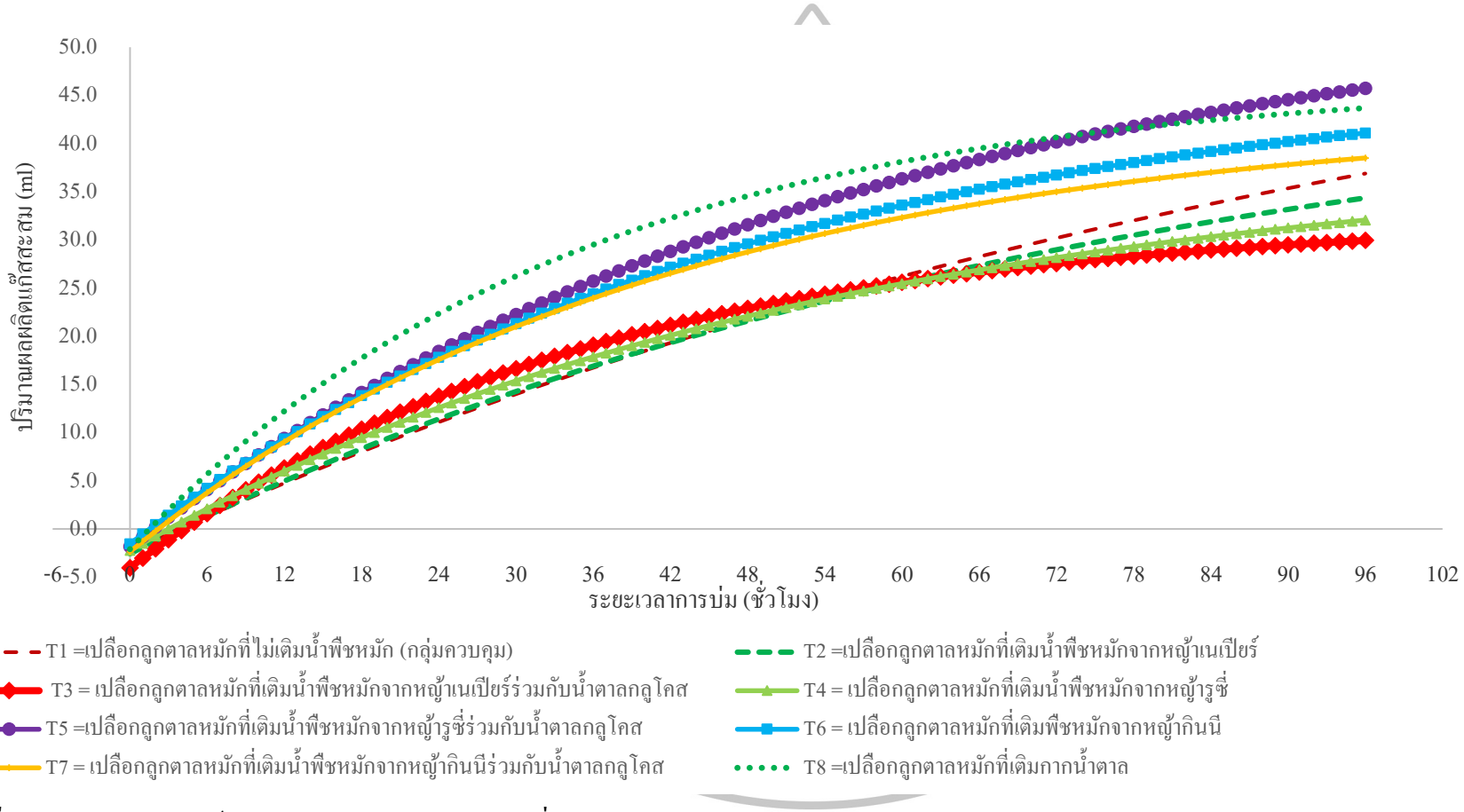
ตารางที่ 36 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ml) (ต่อ)

ผลผลิตแก๊สสะสม	กลุ่มการทดลอง								SEM	P - value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
ระยะเวลาการหมัก 14 วัน										
12 ชั่วโมง	7.59	8.70	8.81	9.93	9.43	10.60	8.85	9.20	0.21	0.07
24 ชั่วโมง	15.13	17.75	16.91	18.64	17.93	19.57	16.99	17.36	0.31	0.08
48 ชั่วโมง	27.29	30.73	27.63	29.39	29.25	31.09	28.02	28.65	0.47	0.42
96 ชั่วโมง	43.14	44.36	37.88	37.81	39.68	40.83	38.40	39.72	0.77	0.33
ระยะเวลาการหมัก 21 วัน										
12 ชั่วโมง	7.79	6.74	6.04	6.47	7.28	5.49	16.79	17.86	1.77	0.45
24 ชั่วโมง	14.95	14.37	13.42	13.05	14.27	13.29	23.00	16.39	1.27	0.57
48 ชั่วโมง	24.65	26.24	23.69	23.18	23.93	23.33	31.44	26.67	1.04	0.54
96 ชั่วโมง	33.75	40.76	34.44	36.19	33.34	32.00	41.09	37.07	0.96	0.20

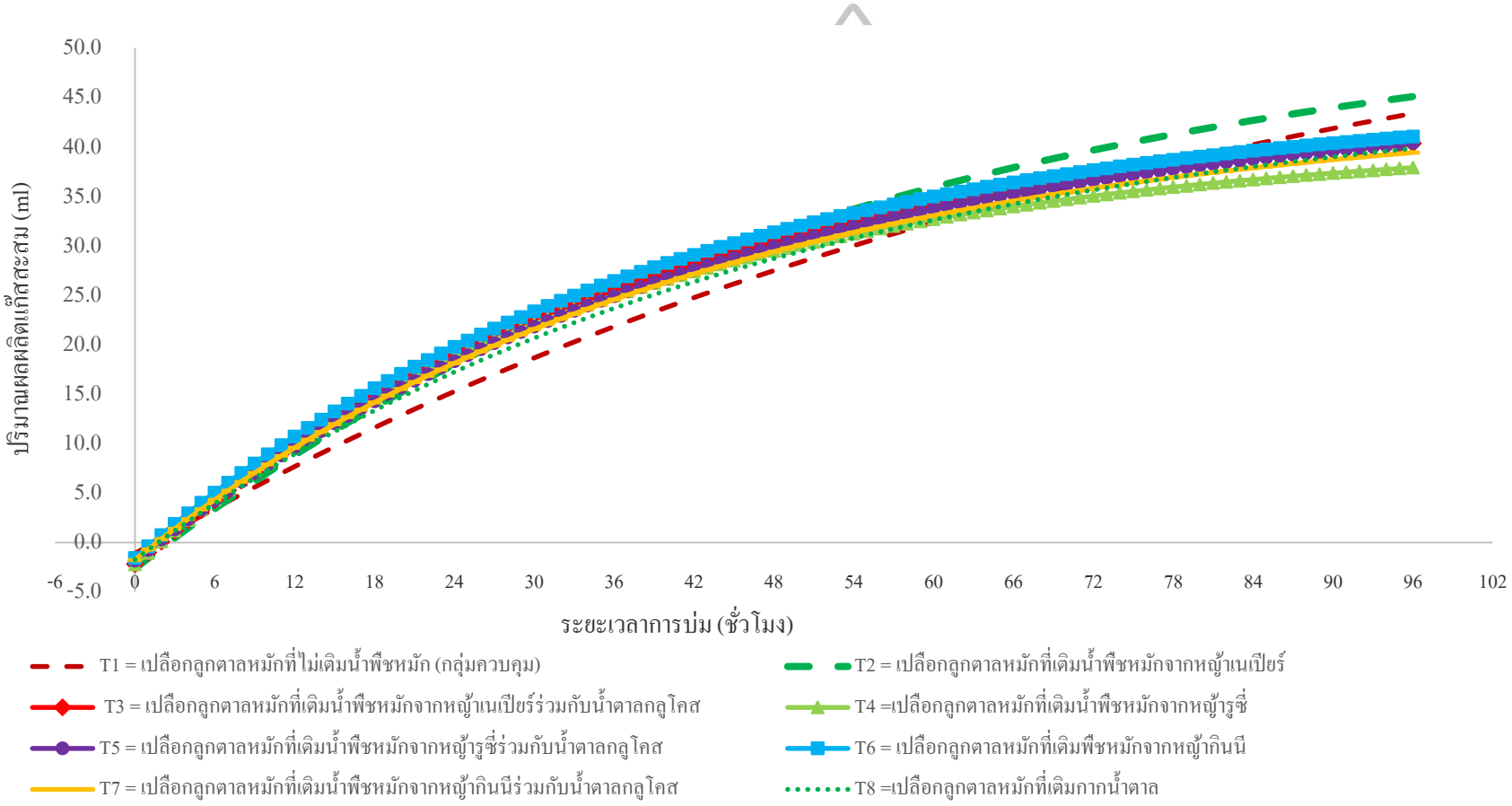
หมายเหตุ SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก (กลุ่มควบคุม), T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T4 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่, T5 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T6 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมพืชหมักจากหญ้ากินนี, T7 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T8 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมที่เติมกากน้ำตาล



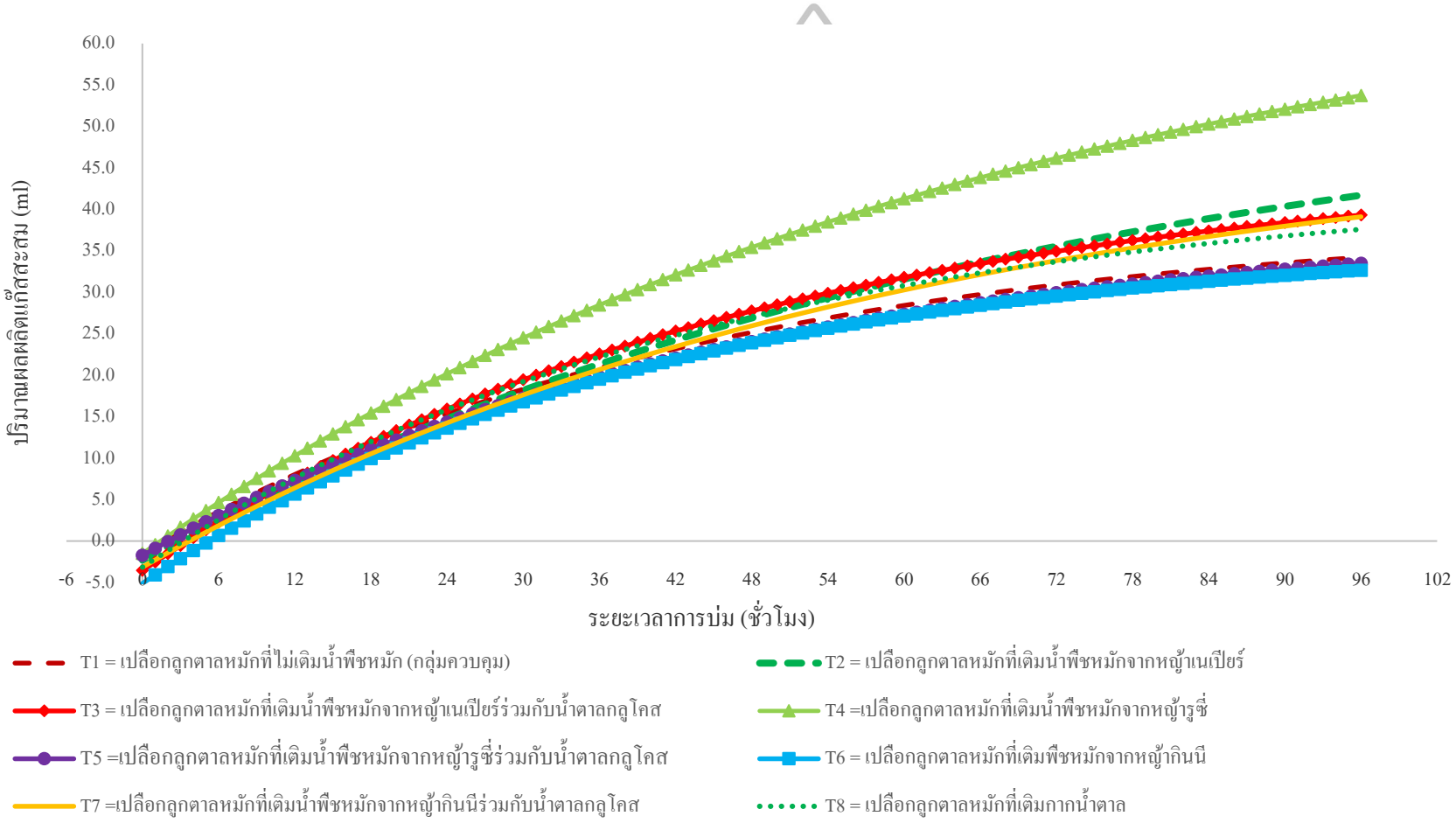
ภาพที่ 19 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกลูกตาลหมักที่ระยะเวลา 0 วัน



ภาพที่ 20 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกลูกตาลหมักที่ระยะเวลา 7 วัน



ภาพที่ 21 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกลูกตาลหมักที่ระยะเวลา 14 วัน



ภาพที่ 22 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกลูกตาลหมักที่ระยะเวลา 21 วัน

ตารางที่ 37 ปริมาณผลผลิตแก๊สของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย (ml)

ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม	ควบคุม	ชนิดหญ้า			ระดับการเติมกลูโคส		ระยะเวลาการหมัก (วัน)				SEM	P - value		
		เนเปียร์	รูซี่	กินนี	0%	2%	0	7	14	21		ระดับน้ำตาล	ระยะเวลา	อิทธิพลร่วม
12 ชั่วโมง	10.41^{ab}	7.85^{b}	8.33^{b}	11.70^{a}	8.39^{b}	10.72^{a}	11.99^{a}	8.77^{b}	9.14^{b}	8.34^{b}	0.45	0.01	0.02	0.01
24 ชั่วโมง	16.80^{ab}	13.28^{c}	14.52^{bc}	18.24^{a}	14.58^{b}	16.81^{a}	13.74	15.96	17.54	15.85	0.49	0.02	0.06	0.14
48 ชั่วโมง	27.84^{a}	23.23^{b}	24.46^{b}	27.88^{a}	25.17	26.50	22.86^{b}	25.77^{b}	29.00^{a}	25.72^{b}	0.53	0.21	<0.01	0.15
96 ชั่วโมง	35.49^{a}	30.74^{c}	32.03^{bc}	34.39^{ab}	33.53	32.75	28.83^{b}	31.81^{b}	35.94^{a}	35.94^{a}	0.56	0.49	<0.01	0.35

หมายเหตุ ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

4.2.6 ค่าจลศาสตร์การหมักย่อย

จากการศึกษาพบว่าค่าจลศาสตร์การหมักย่อยของเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย ($|a|$) ($P < 0.01$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.49 – 5.11 มิลลิลิตร (ตารางที่ 38) ซึ่งเปลือกลูกตาลหมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีมีค่า $|a|$ (5.11 และ 3.16 มิลลิลิตร ตามลำดับ) สูงกว่าเปลือกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ที่หมักเป็นระยะเวลา 21 วัน นอกจากนี้พบว่าปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ยาก (b) อยู่ในช่วง 33.90 – 73.23 มิลลิลิตร และอัตราการหมักย่อย (c) อยู่ในช่วง 0.014 - 0.024 มิลลิลิตร/ชั่วโมง ส่วนศักยภาพในการผลิตแก๊ส (Y) อยู่ในช่วง 74.72 – 41.99 มิลลิลิตร พบว่าเปลือกลูกตาลหมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ที่เติมน้ำตาลกลูโคสมีค่า Y สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มการทดลองอื่นๆ

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยของค่าจลศาสตร์การหมักย่อย ได้แก่ ชนิดของน้ำพืชหมัก และระยะเวลาการหมัก พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน ยกเว้นปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ยาก (b) และศักยภาพในการผลิตแก๊ส (Y) โดยเปลือกลูกตาลหมักที่ระยะเวลา 21 วัน มีค่าส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย ($|a|$) สูงที่สุด (2.77 มิลลิลิตร) นอกจากนี้เปลือกลูกตาลหมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์มีค่า $|a|$ สูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 2.48 มิลลิลิตร (ตารางที่ 39) จารุณี และคณะ (2551: 46 - 55) รายงานว่าค่าศักยภาพการสลายตัวของวัตถุแห้งเป็นผลรวม (a+b) ของปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ ($|a|$) และศักยภาพในการย่อยสลายของอาหารทดลอง (b) ซึ่งถ้ามีค่าสูงแสดงว่าอาหารสามารถถูกสลายในกระเพาะรูเมนได้มาก ซึ่งองอาจ และคณะ (2555) รายงานว่ามีค่าศักยภาพการสลายตัวของวัตถุแห้ง อยู่ระหว่าง 80 - 90% และมีค่า a ของอาหารหมักมีค่าเท่ากับ 1.73 - 5.13% หมายถึงส่วนที่ไม่ละลายน้ำของพืช ซึ่งจะทำให้สามารถย่อยในกระเพาะรูเมนได้เร็วอาจเกิดจากสภาพเป็นกรดในกระเพาะรูเมน นอกจากนี้องค์ประกอบทางเคมีเป็นเส้นใยสูงเช่น เฮมิเซลลูโลส จะทำให้จุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์ในการย่อยอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลต่อศักยภาพในการผลิตแก๊ส (Chumpawadee et al., 2005: 209 - 218)

ตารางที่ 38 ค่าจลศาสตร์การหมักย่อยของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง

ตัวชี้วัด	กลุ่มการทดลอง								SEM	P - value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
[1/] ค่าจลศาสตร์การหมักย่อย หมักที่ 0 วัน										
|a| (ml)	4.15[a]	2.14[b]	0.88[b]	1.09[b]	2.10[b]	0.91[b]	1.51[b]	2.31[b]	0.21	0.01
b (ml)	48.02	47.85	48.06	46.37	53.04	43.59	36.54	34.96	3.08	0.82
c (ml/hr)	0.019	0.015	0.015	0.015	0.013	0.18	0.025	0.022	0.0001	0.48
Y (ml)	52.43	49.99	48.94	47.47	55.15	44.51	18.60	46.95	2.05	0.11
[1/] ค่าจลศาสตร์การหมักย่อย หมักที่ 7 วัน										
|a| (ml)	2.36	2.55	4.01	2.23	1.80	1.53	2.34	2.09	0.28	0.58
b (ml)	64.73	51.24	36.48	41.22	57.92	31.37	33.73	36.47	3.10	0.14
c (ml/hr)	0.009[c]	0.013[bc]	0.027[a]	0.018[abc]	0.017[abc]	0.021[abc]	0.025[ab]	0.029[a]	0.0001	0.01
Y (ml)	67.09	53.79	40.49	43.45	59.73	51.28	47.06	49.20	1.84	0.05
[1/] ค่าจลศาสตร์การหมักย่อย หมักที่ 14 วัน										
|a| (ml)	1.13	2.67	2.17	2.22	1.84	1.84	1.76	1.74	0.22	0.78
b (ml)	64.39[a]	57.36[ab]	46.89[bc]	43.18[c]	47.43[bc]	46.69[bc]	45.96[bc]	48.03[bc]	0.31	0.008
c (ml/hr)	0.012[b]	0.018[ab]	0.024[a]	0.027[a]	0.023[a]	0.025[a]	0.023[a]	0.020[a]	0.0009	0.02
Y (ml)	66.43[a]	60.03[ab]	49.06[bc]	45.41[c]	49.27[bc]	48.26[c]	47.73[c]	51.58[bc]	1.26	0.004

ตารางที่ 38 ค่าจลศาสตร์การหมักย่อยของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง (ต่อ)

ตัวชี้วัด	กลุ่มการทดลอง								SEM	P - value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
[1/] ค่าจลศาสตร์การหมักย่อย หมักที่ 21 วัน										
|a| (ml)	1.58[b]	2.31[b]	3.55[ab]	1.49[b]	1.72[b]	5.11[a]	3.16[ab]	3.24[ab]	0.24	0.01
b (ml)	40.41	59.22	49.64	73.23	40.67	41.54	53.10	33.90	3.82	0.25
c (ml/hr)	0.022	0.014	0.020	0.014	0.020	0.024	0.016	0.022	0.0011	0.20
Y (ml)	41.99	61.45	53.19	74.72	42.40	46.66	56.26	50.94	3.47	0.32

หมายเหตุ [a,b,c] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), [1/]คำนวณค่าจลศาสตร์การหมักย่อยโดยใช้สมการ $Y = |a|+b\ (1-e^{(-ct)})$ (Ørskov and McDonald, 1979), |a| = ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย (ml), b = ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ยาก (ml), c = อัตราการหมักย่อย, Y = ศักยภาพในการผลิตแก๊ส (ml) คือ |a|+b, T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก (กลุ่มควบคุม), T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T4 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่, T5 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T6 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมพืชหมักจากหญ้ากินนี, T7 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T8 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล

ตารางที่ 39 ปริมาณผลผลิตแก๊สของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย

ผลผลิตแก๊สสะสม	เปลือกตาลหมัก	ชนิดหญ้า			ระดับน้ำตาล		ระยะเวลา (วัน)				SEM	P - value		
		เนเปียร์	รูซี่	กินนี	0%	2%	0	7	14	21		ระดับน้ำตาล	ระยะเวลา	อิทธิพลร่วม
[1/] ค่าจลศาสตร์การหมักย่อย														
|a| (ml)	1.75^{ab}	2.48^{a}	1.65^{b}	2.03^{ab}	1.88	2.08	0.93^{c}	2.34^{b}	1.89^{bc}	2.77^{a}	0.126	0.41	<0.01	0.01
b (ml)	50.31	49.59	50.38	45.26	50.93	46.84	46.17	48.89	49.99	50.45	1.266	0.11	0.63	0.84
c (ml/hr)	0.020	0.018	0.018	0.022	0.018^{b}	0.021^{a}	0.017	0.020	0.022	0.019	0.0001	0.001	0.07	0.04
Y (ml)	52.66	52.13	52.20	47.47	53.22	49.02	47.93	51.01	52.22	53.24	1.244	0.09	0.46	0.90

หมายเหตุ ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), [1/]คำนวณค่าจลศาสตร์การหมักย่อยโดยใช้สมการ $Y = |a|+b\ (1-e^{(-ct)})$ (Ørskov and McDonald, 1979), |a| = ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย (ml), b = ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ยาก (ml), c = อัตราการหมักย่อย, Y = ศักยภาพในการผลิตแก๊ส (ml) คือ |a|+b

4.2.7 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน และกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ณ ชั่วโมงที่ 24 หลังการบ่ม

จากการศึกษาพบว่าปริมาณของแอมโมเนียไนโตรเจนของเปลือกลูกตาลหมักทุกกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนของเปลือกลูกตาลหมักที่หมักเป็นระยะเวลา 0 วัน ($P > 0.05$) (ตารางที่ 36) โดยเปลือกลูกตาลหมักทุกกลุ่มการทดลองมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ในช่วง 8.37 – 18.80 mg% (ตารางที่ 40) นอกจากนี้เปลือกลูกตาลหมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีที่เติมน้ำตาลกลูโคสมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนสูง (18.80%) กว่าเปลือกลูกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ เช่นเดียวกับกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (69.36 mmol/L) ที่หมักเป็นระยะเวลา 21 วัน

ระดับแอมโมเนียไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนคือ 18.3 mg% (Windschitl, 1991: 3475 – 3483) นอกจากนี้ Mehrez et al. (1977: 437 – 443) กล่าวว่า ระดับแอมโมเนียไนโตรเจนที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 15 - 20 mg% ซึ่งความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนอาจขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย หนึ่งในนั้น คือชนิดของอาหาร โดยเฉพาะอาหารที่เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต (Lewis, 1975: 438 – 446) ซึ่งค่าแอมโมเนียไนโตรเจนส่วนใหญ่มาจากการแตกตัวของโปรตีนหยาบ โดยการย่อยสลายอาหารของจุลินทรีย์ แต่ระดับความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนควรอยู่ในช่วง 5.67 - 7.00 mg% ซึ่งเป็นระดับที่สามารถทำให้ผลิตชีวมวลของจุลินทรีย์ (Microbial biomass) ได้ดีที่สุด (ฉลอง, 2541)

เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยของปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน และกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ได้แก่ ชนิดของน้ำพืชหมัก และระยะเวลาการหมัก พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน โดยพบว่าเปลือกลูกตาลที่หมักเป็นระยะเวลา 21 วัน มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนสูงที่สุด (13.91 mg%) แต่พบว่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดของเปลือกลูกตาลหมักที่หมักเป็นระยะเวลา 21 วัน มีค่าสูงที่สุดโดยมีค่าท่ากับ 60.15 mmol/L (ตารางที่ 41) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ France และ Siddons (1993) อ้างโดยสันติ และคณะ (2555: 88) กล่าวว่า ระดับความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดในกระเพาะรูเมนของโคควรมีค่าอยู่ในช่วง 70 - 130 mmol/L นอกจากนี้ชนิดของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และองค์ประกอบของพืชอาหารหมักเป็นสำคัญ (บุญล้อม, 2541)

นอกจากนี้ สันติ และคณะ (2555: 79 – 92) รายงานว่า โคที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% พบว่าค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดที่ระยะเวลา 0 ชั่วโมงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 65.12 - 83.65 mmol/L

แต่ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารมีปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (77.26 - 104.09 mmol/L) นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มว่าโคกลุ่มที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 2 และ 4 % โดยมีค่ากรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (86.78 และ 94.36 mmol/L) สูงกว่าโคในกลุ่มควบคุม อาจเนื่องมาจากปริมาณของอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในโค ซึ่งการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (Sutton, 1985 อ้างโดย สันติ และคณะ, 2555: 88) คือถ้าหากความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ในงานทดลองนี้พบว่ามีปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องจากในอาหารทดลองมีปริมาณของโปรตีนที่ต่ำเนื่องมาจากเกิดการสูญเสียโภชนะบางส่วนในระหว่างกระบวนการหมัก จึงส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ทำให้สามรถผลิตผลผลิตในกระบวนการสุดท้ายให้เกิดขึ้นในปริมาณที่ต่ำ นอกจากนี้ ภัทรภร (2556: 56) รายงานว่า เมื่อสัตว์ได้รับอาหาร เช่น พืชหมัก และพืชแก่ ที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบสูงจะส่งผลให้กรดอะซิติคจะสามารถถูกผลิตได้ในปริมาณสูงแต่หากสัตว์ได้รับอาหารที่มีการบดหยาบจะส่งผลทำให้ให้สัดส่วนของการผลิตอะซิติคลดลง และการที่สัตว์ได้รับอาหารที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะส่งผลทำให้การผลิตกรดบิวทีริคจะเพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 40 ผลของความเข้มข้นของผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมักของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง

ตัวชี้วัด	กลุ่มการทดลอง								SEM	P - value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
แอมโมเนียไนโตรเจน (mg %)										
0 วัน	15.47	14.60	14.23	12.83	15.93	15.57	14.67	16.47	0.38	0.38
7 วัน	11.27^{ab}	11.40^{ab}	11.47^{a}	10.57^{abc}	9.63^{abc}	8.37^{c}	9.07^{bc}	9.70^{abc}	0.25	0.04
14 วัน	10.80^{bc}	11.17^{bc}	10.10^{c}	13.00^{a}	12.80^{a}	11.27^{bc}	11.13^{bc}	12.27^{ab}	0.16	<0.01
21 วัน	11.77^{b}	12.30^{b}	11.93^{b}	13.00^{b}	12.30^{b}	13.87^{b}	18.80^{a}	11.87^{b}	0.27	<0.01
กรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (mmol/L)										
0 วัน	44.43^{e}	49.85^{d}	50.94^{cd}	62.86^{a}	46.60^{e}	56.36^{b}	53.10^{c}	61.77^{a}	0.36	<0.01
7 วัน	46.60^{c}	49.85^{bc}	48.83^{c}	53.10^{b}	53.10^{b}	61.77^{a}	60.69^{a}	62.86^{a}	0.41	<0.01
14 วัน	62.86^{a}	43.35^{d}	34.68^{e}	60.69^{a}	47.69^{c}	48.77^{c}	55.27^{b}	60.69^{a}	0.47	<0.01
21 วัน	52.02^{cd}	57.44^{b}	48.77^{d}	54.19^{bc}	55.27^{bc}	58.52^{b}	69.36^{a}	56.36^{bc}	0.54	<0.01

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,} ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก (กลุ่มควบคุม), T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T4 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่, T5 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T6 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมพืชหมักจากหญ้ากินนี, T7 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีร่วมกับน้ำตาลกลูโคส, T8 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล

ตารางที่ 41 ผลของความเข้มข้นของผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมักของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบแต่ละปัจจัย

ความเข้มข้นของผลผลิตสุดท้าย	ควบคุม	ชนิดหญ้า			ระดับน้ำตาล		ระยะเวลา (วัน)				SEM	P - value		
		เนเปียร์	รูซี่	กินนี	0%	2%	0	7	14	21		ระดับน้ำตาล	ระยะเวลา	อิทธิพลร่วม
แอมโมเนียไนโตรเจน (mg %)														
	13.27[a]	12.33[c]	12.83[b]	13.02[b]	12.63[b]	13.10[a]	14.94[a]	10.49[d]	12.11[c]	13.91[b]	0.05	<0.01	<0.01	<0.01
กรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (mmol/L)														
	61.72[a]	51.93[c]	56.83[b]	59.17[ab]	57.22	57.61	56.24[b]	56.03[b]	59.97[a]	60.15[a]	0.78	0.66	0.0008	0.69

หมายเหตุ [a,b,c,d] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

4.3 การทดลองที่ 3 ผลของการหมักเปลือกลูกตาลหมักโดย FJLB ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม

4.3.1 องค์ประกอบทางเคมี

จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งเปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีมีโปรตีนสูง(4.92%) แต่มีปริมาณของเฮมิเซลลูโลส (24.65%) และปริมาณเซลลูโลส (19.24%) ต่ำกว่าเปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก โดยเปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาลมีพลังงานรวมต่ำกว่าเปลือกลูกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 3,742.3, 3,640.2 และ 2,691.3 cal/g ตามลำดับ (ตารางที่ 42) ซึ่ง Ellis et al. (2016: 61 - 74) กล่าวว่า เชื้อแบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดแลคติคมีผลต่อคุณค่าทางโภชนะของพืชหมักทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่อย่างไรก็ตามชาญชัย (2532: 28 - 38) กล่าวว่าระดับโปรตีนในอาหารสัตว์ไม่ควรต่ำกว่า 7% เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบโดยตรงต่อการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยเยื่อใย และยังส่งผลให้กิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ในการย่อยเยื่อใยของอาหารหยาบลดลง

ตารางที่ 42 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (% วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	อาหารข้น	หญ้ากินนี	กลุ่มการทดลอง T1	T2	T3	SEM	P - value
ความชื้น	11.19	67.32	82.71^{c}	85.47^{a}	83.51^{b}	0.09	<0.01
วัตถุแห้ง	88.80	32.67	17.04^{a}	14.52^{b}	16.48^{a}	0.12	<0.01
	----------%DM----------						
อินทรียวัตถุ	92.01	93.90	94.82^{b}	94.11^{a}	94.62^{b}	0.04	0.01
เถ้า	7.98	6.09	5.21^{a}	4.88^{b}	5.37^{a}	0.03	0.01
โปรตีน	16.88	6.92	4.53^{c}	4.92^{b}	5.34^{a}	0.04	0.01
ไขมัน	2.83	1.10	0.66^{a}	0.10^{c}	0.40^{b}	0.01	<0.01
NDS	73.55	27.48	30.79^{b}	32.37^{a}	27.32^{c}	0.24	0.01

ตารางที่ 42 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (% วัตถุแห้ง) (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	อาหารข้น	หญ้ากินนี	กลุ่มการทดลอง			SEM	P - value
			T1	T2	T3		
NDF	26.45	72.51	69.20[b]	67.62[c]	72.67[a]	0.24	0.01
ADF	14.59	40.06	40.86[b]	42.96[a]	40.53[b]	0.19	0.01
ADL	2.85	4.25	19.32[c]	23.22[a]	21.54[b]	0.09	<001
เฮมิเซลลูโลส	11.87	32.44	28.33[b]	24.65[c]	32.13[a]	0.19	<001
เซลลูโลส	11.74	35.81	21.54[a]	19.74[b]	18.99[b]	0.24	0.01
พลังงานรวม (cal/g)	3,152.2	2,541.0	3,742.3[a]	3,640.2[a]	2,691.3[b]	113.83	0.03

หมายเหตุ [a,b,c,] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), NDS = ส่วนที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent soluble) = 100 - %NDF, NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber), ADL = ลิกนิน (Lignin), เซลลูโลส (Cellulose) = %ADF - %ADL, เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) = %NDF - %ADF, T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก, T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมัก 0.5%, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล 0.5%

4.3.2 สมรรถนะการเจริญเติบโต

จากการศึกษาพบว่าแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีปริมาณการกินได้อาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักทุกกลุ่มการทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 90, 50 และ 40 กรัม/ตัว/วันตามลำดับ (ตารางที่ 43) แต่อย่างไรก็ตามการที่มีปริมาณเยื่อใยที่สูงในอาหารสัตว์อาจจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณการกินและการย่อยได้ของสัตว์ ซึ่งจะลดปริมาณการกินได้ของสัตว์ลง และยังส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (Humphrey, 1991) นอกจากนี้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของสัตว์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความจุของกระเพาะสัตว์ ขนาดของชิ้นพืชในอาหารหมัก และอัตราการย่อยสลายของเยื่อใยในกระเพาะ ระยะเวลาของอาหารที่อยู่ในกระเพาะหมัก และกิจกรรมการเคี้ยวเอื้องของตัวสัตว์เองด้วย (Teimouri et al., 2004: 3912 - 3924)

นอกจากนี้แพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักทุกกลุ่มการทดลองมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 1.29 – 4.01 กิโลกรัม/ตัว และมีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 40 – 90 กรัม/ตัว/วัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ อนันต์ (2549) รายงานว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ โดยมีสัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบในอัตราส่วน 30 : 70 มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 5.3 – 7.0 กิโลกรัม และมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 55 – 71.8 กรัม/วัน

รายการ	กลุ่มการทดลอง			SEM	P - value
	T 1	T 2	T 3		
น้ำหนักเริ่มต้น (กก./ตัว)	13.90	14.02	13.09	0.67	0.83
น้ำหนักสุดท้าย (กก./ตัว)	18.89	16.39	14.37	0.86	0.25
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กก./ตัว)	4.01	2.37	1.29	0.68	0.41
ปริมาณการกินได้ทั้งหมด (กก./ตัว/วัน)	0.46	0.41	0.37	0.02	0.51
อาหารข้น	0.28	0.26	0.22	0.02	0.39
อาหารหยาบ	0.18	0.15	0.16	0.01	0.47
%BW	2.45	2.52	2.59	0.09	0.86
g/kg $BW^{0.75}$	50.80	50.73	50.31	1.80	0.99
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	90	50	40	15.63	0.57

ตารางที่ 43 ผลของเปลือกลูกตาลหมักแต่ละกลุ่มการทดลองต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

หมายเหตุ SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), %BW = เปอร์เซ็นต์ปริมาณการกินได้รวมต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (Body weight), g/kg $BW^{0.75}$ = ปริมาณการกินได้รวมทั้งหมดต่อน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน (Metabolic body $weight^{0.75}$), T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก, T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมัก 0.5%, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล 0.5%

4.3.3 สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะ

จากการศึกษาพบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ซึ่งแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมักมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนต่ำกว่า (57.64%) แต่มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเฮมิเซลลูโลส (89.44%) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเซลลูโลส (85.13%) และสัมประสิทธิ์ของพลังงานที่ย่อยได้ (63.39%) สูงกว่าแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 44) เนื่องจากในการทดลองนี้มีโปรตีนในอาหารหยาบที่ให้สัตว์กินมีค่าต่ำกว่า 7% อาจส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ของสัตว์ และการย่อยได้ของสัตว์ (Milford and Minson, 1964; Minson, 1990) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงให้แพะได้รับอาหารข้นที่มีโปรตีน 14% และเสริมด้วยหญ้ากินนีสด 200 กรัม/ตัว/วัน เพื่อให้แพะได้รับโภชนะที่เพียงพอต่อความต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ บางครั้งการให้อาหารร่วมกับอาหารบางชนิดอาจมีผลทั้งช่วยส่งเสริม หรืออาจทำให้การย่อยได้ลดลง (ฉลอง, 2541) รายงานว่า นอกจากนี้การย่อยได้ของโภชนะที่เพิ่มขึ้นอาจเกี่ยวข้องกับอัตราการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนซึ่งแบคทีเรียพวกยีสต์สามารถช่วยเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในกระเพาะรูเมน (Cellulolytic bacteria) ที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสในอาหารได้ (กฤตพล, 2535)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 44 สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลอง

โภชนะที่ย่อยได้ (%)	กลุ่มการทดลอง			SEM	P - value
	T1	T2	T3		
วัตถุแห้ง	61.23[a]	57.52[c]	58.95[b]	1.25	<0.01
	----------%DM----------				
อินทรียวัตถุ	68.47[c]	68.78[a]	68.60[b]	<0.01	<0.01
เถ้า	40.46[a]	35.35[c]	38.96[b]	1.77	<0.01
โปรตีน	57.64[c]	58.78[b]	62.55[a]	<0.01	<0.01
ไขมัน	44.25[a]	31.24[c]	37.26[b]	0.50	<0.01
NDF	62.53[b]	61.05[c]	62.86[a]	3.14	<0.01
ADF	42.34[c]	43.11[b]	45.30[a]	<0.01	<0.01
เฮมิเซลลูโลส	89.44[a]	87.15[b]	84.78[c]	<0.01	<0.01
เซลลูโลส	85.13[a]	79.85[c]	82.19[b]	<0.01	<0.01
พลังงานที่ย่อยได้	63.39[a]	62.82[b]	58.08[c]	<0.01	<0.01

หมายเหตุ [a,b,c,] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก, T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมัก 0.5%, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล 0.5%, สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ = ((โภชนะที่ได้รับ – โภชนะในมูล) ÷ โภชนะที่ได้รับ) x 100

4.3.4 ปริมาณของกลูโคส และยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด

จากการศึกษาพบว่าปริมาณของกลูโคส และยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีปริมาณกลูโคสมีค่าเท่ากับกับ 6, 9 และ 13 mg% ตามลำดับ หลังให้อาหารชั่วโมงที่ 6 ส่วนค่าความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดในแพะปกติควรอยู่ในช่วง 50 - 75 mg/dL (Kaneko, 1980) ส่วนแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดมีค่าเท่ากับ 4.38, 2.44 และ 3.53 mg% ตามลำดับ หลังให้อาหารชั่วโมงที่ 6 (ตารางที่ 46) ซึ่งค่ายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดไม่สอดคล้องกับ Lloyd (1982: 70 - 85) รายงานว่าระดับปกติของค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดในแพะ

ควรอยู่ในช่วง 11.2 - 27.7 mg/dL และนอกจากนี้ Nousiainen et al. (2004: 386-395) รายงานว่า ระดับยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดที่สูงเกินไป สามารถบ่งบอกถึงการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนในอาหารที่ไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดยังขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุ อาหาร ปริมาณโปรตีนที่สัตว์ได้รับ นอกจากนี้ปริมาณการกินได้ยังมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของระดับแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน และยังส่งผลต่อการเพิ่มของระดับความเข้มข้นยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดด้วย (Lewis, 1975: 438 – 446; Kung and Huber, 1983: 227 - 234)

นอกจากนี้พรพรรณ และคณะ (2559: 13 – 18) รายงานว่า แพะที่ได้รับกิ่งและใบกระถินต่อเปลือกลูกตาลอ่อนหมักในอัตรา 100 : 0, 70 : 30, 50 : 50 และ 30 : 70 พบว่าปริมาณกลูโคสในเลือดของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณกลูโคสที่วัดได้มีปริมาณค่อนข้างต่ำ (11 - 14 mg%) ส่วนแพะที่ได้รับกิ่งและใบกระถินต่อเปลือกลูกตาลอ่อนหมักในอัตราส่วน 100 : 0 มีปริมาณยูเรียไนโตรเจนก่อนและหลังจากให้อาหารที่ชั่วโมงที่ 0 และ 6 มีค่าสูงกว่าแพะในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 45 ปริมาณกลูโคสและยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดในแต่ละกลุ่มการทดลอง

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มการทดลอง			SEM	P - value
	T1	T2	T3		
ปริมาณกลูโคส (mg %/)					
ชั่วโมงที่ 0	8.00	12.00	12.00	0.01	0.58
ชั่วโมงที่ 6	6.00	9.00	13.00	0.31	0.12
ปริมาณยูเรียไนโตรเจน (mg %)					
ชั่วโมงที่ 0	1.54	2.74	2.87	0.26	0.24
ชั่วโมงที่ 6	4.38	2.44	3.53	0.52	0.44

หมายเหตุ SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก, T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมัก 0.5%, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล 0.5%

4.3.5 สมดุลไนโตรเจน

จากการศึกษาพบว่าแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนที่ขับออก ไนโตรเจนที่ขับออกทางมูล ไนโตรเจนที่ย่อยได้ และไนโตรเจนที่ดูดซึมได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกในปัสสาวะ โดยแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมักมีค่าไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ (3.15%) สูงกว่าแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 45) นอกจากนี้พรพรรณ และคณะ (2559: 13 – 18) รายงานว่า แพะที่ได้รับกิ่งและใบกระถินต่อเปลือกลูกตาลอ่อนหมักในอัตรา 100 : 0, 70 : 30, 50 : 50 และ 30 : 70 พบว่าแพะที่ได้รับกิ่งและใบกระถินต่อเปลือกลูกตาลอ่อนหมักในอัตรา 70 : 30 มีปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ (46.88%) โดยเฉพาะไนโตรเจนที่ขับออกทางมูล (31.07%) นอกจากนี้ พบว่าแพะที่ได้รับกิ่งและใบกระถินต่อเปลือกลูกตาลอ่อนหมักในอัตรา 30 : 70 มีปริมาณไนโตรเจนที่ย่อยได้ ไนโตรเจนที่ดูดซึม และปริมาณไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกายต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 58.93, 81.47 และ 40.39% ตามลำดับ เมื่อปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกต่ำจึงส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกายสูงขึ้น นอกจากนี้พีระวัฒน์ และคณะ (2554; 399 – 412) รายงานว่า แพะที่ได้รับเศษเหลือจากสับปะรดมีค่าการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายประมาณ 0.81 – 1.50 กรัม/วัน โดยแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคทูลั่มแห้งร่วมกับเศษเหลือของสับปะรดในอัตราส่วน 1 : 10 จะมีปริมาณไนโตรเจนที่ขับต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ (7.07 กรัม/วัน) และมีค่าการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายสูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 1.50 กรัม/วัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 46 สมดุลปริมาณไนโตรเจนของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลอง

ปริมาณไนโตรเจน (%)	กลุ่มการทดลอง			SEM	P - value
	T1	T2	T3		
ที่ได้รับ	11.90	11.32	10.01	0.50	0.41
ที่ขับออก	3.07	5.75	3.38	0.36	0.06
ในมูล	2.69	2.60	2.24	0.12	0.42
ในปัสสาวะ	0.38[b]	3.15[a]	1.14[ab]	0.31	0.04
ที่ย่อยได้	9.21	8.71	7.76	0.38	0.42
ที่ดูดซึมได้	8.83	5.56	6.62	0.50	0.15

หมายเหตุ [a,b,] ค่าเฉลี่ยในแนวเดียวกันมีอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean) , T1 = เปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมัก, T2 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมน้ำพืชหมัก 0.5%, T3 = เปลือกลูกตาลหมักที่เติมกากน้ำตาล 0.5%

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี พบว่าน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ที่เติมน้ำตาลกลูโคส มีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคสูง (7.91 Log10 cfu/ml) ส่งผลให้ปริมาณกรดแลคติคที่สูง (0.61%) มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูง (233.62 mg/ml) และยังส่งผลให้ค่า pH ลดต่ำลง (2.87) นอกจากนี้พบว่าน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่ที่เติมน้ำตาลกลูโคสที่บ่มเป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง มีจำนวนแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค (7.92 Log10 cfu/ml) จำนวนเชื้อราและยีสต์ (7.67 Log10 cfu/ml) น้อยกว่าน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดอื่นๆ ดังนั้นน้ำพืชหมักจากหญ้ารูซี่จึงเหมาะสำหรับนำไปใช้ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพพืชหมัก

จากการศึกษาการปรับปรุงเปลือกลูกตาลหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคจากน้ำพืชหมักจากหญ้าเนเปียร์, หญ้ารูซี่ และหญ้ากินนี (Fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria; FJLB) โดยหมักเป็นเวลา 21 วัน พบว่าเปลือกลูกตาลหมักทุกกลุ่มการทดลองมีค่า pH ระหว่าง 3.15 -3.49 โดยเปลือกลูกตาลที่หมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีที่เติมน้ำตาลกลูโคสมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในหลอดทดลองสูง (39.30%) มีปริมาณของแอมโมเนียไนโตรเจน (18.80 mg%) และปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดสูง (69.35 mmol/l) กว่าเปลือกลูกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ดังนั้นเปลือกลูกตาลหมักร่วมกับน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีที่เติมน้ำตาลกลูโคสจึงเหมาะสำหรับนำมาใช้ปรับปรุงเปลือกลูกตาลหมักเพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

จากการศึกษาผลของการหมักเปลือกลูกตาลโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคจากน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนี ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และการย่อยได้โภชนะในแพะพันธุ์ลูกผสม (พื้นเมือง x บอร์) จำนวน 9 ตัว เพศผู้ มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 13.67 ± 0.58 กิโลกรัม อายุเฉลี่ย 3 – 4 เดือน โดยแพะทุกตัวจะได้รับอาหารหยาบและน้ำอย่างเต็มที่ เลี้ยงเป็นระยะเวลา 45 วัน พบว่าแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีปริมาณการกินได้ สมรรถนะการเจริญเติบโต ปริมาณกลูโคส ยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด และสมดุลไนโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกในปัสสาวะ ($P < 0.05$) โดยแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักที่เติม

น้ำพืชหมักมีค่าไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะสูง (3.15%) กว่าแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ

นอกจากนี้แพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักที่ไม่เติมน้ำพืชหมักมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนต่ำกว่า (57.64%) แต่มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเฮมิเซลลูโลส (89.44%) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเซลลูโลส (85.13%) และสัมประสิทธิ์ของพลังงานที่ย่อยได้ (63.39%) สูงกว่าแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามแพะที่ได้รับเปลือกลูกตาลหมักในทุกกลุ่มการทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ดังนั้นแบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักจากหญ้ากินนีสามารถใช้ปรับปรุงเปลือกลูกตาลหมักได้ เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทนในการเลี้ยงแพะได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาน้ำพืชหมักจากหญ้าชนิดอื่นๆ เช่นหญ้า ขน ไมยราบ หรือจากพืชชนิดอื่น โดยพืชที่จะนำมาหมักไม่ควรแก่ หรืออ่อนจนเกินไป ลำต้นอวบน้ำ ควรตัดในช่วงที่ให้ผลผลิตสูง และมีคุณค่าทางอาหารที่เพียงพอ

2. ควรนำน้ำพืชหมักที่ได้นำไปปรับปรุงกระบวนการหมักของเศษเหลือทางการเกษตรชนิดอื่นๆ ได้แก่ ยอดอ้อย ข้าวฟ่าง และเปลือกข้าวโพด เป็นต้น

3. เปลือกลูกตาลก่อนหมักไม่ควรสับให้มีขนาดเล็กเกินไป เพราะจะทำให้พืชหมักเละ และมีปริมาณของกรดสูง จึงควรสับให้มีขนาดประมาณ 3 – 5 เซนติเมตร นอกจากนี้เปลือกลูกตาลจะมีลักษณะของเปลือกที่แข็ง และส่วนของเปลือกลูกตาลมีเส้นใยอยู่สูงจึงควรเลือกใช้ส่วนของเปลือกลูกตาลอ่อน

4. ในการใช้เปลือกลูกตาลหมักในการเลี้ยงแพะ เกษตรกรควรให้แพะได้ลองกินเปลือกลูกตาลหมักในปริมาณที่น้อยๆ ก่อน เพื่อให้สร้างความคุ้นเคยกับอาหารเพราะถ้าให้เลยแพะอาจไม่กินอาหาร เนื่องจากเปลือกลูกตาลหมักมีความน่ากินต่ำ และมีความชื้นสูง

5. แพะมีนิสัยชอบกินอาหารหลายๆอย่างพร้อมกัน ในการเลี้ยงแพะเกษตรกรควรมีการเสริมอาหารชนิดอื่นด้วย เช่น เสริมด้วยกระถินสด หญ้าสดหรือหญ้าแห้งตามที่หาได้ในท้องถิ่น เป็นต้น หรือมีการเสริมด้วยอาหารข้น เพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตเนื่องจากเปลือกลูกตาลหมักมีโปรตีนค่อนข้างต่ำ

รายการอ้างอิง

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2545). **หญ้ารูซี่.** โครงการหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้านการเกษตร เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กรมปศุสัตว์, สถิติปศุสัตว์ ศูนย์สารสนเทศ. (2555). **สถานการณ์การผลิต การบริโภคและการตลาดแพะในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง.** สรุปข้อมูลและสถิติจำนวนแพะ และเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะประจำปี 2555. กรมปศุสัตว์ พญาไท กรุงเทพฯ.

กรมปศุสัตว์. (2547). **มาตรฐานพืชอาหารหมักของกองอาหารสัตว์.** โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กระทรวงเกษตร และสหกรณ์. (2558). **ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยง แพะ แกะ รายเขตปศุสัตว์ ปีงบประมาณ 2558**. เข้าถึงได้เมื่อ 5 มิถุนายน. เข้าถึงจาก http://ict.dld.go.th/th2/images/ stories/stat_web/yearly/2558/7.goatsheep_region.pdf

กฤตพล สมมาตย์. (2535). “อิทธิพลของการเสริมเชื้อยีสต์ (Saccharomyces cerevisiae) ต่อการใช้ (Saccharomyces cerevisiae) ต่อการใช้ประโยชน์ของโปรตีน และรูปแบบของขบวนการหมัก ในกระเพาะหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลัก.” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2537). **แผนปฏิบัติงานประจำปี 2538 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.** เอกสารโรเนียว 5 หน้า.

_____. (2554). **หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1**. เข้าถึงเมื่อ 10 พฤษภาคม. เข้าถึงได้จาก webkc.dede.go.th/webmax/sites/default/files#74/z/คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์. pdfcom/2009/09/blog-post.html.

กันยา พลแสน และคณะ. (2555). “ผลการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยด้วยยูเรีย และการใช้ยูเรียร่วมกับเมล็ดถั่วเหลืองดิบบด ต่อคุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้โดยวิธี In Vitro technique.” ใน **ศตวรรษใหม่แห่งการปรับปรุงพันธุ์พืช**, 531 – 535 หน้า.

เกษศิรินทร์ รัทจร และคณะ. (2551). “การจำแนกเพศตาลโตนดโดยใช้ลักษณะพฤกษศาสตร์และเครื่องหมายเอเอฟแอลพี.” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยทักษิณ.

แก้วเจ้าจอม. (2552). **หญ้ารูซี่.** เข้าถึงเมื่อ 1 เมษายน. เข้าถึงได้จาก http://saranaruu.blogspot.

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

จันทกานต์ อรณนันท์. (2545). กระบวนการหมักพืชอาหารสัตว์และการปรุงแต่ง. ข่าวพืชอาหารสัตว์. 7, 1 : 11 – 19 หน้า.

จันทร์เพ็ญ ชุมแสง และ พิทักษ์ อุปัญญ์. (2554). **การมีส่วนร่วมของประชาชนในการผลิตพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือทิ้งของตาลโตนด เพื่อเป็นพลังงานทางเลือก ในเขตอำเภอคีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 122 หน้า

_____. (2557). “การสร้างมูลค่าเพิ่มวัสดุเหลือทิ้งจากตาลโตนด.” เป็นเอกสารประกอบการอบรม การถ่ายทอดเทคโนโลยีการสร้างมูลค่าเพิ่มวัสดุเหลือทิ้งจากตาลโตนดแบบมีส่วนร่วมของชุมชน โดยการจัดการองค์ความรู้ภาคปฏิบัติการชุมชน.

จารุณี อิ่มเอิบ และคณะ. (2551). “องค์ประกอบทางเคมี และค่าการสลายตัวในกระเพาะรูเมนของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุของทางปาล์มน้ำมัน.” การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46: 46 - 55. หน้า

จารุพันธ์ ทองแถม. (2526). **สับปะรด และอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย.** อักษรวิทยา กรุงเทพฯ. 158 หน้า

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และคณะ. (2524). “การศึกษาเปรียบเทียบการใช้หญ้าสดกับเปลือกสับปะรดเป็นอาหารโค.” **รายงานผลการวิจัยสาขาผลิตปศุสัตว์.** 76 – 85 หน้า.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. (2547). “การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง.” **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547**. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 562 – 581 หน้า.

ฉลอง วชิราภากร. (2541). **โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น.** ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. โครงการหนังสืออิเล็กทอนิกส์ ด้านการเกษตร เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. เข้าถึงเมื่อ 10 เมษายน. เข้าถึงได้ที่ http://agebook.lib.ku.ac.th/ebooks/2015/20150094/index.html

ฉันทนา น่วมนาน. (2549). “กรรมวิธีการผลิตข้าวโพดหมัก คุณภาพดีและการประเมินคุณภาพและคุณค่า ทางโภชนะใช้เลี้ยงโคนม.” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เฉลา พิทักษ์สินสุข, จริยา บุญจรัชชะ และจีรพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์. (2553). “การรวบรวมและจัดทำข้อมูลด้านคุณค่าทางโภชนะของพืชอาหารสัตว์.” **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2553**. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชาญชัย มณีดุล. (2532). “การเพิ่มผลผลิตทุ่งหญ้าโดยใช้หญ้าพันธุ์ดีกว่า เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรอาหารโคเนื้อ – โคนม.” ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ กาแพงแสน จ.นครปฐม.

ฐิติมา นรโภค และคณะ. (2529). “ผลของการใช้สารเสริมต่อคุณค่าทางโภชนะและคุณภาพของการผลิตกากมันสำปะหลังหมัก.” **แก่นเกษตร** 44 ฉบับพิเศษ 2.

ณัฐฐา รัตนโกศล. (2552). “การหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับแพะ.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 140 หน้า.

ทิพย์วรรณ ปริพัฒนานนท์. (2531). “คุณค่าทาง โภชนะและการใช้เปลือกข้าวโพดฝักอ่อนเป็นอาหารสัตว์.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธาตรี จีราพันธุ์. (2549). “อาหารและการให้อาหารสัตว์. ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม.” เอกสารประกอบการสอนวิชาอาหารและการให้อาหารสัตว์. เข้าถึงเมื่อ 10 เมษายน. เข้าถึงได้ที่ http://elearning.nsru.ac.th/web_elearning/animal/ lesson7_3.php.

นิรนาม. (2553). “สายพันธุ์แพะ.” เข้าถึงเมื่อ 16 กรกฎาคม. เข้าถึงได้จาก https://goatsandsheep.wordpress.com/2010/07/16/sheep/.

_____. (ม.ป.ป.). **หญ้ากินนีสีม่วง ประโยชน์ และการปลูกหญ้ากินนีสีม่วง**. เข้าถึงเมื่อ 1 เมษายน. เข้าถึงได้จาก http://puechkaset.com/%E0%B8%AB%E0%B8%8D%E0%B9%89% B5%E0%B8%AA%E0% B8%B5% E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%87/.E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%99%E0% B8%jpg.

นิรันดร หนักแดง. (2549). “ผลของหญ้าแพงโกล่าหมัก ร่วมกับหัวเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่ถูกฉายรังสีให้กลายพันธุ์ต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนม.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

บุญนำพา ค่างเหลา และคณะ. (2550). “ผลของเยื่อใยจากถั่วลิสงและฟางข้าวในสูตรอาหารผสมเสร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะ.” **วารสารสัตวแพทย์ศาสตร์ มข.** 17, 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม): 22 - 32.

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

_____. (2541). **โภชนศาสตร์สัตว์.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

_____. (2546). **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์.** ปรับปรุงครั้งที่ 2 , อ.เมือง จ.เชียงใหม่, 202 หน้า.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2542). พื้นฐานสัตวศาสตร์. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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

บุษกร อุตรภิชาติ. (2548) . “มารู้จัก “แบคทีเรียกรดแลคติค” กันเถอะ.” **วารสารวิทยาศาสตร์ทักษิณ** 2, 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม): 18 – 33 หน้า.

ปิ่น จันจุฬา, พัชรินทร์ ภักดีฉนวน และสุธา วัฒนสิทธิ์. (2556). “ผลของกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารแพะต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก สมดุลไนโตรเจน และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะ.” **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์** รหัสโครงการ NAT5 5 0 2 8 8 S. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประจำปีงบประมาณ 2555.

พรพรรณ แสนภูมิ และคณะ. (2559). “ผลของระดับการใช้เปลือกตาลหมักร่วมกับเปลือกสับปะรดทดแทนกระถินเพื่อเป็นอาหารหยาบทดแทนในช่วงฤดูแล้งต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม.” **แก่นเกษตร** 44, ฉบับพิเศษ 1: 13 - 18

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2554). **ชนิดของแบคทีเรียกรดแลคติคที่เกี่ยวข้องกับการหมัก.** เข้าถึงเมื่อ 16 พฤษภาคม. แหล่งที่มา: www.surathai.net/images/1102996611/yeast01.

พีรพจน์ นิติพจน์ และคณะ. (2547). “ผลของการใช้กากมันสำปะหลังทดแทนมันเส้น ต่อพฤติกรรมการกินอาหาร ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และการเจริญเติบโต ในโคนมเพศเมียรุ่น.” ใน: เอกสารการประชุมสัมมนาวิชาการเกษตรแห่งชาติ ประจำปี 2547 สาขาสัตวศาสตร์/สัตวบาล โรงแรมโซฟีเทลราชาออคิด ขอนแก่น. 541 – 546 หน้า.

พีระวัฒน์ ณ มณี, เสาวนิต คูประเสริฐ และ วันวิสาข์ งามผ่องใส. (2554). “การใช้เศษเหลือของสับปะรดเป็นอาหารหยาบของแพะ.” **แก่นเกษตร** 39: 399 – 412 หน้า.

ภัทรภร ทัศพงษ์. (2556). “การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Ruminants Production).” เอกสารประกอบการเรียนการสอน สำหรับนิสิตสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

มนต์ชัย ดวงจินดา. (2544). **การใช้โปรแกรม SAS เพื่อวิเคราะห์งานวิจัยทางสัตว์.** ปรับปรุงครั้งที่ 2.ขอนแก่น : โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา ภาควิชาสัตวศาสตร์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน, และคณะ. (2547). “ผลของระดับยูเรียและมันเส้นในสูตรอาหารข้นสำหรับโคนม.” ใน: การประชุมสัมมนาวิชาการเกษตรแห่งชาติประจำปี 2547 “ปศุสัตว์อาหารมาตรฐานโลก” (สาขาสัตวศาสตร์/สัตวบาล), 27 - 28 มกราคม 2547, โรงแรมโซฟีเทลราชาออคิดจังหวัดขอนแก่น. 239 – 254 หน้า.

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

วรพงษ์ สุริยจันทราทอง และวิภา ตั้งนิพนธ์. (2528). “ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุเหลือใช้ยางอย่างจากโรงงานอาหารกระป๋องสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์.” เอกสารเผยแพร่อัดสำเนา 13 หน้า.

วรพงษ์ สุริยจันทราทอง. (2529). “ความหมายและความสำคัญของเยื่อใยในอาหารสัตว์” เอกสารประกอบการสอนวิชาโภชนะศาสตร์เคี้ยวเอื้อง ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิชาการดอทคอม. (2557). **เนเปียร์ จาก “หญ้าเลี้ยงช้าง” สู่พืชพลังงานแห่งอนาคต**. เข้าถึงเมื่อ 1 เมษายน. เข้าถึงได้จาก http://www.vcharkarn.com/varticle/58938 .

วินัย ประลมพ์กาญน์. (2542). **การผลิตเนื้อและแพะนมในเขตร้อน.** นครศรีธรรมราช : สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล และ อังคนา สุขบุญ. (2541). “ผลการยับยั้งซัลโมเนลลาของแบคทีเรียแลกติกที่แยกจากไส้กรอกเปรี้ยว.” **วารสารสงขลานครินทร์.** 20: 429 – 436 หน้า.

วีระ กสานติกุล. (2536). **การศึกษาคุณภาพของหญ้าและถั่วอาหารสัตว์เขตร้อนบางชนิดที่ระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย. 111 หน้า.

วีระพล พูนพิพัฒน์. (2547). “การใช้หญ้าแพงโกล่าหมักเลี้ยงโคเนื้อ.” **รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2547**. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, กรุงเทพมหานคร.

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

สดุดี พงษ์เพียจันทร์, จันทกานต์ อรณนันท์ และ สมพล ไวปัญญา. (2551). “การเพิ่มคุณภาพหญ้าเนเปียร์หมักโดยใช้สารเสริมชนิดต่างๆ.” **รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2551**. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เลขทะเบียนวิจัย 47 (1) (47 : 2) - 0514 – 045: 86 – 99 หน้า.

สมเกียรติ สายธนู. (2528). “การเลี้ยงแพะ.” สิ่งพิมพ์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา.

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

สันติ หมัดหมัน และคณะ. (2555). “ผลของการหมักทางใบปาล์มน้ำมันร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆต่อปริมาณการกินได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในโคพื้นเมือง.” **แก่นเกษตร** 40: 79 – 92 หน้า.

สายัณห์ ทัดศรี. (2522). **หลักการทำทุ้งหญ้าเลี้ยงสัตว์.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์อักษรสยาม. 455 หน้า.

_____. (2540). **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน**: การผลิตและการจัดการ. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ลินคอร์น. 376 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2555). “สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญ และแนวโน้ม ปี 2555.” เข้าถึงเมื่อ 5 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จาก http://www.oae.go.th/download/journal/trends 2555.

สำราญ วิจิตรพันธ์ และ พรชัย ล้อวิลัย. (2554). “อิทธิพลของอายุการตัดที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของหญ้าเนเปียร์ยักษ์ภายใต้การให้น้ำชลประทาน.” **วารสารวิจัย** 16, 3: 215 – 244 หน้า.

สุนีย์ นิธิสินประเสริฐ และคณะ. (2543). “การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์พื้นเมืองเพื่อใช้เป็นสารเร่งทางชีวภาพสำหรับการหมักไซเลจ.” **ว.วิทย มข.** 31 – 43 หน้า.

สุภาพรรณ เพ็งเพชร. (2555). “1 - 2 คุณภาพหญ้าอาหารสัตว์เพื่อการเลี้ยงสัตว์.” วิชา 1201783 หัวข้อพิเศษ 2 วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการเกษตร วิชาเอกพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

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

เสมอใจ บุรีนอก และคณะ. (2554). “คุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนะของหญ้ากินนีสีม่วงและถั่วอาหารสัตว์หมัก”. **แก่นเกษตร** 39: 137 – 146 หน้า.

_____. (2557). “ผลของการใช้แบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำพืชหมักเป็นสารโพรไบโอติกต่อจุลินทรีย์ในไก่เนื้อ”. **แก่นเกษตร** 42, ฉบับพิเศษ 1: 267 – 272 หน้า.

เสมอใจ บุรีนอก. (2554). “การใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักเป็นสารเสริมชนิดใหม่ในพืชหมักเขตร้อน”. แก่นเกษตร 39: 85 – 98 หน้า.

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

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

องอาจ อินทรสังข์ และคณะ. (2550). “ปริมาณผลผลิต และคุณภาพของหญ้าเนเปียร์ 8 สายพันธุ์ใน 4 ภูมิภาคของประเทศไทย.” ในรายงานการวิจัยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปี 2547.

อนันต์ ขวัญศิริกุล. (2549). “ผลของการทดแทนมันเส้น ด้วยเปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหารผสม สำเร็จที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารเยื่อใยต่อ ปริมาณการกินได้การย่อยได้และสมรรถนะ การเจริญเติบโตของแพะรุ่น.” รายงานการศึกษาอิสระปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อภิญญา แสงสุวรรณ. (2546). “การผลิตปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์.” วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิสาขาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย.

อัจฉรา และ คณะ. (2557). “ผลของการใช้หญ้ามูล้าโต 2 และถั่วฮามาต้า ในรูปแบบสดและหมักต่อการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และองค์ประกอบของกรดไขมันในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะเนื้อ.” **สัตวแพทย์มหานครสาร** 9, 1: 23 – 36 หน้า.

อานัฐ ตันโช. (2549). เกษตรธรรมชาติประยุกต์. ปทุมธานี : สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีแห่งชาติ. 300 หน้า.

อารีรัตน์ ลุนผา. (2546). “แลคติคแอซิดแบททีเรีย.” ทางเลือกใหม่ในการเพิ่มคุณภาพของพืชหมัก. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการเกษตร วิชาเอกสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

Ammar A. A., A. A. Berhe., and T. A. Ghezzehei. (2013). “A new method for rapid determination of carbohydrate and total carbon concentrations using UV spectrophotometry.” **Carbohydrate Polymers**. 97: 253 – 261 pp.

Anonymous. (n.d.). **G. Cellular Respiration (9)**. Accessed April 11. Available from https://semoneapbiofinalexamreview.wikispaces.com/G.+Cellular+Respiration+(9).

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

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.

Briggs, P. K., J. P. Hogan, and R. L. Reid. (1957). "The effect of volatile fatty acid, lactic acid and ammonia on rumen pH in sheep." **Australian Journal of Agricultural Research**. 8, 6: 674 – 690 pp.

Bureenok, S., et al. (2005a). "Additive effects of fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria on the fermentative quality of guineagrass (Panicummaximum Jacq.) silage." **Japanese Society of Grassland Science**. 51: 243 – 248 pp.

_____. (2005b). "Fermentative quality of guineagrass silage by using fermented juice of the epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) as a silage additive." **Asian-Aust. Journal. Anim. Sci.** 10: 807 – 811 pp.

Bureenok, S. , W. Suksombat, and Y. Kawamoto. (2011). "Effects of the fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and molasses on digestibility and rumen fermentation characteristics of ruzigrass (Brachiaria ruziziensis) silages." **Livestock Science**. 138: 266 – 271 pp.

Bureenok, S., T. et al. (2006). "The effect of epiphytic lactic acid bacteria with or without different byproduct from defatted rice bran and green tea waste on napiergrass (Pennisetum purpureum Schumach) silage." **J. Sci. Food Agric**. 86: 1073 – 1077 pp.

Cai, Y., et al. (1999). Effect of applying lactic acid bacteria isolated from forage crops on fermentation characteristics and aerobic deterioration of silage. **J. Dairy Sci**. 82: 520 – 526 pp.

Cai, Y., S. Ohmomo and S. Kumai. (1994). "Distribution and lactate fermentation characteristics of lactic acid bacteria on forage crops and grasses." **J. Japan Grassl. Sci.** 39: 420 – 428 pp.

Cecilia, L. F. et al. (2007). "Forage Quality: Techniques for Testing." **Fresh produce**. 1: 121 – 131 pp.

Chanjula, P., A. Mesang and S. Pongprayoon. (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 pp.

Chumpawadee, S., et al. (2005). "Nutritional evaluation of non forage high fibrous tropical feeds for ruminant using In Vitro gas production technique." **Walailak J Sci & Tech**. 2 (2): 209 – 218 pp.

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

Ellis, J. L., et al. (2016). "The effect of lactic acid bacteria included as a probiotic or silage inoculant on in vitro rumen digestibility, total gas and methane production." **Anim Feed Sci Tech**. 211: 61 – 74 pp.

Frank, D., et al. (2001). "Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with Lactobacillus Buchneri, with or without homofermentative lactic acid bacteria." **Grass and Forage Sci.** 56: 330 – 343 pp.

Frank, D., et al. (2000). "Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with Lactobacillus buchneri alone in mixture with Pediococcus pentosaceus and Lactobacillus plantarum." Available : www.precisievoeding.nl/documenten/poster 04-2000 driehuis.pdf.

Fraser, M. et al. (2001). "The effect of harvest date and inoculation on the yield, fermentation characteristics and feeding value of Kale silage." **Grass and forage Sci.** 56: 151-161 pp.

Goering, H. K. and P. T. Van Soest. (1970). **In Forage Fiver Analysis**. USDA, ARS. Agricultural Handbook. Washington. 379 pp.

Haigh, P.M. (1990). "Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms". **Grass Forage Sci.** 45: 263 – 271 pp.

Humphrey. (1991). "Tropical pasture utilization." Cambridge university press, Cambridge.

Kaneko, J. J. (1980). "Appendixes." In: Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 3rd ed. In **J. J. Kaneko (ed.)**. New York, Academic Press.

Klaenhammer, TR. (1998). "Bacitracin of lactic acid beacteria." **Biochimic.** 70: 337 – 349 pp.

Kozaki. M., T. Uchimura. and S. Okada. (1992). "Experimental Manual of Lactic acid bacteria." **Asakurashoten Tokyo, Japan (Jpn).** 6 - 16 pp.

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.

Lloyd, S. (1982). "Blood characteristics and the nutrition of ruminants." **Br. Vet. J.** 138: 70 – 85 pp.

Luginbuhl, J. M. and M. Poore. (1998). "Nutrition of Meat Goats." Department of Animal Science, North Carolina State University. Raleigh, NC. Available at: http://www.cals.ncsu.edu/an_sci/extension/animal /meatgoat/MGNutr.htm.

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. et al. (1991). "The biochemistry of silage." 2nd Chalcombe Publications, Marlow, UK.

_____. (2011). **Animal Nutrition**. (7th ed). Pearson, Harlow, England. 692 pp.

Mehrez, A. Z., E. R. Ørskov and I. McDonald. (1977). "Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration." **Br. J. Nutr.** 38: 437 – 443 pp.

Milford, R. and D. J. Minson. (1964). "Intake of tropical pasture species" In Proceedings of the XI International Grassland Congress, Brazil.

Minson, D. J. (1990). Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, San Diego. CA.

Muck, R. E. (1996). "A latic acid bacterial strain to improve aerobic stability of silage. Research Summaries. Madison, WI. 46 – 47 pp.

Niimi, M. and O. Kawamura. (1998). "Degradation of cell wall constituents of Guineagrass (Panicum maximum Jacq.) during ensiling." **J. Jpn. Grassl. Sci.** (Jpn.). 43: 413 – 417 pp.

Nishino, N. and S. Uchida. (1999). "Laboratory evaluation of previously fermented juice as a fermentation stimulant for Lucerne." **J. Sci. Food Agric**. 79: 1285 – 1288 pp.

Nousiainen, J., Shingfield, K. J. and Huntama, N. P. (2004). "Evaluation of milk urea nitrogen as diagnostic of protein feeding." **J. Dairy Sci.** 87: 386 – 395 pp.

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

Ørskov ER and M Ryle. (1998). "Energy nutrition in ruminants." Lincoln. Chalcombe Publications.

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.

Russell, J. B., and D. B. Wilson. (1996). "Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH." **J. Dairy Sci.** 79:1503 – 1509 pp.

Saenphoom, P., et al. (2016). "Nutritive value, digestibility and gas production of fermented sugar palm peel with pineapple peel". **Silpakorn U Science & Tech J.** 10, 1: 32 – 37 pp.

Satter, R.D., and R.R. Slyter. (1974). "Effect of ammonia concentration on ruminal microbialprotein production in vitro." **J. Nutr.** 32: 199-208

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

Seanphoom, P. et al. (2015). "Nutritive Value, Digestibility and Gas Production of Fermented Sugar Palm Peel with Pineapple Peel." **Silpakorn University Science and Technology Journal.** 10, 1: 32 – 37 pp.

Sommart, K. et al. (2000). "Fermentation characteristics and microbial protein synthesis in an in vitro system using cassava, rice straw and dried ruzi grass as substrates." **Asian Australasian Journal of Animal Sciences.** 13, 8: 1084 – 1093 pp..

Teimouri, Y. et al. (2004). "Effect of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity digestibility and performance of Holstein dairy cows." **J. Dairy Sci.** 87: 3912 – 3924 pp.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. (1991). "Method for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in reaction to animal nutrition." **J. Dairy. Sci.** 74: 3583 – 3597 pp.

Weinberg, Z. G. and R. E. Muck. (1996). "New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage." **FEMS Microbiol. Rev**. 19: 53 – 68 pp.

Windschitl, P. M. (1991). "Lactatinal performance of high producing dairy cows fed diets containing salmal meal and urea." **J. Dairy. Sci.** 74: 3475 – 3483 pp.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพแสดงการเตรียมการทดลอง

ภาคผนวก ก

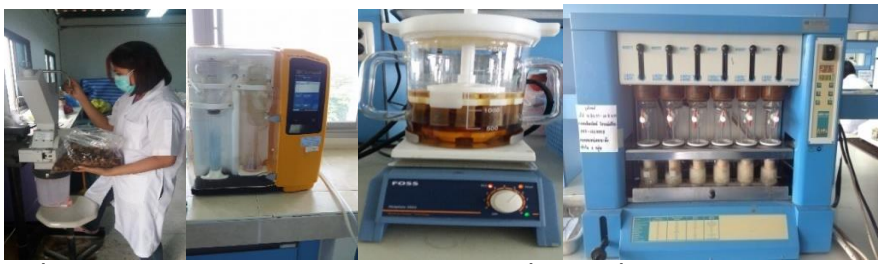
ภาพแสดงการเตรียมการทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 1 การเตรียมน้ำพืชหมัก คือ นำหญ้าเนเปียร์ หญ้ารูซี่ หญ้ากินนี ตัดให้มีขนาดเล็กลงแล้วนำมาปั่นร่วมกับน้ำกลั้น และเติมน้ำตาลกลูโคสตามสัดส่วนที่กำหนด และบ่มเป็นระยะที่กำหนด

ภาพภาคผนวกที่ 2 นำน้ำพืชหมักไปวิเคราะห์ต่อ โดยทำการวัดค่า pH หาปริมาณจุลินทรีย์โดยวิธี pour plate หาปริมาณน้ำตาล และปริมาณกรดแลคติค

ภาพภาคผนวกที่ 3 ทำการเก็บตัวอย่างเปลือกลูกตาลในจังหวัดเพชรบุรี หลังจากนั้นทำการสับให้มีขนาดเล็กลงแล้วนำไปชั่งในอัตราส่วนที่กำหนด หมักลงในโหลพลาสติก

ภาพภาคผนวกที่ 4 เมื่อครบกำหนดหมัก นำอาหารหมักออกประเมินคุณภาพพืชหมักทางกายภาพ



ภาพภาคผนวกที่ 5 นำตัวอย่างอาหารหมักไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิธี Proximate analysis ได้แก่ โปรตีน ไขมัน วัตถุแห้ง เถ้า และพลังงาน เป็นต้น และวิเคราะห์เยื่อใย ได้แก่ NDF, ADF, ADL เป็นต้น

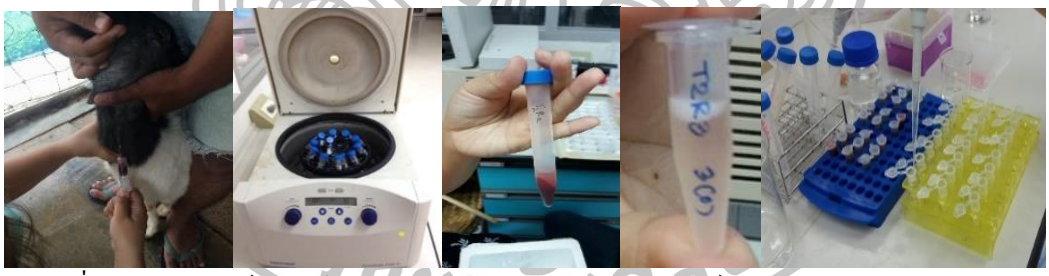
ภาพภาคผนวกที่ 6 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารหมักที่อบแห้งแล้ว นำบรรจุลงขวดวัคซีนและปิดฝาให้สนิทลงในถาดแต่ละถาด หลังจากนั้นนำสารเคมีที่ใช้ในการทดลองเตรียมสารละลายที่ประกอบด้วยสารละลายบัพเฟอร์, สารละลายแร่ธาตุต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ใส่ลงในภาชนะขวดรูปชมพู่

ภาพภาคผนวกที่ 7 การเก็บของเหลว (Rumen fluid) จากกระเพาะหมักโคผสมกับสารละลายที่เตรียมไว้ในขวดรูปชมพู่ หลังจากนั้นนำน้ำย่อยที่ผสมเข้ากันแล้วดูดใส่ขวดวัคซีนที่มีตัวอย่างอาหารขวดละ 0.5 กรัม ลงขวดทดลองละ 40 มิลลิลิตร ทำการระบายแก๊สก่อนจับเวลาและนำเข้าตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39 ^{o}C

ภาพภาคผนวกที่ 8 วัดผลผลิตแก๊ส 96 ชั่วโมง ทำการสุ่มขวดตัวอย่างมาวัดค่าการย่อยได้ในช่วงเวลาที่ 24 ชั่วโมง โดยกรองใส่กระดาษกรอง ชั่งน้ำหนักและบันทึกผลแล้วนำเข้าเข้าตู้อบเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 100 - 105 ^{o}C จากนั้นชั่งน้ำหนักและบันทึกผลอีกครั้งเพื่อนำมาคำนวณหาค่าการย่อยได้

ภาพภาคผนวกที่ 9 ทำความสะอาดโรงเรือน และอุปกรณ์ที่ใช้เลี้ยงแพะ แล้วพักโรงเรือนประมาณ 7 วัน ชั่งน้ำหนักแพะก่อนเข้าการทดลอง, สุ่มแพะเข้าการทดลอง แล้วทำการถ่ายพยาธิ และทำการปรับสัตว์ 7 วัน จากนั้นชั่งน้ำหนักแพะหลังปรับสัตว์

ภาพภาคผนวกที่ 10 ทำการเก็บมูล และปัสสาวะ ทุกๆ 15 วัน ตลอดช่วงการทดลอง และทำการสุ่มมูล และปัสสาวะประมาณ 10% ของมูลและปัสสาวะทั้งหมด เพื่อนำไปหาค่าการย่อยได้ ส่วนปัสสาวะ นำไปหาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะโดยใช้วิธี Kjedahl method (AOAC, 1990)



ภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์หายูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด และวิเคราะห์หากลูโคสในกระแสเลือด ตามวิธีการทดลอง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวแสง 540 นาโนเมตร

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar content)

วิธีการทดลอง

1. นำสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองเขย่าประมาณ 30 วินาที

2. อุณหภูมิของสารละลายตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นหลังจากเติมสารละลายกรดซัลฟูริก จึงต้องตั้งทิ้งไว้ 10 - 15 นาที เพื่อให้อุณหภูมิเย็นลง

3. หลังจากนั้นนำตัวอย่างมาวัดการดูดแสงยูวีที่ 315 นาโนเมตร อ่านค่าโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer วัดความเข้มข้นของแสงรังสียูวี (Ammar et al., 2013)

การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์กรดแลคติค (AOAC, 1990)

การเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล (Normality, N)

1. ทำการชั่ง NaOH ประมาณ 4 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วทำการปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

2. หลังจากนั้นชั่งโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต (Potassium hydrogen phathalate: KHP) น้ำหนักประมาณ 2.0423 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วจึงปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

3. ปิเปตสารละลายมาตรฐาน KHP ที่เตรียมได้จากข้อที่ 2 ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วจึงนำมาไตเตรทกับสารละลาย NaOH ที่เตรียมไว้โดยฟีนอล์ฟทาลีนแป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณหาค่าความเข้มข้นมาตรฐานของ NaOH

วิธีการคำนวณ

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

กำหนดให้ N_1 = ความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (N)

V_1 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต

N_2 = ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานของ KHP (N)

V_2 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน KHP ที่ใช้ในการไตเตรท

การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์กรดแลคติค

นำตัวอย่างส่วนใสที่ทำการปั่นเหวี่ยงแล้วปริมาณ 2 มิลลิลิตร มาเจือจางส่วนใสด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 100 มิลลิลิตร หลังจากนั้นหยดฟีนอล์ฟทาลีน 2 หยด และทำการไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล ทำการจดบันทึกปริมาณที่ใช้ในการไตเตรทเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดแลคติค

วิธีคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดแลคติค} = \frac{(N \times V1 \times 90.08 \times 100)}{1000 \times V}$$

กำหนดให้ N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มัล)

V1 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)

V2 = ปริมาณของสารตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร/กรัม)

น้ำหนักโมเลกุลของกรดแลคติค ($C_3H_6O_3$) = 90.8

วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

การตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างอาหารด้วยวิธี Pour plate เป็นการนับเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิต (Viable count) โดยการตรวจการเกิดโคโลนี บนอาหารที่เหมาะสม เพื่อเป็นการตรวจปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างอาหาร Plate count agar เป็นอาหารแข็งที่ใช้ในการตรวจนับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด หรือ เรียกว่า Total plate count ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์และเชื้อรา ที่เจริญในสภาวะที่มีออกซิเจน โดยวิธี Pour plate โคโลนีจะเกิดทั้งบนผิวหน้าและในอาหาร

อุปกรณ์

1. หลอดทดลอด
2. จานอาหารเลี้ยงเชื้อ (Petri dish)
3. ตู้บ่มเชื้อ ตั้งอุณหภูมิ 35-37 °C
4. ปิเปตที่ปราศจากเชื้อ (Sterile pipette 1 ml และ 10 ml)
5. เครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer)
6. ตะเกียงแอลกอฮอล์
7. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) 50 °C

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1. Bactobasilus MRS agar
2. Nutrient agar
3. Potato dextrose agar

วิธีการทดลอง

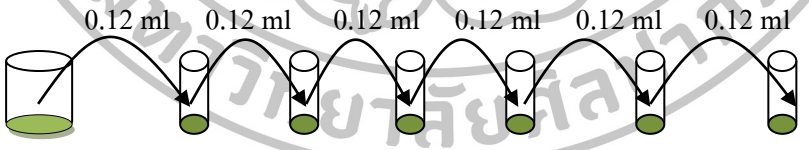
1. ชั่งผงอาหารเลี้ยงเชื้อตามปริมาณซึ่งแนะนำโดยบริษัทผู้ผลิต เทน้ำกลั่นรวมกับผงอาหารเลี้ยงเชื้อที่ชั่งไว้แล้วผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวอาจใช้ความร้อน หรือการกวนร่วมด้วยในระหว่างการผสม นำอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมเข้ากันดีแล้วไปทำให้ปราศจากเชื้อโดยการนึ่งด้วยหม้ออัดความดัน (Autoclave) โดยใช้อุณหภูมิ 121 ºC ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 10 - 15 นาที

2. ทำการเจือจางตัวอย่างเชื้อเริ่มต้น (Serial dilution) โดยการปิเปต 1 มิลลิลิตรของตัวอย่างอาหารที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ลงใน 0.85% Normal saline ปริมาตร 9 ml เป็นการเจือจาง 10^{-2} เท่า ถึง 10^{-7} เท่า ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เพื่อให้สามารถนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารได้

3. ให้เทอาหารเลี้ยงเชื้อ (Plate count agar) ที่มีอุณหภูมิ 45 - 50 °C ลงในจานอาหาร (Petri dish) ที่ปลอดเชื้อทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัวสำหรับการนับเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Pour plate

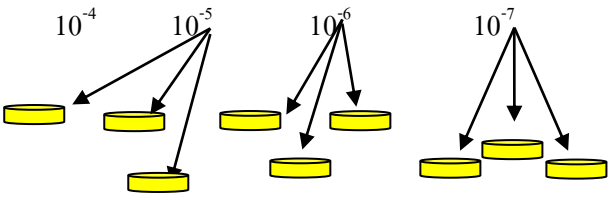
การแยกเชื้อจุลินทรีย์ :

Aseptically transfer 1 ml with sterile pipette



1 ml + 9 ml 1.08 ml 1.08 ml 1.08 ml 1.08 ml 1.08 ml 1.08 ml

Dilution Series: 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7}



1. ปิเปรต 0.1 มิลลิลิตรของการเจือจางที่ 10^{-5} ถึง 10^{-7} ลงในจานอาหารที่ปราศจากเชื้อ (Sterile petri dishes) จำนวน 3 ซ้ำ

2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ (Plate count agar) ที่มีอุณหภูมิประมาณ 45 ^{o}C แล้วทำการผสมให้เข้ากันด้วยหมุนจานอาหารเป็นวงกลมช้า ทิ้งให้อาหารแข็งตัว

3. แล้วนำจานอาหารไปบ่มที่ 35 - 37 °C เป็นระยะเวลานาน 18 - 24 ชม.

4. นับจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารในแต่ละความเจือจาง (30-300 โคโลนี) ทำการบันทึกผล

5. คำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เป็น Colony forming unit / gram (CFU/ml)

การคำนวณ

$$\frac{\text{CFU}}{\text{ml}} = \frac{\left(\frac{\text{Number of colonie}}{\text{Quantity plated}} \text{ x Dilution factor} \right)}{\text{milliliter of sample}}$$

มหาวิทยาลัยศิลปากร

แบบประเมินอาหารหมักทางกายภาพ

แบบประเมินพืชหมักทางกายภาพกองอาหารสัตว์กรมปศุสัตว์

หน่วยงานที่ประเมิน.....วันที่ประเมิน.....

ชื่อผู้ผลิต.....เลขหมายประจำตัวประชาชน.....

ที่อยู่.....

ชื่อพันธุ์พืช.....วัน/เดือน/ปีที่ผลิต.....

ลักษณะทางกายภาพ	คะแนน
1. กลิ่น - มีกลิ่นคล้ายผลไม้ดองหรือน้ำส้มสายชู (12 คะแนน) - มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย ไม่หอม (8 คะแนน) - มีกลิ่นฉุนมากและเหม็นเล็กน้อย (4 คะแนน) - มีกลิ่นเหม็นเน่าหรือกลิ่นของรา (0 คะแนน)	
2. เนื้อพืชหมัก - ใบและลำต้นที่ยังคงสภาพเดิมและไม่มีสิ่งเจือปน (4 คะแนน) - ใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยเล็กน้อยเป็นเมือก (2 คะแนน) - ใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยมากและพบสิ่งเจือปน (1 คะแนน) - เป็นเมือก เละ และสกปรกมาก (0 คะแนน)	
3. สี - เหลืองอมเขียวหรือสีกากี (3 คะแนน) - เหลืองอมเขียวหรือเขียวเข้ม (2 คะแนน) - น้ำตาลทอง (1 คะแนน) - น้ำตาลเข้มหรือดำ (0 คะแนน)	
4. pH - 3.5 – 4.2 (6 คะแนน) - 4.4 – 4.7 (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

การวัดค่า pH (Grigelom – Miguel et al. , 1999)

อุปกรณ์

1. พีเอช มิเตอร์ (pH – matter)
2. บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ตัวอย่างที่เป็นของแข็ง (อาหารหมัก) น้ำหนักประมาณ 5 กรัม ใส่ลงในบีเกอร์แล้วเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
2. วัดค่าความเป็นกรด ด่าง โดยใช้พีเอชมิเตอร์ที่ผ่านการปรับด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน พีเอช 4.0 และ 7.0

การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid, VFA)

ตัวอย่างของเหลวที่ได้จากการบ่มย่อย จะมีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (Volatile fatty acid, VFA) ละลายอยู่ภายในของเหลวนั้น สามารถประเมินค่าได้ด้วยวิธีการกลั่นควบแน่น ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) จะได้สารละลายของกรดไขมันระเหยได้ที่สามารถนำไปทำการไตเตรทกับด่าง (NaOH 0.04 N) จนถึงจุดยุติ (End point) จะสามารถคำนวณค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดได้

อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1. เครื่องย่อยและกลั่นโปรตีน
2. หลอดเคลดาห์ล (Kjeldahl flask)
3. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร

สารเคมีที่ใช้

1. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH 0.04 N)
3. ฟีนอล์ฟทาลีน อินดิเคเตอร์ (Phenolphthalein indicator)
4. เมทิลออเรนจ์ อินดิเคเตอร์ (Methyl orange indicator)
5. กรดอะซิติค 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร
6. น้ำกลั่น

วิธีการ

1. นำตัวอย่างออกจากตู้แช่แข็งปล่อยให้ละลาย (Thaw) แล้วทำการปั่นเหวี่ยงตัวอย่างที่ 4,400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 12 นาที สารละลายจะเกิดการตกตะกอน แล้วปิเปตสารละลายส่วนที่ใสปริมาณ 3 มิลลิลิตร ใช้ประเมินหากรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด

2. นำตัวอย่างที่ได้จากข้อที่ 1 ประมาณ 1 มิลลิลิตร แล้วละลายในน้ำกลั่น 99 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดย่อย (Kjeldahl flask) แล้วหยดเมทิลออเรนจ์ อินดิเคเตอร์ ประมาณ 5 หยด (สารละลายจะเป็นสีเหลืองส้ม)

3. เติม H_2SO_4 ประมาณ 1 มิลลิลิตร (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นส้มเป็นสีชมพูแดง)

4. ทำการกลั่นตัวอย่างทันทีหลังจากการเติมกรด H_2SO_4 แล้วทำการเก็บสารละลายโดยใช้ขวดรูปชมพู่เปล่า ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยทำการเก็บสารละลายที่ได้จากการกลั่นประมาณ 150 มิลลิลิตร

5. นำสารละลายที่ได้จากการกลั่น เติมฟีนอล์ฟทาลีน อินดิเคเตอร์ ประมาณ 10 หยด

6. ทำการไตเตรทสารละลายที่ได้ด้วย NaOH 0.04 N จนถึงจุดยุติ (สารละลายเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีชมพูอ่อน) ทำการจดบันทึกปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาแล้วนำค่าที่ได้ไปแปลผลโดยการคำนวณดังสมการ

$$\text{TVFA (mg//l)} = \frac{\text{ml NaOH x Normality x 60050}}{\text{ml sample x F}}$$

กำหนดให้ TVFA = กรดไขมันที่ระเหยได้รวม (มิลลิกรัม/ลิตร)

NaOH = ปริมาณด่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

Normality = ค่าที่แท้จริงของด่าง (NaOH) ที่ใช้

Sample = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

F = ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการกลั่นเก็บของเครื่องกลั่น

ประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งและปริมาณผลผลิตแก๊ส

วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ถังบรรจุ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
3. สายยางนำแก๊ส และอุปกรณ์แยกทางแก๊ส
4. ขวดปริมาตร 4 ลิตร
5. กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 100, 500 และ1000 มิลลิลิตร
6. ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flash) ขนาด 100 และ 1,000 มิลลิลิตร
7. กระติกน้ำร้อน (Thermos) ขนาด 2 ลิตร
8. กรวยกรอง
9. ผ้าขาวบางสำหรับกรองของเหลวจากกระเพาะรูเมน
10. ปิเปต (Pipet) ขนาด 0.5 และ1.0 มิลลิลิตร
11. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
12. กระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร (สำหรับถ่ายเทของเหลว)
13. กระบอกฉีดยาแก้วขนาด 20 มิลลิลิตร (สำหรับวัดปริมาตรก๊าซ)
14. เข็มฉีดยาเบอร์ 18 ยาว 1 นิ้ว (สำหรับถ่ายเทของเหลว)
15. เข็มฉีดยาเบอร์ 24 ยาว 1 นิ้ว (สำหรับวัดปริมาตรก๊าซ)
16. ขวดวัคซีนขนาด 50 มิลลิลิตร จุกยาง และฝาครอบอลูมิเนียม
17. เครื่องกวนสารให้ความร้อน (Hot plate stirrer)
18. ตู้อบ (Hot air oven) ยี่ห้อ MEMMERT

สารเคมีและการเตรียม (ต่อปริมาตร 1,800 มิลลิลิตร)

1. น้ำกลั่นปริมาณ 677.03 มิลลิลิตร
2. สารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer solution) ปริมาณ 451.36 มิลลิลิตร เตรียมจาก
    2.1. โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ปริมาณ 35.00 กรัม
    2.2. แอมโมเนียไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) ปริมาณ 4.00 กรัม
    2.3. ทำละลาย และปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3. สารละลายแร่ธาตุอาหารหลัก (Macro mineral solution) ปริมาณ 225.68 มิลลิลิตรเตรียมจาก

3.1. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟส (KH_2PO_4) ปริมาณ 6.20 กรัม

3.2. ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟส (Na_2HPO_4) ปริมาณ 5.70 กรัม

3.3. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาณ 2.22 กรัม

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

3.5. ทำละลาย และปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

4. สารละลายแร่ธาตุอาหารรอง (Micro mineral solution) ปริมาณ 0.14 มิลลิลิตร เตรียมจาก

4.1. แมกกานีสไดคลอไรด์ ($MnCl_2.4H_2O$) ปริมาณ 10.00 กรัม

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

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

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

4.5. ทำละลายและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

5. สารละลายรีซาซูริน (Resazurine solution) ปริมาณ 0.62 มิลลิลิตร เตรียมจาก

5.1. รีซาซูริน (Resazurine solution) ปริมาณ 0.10 กรัม

5.2. ทำละลาย และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

6. สารละลายสำหรับไล่ออกซิเจน (Reduction solution) ปริมาณ 37.10 มิลลิลิตร เตรียมจาก

6.1. โซเดียมซัลไฟด์ ($Na_2S.9H_2O$) ปริมาณ 0.58 กรัม

6.2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 M ปริมาณ 60.00 กรัม

7. ของเหลวจากกระเพาะรูเมน (Rumen fluid) 408.07 มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่างปัจจัยอาหารการทดลอง

นำตัวอย่างอาหารทดลองคือ เปลือกลูกตาลหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองที่ผ่านการอบและบดละเอียดแล้วมาทำการชั่งในปริมาณ 0.5 กรัม เพื่อบรรจุลงในขวดที่ใช้ใส่น้ำย่อยจากกระเพาะหมัก (Rumen fluid) แล้วจัดสุ่มลงใส่ในถาดตามแผนผังการทดลอง จากนั้นนำเข้าไปบ่มไว้ในตู้อบร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 39 ^{o}C ก่อนการทำการทดลอง *In vitro* อย่างน้อย 8 ชั่วโมง

2. การเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ใช้โครยะโตเต็มวัยจำนวน 1 ตัวเพื่อใช้เป็นสัตว์ที่ให้แหล่งของน้ำย่อย หรือของเหลวจากกระเพาะรูเมน (Rumen fluid) ซึ่งทำการเลี้ยงโดยให้อาหารปกติในฟาร์มสาธิตคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรมหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

3. การเตรียมชุดจำลองการหมักย่อย, การเก็บตัวอย่างของเหลว และการเตรียมสารละลายของเหลวจากกระเพาะหมัก

3.1 เตรียมสารละลายที่ประกอบด้วยน้ำกลั่นสารละลายบัฟเฟอร์ (pH 6) สารละลายแร่ธาตุหลัก และแร่ธาตุรองใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 4,000 มิลลิลิตร

3.2 ต่อท่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อไล่แก๊สออกซิเจน

3.3 อุ่นสารละลายที่เตรียมให้มีอุณหภูมิ 39 ^{o}C โดยใช้เครื่องกวนคลื่นแม่เหล็ก (Magnetic stirrer) กวนตลอดเวลา

4. เติมสารละลาย Reduction solution เพื่อไล่แก๊สออกซิเจนจนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพู (สภาวะไร้แก๊สออกซิเจน)

5. ก่อนที่จะนำเอาน้ำย่อยจากกระเพาะหมัก (Rumen fluid) มาเติมเข้าไปในสัดส่วนที่เหมาะสมตามวิธีการมาตรฐาน (Markkar et al., 1995)

6. ทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะหมักของโค 2 ตัว ที่ทำการเจาะกระเพาะไว้แล้วโดยจะเก็บให้ได้ปริมาณประมาณ 2,800 มิลลิลิตร

7. นำของเหลวจากกระเพาะหมักของโค 2 ตัว มาผสมรวมกันแล้วทำการถ่ายเทของเหลวที่ได้ลงในกระติกน้ำร้อน (ที่บรรจุน้ำร้อนเตรียมไว้เพื่อรักษาอุณหภูมิโดยจะเทน้ำร้อนออกก่อนทำการบรรจุของเหลวจากกระเพาะหมักที่เก็บได้ใส่ลงไป)

8. นำของเหลวที่ได้มายังห้องปฏิบัติการทันทีกรองผ่านผ้าขาวบางแล้วนำไปผสมกับสารละลายที่เตรียม

9. วิธีการดูดสารละลายลงในขวดอาหารทดลอง

9.1. นำเข็มที่ติดกับสายยางบรรจุแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ปักลงในขวดตัวอย่างเพื่อไล่แก๊สออกซิเจนออกจากขวดตัวอย่าง

9.2. ใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร ดูดสารละลายผสมระหว่างสารละลายกับน้ำย่อยกระเพาะหมัก (Rumen inoculums) ปริมาตรขวดละ 40 มิลลิลิตร

9.3. ทำการบรรจุให้ครบตามจำนวนที่เตรียมไว้ดังแผนผังการทดลองแล้วจึงนำเข้าบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39 ^{o}C

9.4. จากนั้นทำการระบายแก๊สที่เกิดขึ้นก่อนโดยใช้เข็มเบอร์ 16 เจาะลงไปในแต่ละขวดแล้วเริ่มจับเวลาในการทดลองการหมักย่อยอาหารเพื่อทำการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการหมักย่อยตามเวลาต่างๆกัน และหาค่าการย่อยได้ในชั่วโมงที่ 24 เป็นลำดับ

การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนด้วยวิธีการกลั่น (Bremner and Keeney, 1965)

ตัวอย่างของเหลวที่ได้จากการบ่มย่อย จะมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3 - N) ละลายอยู่ภายในของเหลวนั้น โดยไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบในตัวอย่างถูกเปลี่ยนเป็นสารแอมโมเนียและสามารถประเมินค่าได้ด้วยการนำสารละลายตัววอย่างไปกลั่นโดยการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) แอมโมเนียที่ละลายอยู่จะถูกเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) ในกระบวนการกลั่น แล้วจึงใช้กรดบอริก (Boric acid) เป็นสารดักจับไนโตรเจน จากนั้นนำสารละลายที่มีกรดบอริกและไนโตรเจนไปทำการไตเตรทด้วยกรดซัลฟิวริก 0.01 N จนถึงจุดยุติ (End point) จะสามารถคำนวณค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียที่ละลายอยู่ในของเหลวได้

อุปกรณ์

1. เครื่องย่อยและกลั่นโปรตีน
2. หลอดเคลดาฮ์ล (Kjeldahl flask)
3. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 0.01 N
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 35%
3. กรดบอริก 4%
4. อินดิเคเตอร์
5. น้ำกลั่น

วิธีการ

1.นำตัวอย่างออกจากตู้แช่แข็งปล่อยให้ละลาย (Thaw) แล้วทำการปั่นเหวี่ยงที่ 4,400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 12 นาที สารละลายจะเกิดการตกตะกอน แล้วปิเปตสารละลายส่วนที่ใสปริมาตร 3 มิลลิลิตร ใช้ประเมินหากรดไขมันระเหยได้

2. นำตัวอย่างที่ได้จากข้อที่ 1 ปริมาณ 1 มิลลิลิตร แล้วละลายในน้ำกลั่น 99 มิลลิลิตรใส่ใน Kjeldahl flask

3. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 35% ประมาณ 50 มิลลิลิตร (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีเหลืองดำขุ่น)

4. ทำการกลั่นตัวอย่างทันทีหลังจากการเติมด่าง แล้วทำการเก็บสารละลายโดยใช้ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตรที่มีอินดิเคเตอร์ร่วมกับกรดบอริก 4% ปริมาณ 25 มิลลิลิตร โดยทำการเก็บสารละลายที่ได้จากกระบวนการกลั่น ประมาณ 200 มิลลิลิตร (สารละลายที่ได้จะมีสีเขียวอ่อนใส)

5. ทำการไตเตรทสารละลายที่ได้ด้วยกรดซัลฟิวริก 0.01 N จนถึงจุดยุติ (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนใสเป็นสีชมพูม่วง) ทำการจดบันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา แล้วนำค่าที่ได้ไปแปลผลโดยการคำนวณดังนี้

แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) mg/100 ml = ml H_2SO_4 X 100

การวิเคราะห์หาค่ายูเรีย (Blood urea nitrogen)

วิธีการตรวจวัดปริมาณยูเรียที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ

วิธีอ้อม (Indirect method) ได้แก่ การใช้เอนไซม์ Urease ย่อยสลายยูเรียให้กลายเป็นแอมโมเนียมไอออน หลังจากนั้นวัดปริมาณแอมโมเนียมไอออนด้วยอิเล็กโทรดวัดค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity method) หรือให้ทำปฏิกิริยาเคมีต่อเพื่อวัดสีที่เกิดขึ้น หรือวัดการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของ NADH ที่ 340 นาโนเมตร วิธีนี้มีข้อดีที่มีความจำเพาะสูง เหมาะสำหรับการตรวจวัดในเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ หรือเครื่อง Spectrophotometer ที่มีคุณภาพสูง แต่มีข้อเสียตรงที่น้ำยามีราคาสูง

วิธีตรง (Direct method) ตรวจวัดปริมาณยูเรียโดยให้ยูเรียรวมกับ Diacetyl group เกิดเป็นสารประกอบ Diazine ที่มีสีชมพู (Fearon reaction) วิธีนี้มีความแม่นยำและความถูกต้องอยู่ในระดับดี และน้ำยามีราคาถูก

หลักการ ยูเรียทำปฏิกิริยากับ Diacetyl monoxime ในสารละลายที่เป็นกรดร้อนได้ Diazine derivative สีชมพูความเข้มของสีที่เกิดขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณยูเรีย ดังสมการ

$$\text{Diacetyl monoxime} + H_2O \xrightarrow{H} \text{Diacetyl} + \text{hydroxylamine}$$

$$\text{Diacetyl} + \text{Urea} \xrightarrow{\text{ความร้อน}} \text{Diazine derivative (สีชมพู)}$$

อุปกรณ์

1. หลอดเก็บเลือด (ใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือด) ขนาด 5 มิลลิลิตร พร้อมฝาปิด
2. ถังน้ำแข็ง
3. บีกเกอร์ ขนาด 50-100 มิลลิลิตร
4. น้ำกลั่น
5. หลอดทดลอง (Screw cap tube) ขนาด 16 x 125 มิลลิเมตร
6. Autopipett
7. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) และเครื่อง Spectrophotometer
8. เครื่องเขย่า (Vortex)
9. Steam bath

สิ่งที่ตรวจ

พลาสมา หรือซีรั่ม

สารเคมีและการเตรียมน้ำยา

1. Ferric chloride reagent

ละลาย $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 15 กรัมในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติม H_3PO_4 (85%) 300 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่นจนครบ 450 มิลลิลิตร เก็บน้ำยาไว้ในขวดสีน้ำตาล ปิดฝาให้แน่น

2. Acid reagent

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

3. Color reagent ละลาย diacetyl monoxime 1.7 กรัม และ thiosemicarbazide 0.3 กรัมในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันเติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร ถ้าสารละลายขุ่นให้กรองด้วยกระดาษกรองก่อนเก็บน้ำยาในขวดสีชาปิดฝาให้แน่น

4. Stock BUN standard (100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) ละลาย Urea 214.2 มิลลิกรัม และ Sodium azide 100 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 ºC

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

วิธีทำ

ดูดสารต่างๆ ใส่ลงใน screw cap tube ขนาด 16 x 125 มิลลิเมตร ตามตาราง

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

ปิดฝา Screw cap tube ผสมให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาทีพอดี นำมาแช่ในอ่างน้ำเย็นประมาณ 5 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จากตัวอย่างสารละลายมาตรฐานปรับค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

การคำนวณ

1. คำนวณจากสูตร

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

2. อ่านค่าความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน ซึ่งค่าจะถูกต้องในช่วงไม่เกินค่า Linearity

หมายเหตุ

1. สีชมพูของปฏิกิริยาซึ่งเป็นสีของ Diazine derivative มีเสถียรภาพอยู่นานประมาณ 30 นาที หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ซีดลง เนื่องจากถูกทำลายโดยแสง (Photo oxidation)

2. Linearity ของวิธีนี้มีค่าถึง 60 - 80 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของอุปกรณ์ เครื่องมือน้ำยา และฝีมือในการทำการตรวจวิเคราะห์

3. สารประกอบที่มีสูตรโครงสร้างเป็น R1 – NH – CO – NH - R2 โดย R1 เป็น Single aliphatic acid และ R2 ไม่ใช่ Acyl radical สามารถเกิดสีกับ Diacetyl monoxime ได้

4. Ferric chloride เป็น Oxidizing agent มีหน้าที่ในการกำจัด Hydroxylamine

5. Thiosemicarbazide ทำให้สีของปฏิกิริยาเข้มขึ้นและมีเสถียรภาพมากขึ้น

6. ยูเรียในซีรั่มมีเสถียรภาพประมาณ 1 วันที่อุณหภูมิห้อง อยู่ได้นาน 3 วันที่ 4 ºC และมีเสถียรภาพอยู่นานถึง 5 เดือนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 ºC

การหาปริมาณกลูโคสในเลือด Glucose (GO) assay kit (product code gago - 20)

อุปกรณ์

1 หลอดเก็บตัวอย่างเลือด ขนาด 5 มิลลิลิตร พร้อมฝาปิด

2 ถังน้ำแข็ง

3. Test tube

4. Pipette

5. Cuvette

6. Spectrophotometer

สิ่งที่ตรวจ

พลาสมา หรือซีรั่ม

สารเคมี

1. Glucose oxidase/peroxidase

2. O - dianisidine reagent

3. Glucose standard solution

วิธีการเตรียมสาร

1. เตรียม Glucose oxidase/peroxidase ทำการละลายแคปซูลในขวดแก้วสีชากับน้ำกลั่นในปริมาตร 39.2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้หากสารมีความขุ่น

2. เตรียม Assay reagent เติม O - dianisidine reagent ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ในขวดสีชาที่ประกอบด้วยสาร Glucose oxidase/peroxidase ปริมาตร 39.2 มิลลิลิตร ทำการพลิกขวดไปมาหลายครั้งเพื่อทำการผสม

วิธีการทดลอง

1. ทำการปิเปตสารละลายในตารางต่อไปนี้ลงในหลอดทดลอง ตามตารางต่อไปนี้

หลอดทดลอง	น้ำ (มิลลิลิตร)	สารตัวอย่าง (มิลลิลิตร)	สารละลายกลูโคสมาตรฐาน (มิลลิลิตร)
Blank	1.00	-	-
สารละลายมาตรฐาน	0.95	-	0.95
สารละลายทดลอง	-	1.00	-

2. เติม Assay reagent ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองที่ 1 และผสมให้เข้ากันในช่วงเวลาระหว่าง 30 - 60 วินาที สามารถเติม Assay reagent ได้ในหลอดทดลองอื่นๆ

3. ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 30 นาที และทำการหยุดปฏิกิริยาโดยการเติม 12 N H_2SO_4 ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากันทั้งหลอด

4. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร

วิธีการคำนวณ

$$\text{mg Glucose} = \frac{(\triangle \text{A540 of Test})\ (\text{mg Glucose in standard})}{\triangle \text{A540 of standard}}$$

$$= \frac{(\triangle\ \text{A540 of Test})\ (0.05)}{\triangle \text{A540 of standard}}$$

การย่อยได้โภชนะและปริมาณไนโตรเจน

การย่อยได้โภชนะสุ่มเก็บมูลสัตว์ และหาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ จะทำการเก็บมูลเป็นจำนวน 3 ครั้ง ทุกๆ 15 วัน โดยเก็บตัวอย่างครั้งละ 3 วัน ในช่วงสุดท้ายของแต่ระยะการทดลอง โดยชั่งน้ำหนักมูลแพะทั้งหมด และแบ่งเก็บเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนแรก (ใส่ถุงกระดาษ) นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง ตามวิธีการ AOAC (1990)

2. ส่วนที่สอง เก็บตัวอย่างประมาณ 10% ของมูลแพะทั้งหมด และนำมูลแพะทั้งหมดที่สุ่มมาคลุกเคล้ากัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของมูลนำค่าที่ได้ไปหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ตามวิธี Schnieder and Flatt (1975) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะ (\%)} = \left(\frac{\text{โภชนะที่ได้รับ} - \text{โภชนะในมูล}}{\text{โภชนะที่ได้รับ}} \right) \times 100$$

การหาปริมาณไนโตรเจนคำนวณดังต่อไปนี้

1. ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ = ปริมาณไนโตรเจนในอาหารที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด

2. ปริมาณไนโตรเจนในมูล

3. ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ

4. ปริมาณไนโตรเจนที่ย่อยได้ = ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ – ปริมาณไนโตรเจนในมูล

5. ปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซึมได้ = ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ – ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ– ปริมาณไนโตรเจนในมูล

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวทิพาพร ชาญปรีชา
ที่อยู่ 35 หมู่ 3 ต.บางระกำ อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม 73120

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2556 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร

พ.ศ. 2557 ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ทุนที่เคยได้รับ

1. ทุนสนับสนุนค่าเล่าเรียน ระดับปริญามหาบัณฑิต คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

2. ทุนสนับสนุนการนำเสนอผลงาน/งานสร้างสรรค์ จากเงินกองทุนสนับสนุนพัฒนางานวิจัยและสร้างสรรค์สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร

3. ทุนสนับสนุนการนำเสนอผลงาน/ตีพิมพ์ งานวิจัยที่เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

1. ทิพาพร ชาญปรีชา, พรพรรณ แสนภูมิ, จันทร์จิรา สิทธิยะ และ สุภาวดี ฉิมทอง. (2559). “ผลของชนิดหญ้าต่อคุณภาพน้ำหมัก.” วารสารแก่นเกษตร 44 ฉบับพิเศษ 1 : 19 – 24.

2. ทิพาพร ชาญปรีชา, พรพรรณ แสนภูมิ, อนันท์ เชาว์เครือ, เสมอใจ บุรีนอก และ สุภาวดี ฉิมทอง. (2559). “การปรับปรุงเปลือกตาลหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคจากน้ำพืชหมักต่อองค์ประกอบทางเคมี, การย่อยได้ ในหลอดทดลอง และผลผลิตแก๊ส.” วารสารแก่นเกษตร 44 ฉบับพิเศษ 2 : 551 – 558.

การนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ

1. ทิพาพร ชาญปรีชา, พรพรรณ แสนภูมิ, จันทร์จิรา สิทธิยะ และ สุภาวดี ฉิมทอง. (2559). “ผลของชนิดหญ้าต่อคุณภาพน้ำหมัก.” ในการประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 17 วันที่ 25 – 26 มกราคม 2559 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ. ขอนแก่น.

2. ทิพาพร ชาญปรีชา, พรพรรณ แสนภูมิ, อนันท์ เชาว์เครือ, เสมอใจ บุรีนอก และ สุภาวดี ฉิมทอง. (2559). “การปรับปรุงเปลือกตาลหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคจากน้ำพืชหมักต่อองค์ประกอบทางเคมี, การย่อยได้ ในหลอดทดลอง และผลผลิตแก๊ส.” ในการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 5 วันที่ 28 - 29 มิถุนายน 2559 ณ โรงแรมพูลแมน ขอนแก่น ราชาออคิด จ. ขอนแก่น.

มหาวิทยาลัยศิลปากร