ผลของเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักเปลือกผลไม้ต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

โดย
นางสาวยุพา สีสาวแห

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผลของเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักเปลือกผลไม้ต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

โดย

นางสาวยุพา สีสาวแห

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

EFFECTS OF FERMENTED CORN PEEL WITH FRUIT JUICE OF EPIPHYTIC LACTIC BACTERIA (FJLB) ON NUTRIENTS DIGESTIBILITY AND GROWTH PERFORMANCE IN CROSSBRED GOAT

By

Miss Yupha Seesawhea

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 “ ผลของเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักเปลือกผลไม้ต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม ” เสนอโดย นางสาวยุพา สีสาวแห 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)
...../...../.....

57751202 : สาขาวิชาสัตวศาสตร์
คำสำคัญ : น้ำหมัก / เปลือกข้าวโพด / เปลือกผลไม้ / ระบบ *in vitro* / แพะลูกผสม

ยุพา สีสาวแห : ผลของเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักเปลือกผลไม้ต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ แสนภูมิ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันท์ เชาว์เครือ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสมอใจ บุรีนอก. 135 หน้า.

การศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วย 3 การทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยการทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ 3 ชนิด (เปลือกสับปะรด เปลือกมะละกอ และเปลือกมะม่วง) พบว่าน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคและปริมาณกรดแลคติคทั้งหมดสูง แต่มีปริมาณน้ำตาลต่ำลง ส่งผลให้ค่า pH ลดต่ำลง ($P<0.01$) อีกทั้งยังมีปริมาณเชื้อราและยีสต์ต่ำกว่าน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.05$) แต่มีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคในน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ที่ระยะการหมัก 30 ชั่วโมง การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคจากน้ำหมักเปลือกผลไม้ (Fermented juice of epiphytic lactic bacteria: FJLB) ทั้ง 3 ชนิด (เปลือกสับปะรด เปลือกมะละกอ และเปลือกมะม่วง) ต่อองค์ประกอบทางเคมี ความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลองและผลผลิตแก๊สสะสม พบว่าเปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.11-3.63 และมีความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในหลอดทดลองสูงกว่าเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.01$) แต่อย่างไรก็ตามค่าปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด แอมโมเนียไนโตรเจน ค่าจลศาสตร์การหมักย่อย และค่า pH ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนของเปลือกข้าวโพดหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ที่ระยะเวลาหมัก 14 วัน สำหรับการทดลองที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสมพันธุ์พื้นเมือง x บอร์ เพศผู้ จำนวน 9 ตัว โดยแพะมีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 14.25 ± 1.08 กิโลกรัม อายุเฉลี่ย 3-4 เดือน พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมด สมรรถนะการเจริญเติบโต ปริมาณกลูโคสและยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด และปริมาณสมดุลไนโตรเจนของร่างกายของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าแพะที่ได้รับเปลือกข้าวโพดที่เติมกากน้ำตาลมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เยื่อใย ADF และเซลลูโลสต่ำกว่าแพะในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.05$) ดังนั้นการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดสามารถนำไปใช้เป็นสารเสริมในการปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมักได้ เนื่องจากไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมดและสมรรถนะการเจริญเติบโต แต่เพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม

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

57751202 : MAJOR : ANIMAL SCIENCE

KEY WORD : FERMENTED JUICE / CORN PEEL / FRUIT PEEL / *IN VITRO* SYSTEM / CROSSBRED GOAT

YUPHA SEESAWHEA : EFFECTS OF FERMENTED CORN PEEL WITH FRUIT JUICE OF EPIPHYTIC LACTIC BACTERIA (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. 135 pp.

The study consisted of 3 experiments. This study was designed in a completely randomized design (CRD). Firstly, the objective was to study the quality of fermented juice from various fruit peels (pineapple peel, papaya peel and mango peel). The results showed that fermented juice from the pineapple peel had higher lactic acid bacteria count and higher total lactic acid content but lower total sugar residual content and lower pH value than other treatments ($P<0.01$). Moreover, fermented juice from the pineapple peel had lower molds and yeast than other treatments ($P<0.05$) but aerobic bacteria count was not significantly different among treatments ($P>0.05$) after fermentation for 30 hours. Secondly, the objective was to improve corn peel silage using fermented juice of epiphytic lactic bacteria (FJLB) from various fruit peel (pineapple peel, papaya peel and mango peel) on chemical compositions, *in vitro* digestibility and gas production. The results showed that corn peel silage with FJLB from pineapple peel had pH value between 3.11-3.63 and higher *in vitro* organic matter digestibility than other treatments ($P<0.01$). However, total volatile fatty acid (TVFA), ammonia nitrogen (NH_3-N), fermentation kinetics and rumen fluid pH value after incubation were not significantly different among treatments ($P>0.05$) after incubation for 14 days. Thirdly, the objective attempted to improve nutrient digestibility of corn peel silage using fermented juice produced by epiphytic lactic bacteria (FJLB) from pineapple peel and to investigate its effects on growth performance in 9 male crossbred goat (Native x Boer). The average initial weight and the average age of goats were 14.25 ± 1.08 kg. and 3-4 months, respectively. The results showed that total feed intake (FI), growth performance, blood glucose, blood urea nitrogen and nitrogen content of goats were not significantly different among treatments ($P>0.05$). However, goat fed with corn peel silage with molasses had dry matter, acid detergent fiber and cellulose digestibility lower than other treatments ($P<0.05$). In conclusion, FJLB from pineapple peel can be used as corn peel silage additive. Corn peel silage with FJLB from pineapple peel had no adverse effect on total feed intake and growth performance beside it boosted digestibility in crossbred goats.

Program of Animal Science — Graduate School, Silpakorn University

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

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

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ แสนภูมิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันท์ เชาว์เครือ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสมอใจ บุรีนอก ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้วิจัย รวมทั้งนายสัตวแพทย์ ดร.นรินทร์ ปริยวิชญภักดี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนรรษมลวรรณ พลมั่น ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย ส่งผลให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สุภาวดี ฉิมทอง และคุณ วสุนันท์ นิ่มอนงค์ นักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการ ที่ช่วยให้คำแนะนำและช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ส่งผลให้การทำวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งคุณ สุชานุช คล่องใจ นักวิชาการศึกษาที่ช่วยดำเนินการในเรื่องเอกสารต่างๆ ส่งผลให้การดำเนินการสอบเป็นไปอย่างราบรื่น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.วิไลวรรณ สิริโรจนพุฒิ และอาจารย์ ดร.กฤษณะ เรืองฤทธิ์ รวมถึงคณาจารย์สาขาสัตวศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และประสบการณ์อันมีค่าแก่ผู้วิจัย นอกจากนี้ขอขอบพระคุณเจ้าของหนังสือ วารสาร เอกสาร และวิทยานิพนธ์ทุกเล่มที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ชาวคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรทุกคนที่ให้คำแนะนำและกำลังใจตลอดมา

ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ที่กรุณาให้ใช้สถานที่ในการเลี้ยงแพะ ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี รวมทั้งฟาร์มสาธิตคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่กรุณาให้ใช้โคที่ทำการเจาะกระเพาะเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดา (คุณพ่อเฉลิม สีสาวแห) มารดา (คุณแม่วาทศรี สีสาวแห) และพี่สาว (สุปราณี สีสาวแห) สำหรับผู้ให้ชีวิตและเปรียบเสมือนเข็มทิศชีวิตให้กับลูก ส่งเสริมการศึกษา คอยเป็นสติปัญญาและกำลังใจที่ดีตลอดเวลา ซึ่งเป็นแรงผลักดันอันสำคัญยิ่งเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……. ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ…….. จ

กิตติกรรมประกาศ…….. ฉ

สารบัญตาราง…….. ญ

สารบัญภาพ……. ฏ

บทที่

1 บทนำ……..…….. 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา…….…….. 1

วัตถุประสงค์ของการศึกษา……..……. 3

สมมติฐานของการศึกษา……..…….. 4

ขอบเขตของงานวิจัย…….……. 4

2 ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…….…... 5

แพะ……..…. 5

สถานการณ์การเลี้ยงแพะในประเทศไทย……..…….. 6

สรีรวิทยาระบบทางเดินอาหารของแพะ……...……...……..… 7

นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน……...……... 7

เมแทบอลิซึมของโปรตีนในกระเพาะรูเมน……..…….. 8

เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน……..….. 9

ความต้องการโภชนะของแพะเนื้อ…….…….……. 10

ข้าวโพด…….……. 12

สถานการณ์การผลิตข้าวโพดในประเทศไทย……..…….. 12

กระบวนการการแปรรูปข้าวโพด…….. 13

องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือที่ได้จากการแปรรูปข้าวโพด……..... 14

การใช้เศษเหลือจากข้าวโพดในการเลี้ยงสัตว์……...……..... 16

การเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์……..…... 17

วิธีการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์……..…….. 17

กระบวนการหมัก……...…….. 18

บทที่		หน้า
	การใช้สารเสริมในการทำพืชหมัก……..…...	21
	การใช้สารเสริมจากแบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมัก…….…..	22
	สับปะรด……	25
	สถานการณ์การผลิตสับปะรดในประเทศไทย……...……..	26
	ผลผลิตและเศษเหลือจากการแปรรูปสับปะรด……	27
	องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือที่ได้จากการแปรรูปสับปะรด……...	28
	การใช้เศษเหลือจากสับปะรดในการเลี้ยงสัตว์……...……..	30
	มะละกอ……..……	31
	สถานการณ์การผลิตมะละกอในประเทศไทย……...……...	32
	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะละกอ……..…….	32
	มะม่วง……...	33
	สถานการณ์การผลิตมะม่วงในประเทศไทย……..……..	34
	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วง……..	34
3	วิธีดำเนินงานวิจัย…….....	36
	การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณภาพน้ำหมักจากเปลือกผลไม้……...	36
	การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมัก โดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักจากเปลือกผลไม้……..…….....	38
	การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของเปลือกข้าวโพดหมักต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม……...…	41
4	ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง……...……..	44
	การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณภาพน้ำหมักจากเปลือกผลไม้……..……..…….	44
	ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria count)…….	44
	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar content)……..……	46
	ปริมาณกรดแลคติคทั้งหมด (Total lactic acid content)…...……	48
	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)…….…….	49
	ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค (Aerobic bacteria count)..……..	50
	ปริมาณเชื้อราและยีสต์ (Mold and yeast count)…….….	53

บทที่ หน้า

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมัก
โดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักจากเปลือกผลไม้…….. 55
การประเมินคุณภาพทางกายภาพของเปลือกข้าวโพดหมัก……..…… 55
องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดหมัก……..…….. 58
ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ
ของเปลือกข้าวโพดหมัก…….. 63
ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมัก…… 64
ค่าจลศาสตร์การหมักย่อยของเปลือกข้าวโพดหมัก……..……. 65
ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในเปลือกข้าวโพดหมัก.. 72
ปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด
ในเปลือกข้าวโพดหมัก…… 72
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของของเหลวจากกระเพาะรูเมน
หลังการบ่มย่อยที่ 24 ชั่วโมง…… 74
การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของเปลือกข้าวโพดหมักต่อปริมาณการกินได้
การย่อยได้โภชนะ และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม…...…… 76
องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดหมักที่ใช้ในการทดลอง…….. 76
ปริมาณการกินได้ในแพะลูกผสม……..... 78
สมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม……..…. 79
สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม……..……..…… 80
ปริมาณกลูโคสและยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด……..……... 82
สมดุลไนโตรเจนของร่างกายแพะลูกผสม……... 83
5 สรุปผลการทดลอง……..……..…… 85
แนวทางในการประยุกต์ใช้ประโยชน์…… 86
รายการอ้างอิง…….. 87
ภาคผนวก……...……. 100
ภาคผนวก ก ภาพแสดงการเตรียมการทดลอง……. 101
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ……...…… 105
ประวัติผู้วิจัย…….... 121

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สถิติการเลี้ยงแพะในประเทศไทย ปี 2550-2558……..…….....	6
2	ปริมาณความต้องการโภชนะของแพะเนื้อ……..……..	11
3	พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิต และปริมาณการส่งออกข้าวโพดของประเทศไทย ในระหว่างปี พ.ศ 2551-2556……..……....…….	13
4	องค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่างๆ ของข้าวโพด (%วัตถุแห้ง)……	15
5	สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะของอัตราส่วนเปลือกและซังข้าวโพด ต่อฟางข้าวในโคนมรุ่น (% วัตถุแห้ง)…….….	16
6	สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะของสูตรอาหารทดลองต่างๆ ในโคนม (% วัตถุแห้ง)……...……	17
7	ลักษณะของพืชหมักที่ดี……..…..……	21
8	การใช้สารเสริมจากน้ำพืชหมักและน้ำตาลซูโครส ในการหมักถั่วลูเซิน (% วัตถุแห้ง)……..	23
9	การใช้สารเสริมจากน้ำพืชหมัก กากน้ำตาล และมันเส้นบด ในการหมักหญ้าเนเปียร์ (% วัตถุแห้ง)…….….....	24
10	การใช้สารเสริมจากน้ำพืชหมักและกากน้ำตาล ในการหมักถั่วฮามาต้า (% วัตถุแห้ง)……...	25
11	พื้นที่ในการปลูก ผลผลิต และปริมาณการส่งออกสับปะรดในประเทศไทย ระหว่าง ปี พ.ศ. 2552-2557……..……...	27
12	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับปะรดจากโรงงานแปรรูป (% วัตถุแห้ง)..….	29
13	องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดในส่วนต่างๆ (% วัตถุแห้ง)…….……	29
14	สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะในแพะที่ได้รับหญ้าพิแคททูลั่ม ร่วมกับเปลือกสับปะรด (% วัตถุแห้ง)……..…	31
15	พื้นที่ปลูก ผลผลิต และมูลค่าผลผลิตมะละกอของประเทศไทย ในระหว่างปี พ.ศ 2550-2554……..….	32
16	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะละกอ (% วัตถุแห้ง)……	33
17	พื้นที่ปลูก ผลผลิต และปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์ จากมะม่วงของประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2552-2556…….……	34
18	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วง (%วัตถุแห้ง)…….……..	35

ตารางที่		หน้า
19	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงต่างสายพันธุ์ (%วัตถุแห้ง).....	35
20	ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคของน้ำหมักเปลือกผลไม้ (Log10 cfu/ml).....	45
21	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำหมักเปลือกผลไม้ (mg/ml).....	47
22	ปริมาณกรดแลคติคทั้งหมดของน้ำหมักเปลือกผลไม้ (%).....	49
23	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำหมักเปลือกผลไม้.....	51
24	ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคของน้ำหมักเปลือกผลไม้ (Log10 cfu/ml).....	52
25	ปริมาณเชื้อราและยีสต์ของน้ำหมักเปลือกผลไม้ (Log10 cfu/ml).....	54
26	ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของเปลือกข้าวโพดหมัก.....	56
27	คะแนนการประเมินคุณภาพทางกายภาพของเปลือกข้าวโพดหมัก.....	57
28	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดหมัก (% วัตถุแห้ง).....	60
29	ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ ของเปลือกข้าวโพดหมัก (% วัตถุแห้ง).....	64
30	ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมัก (% วัตถุแห้ง).....	66
31	ค่าจลศาสตร์การหมักย่อยของเปลือกข้าวโพดหมัก (% วัตถุแห้ง).....	67
32	ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนของเปลือกข้าวโพดหมัก (mg%)	73
33	ปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ของเปลือกข้าวโพดหมัก (mmol/L).....	74
34	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของของเหลวจากกระเพาะรูเมน หลังการบ่มย่อยที่ 24 ชั่วโมง.....	75
35	องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้น หญ้ากินนี และเปลือกข้าวโพดหมักในการทดลอง.....	77
36	ผลของเปลือกข้าวโพดหมักต่อปริมาณการกินได้ในแพะลูกผสม.....	79
37	ผลของเปลือกข้าวโพดหมักต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม.....	80
38	สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม.....	81
39	ปริมาณกลูโคสและยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดในแพะลูกผสม.....	83
40	สมดุลไนโตรเจนของร่างกายแพะลูกผสม.....	84

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สรีรวิทยาระบบทางเดินอาหารของแพะ…….……..	7
2	วิถีเมแทบอลิซึมของโปรตีนและไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน…….…….	9
3	วิถีเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน……...……	10
4	ส่วนประกอบต่างๆ ของข้าวโพด……...	12
5	แผนภูมิแสดงกระบวนการการแปรรูปข้าวโพด……	14
6	กระบวนการการเปลี่ยนแปลงจากพืชสดเป็นพืชหมัก…….…...	20
7	ลักษณะของพืชหมักที่ดี…….……	20
8	ส่วนประกอบต่างๆ ของสับปะรด……..……	26
9	เศษเหลือและผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรด…….……	28
10	ส่วนประกอบต่างๆของมะละกอ……...….	31
11	ส่วนประกอบต่างๆของมะม่วง……..……	33
12	กราฟแนวโน้มปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคของน้ำหมักเปลือกผลไม้…….	45
13	กราฟแนวโน้มปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำหมักเปลือกผลไม้……	47
14	กราฟแนวโน้มปริมาณกรดแลคติคทั้งหมดของน้ำหมักเปลือกผลไม้……	48
15	กราฟแนวโน้มค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำหมักเปลือกผลไม้…….....	51
16	กราฟแนวโน้มปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคของน้ำหมักเปลือกผลไม้……...	52
17	กราฟแนวโน้มปริมาณเชื้อราและยีสต์ของน้ำหมักเปลือกผลไม้……	53
18	ลักษณะของเปลือกข้าวโพดหมักของแต่ละกลุ่มการทดลอง…….	56
19	ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมักระยะการหมักที่ 0 วัน……	68
20	ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมักระยะการหมักที่ 7 วัน……	69
21	ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมักระยะการหมักที่ 14 วัน……..	70
22	ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมักระยะการหมักที่ 21 วัน……..	71

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประชากรส่วนใหญ่ในประเทศไทยประกอบอาชีพที่เกี่ยวกับเกษตรกรรมไม่ว่าจะเป็นปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์ โดยแพะเป็นสัตว์อีกประเภทหนึ่งที่นิยมเลี้ยงกันมาก เนื่องจากแพะเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว กินอาหารได้หลากหลายชนิด และขยายพันธุ์ได้เร็ว (เอกชัย, 2546: 158) โดยปกติในแต่ละวันแพะเนื้อในเขตร้อนที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 10-30 กิโลกรัม มีความต้องการอาหารข้นประมาณ 0.5-1.0 กิโลกรัม และอาหารหยาบประมาณ 10% ของน้ำหนักตัว (ศิริรัตน์, 2556: 1-11) แต่ในทุกๆปี เกษตรผู้เลี้ยงสัตว์มักจะประสบปัญหาขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง เนื่องมาจากประเทศไทยมีช่วงฤดูแล้งที่ยาวนาน จึงทำให้เกิดปัญหาดินจับตัวกันแข็งเป็นก้อนส่งผลทำให้การปลูกพืชอาหารสัตว์ได้น้อยลง ในช่วงนี้จึงเป็นช่วงที่หญ้าสดคุณภาพดีหาได้ยากทำให้เกษตรกรขาดอาหารหยาบคุณภาพดีในการเลี้ยงสัตว์ (จินดา และคณะ, 2531: 272-284) ดังนั้นจึงมีการนำเศษเหลือทางการเกษตรและเศษเหลือที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมการแปรรูปที่มีอยู่จำนวนมากมาทดแทนอาหารหยาบที่ขาดแคลนในช่วงฤดูแล้ง จากการรายงานของพีระวัฒน์ และคณะ (2554: 399-412) รายงานว่าแพะในกลุ่มที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลลั่มแห้งร่วมกับเศษเหลือของเปลือกสับปะรด (1:10 หรือ 1:20) มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ดีกว่าแพะในกลุ่มที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลลั่มแห้งเพียงอย่างเดียว มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง เท่ากับ 63.97 และ 62.15% ตามลำดับ, อินทรียวัตถุ เท่ากับ 66.89 และ 63.85% ตามลำดับ, เยื่อใย NDF เท่ากับ 60.95 และ 56.94% ตามลำดับ และการย่อยได้โภชนะ เท่ากับ 68.58 และ 66.26% ตามลำดับ โดยสามารถใช้เศษเหลือของเปลือกสับปะรดอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับอาหารหยาบชนิดอื่นได้โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้และสมรรถนะการผลิต

เปลือกข้าวโพด (Corn peel) เป็นเศษเหลือทิ้งที่ได้จากการแปรรูปข้าวโพด เศษเหลือที่ได้คือ เปลือก ฝัก ไหม และซังเป็นจำนวนมาก จากการรายงานของ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2554) รายงานว่าในปี 2553 ผลผลิตของข้าวโพดมีปริมาณ 4,683,386 ตันต่อปี และหลังจากผ่านกระบวนการการแปรรูปแล้วได้ปริมาณซังและเปลือกข้าวโพดปริมาณ 1,732,846 ตันต่อปี เศษเหลือทิ้งเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นอาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ เปลือกข้าวโพดมีวัตถุแห้งประมาณ 28%,

โปรตีนรวมประมาณ 1.18%, ไขมันรวมประมาณ 0.82%, เยื่อใยรวมประมาณ 31.49%, เยื่อใย NDF ประมาณ 58.56%, เยื่อใย ADF ประมาณ 47.67%, เยื่อใย ADL ประมาณ 5.87% และพลังงานรวมประมาณ 4.28 Mcal/kgDM (ศิริพร, 2555) โดยจะเห็นได้ว่าเปลือกข้าวโพดมีปริมาณของโปรตีนที่ต่ำมากและยังมีปริมาณของเยื่อใยที่สูง ซึ่งปริมาณของเยื่อใยที่สูงนั้นจะมีผลต่อการย่อยได้และปริมาณการกินได้ทำให้สัตว์กินอาหารหยาบได้น้อยลง ดังนั้นจำเป็นต้องผ่านการปรับปรุงคุณภาพก่อนนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ จากการรายงานของศิริพร (2555) รายงานว่าเปลือกพร้อมซังข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุงโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6% ร่วมกับยูเรีย 6%หมักที่ 14 และ 21 วัน มีค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองดีขึ้น (82.3% และ 77.5% ตามลำดับ)

การเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์มีทั้งในรูปพืชแห้ง (Hay) และพืชหมัก (Silage) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมปฏิบัติกัน ในส่วนของการถนอมพืชอาหารสัตว์ในรูปพืชแห้งนั้นมีข้อจำกัด คือ จะสามารถทำได้ดีเฉพาะกับพืชที่แห้งเร็วและต้องทำในแหล่งที่ไม่มีฝนตกขณะเก็บเกี่ยว ซึ่งไม่ค่อยเหมาะสมกับสภาพอากาศของประเทศไทยที่เป็นเขตร้อนชื้น ดังนั้นการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ในรูปพืชหมักจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับสภาพอากาศในประเทศไทยที่สุด โดยสิ่งที่สำคัญของการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ คือ ช่วยรักษาคุณค่าทางโภชนะของพืชให้ได้ใกล้เคียงกับพืชสดได้มากที่สุด (สายัณห์, 2547:1-12; จินดา และคณะ, 2531: 272-284) เนื่องจากการทำพืชหมักจะต้องเก็บพืชไว้ในสภาพที่ไร้อากาศ (Anaerobic condition) เพื่อช่วยให้กระบวนการหมักของพืชให้ดียิ่งขึ้น จึงมีการเติมสารเสริมต่างๆ เพื่อช่วยในกระบวนการหมัก เช่น ยูเรีย กากน้ำตาล โซเดียมไฮดรอกไซด์ และน้ำพืชหมัก ซึ่งพืชหมักจะมีสภาพคงที่ได้เกิดจากการทำงานของแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria: LAB) และแบคทีเรียกรดแลคติคที่มีในพืช (Epiphytic lactic acid bacteria) (Cai et al., 1994: 420-428) น้ำพืชหมัก (Fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria: FJLB) เป็นสารเสริมพืชหมักอีกทางเลือกชนิดหนึ่ง โดยการนำเศษเหลือที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหรือคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่ายอยู่สูง (Water soluble carbohydrate: WSC) มาทำเป็นน้ำพืชหมัก เนื่องจากจุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลหรือคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่ายเป็นแหล่งอาหาร และพลังงานในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในการเร่งปฏิกิริยาการหมักในช่วงแรกทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเริ่มคงที่พืชหมักก็จะรักษาสภาพไว้ได้นานขึ้นเมื่ออยู่ในภาพไร้อากาศ ดังนั้นจึงมีการนำเปลือกผลไม้ (Fruit peel) ที่เป็นเศษเหลือทิ้งที่ได้จากโรงงานการแปรรูปผลไม้กระป๋อง โดยเปลือกสับปะรด (Pineapple peel) มีความชื้นประมาณ 85.8%, โปรตีนรวมประมาณ 4.4%, เยื่อใยรวมประมาณ 8.1%, มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.2-3.4, ปริมาณคาร์โบไฮเดรตประมาณ 15% และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดประมาณ 12% (จินดา, 2547:51; Loren, 2015) เปลือกมะละกอ (Papaya peel) มีความชื้นประมาณ 75.13%, โปรตีนรวมประมาณ 1.24%, เยื่อใยรวม

ประมาณ 1.72%, มีค่า pH อยู่ประมาณ 4.23, ปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ประมาณ 10% และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดประมาณ 9.13% (Vikas, 2014: 2277-8179) และเปลือกมะม่วง (Mango peel) มีความชื้นประมาณ 68.50%, โปรตีนรวมประมาณ 2.05%, เยื่อใยรวมประมาณ 5.40%, ปริมาณคาร์โบไฮเดรตประมาณ 26.5% และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดประมาณ 15% (Ajila et al., 2007:1006-1011; Loren, 2015) เนื่องจากเปลือกผลไม้มีน้ำตาลและคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบที่สามารถเป็นแหล่งอาหารและพลังงานของเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักได้ ซึ่งจะช่วยการกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระบวนการหมักให้เกิดขึ้นเร็วในช่วงแรกของการหมักได้ (เสมอใจ, 2554: 85-98) จากการรายงานที่ผ่านมา Weinberg and Muck (1996) อ้างโดย เสมอใจ (2554: 85-98) กล่าวว่าการเติมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคเป็นสารตั้งต้นในการทำพืชหมักอาจจะช่วยควบคุมการเกิดเชื้อจุลินทรีย์ที่จะทำให้พืชหมักเน่าเสียในกระบวนการหมักได้ ซึ่งระหว่างการทำงานของแบคทีเรียกรดแลคติคกลุ่มนี้จะทำให้เกิดการใช้น้ำตาลอย่างรวดเร็ว จึงส่งผลให้มีการผลิตกรดแลคติคเพิ่มขึ้นและมีค่า pH ลดลง จากการรายงานของ Masuko et al. (2000: 1006-1011) รายงานว่าพืชหมักที่ได้รับการเติมน้ำหมักผลไม้ที่ระดับต่างๆ พบว่าพืชหมักที่ได้มีคุณภาพดี มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.77-3.87, ให้ผลผลิตกรดแลคติคสูง (48.70-71.80 gkg^{-1}DM) ปริมาณของกรดบิวทิริกต่ำ (0-0.1 gkg^{-1}DM) และแอมโมเนียไนโตรเจนต่ำ (70-89 gkg^{-1}N)

ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ทั้ง 3 ชนิด (เปลือกสับปะรด, เปลือกมะละกอ และเปลือกมะม่วง) เพื่อใช้เป็นสารเสริมในการปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ต่อองค์ประกอบทางเคมี การย่อยได้โภชนะ ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม และผลผลิตสุดท้ายจากการหมักย่อยโดยเทคนิค *in vitro* และเพื่อศึกษาเปลือกข้าวโพดหมักที่ใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ต่อการย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทนในช่วงฤดูแล้ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ทั้ง 3 ชนิด คือ เปลือกสับปะรด, เปลือกมะละกอ และเปลือกมะม่วง

1.2.2 เพื่อปรับปรุงคุณภาพเปลือกข้าวโพดโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ทั้ง 3 ชนิด

1.2.3 เพื่อศึกษาความสามารถในการย่อยได้ของเปลือกข้าวโพดหมักโดยเทคนิค *in vitro*

1.2.4 เพื่อศึกษาสัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะ และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสมที่ได้รับเปลือกข้าวโพดหมัก

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การใช้เปลือกข้าวโพดหมักร่วมกับแบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักเปลือกผลไม้ส่งผลดีต่อองค์ประกอบทางเคมี ความสามารถในการย่อยได้โภชนะ ผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการหมักย่อยด้วยเทคนิค *in vitro* ปริมาณการกินได้และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ แบคทีเรียกรดแลคติค (Latic acid bacteria) แบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค (Aerobic bacteria) เชื้อราและยีสต์ (Mold and Yeast)

1.4.2 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition) ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีนรวม ไขมันรวม พลังงานรวม และนำไปวิเคราะห์หาเยื่อใย ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber: NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber: ADF) และลิกนินที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent lignin: ADL) แล้วนำไปคำนวณหาเซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และ NDS (Neutral detergent soluble)

1.4.3 ศึกษาความสามารถในการย่อยได้โภชนะ ผลผลิตแก๊สสะสม ค่าจลศาสตร์การหมักย่อยโดยเทคนิค *in vitro* และผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมักย่อย

1.4.4 ศึกษาปริมาณการกินได้ทั้งหมด สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะ และสมรรถนะการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์ลูกผสม (พื้นเมือง x บอร์) เพศผู้ อายุ 3-4 เดือน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 14 ± 1.08 กิโลกรัม ที่ได้รับเปลือกข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ

บทที่ 2
ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แพะ (Goat)

แพะมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Capra aegagrus hircus* แพะเป็นสัตว์กระเพาะรวม (Ruminant) หรือสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่นเดียวกับโค กระบือ และแกะ โดยแพะเป็นสัตว์กระเพาะรวมขนาดเล็กที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว กินอาหารได้หลากหลายชนิด สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมต่างๆ และการจัดการง่ายกว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นๆ (ศิริรัตน์, 2556: 1-11) นอกจากนี้แพะยังสามารถให้ผลผลิตได้เร็ว ไม่ว่าจะเป็นเนื้อหรือนม โดยแพะหนึ่งตัวให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย 2-3 ลิตรต่อวัน และแพะสามารถให้ลูก 2-3 ตัวต่อการตั้งท้อง 1 ครั้ง และตั้งท้องประมาณ 5 เดือน อีกทั้งยังประกอบกับสถานการณ์ในปัจจุบันความต้องการแพะในท้องตลาดมีมากขึ้นทำให้ราคาแพะมีชีวิตเพิ่มสูงกว่าในอดีต เกษตรกรเป็นจำนวนมากจึงหันมาสนใจที่จะเลี้ยงแพะเป็นอาชีพ (หนึ่งนุช, 2551: 223)

ระบบการเลี้ยงแพะในประเทศไทยสามารถแบ่งได้ 4 ระบบ ได้แก่

1. เลี้ยงแบบปล่อย (Extensive grazing หรือ Free-to-roam) ผู้เลี้ยงจะปล่อยให้แพะออกหากินโดยอิสระในช่วงเช้า-บ่าย และนำสัตว์เข้าคอกในช่วงเย็น

2. เลี้ยงแบบผูกล่าม (Tethering) ผู้เลี้ยงจะใช้เชือกผูกคอสัตว์ไว้กับเสาหลักหรือต้นไม้ที่มีหญ้าให้สัตว์กินอย่างเพียงพอ และมีการเคลื่อนย้ายพื้นที่ให้สัตว์เล็มกินหญ้าไปเรื่อยๆ ระบบนี้เหมาะกับการเลี้ยงเป็นจำนวนไม่มาก

3. เลี้ยงแบบขังคอกหรือเกี่ยวหญ้าให้กิน (Cut and carry) การเลี้ยงระบบนี้มีการจัดการที่ค่อนข้างดี โดยผู้เลี้ยงจะต้องหาอาหารและน้ำให้สัตว์กิน จึงไม่ค่อยได้รับความนิยมเพราะสิ้นเปลืองแรงงานและเงินทุน ส่วนมากมักจะพบในการเลี้ยงแพะนม

4. ระบบการเลี้ยงแบบผสมผสาน (Integration with tree plantation) เช่น การเลี้ยงแพะในสวนยางพารา สวนมะพร้าว สวนปาล์ม การเลี้ยงแบบนี้จะพบมากในภาคใต้ของประเทศไทย บุญเสริม (2546) อ้างโดย ปิ่น และคณะ (2558: 1-114)

2.1.1 สถานการณ์การเลี้ยงแพะในประเทศไทย

ปัจจุบันการเลี้ยงแพะในประเทศไทยมีแนวโน้มการเลี้ยงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแพะเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญประเภทหนึ่งสามารถเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ได้ อีกทั้งยังเลี้ยงเป็นอาชีพหลักและอาชีพเสริมได้ แพะจึงถือเป็นสินค้าเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคใต้ นอกจากแพะจะถูกนำมาเป็นอาหารเพื่อการบริโภคแล้วยังเป็นสัตว์พิธีกรรมทางศาสนา โดยเฉพาะศาสนาอิสลามในหลายโอกาส (บัญชา และ อุไรวรรณ, 2557: 1-34) จากสถิติข้อมูลของกรมปศุสัตว์ของประเทศไทยในช่วง 9 ปี ระหว่างปี 2550-2558 พบว่าจำนวนแพะในประเทศไทยมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี จำนวนแพะที่เลี้ยงในประเทศไทยทั้งหมดมีประมาณ 3,410,876 ตัว แบ่งเป็นภาคต่างๆ ดังนี้ ภาคเหนือ 436,082 ตัว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 164,356 ตัว ภาคกลาง 1,263,825 ตัว และภาคใต้ 1,877,041 ตัว (กรมปศุสัตว์, 2559) (ตารางที่ 1)

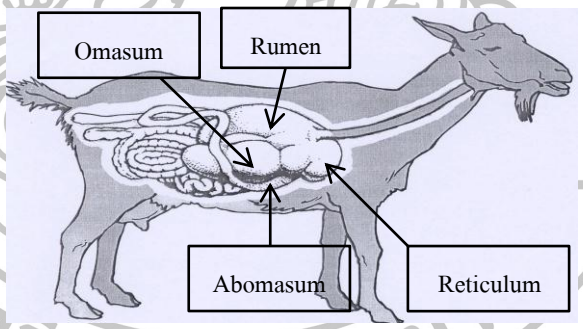
ตารางที่ 1 สถิติการเลี้ยงแพะในประเทศไทย ปี 2550-2558

ปี	ภาคกลาง (ตัว)	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ตัว)	ภาคเหนือ (ตัว)	ภาคใต้ (ตัว)	รวมทั้งประเทศ (ตัว)
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
2556	157,112	14,613	32,921	235,631	440,277
2557	174,259	16,252	34,681	243,185	468,377
2558	2 09,155	19,822	38,876	271,730	539,583
รวม	1,263,825	164,356	436,082	1,877,041	3,410,876

ที่มา: กรมปศุสัตว์, **สรุปข้อมูลและสถิติจำนวนการเลี้ยงแพะ**, เข้าถึงเมื่อ 8 กันยายน 2559, เข้าถึงได้จาก http://ict.dld.go.th/th2/index.php/th/report/447-report-thailandlivestock/reportsurvey2558-1/870-report-survey58-1

2.1.2 สรีรวิทยาระบบทางเดินอาหารของแพะ

แพะเป็นสัตว์กระเพาะรวมขนาดเล็กจัดอยู่ในกลุ่มสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่นเดียวกับโค กระบือ แต่มีขนาดเล็กกว่าแต่มีโครงสร้างทางกายวิภาคและสรีรวิทยาของระบบทางเดินอาหารคล้ายกัน แพะเป็นสัตว์ที่ให้ผลผลิตได้หลากหลายรูปแบบทั้งเนื้อและนม ดังนั้นปริมาณและคุณภาพของผลผลิตส่วนมากเป็นผลมาจากคุณภาพของอาหารหยาบที่สัตว์กินและศักยภาพการย่อยอาหารของสัตว์ โดยเฉพาะการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะอาหารส่วนหน้า ซึ่งกระเพาะหมักทำหน้าที่หมักอาหารที่มีเยื่อใยสูงและสังเคราะห์วิตามินให้แก่ตัวสัตว์ โดยปกติอาหารที่มีเยื่อใยสูงจะมีคุณค่าทางโภชนะต่ำ แต่จุลินทรีย์จะเปลี่ยนเป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ที่สัตว์นำไปใช้ในการดำรงชีวิตและสร้างผลผลิตต่อไป ซึ่งระบบทางเดินอาหารของแพะสามารถแบ่งแยกได้เป็น 4 ส่วน คือ กระเพาะหมัก (Rumen) กระเพาะรังผึ้ง (Reticulum) กระเพาะสามสิบกลีบ (Omasum) กระเพาะแท้ (Abomasum) โดยกระเพาะอาหารของแพะมีความจุประมาณ 75% ของช่องท้อง ซึ่งจะกินพื้นที่ด้านช่องท้องด้านซ้ายทั้งหมดและขยายไปช่องท้องด้านขวา กระเพาะอาหารของแพะโตเต็มวัยมีความจุประมาณ 15-18 ลิตร ประกอบด้วยส่วนต่างๆ (วินัย, 2542: 338) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 สรีรวิทยาระบบทางเดินอาหารของแพะ
ที่มา: หนึ่งนุช สายปิ่น, **การผลิตแพะ** (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2551)

2.1.3 นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

ในสัตว์กระเพาะรวมมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารสัตว์ที่มีเยื่อใยสูง (Dietary fiber) ซึ่งสัตว์กระเพาะเดี่ยวจะไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ การย่อยสลายพืชอาหารสัตว์ที่มีเยื่อใยสูงในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมน ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา โดยทั่วไปแล้วกระบวนการใช้อาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะต้องอาศัยปัจจัยที่สำคัญหลายอย่างเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนที่มีความสำคัญต่อการผลิตเอนไซม์ เพื่อทำการย่อยสลายสารอาหารประเภทพลังงานที่เป็น

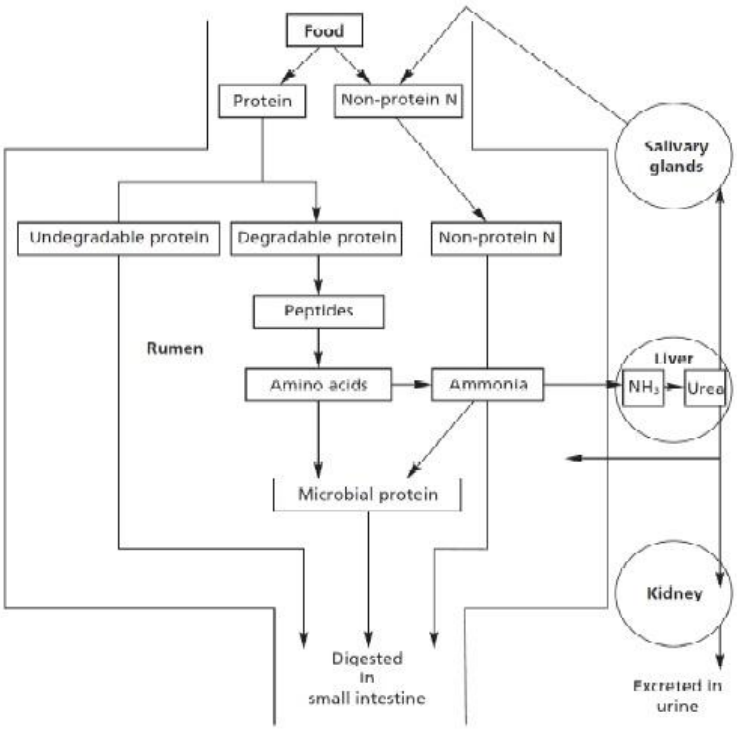
คาร์โบไฮเดรตทั้งที่เป็นโครงสร้าง (Structural carbohydrate: SC) และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (Non–structural carbohydrate: NSC) เพื่อให้ได้ผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญและมีประโยชน์ต่อตัวสัตว์ คือ กรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid: VFA) ซึ่งกรดไขมันระเหยได้เหล่านี้จะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับสัตว์ที่จะนำไปใช้ในการดำรงชีวิตและการให้ผลผลิตเนื้อและนมต่อไป ในส่วนของไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ (Non–protein nitrogen: NPN) จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้ประโยชน์ได้ โดยจุลินทรีย์จะทำงานได้ดีถ้าสภาพภายในกระเพาะรูเมนมีค่า pH ที่เหมาะสม (Rumen pH) คือ อยู่ในช่วง 6.5-7.0 และมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 39-40 ˚C ซึ่งจะทำให้ทั้งแบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อราสามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสมต่อการย่อยอาหารในกระเพาะรูเมน (เมธา, 2533: 473; ฉลอง, 2541: 218; Czerkawski, 1986: 199)

2.1.4 เมแทบอลิซึมของโปรตีนในกระเพาะรูเมน

สำหรับสัตว์กระเพาะรวมขนาดเล็กการย่อยสลายโปรตีนจะแตกต่างกับสิ่งมีชีวิตอื่นโดยเฉพาะการย่อยสลายโปรตีนในกระเพาะรูเมน โปรตีนในอาหารหมักจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. โปรตีนแท้ (True protein) เช่น อินซูลิน กลอบูลิน แอลบูมิน และ เคอราติน เป็นต้น

2. ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ (Non-protein nitrogen: NPN) มีทั้งที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น กรดอะมิโนอิสระ กรดนิวคลิอิก เอไมด์ เอมีน และยูเรีย ซึ่งมีการย่อยสลายแตกต่างกัน โดยสาร NPN มีอัตราการสลายเร็วที่สุด การย่อยสลาย และการเมแทบอลิซึมของสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์เคี้ยวเอื้องให้ได้เป็นเปปไทด์ กรดอะมิโน และแอมโมเนีย จากนั้นจะมีการสลายกรดอะมิโนส่วนหนึ่งโดยกระบวนการดีแอมิเนชัน (Deamination) โดยอาศัยเอ็นไซม์จากจุลินทรีย์แล้วได้เป็นแอมโมเนียและ α -keto acid หลังจากนั้นจุลินทรีย์หรือตัวสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ (ภาพที่ 2) (บุญล้อม, 2527; เมธา, 2533: 473) จากการรายงานของ เมธา (2533: 473) กล่าวว่า 80% ของไนโตรเจนของจุลินทรีย์จะถูกสังเคราะห์โดยการใช้แอมโมเนีย ส่วนอีก 20% จะใช้กรดอะมิโนโดยตรง ส่วน α -keto acid อาจถูกสลายตัวต่อไปเพื่อใช้ในการสร้างสารประกอบอื่นๆหรือเป็นแหล่งพลังงาน เช่น กรดอะซิติก (Acetic acid) กรดโพรพิโอนิก (Propionic acid) กรดบิวทีริก (Butyric acid) กรดไอโซบิวทีริก (Iso-butyric acid) และกรดไอโซวาลาริก (Iso-valeric acid) เป็นต้น



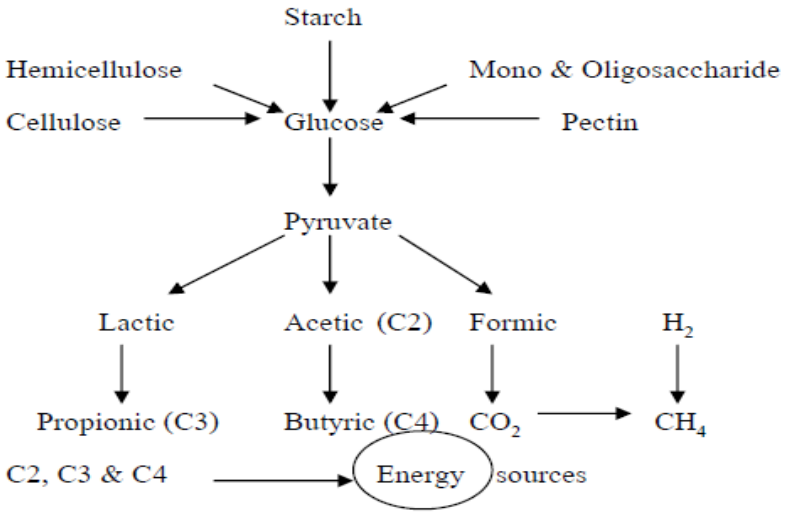
ภาพที่ 2 วิถีเมแทบอลิซึมของโปรตีนและไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน

ที่มา: McDonald, P., et al., **Animal Nutrition** ((7th ed) Pearson, Harlow, England, 2011), 692.

2.1.5 เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

ในสัตว์กระเพาะรวมคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่อยู่ในรูปของพอลิแซ็กคาไรด์จะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น กลูโคสหรือเพนโตส โดยผ่านวิถีต่างๆ จากนั้นจะถูกหมักในกระเพาะรูเมนอย่างรวดเร็วและถูกสังเคราะห์ไปเป็นกรดไพรูวิคหรือไพรูเวท ซึ่งเป็นตัวกลางสำคัญในการสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยได้ โดยประมาณ 60% ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนเป็นเป็นกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid: VFA) ซึ่งเป็นผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซิติก (C_2) กรดบิวทีริก (C_4) กรดโพรพิโอนิก (C_3) เป็นหลัก ส่วนกรดวาลาริก (C_5) ไอโซวาลาริก และไอโซบิวทีริก อาจพบบ้างแต่ในปริมาณน้อยซึ่งสัตว์จะดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป นอกจากนี้ยังมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และแก๊สเมทเธน (CH_4) (ภาพที่ 3) และมีความร้อนประมาณ 20% ส่วนพลังงานที่ผลิตได้ในรูป ATP จากกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนจะถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ ใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสร้างเซลล์จุลินทรีย์และใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อการดำรงชีพ (ปิ่น และคณะ, 2558: 1-114) โดยปัจจัยที่สำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ คือ พลังงาน ซึ่งต้องมี

อย่างเพียงพอและในสัดส่วนที่เหมาะสม จึงจะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนมีประสิทธิภาพสูงสุด (Nocek and Russell, 1988: 2070-2107)



ภาพที่ 3 วิถีเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน
ที่มา: Maynard et al. (1983) อ้างโดย วรพงษ์ สุริยภัทร, “หลักโภชนศาสตร์” (เอกสารประกอบการสอนรายวิชา หลักโภชนศาสตร์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550)

2.1.6 ความต้องการโภชนะของแพะเนื้อ

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กในกระเพาะรูเมนจะอาศัยจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในช่วยในย่อยอาหารและสังเคราะห์วิตามิน โดยปกติแพะมีความต้องการอาหารหยาบวันละประมาณ 10% ของน้ำหนักตัว และต้องการอาหารข้นประมาณวันละ 0.5-1.0 กิโลกรัมของน้ำหนักตัว นอกจากนั้นแพะยังต้องการน้ำวันละประมาณ 5-9 ลิตร และแร่ธาตุเสริมเป็นประจำอีกด้วย ความต้องการโภชนะของแพะในแต่ละช่วงอายุนั้นมีความแตกต่างกันออกไป โดยอาหารที่แพะกินเข้าไปจะถูกย่อยและดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกาย โภชนะหรือสารอาหารที่แพะต้องการสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พลังงาน โปรตีน น้ำ วิตามิน และแร่ธาตุ โดยโภชนะต่างๆที่แพะได้รับจะถูกนำไปใช้ในร่างกาย ซึ่งแบ่งออกได้ 2 ส่วน คือ

1. ความต้องการเพื่อดำรงชีพ (Maintenance requirement) เพื่อใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น การหายใจ การหมุนเวียนของเลือด การทำงานของอวัยวะภายในและการซ่อมแซมส่วนต่างๆของร่างกาย เป็นต้น ปริมาณความต้องการเพื่อการดำรงชีวิตนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของร่างกายสัตว์และกิจกรรมพื้นฐาน

2. ความต้องการในการให้ผลผลิต (Maintenance for production) เป็นความต้องการที่นอกเหนือไปจากการดำรงชีวิต ได้แก่ การเจริญเติบโต การอุ้มท้อง การให้เนื้อ การให้นมและการให้ขน (วินัย, 2542: 338; บุญนำพา, 2548) (ตารางที่ 2)

Pennsylvania State University (2012) รายงานว่าแพะในแต่ละช่วงอายุนั้นจะมีความต้องการโภชนะที่แตกต่างกัน เช่น แพะที่มีอายุน้อยจะมีความต้องการโปรตีนในการเจริญเติบโตสูงกว่าแพะที่มีอายุมาก ในขณะที่แพะพ่อแม่พันธุ์ต้องการโภชนะ แร่ธาตุ และไวตามินเพื่อใช้ในการสืบพันธุ์มากกว่าแพะรุ่นหรือแพะขุน ดังนั้นการเลี้ยงแพะจึงควรศึกษาความต้องการโภชนะของแพะในแต่ละช่วงอายุ เพื่อให้แพะได้รับสารอาหารที่เพียงพอและตรงตามความต้องการของร่างกาย ซึ่งความต้องการปริมาณอาหารและโภชนะของแพะระยะต่างๆ จากการรายงานของ สมชาย และคณะ (2548) รายงานว่าแพะเนื้อที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีระดับการเสริมโปรตีนที่ระดับ 12.53 และ 14.56% มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าแพะที่ได้รับการเสริมโปรตีนที่ระดับ 10.43% มีค่าเท่ากับ 71.78, 87.56 และ 46.22 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมโปรตีนที่ระดับ 10.43% สำหรับการรายงานของ ปิ่น และคณะ (2555) รายงานว่าแพะนมที่ได้รับอาหารทดลองที่มีโปรตีนที่ระดับต่างกัน คือ 16, 17, 18 และ 19% ไม่มีผลต่อปริมาณการกินทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 1.26-1.50 กิโลกรัม/ตัว/วัน ของวัตถุแห้ง อีกทั้งยังไม่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

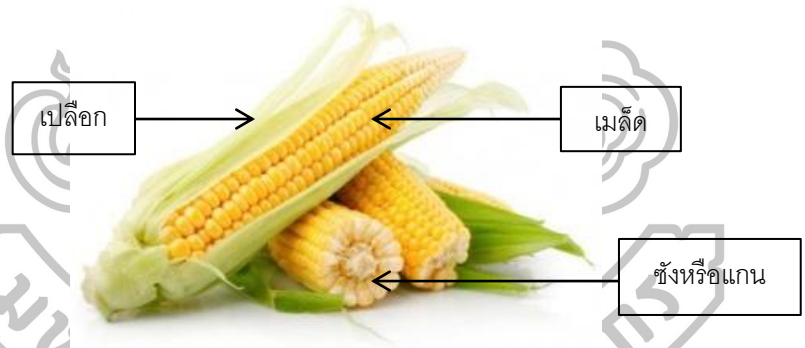
ตารางที่ 2 ปริมาณความต้องการโภชนะของแพะเนื้อ

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

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

2.2 ข้าวโพด (Corn)

ข้าวโพดมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Zea mays* Linn. วงศ์ Graminiales เป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้ามีลักษณะลำต้นสูงโดยเฉลี่ยประมาณ 2.2 เมตร ข้าวโพดมีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ส่วนมากจะเก็บในรูปฝักสดเมื่ออายุประมาณ 65-80 วัน (ขึ้นอยู่กับพันธุ์) เป็นพืชที่ปลูกได้ตลอดทั้งปีและปลูกกันทั่วทุกภาคของประเทศ แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญของทางภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน และลำปาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ หนองคาย นครพนม ภาคกลาง ได้แก่ กาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐม และสุพรรณบุรี และภาคใต้ ได้แก่ สงขลา สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช ผลผลิตข้าวโพดส่วนมากประมาณ 75% ของผลผลิตจะถูกนำเข้าสู่โรงงานการแปรรูปเพื่อส่งออกไปต่างประเทศ เช่น ข้าวโพดกระป๋อง หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะยังคงมีใบและลำต้นเป็นเศษเหลือทางการเกษตรอยู่จำนวนมาก ในส่วนของฝักหลังจากการแปรรูปก็จะมีเศษเหลือพวกเปลือกฝัก ไหม และซังเป็นจำนวนมาก เศษเหลือทิ้งทางการเกษตรและเศษเหลือทิ้งจากโรงงานการแปรรูปเหล่านี้ สามารถนำมาไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ (ศิริพร, 2555; วรลักษณ์, 2556) (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ส่วนประกอบต่างๆ ของข้าวโพด

ที่มา: สมุนไพรดอทคอม, **ข้าวโพด,** เข้าถึงเมื่อ 12 พฤษภาคม 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.samunpri.com/tag/ข้าวโพด/

2.2.1 สถานการณ์การผลิตข้าวโพดในประเทศไทย

ในช่วง 6 ปีที่ผ่านมา (2551-2556) เนื้อที่เพาะปลูกข้าวโพดในปี 2556 มีเนื้อที่เพาะปลูก 247,138 ไร่ และมีผลผลิต 365,061 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2551 ซึ่งมีเนื้อที่ 200,965 ไร่ และมีผลผลิต 336,427 ตัน หรือเพิ่มขึ้น ในช่วง 6 ปีที่ผ่านมา โดยผลผลิตข้าวโพดประมาณ 75% ของผลผลิตทั้งหมดจะนำมาแปรรูปเป็นข้าวโพดหวานกระป๋องส่งออกไปขายในต่างประเทศมีมูลค่าการส่งออกใน ปี 2556 คิดเป็นมูลค่า 5,400 ล้านบาท (วรวัธน์ และ ศศิธร, 2557) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 พื้นที่ในการปลูก ผลผลิต และปริมาณการส่งออกข้าวโพดของประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ 2551-2556

รายการ	ระหว่างปี พ.ศ 2551-2556					
	2551	2552	2553	2554	2555	2556
พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	200,965	206,748	228,377	272,294	298,193	247,136
ผลผลิตฝักสด (ตัน)	336,427	376,871	331,639	388,997	429,256	365,061
ปริมาณการส่งออก (ตัน)	153,384	160,384	173,170	184,178	172,188	167,011
มูลค่าการส่งออก (ล้านบาท)	4,843	5,105	5,108	5,701	5,684	5,400

ที่มา: วรวัธน์ อัสดรนิธี และ ศศิธร ชิ้มประเสริฐ, “สถานการณ์การผลิตและการแข่งขันทางการค้าข้าวโพดหวานระหว่างประเทศ” (เอกสารในการสัมมนาวิชาการข้าวโพดฝักสด ครั้งที่ 7 เสนอที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 26 - 28 กุมภาพันธ์, 2557)

2.2.2 กระบวนการแปรรูปข้าวโพด

เนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกสินค้าจากข้าวโพดเป็นอันดับต้นๆของโลก ดังนั้นจึงต้องมีการแปรรูปที่ได้คุณภาพ โดยข้าวโพดหวานที่นำส่งเข้าโรงงานเพื่อทำการแปรรูปจะผ่านขั้นตอนต่างๆ เช่น การปลอกเปลือก คัดขนาด ยิงเมล็ด ร่อนเมล็ด แล้วนึ่ง ก่อนที่จะทำการบรรจุกระป๋องในรูปแบบลักษณะต่างๆ (ภาพที่ 5) หลังจากการแปรรูปจะได้เปลือกและซังของข้าวโพดเป็นเศษเหลือที่ได้จากกระบวนการการแปรรูปข้าวโพดคิดเป็นปริมาณซังข้าวโพดประมาณ 15% ของผลผลิตทั้งหมด จึงมีการนำเปลือกพร้อมซังข้าวโพดมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ โดยเฉพาะในช่วงที่ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ (ศิริพร และคณะ, 2555: 549-552) จากการรายงานของเสาวลักษณ์ และคณะ (2555: 187-192) รายงานว่าจังหวัดเชียงใหม่มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงถึง 154,700 ไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 180,000 ตัน ทำให้เกิดเศษเหลือ คือ เปลือกประมาณ 42,000 ตัน ในส่วนการรายงานของ สายัณห์ (2547: 1-12) รายงานว่าผลพลอยได้จากการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนหลังจากการเก็บเกี่ยวมีส่วนที่เหลือ คือ ต้นและใบประมาณ 4,000-6,700 กิโลกรัมต่อไร่ และมีส่วนของเปลือกและซังประมาณ 500-600 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้การรายงานของ วีรชัย และคณะ (2554) รายงานว่ามีเศษเหลือประเภท ต้น ตอ และใบของข้าวโพดประมาณ 5.1 ล้านตัน โดยมีเศษเหลือประเภทซังและเปลือกข้าวโพดประมาณ 1.7 ล้านตัน

ภาพที่ 5 แผนภูมิแสดงกระบวนการการแปรรูปข้าวโพด

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก สมปอง สรวมศิริ, “การใช้เศษเหลือจากข้าวโพดหวานเลี้ยงโค” **(วารสารแม่โจ้ปริทัศน์** 13, 3 (กรกฎาคม), 2552), 45-49.

2.2.3 องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือที่ได้จากการแปรรูปข้าวโพด

เศษเหลือที่ได้จากการแปรรูปข้าวโพด เช่น ซัง เปลือก และไหม พบมากในเกือบทุกภาคของประเทศและมีเกือบตลอดทั้งปี ซึ่งเกษตรกรสามารถนำเศษเหลือทิ้งเหล่านี้ไปใช้เลี้ยงสัตว์แทนหญ้าสดได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาทำเป็นพืชหมักเพื่อเก็บไว้ใช้ในช่วงขาดแคลนหญ้าสดได้ (จินดา, 2539) เศษเหลือที่ได้จากการแปรรูปข้าวโพดเมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีคุณค่าทางโภชนะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว วิธีการของการแปรรูปและปริมาณของเมล็ดที่ติดปะปนมา ดังนั้นจึงมีคุณค่าทางโภชนะที่แตกต่างกันออกไป (สมปอง, 2552: 45-49) (ตารางที่ 4) จากการรายงานของ บุญล้อม และ ทิพย์วรรณ (2530: 169-180) รายงานว่าเปลือกและต้นข้าวโพดฝักอ่อนที่ใช้เป็นอาหารสัตว์มีวัตถุแห้งประมาณ 26%, อินทรียวัตถุประมาณ 94%, เยื่อใย NDF ประมาณ 60%, ลิกนินประมาณ 5% และการย่อยได้โภชนะประมาณ 55 - 65% ของน้ำหนักแห้ง โดยสามารถนำไปเป็นอาหารสัตว์ได้ดีทั้งในรูปพืชสดและพืชแห้ง

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่างๆของข้าวโพด (%วัตถุแห้ง)

ส่วนต่างๆ	องค์ประกอบทางเคมี (%)							แหล่งที่มา
	วัตถุแห้ง	เถ้า	เยื่อใยรวม	ไขมันรวม	โปรตีนรวม	เยื่อใย NDF	เยื่อใย ADF	
ต้นข้าวโพดฝักอ่อน	28.04	7.71	25.57	1.36	7.75	60.67	36.94	อุทัย และคณะ (2539)
	25.30	7.50	-	-	9.7	63.60	37.20	จินดา (2539)
ไหมข้าวโพดฝักอ่อน	12.40	5.90	9.70	2.6	17.1	38.40	13.90	จินดา (2539)
เปลือกข้าวโพดฝักอ่อน	18.00	5.02	21.00	1.8	12.6	61.50	27.30	จินดา (2539)
เปลือกข้าวโพด	21.55	2.33	35.67	1.05	6.61	82.52	44.84	อาทิตย์ และ ศรเทพ (2556: 55-58)
	28.00	-	6.53	1.01	36.25	68.19	48.13	จินดา และคณะ (2541)
ซังข้าวโพด	27.50	-	8.01	2.24	23.57	69.26	28.20	จินดา และคณะ (2541)
	-	1.30	45.70	1.20	1.70	-	-	Nangole et al. (1983: 121-130)
	21.95	3.46	27.35	0.47	4.52	84.60	40.11	อาทิตย์ และ ศรเทพ (2556: 55-58)

หมายเหตุ: NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber)

นอกจากนี้ บุญล้อม และคณะ (2544) รายงานว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานมีวัตถุแห้งประมาณ 19.75%, โปรตีนรวมประมาณ 6.86%, ไขมันรวมประมาณ 3.21%, เถ้าประมาณ 3.97%, เยื่อใย NDF ประมาณ 70.89%, เยื่อใย ADF ประมาณ 35.61% และคาร์โบไฮเดรตย่อยง่ายประมาณ 15.07%

2.2.4 การใช้เศษเหลือจากข้าวโพดในการเลี้ยงสัตว์

นพพล และคณะ (2556: 31-34) รายงานว่าการปรับปรุงเปลือกและซังข้าวโพดด้วยเชื้อ *P. ostreatus* และ *C. versicolor* ในโคขาวลำพูนมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งอยู่ในช่วง 17.69-59.75% และ 17.04-63.27% ตามลำดับ สูงกว่าเปลือกและซังข้าวโพดที่ไม่เสริมเชื้อมีค่าอยู่ในช่วง 15.84-57.13% ตามลำดับ สำหรับการรายงานของ เทียนทิพย์ และ ศรเทพ (2557: 273-278) รายงานว่าโคนมรุ่นที่ได้รับเปลือกและซังข้าวโพดหมักร่วมกับฟางข้าวในระดับ 60 : 40 และ 50 : 50 มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (56.99 และ 59.36% ตามลำดับ) โปรตีนรวม (58.87 และ 50.17% ตามลำดับ) เยื่อใย NDF (56.43 และ 54.58% ตามลำดับ) และเยื่อใย ADF (46.21 และ 62.00% ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับเปลือกและซังข้าวโพดหมักร่วมกับฟางข้าวในระดับ 40 : 60 และกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะของอัตราส่วนเปลือกและซังข้าวโพดต่อฟางข้าวในโคนมรุ่น (% วัตถุแห้ง)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (%)	อัตราส่วนของเปลือกและซังข้าวโพด : ฟางข้าว			
	60 : 40	50 : 50	40 : 60	0 : 100
วัตถุแห้ง	56.99	59.36	47.13	37.12
อินทรียวัตถุ	62.00	52.38	62.33	47.18
โปรตีนรวม	58.87	50.17	37.31	38.57
เยื่อใย NDF	56.43	54.58	40.61	33.71
เยื่อใย ADF	46.21	62.00	21.84	20.76

ที่มา: เทียนทิพย์ ไกรพรม และศรเทพ ธัมวาสาร, “ผลของการใช้เปลือกและซังข้าวโพดหมักร่วมกับฟางข้าวในอาหารโคนมรุ่น” **(วารสารแก่นเกษตร** 42, ฉบับพิเศษ 1, 2557), 273-278.

หมายเหตุ: NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber)

จากการศึกษาของ มนตรี และคณะ (2553: 45-55) พบว่าโคนมที่ได้รับเปลือกและซังข้าวโพดหมักร่วมกับใบกระถิน 20% มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (69.83%), โปรตีนรวม (74.16%), เยื่อใย NDF (75.64%) และเยื่อใย ADF (49.78%) สูงกว่าโคนมที่ได้รับเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักเพียงอย่างเดียวหรือได้รับร่วมกับใบกระถิน 10 และ 30% (ตารางที่ 6) สอดคล้องกับการรายงานของ เทอดชัย (2548) รายงานว่าการเสริมใบกระถินในระดับที่สูงขึ้นจะมีผลให้ปริมาณลิกนินในพืชหมักเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีผลต่อการย่อยได้ของเยื่อใยรวม เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส

ตารางที่ 6 สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะของสูตรอาหารทดลองต่างๆในโคนม (% วัตถุแห้ง)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (%)	อัตราส่วนของเปลือกข้าวโพด : ใบกระถิน			
	100:0	90:10	80:20	70:30
วัตถุแห้ง	51.60	52.07	69.83	51.42
โปรตีน	61.11	69.94	74.16	63.33
เยื่อใย NDF	62.58	72.38	75.64	56.02
เยื่อใย ADF	40.84	45.52	49.78	43.85

ที่มา: มนตรี จาปาดี, สมปอง สรวมศิริ และ ไพโรจน์ ศิลมั่น, “ผลของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินต่อผลผลิตจากการหมักในกระเพาะรูเมนของโคนม” (**การเกษตรราชภัฏ** 9, 2, 2553), 45-55.

หมายเหตุ: NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber)

2.3 การเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์

ปัญหาขาดแคลนพืชอาหารสัตว์เกิดขึ้นทุกๆปี โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งเนื่องจากในช่วงฤดูแล้งมักขาดน้ำในการปลูกพืชทำให้ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์คุณภาพดี แต่ในช่วงฤดูฝนพืชอาหารสัตว์จะเจริญได้ดีและมีปริมาณมากเกินพอจึงจำเป็นต้องมีการถนอมพืชอาหารสัตว์ไว้ใช้ในฤดูแล้ง เกษตรกรจึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการเก็บสำรองพืชอาหารสัตว์ที่มีมากเกินไปในช่วงฤดูฝน เพื่อไว้ใช้ในยามขาดแคลน เช่น การใช้วัสดุเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร และเศษเหลือทิ้งที่ได้จากการแปรรูปต่างๆมาปรับปรุงคุณภาพก่อนนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์

2.3.1 วิธีการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์

การเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์มีหลายวิธี วิธีที่นิยมปฏิบัติกันมีอยู่ 2 วิธี คือ

1. การทำพืชแห้ง คือ การทำให้พืชอาหารสัตว์มีความชื้นลดลง ยับยั้งการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยการตากหรืออบแห้งเพื่อไล่ความชื้นออกให้เหลือความชื้นของพืชประมาณ 15% หรือน้อยกว่านั้น ส่วนข้อจำกัดในการทำแห้ง คือ สามารถทำได้ดีเฉพาะกับพืชที่แห้งเร็วในทุกส่วนของพืช และต้องทำในแหล่งที่ไม่มีฝนตกขณะเก็บเกี่ยว ซึ่งไม่ค่อยเหมาะสมกับสภาพของประเทศไทยในเขตร้อนชื้น (สายัณห์, 2547: 1-12)

2. การทำพืชหมัก คือ การเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ที่นิยมมากที่สุดและเหมาะสำหรับสภาพอากาศของประเทศไทย สำหรับการทำพืชหมักสามารถช่วยรักษาคุณค่าทางโภชนะของพืชให้ได้ใกล้เคียงกับพืชสดได้มากที่สุด การหมักเป็นการถนอมพืชไว้ในลักษณะที่อวบน้ำที่อยู่ในสภาพอับอากาศ ในทางปฏิบัติการหั่นชิ้นส่วนของพืชที่จะนำมาหมักให้มีขนาดเล็ก บรรจุลงถังหมัก อัดให้แน่น และปิดฝาให้สนิทเพื่อไม่ให้อากาศเข้า แต่หากอากาศสามารถเข้าไปภายในได้จะก่อให้เกิดการเน่าเสียของพืชหมักเพราะจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้อากาศจะสามารถดำเนินกิจกรรมต่างๆได้ หากการบรรจุถังพืชหมักไม่เกิดปัญหาใดๆอากาศที่เหลือในถังหมักที่ก็จะหมดลงไปโดยการหายใจของเซลล์พืช จากนั้นจะมีการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคและมีการเปลี่ยนน้ำตาลที่ละลายในน้ำไปเป็นกรดอินทรีย์ต่างๆ และมีระดับของค่า pH อยู่ระหว่าง 3.5-4.5 ก็จะสามารถหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพืชหมักอีกต่อไป (บุญเสริม, 2539; ดรุณี, 2551) จากการรายงานของ Choopheng et al. (2005: 174-179) รายงานว่าเศษเหลือที่ได้จากโรงงานแปรรูปสับปะรดจำเป็นต้องมีการเก็บรักษาให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถจะเก็บไว้ให้ได้นานขึ้นได้ เช่น การทำสับปะรดตากแห้งหรือการทำสับปะรดหมัก ในส่วนของการเก็บรักษาเปลือกสับปะรดในรูปแบบของการหมักนั้นควรมีการหมักรวมกับพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น เนื่องจากเปลือกสับปะรดมีความเป็นกรดและความชื้นสูง

2.3.2 กระบวนการหมัก

สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการทำพืชหมักสามารถแบ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตพืชหมักได้ตั้งแต่การบรรจุลงถังหมักจนถึงการนำพืชหมักไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ สามารถแบ่งได้เป็น 5 ระยะ คือ (ภาพที่ 6) (บุญเสริม, 2539; สายัณห์, 2547: 1-12)

ระยะที่ 1 คือ ระยะที่เพิ่งจะนำพืชบรรจุลงถังหมักเซลล์พืชและจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศจะใช้อากาศที่มีอยู่ภายในถังหมักในการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำโดยเฉพาะน้ำตาลให้กลายเป็น CO_2 น้ำ และความร้อน ดังสมการ

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 674 \text{ kcal}$$

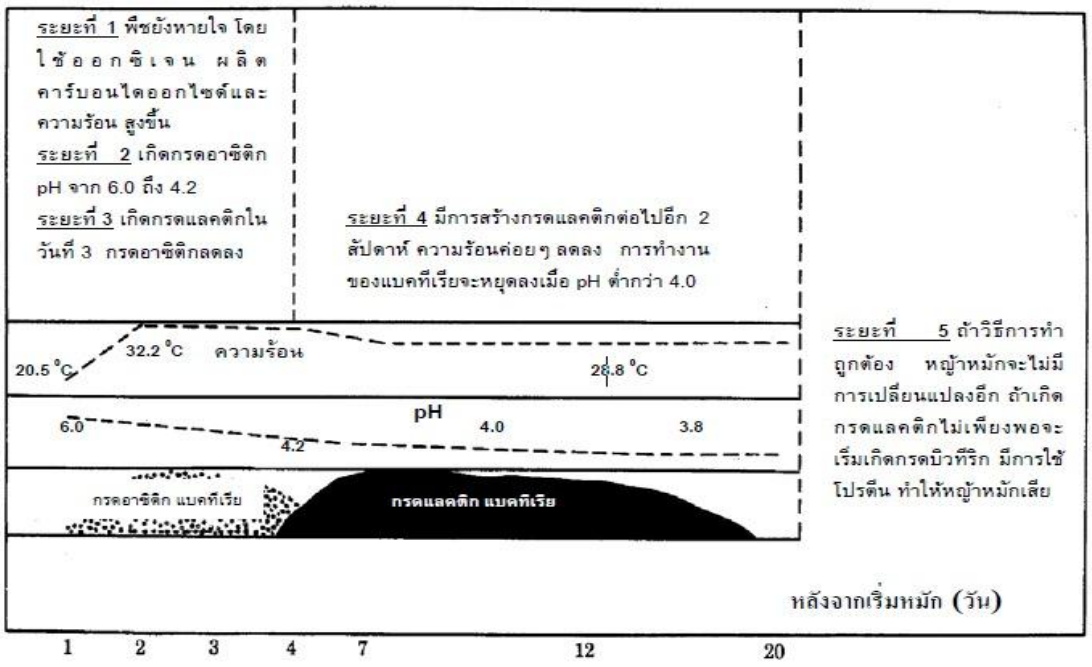
ความร้อนที่เกิดขึ้นทำให้อุณหภูมิภายในถังหมักสูงขึ้นหากในการเตรียมการหมักไม่แน่นดีจะทำให้มีอากาศเข้าสู่ภายในถังหมักได้ ซึ่งจะส่งผลต่อพืชหมักทำให้พืชหมักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือดำแสดงว่าเป็นพืชหมักที่มีคุณภาพต่ำ

ระยะที่ 2 คือ ระยะนี้จะเกิดขึ้นหลังจากอากาศภายในถังหมักหมดลง และเซลล์พืชตาย จุลินทรีย์ที่ติดมากับพืชจะเป็นตัวที่ทำให้เกิดการหมัก โดยการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่ายกับโปรตีนบางชนิดให้กลายเป็นกรดอะซิติก และกรดที่เกิดขึ้นจะทำให้ค่า pH ค่อยๆ ลดลง

ระยะที่ 3 คือ อากาศที่หลงเหลืออยู่จะถูกเซลล์พืชใช้ในการหายใจจนหมดไป หลังจากนั้นถังหมักจะอยู่ในสภาพไร้อากาศทำให้แบคทีเรียประเภทที่ไม่ใช้อากาศเพิ่มปริมาณมากขึ้นและเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดแลคติค กรดอะซิติก เอธานอล และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งกรดที่เกิดขึ้นจะทำให้พืชหมักมีค่า pH ลดลง โดยการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ระยะ จะเกิดขึ้นเกือบพร้อมกันอย่างรวดเร็วและมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของพืชหมัก

ระยะที่ 4 คือ ระยะนี้จะเกิดการผลิตกรดแลคติคอย่างต่อเนื่องการผลิตกรดแลคติคจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปอีกประมาณ 2 สัปดาห์หรือมากกว่านั้นหากสภาพการหมักเป็นไปอย่างเหมาะสมในระยะนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของการหมักว่าประสบความสำเร็จหรือไม่ ในระยะนี้กรดที่เกิดขึ้นส่วนมากจะเป็นกรดแลคติค โดยกรดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า pH ของพืชหมักลดต่ำลงประมาณ 4.2-3.8 หรือต่ำกว่านั้นส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ทั้งหมดหยุดลง

ระยะที่ 5 คือ เมื่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ทั้งหมดหยุดลงพืชหมักที่ได้จะคงสภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลงสามารถเก็บไว้ได้นานถ้าอยู่ในสภาพไร้อากาศ โดยอาศัยกรดแลคติคป้องกันไม่ให้เกิดการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตต่อไปอีกแต่ถ้าหากกรดแลคติคมีปริมาณน้อยกรดบิวทีริกก็จะถูกสร้างขึ้นมาและโปรตีนก็จะถูกเปลี่ยนแปลงไปทำให้พืชหมักเกิดการสูญเสียโภชนะต่างๆ โดยลักษณะของพืชหมักที่ดีจะมีลักษณะ (ภาพที่ 7 และตารางที่ 7)



ภาพที่ 6 กระบวนการการเปลี่ยนแปลงจากพืชสดเป็นพืชหมัก

ที่มา: ยอดชาย ทองไทยนันท์, "ความหลากหลายทางชีวภาพกับการผลิตปศุสัตว์ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง" (กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กลุ่มวิจัยความหลากหลายทางชีวภาพ, 2551).

(ก) (ข)

ภาพที่ 7 ลักษณะของพืชหมักที่ดี

ที่มา: (ก) นิรนาม, **การจัดการแปลงหญ้าและการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารสัตว์ขั้นพื้นฐาน,** เข้าถึงเมื่อ 1 กรกฎาคม 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.thailivestock.com/forum/

(ข) วิทยาฟาร์ม, **ข้าวโพดหมักอาหารเสริมสำหรับวัว**, เข้าถึงเมื่อ 1 กรกฎาคม 2559, เข้าถึงได้จาก http://board.kobalnews.com/view.php?category=siamindu&wb_id=11846

ตารางที่ 7 ลักษณะของพืชหมักที่ดี

คุณลักษณะทางกายภาพ	ลักษณะทางเคมี
1. กลิ่นหอมเปรี้ยว ไม่เน่าเหม็น	1. ค่า pH ประมาณ 3.8-4.5
2. เนื้อพืชหมักไม่เป็นเมือก ไม่เละ	2. กรดแลคติคประมาณ 3-13%
3. มีสีเขียวอมเหลืองหรือเหลืองทอง	3. กรดบิวทีริกไม่เกิน 0.2%
4. มีรสเปรี้ยวพอดี	4. แอมโมเนียไนโตรเจนไม่เกิน 11% of total N
5. ไม่มีเชื้อราหรือส่วนบูดเน่า	

ที่มา: ภัทรภร ทัศพงษ์, “การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Ruminants Production)” (เอกสารประกอบการเรียนการสอน สำหรับนิสิตสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2556), 138.

2.4 การใช้สารเสริมในการทำพืชหมัก

สำหรับพืชที่จะนำมาทำเป็นพืชหมักในบางครั้งอาจจะมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมในการทำพืชหมักให้ได้คุณภาพที่ดี เช่น ความชื้นสูงหรือคุณค่าทางโภชนะต่างๆ ที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้เป็นอาหารสัตว์ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงประสิทธิภาพการหมักก่อนนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ ในการทำพืชหมักที่จะให้ประสบความสำเร็จจำเป็นต้องการแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria) และแบคทีเรียกรดแลคติคที่มีในพืช (Epiphytic lactic acid bacteria) นอกจากนี้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่าย (Water soluble carbohydrate: WSC) ที่เหมาะสมควรมีมากกว่า 6% และน้ำตาลเพื่อใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ (Skermam amd Riveros, 1990) จะส่งผลให้สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนะและยังกระตุ้นกระบวนการหมักให้เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ทำให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี ในการใช้สารเสริมเติมลงในพืชที่นำมาหมักเพื่อช่วยรักษาคุณค่าทางอาหาร สามารถจำแนกประเภทของสารเสริมที่ใช้ได้ 5 ประเภท คือ

1. สารเร่งการหมัก เป็นการที่เติมลงไปในพืชหมักเพื่อให้เกิดการหมักได้ดีและเร็วขึ้น เช่น การเติมเชื้อที่ทำหน้าที่สร้างกรด โดยส่วนใหญ่เป็นเชื้อที่สร้างกรดแลคติคมักใช้เติมในพืชที่มีเชื้อจุลินทรีย์อยู่น้อยและสารที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งอาหารที่ให้กับเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แป้ง และน้ำตาล การเสริมจุลินทรีย์ในกลุ่มที่สร้างกรดแลคติคนี้จะทำให้เกิดการสร้างกรดแลคติคได้โดยตรง

2. สารยับยั้งการหมัก เป็นสารที่ใช้เพื่อยับยั้งกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ทำให้สามารถลดการสูญเสียเนื่องจากกระบวนการหมัก ส่วนบางชนิดสามารถยับยั้งกระบวนการหายใจและการสลายโปรตีนในเซลล์พืชได้ เช่น กรดอินทรีย์ กรดอนินทรีย์ เป็นต้น

3. สารยับยั้งการเน่าเสียเมื่อสัมผัสกับอากาศ ในกรณีที่มีอากาศแทรกซึมเข้าไปในหลุมหมักจะเกิดการสูญเสียของพืชหมักเป็นผลมาจากการเจริญเติบโตของเชื้อราและยีสต์ทำให้พืชหมักเกิดการเน่าเสียได้ สารกลุ่มนี้จะทำหน้าที่ในการยับยั้งการเจริญเติบโตหรือชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อราและยีสต์ทำให้พืชหมักมีอายุในการเก็บได้นานขึ้น เช่น กรดโพรพิโอนิกและก๊าซแอมโมเนีย เป็นต้น

4. สารเพิ่มโภชนะ ในกรณีของพืชที่นำมาหมักมีโภชนะบางตัวต่ำ เช่น ข้าวโพดโดยทั่วไปมีโปรตีนรวมประมาณ 8%, มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่ำ อาจมีการเติมสารที่เพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่ข้าวโพดหมัก เช่น รำข้าว กากถั่วเหลืองหรือยูเรีย ซึ่งสารเพิ่มโภชนะบางชนิดยังทำหน้าที่เป็นแหล่งอาหารให้แก่จุลินทรีย์อีกได้ด้วย

5. สารดูดความชื้น ในกรณีของพืชที่นำมาทำพืชหมักมีความชื้นสูงเกินไปการเติมสารดูดความชื้นจะช่วยลดการสูญเสียของของเหลวจากพืชหมักได้ และสารดูดซับความชื้นบางชนิดอาจเป็นสารเพิ่มโภชนะด้วย (วิชัย, 2553)

จากการรายงานของ Ensminger (1993) รายงานว่าการเสริมกากน้ำตาลปริมาณ 18 กิโลกรัม/ตัน ช่วยเพิ่มความน่ากินและคุณค่าทางอาหาร โดยที่คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่ายในกากน้ำตาลจะเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์จึงทำให้กระบวนการหมักสมบูรณ์มากขึ้น นอกจากนี้ ยงยศ และคณะ (2538) อ้างโดย วิชัย (2553) รายงานว่าเมื่อเปรียบเทียบหญ้าหมักที่ไม่ใส่สารเสริมกับการเติมข้าวโพดบดและการเติมกากน้ำตาลมีผลต่อการย่อยได้ของพืชหมักในการเพาะรูเมนได้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง เท่ากับ 56.70, 60.00 และ 65.50% ตามลำดับ

2.5 การใช้สารเสริมจากแบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมัก

โดยทั่วไปการใช้สารเสริมในการทำพืชหมักนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เป็นการแก้ไขการขาดธาตุอาหารบางอย่างในพืชอาหารสัตว์ที่นำมาทำพืชหมัก ช่วยให้มีความน่ากินมากขึ้นหรือช่วยดูดซับของเหลวที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก Ensminger (1993) สำหรับการใช้สารเสริมจากแบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักจัดเป็นสารเสริมประเภท สารเร่งการหมัก เมื่อใช้เติมในการทำพืชหมักแล้วจะทำให้กระบวนการในการหมักเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น แต่พบว่าปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติคในพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อนนั้นมีจำนวนน้อยกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆที่อาศัยอยู่ เช่น ยีสต์และเชื้อรา (Cai et al., 1994: 420-428) จึงทำให้ไม่สามารถแข่งขันกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ใช้น้ำตาลที่มีอยู่ในปริมาณจำกัดในการผลิตกรดแลคติคได้ ดังนั้นปริมาณกรดแลคติคที่ผลิตได้จึงไม่เพียงพอต่อการรักษาสภาพพืชหมักได้ จึงจำเป็นต้องใช้สารเสริมเพื่อกระตุ้นหรือส่งเสริมกระบวนการหมัก ซึ่งการใช้แบคทีเรียกรดแลคติคที่มีในน้ำพืชหมัก

(fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria: FJLB) จึงเป็นสารเสริมพืชหมักอีกทางเลือกชนิดหนึ่ง (เสมอใจ, 2554: 85-98) จากการรายงานของ Nishino and Uchida (1999: 1285-1288) รายงานว่าการเติมน้ำพืชหมักมีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพการหมักของถั่วลูเซิน โดยมีค่า pH ลดลง (4.34) นอกจากนี้ยังเพิ่มปริมาณกรดแลคติค (67.60 g/kg^{-1}DM) และลดปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) (124 g/kg^{-1}N) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริมและกลุ่มที่เติมน้ำตาลซูโครสเพียงอย่างเดียว อีกทั้งยังเพิ่มปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้งในหลอดทดลองสูงกว่า (653 g/kg^{-1}) เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมซูโครสเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 การใช้สารเสริมจากน้ำพืชหมักและน้ำตาลซูโครสในการหมักถั่วลูเซิน (% วัตถุแห้ง)

ตัวชี้วัด	ถั่วลูเซินหมัก			
	ไม่เติมน้ำพืชหมัก	น้ำตาลซูโครส	น้ำพืชหมัก	น้ำพืชหมัก+ซูโครส
ค่า pH	5.71	4.95	4.34	4.03
กรดแลคติค (g/kg^{-1}DM)	1.03	31.00	67.60	98.40
แอมโมเนียไนโตรเจน (g/kg^{-1}N)	221.00	170.00	124.00	89.10
แบคทีเรียกรดแลคติค (log10 cfu/g)	7.61	6.64	6.97	4.26
การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (g/kg^{-1})	647.00	644.00	653.00	688.00

ที่มา: Nishino, N. and S. Uchida, "Laboratory evaluation of previously fermented juice as a fermentation stimulant for lucerne silage" (**J. Sci. Food Agric**. No. 79, 1999), 1285-1288.

จากการรายงานของ Bureenok et al. (2010) รายงานว่าการเสริมน้ำพืชหมักในกระบวนการหมักหญ้าเนเปียร์มีผลทำให้ปริมาณของโปรตีน (49.00 g/kg DM), เยื่อใย NDF (726 g/kg DM) และเยื่อใย ADF (488.00 g/kg DM) สูงกว่าหญ้าเนเปียร์หมักที่เสริมกากน้ำตาล และมันเส้นบด ซึ่งอาจเนื่องมาจากปริมาณที่เพิ่มขึ้นของกากน้ำตาลและมันเส้นบดในหญ้าเนเปียร์หมักจึงทำให้สัดส่วนของเยื่อใยลดลง เมื่อนำไปเลี้ยงในโคนมเจาะกระเพาะมีปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัวของหญ้าเนเปียร์หมักที่เสริมน้ำพืชหมัก (0.84%) ต่ำกว่าการเสริมด้วยกากน้ำตาล (1.06%) แต่สูงกว่าการเสริมด้วยมันเส้นบด (0.77%) หรือไม่ใช้สารเสริม (0.79%) (ตารางที่ 9) นอกจากนี้ Bureenok et al. (2011: 266-271) ยังรายงานว่าการเสริมน้ำพืชหมักและการเสริมน้ำพืชหมักร่วมกับกากน้ำตาลในการหมักหญ้ารูซี่ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ในโคนมเจาะกระเพาะ (3.01 และ 2.97

กิโลกรัม/วัน) นอกจากนี้การเสริมน้ำพืชหมักในการหมักหญ้ารูซี่ยังมีค่าการย่อยได้ของโปรตีน (803.30 g/kg) สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม (764.70 g/kg) อีกทั้งการเสริมน้ำพืชหมักยังมีแนวโน้มทำให้สัดส่วนของกรดอะซิติก และกรดโพรพิโอนิก (19.80 และ 3.70 g/kg DM ตามลำดับ) ของของเหลวในกระเพาะรูเมนต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม (21.10 และ 6.4 g/kg DMตามลำดับ) และการเสริมน้ำพืชหมักร่วมกับกากน้ำตาล (23.70 และ 20.70 g/kg DM ตามลำดับ)

ตารางที่ 9 การใช้สารเสริมจากน้ำพืชหมัก กากน้ำตาล และมันเส้นบดในการหมักหญ้าเนเปียร์ (% วัตถุแห้ง)

ตัวชี้วัด	หญ้าเนเปียร์หมัก			
	ไม่เติมน้ำพืชหมัก	น้ำพืชหมัก	กากน้ำตาล	มันเส้นบด
ค่า pH	3.96	3.72	3.75	3.73
โปรตีน (g/kg DM)	43.00	49.00	45.00	45.00
WSC (g/kg DM)	12.00	15.00	24.00	13.00
เยื่อใย NDF (g/kg DM)	712.00	726.00	705.00	623.00
เยื่อใย ADF (g/kg DM)	470.00	488.00	461.00	392.00
กรดแลคติค (g/kg DM)	49.00	79.00	94.00	62.00
การกินได้ต่อน้ำหนักตัว (%)	0.79	0.84	1.06	0.77

ที่มา: Bureenok, S. et al., "Effects of Napiergrass silages treated with various additives on feed intake, digestibility and rumen fermentation characteristics" (In: Proceedings of the 14th AAAP Congress, **The Asian-Australasian Association of Animal Production Societies**, 22-28 August, Pingtung, Taiwan, 2010)

หมายเหตุ: WSC = ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate), NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber)

จากการรายงานของ Lukkannanukool et al. (2013: 153-159) รายงานว่าการเสริมน้ำพืชหมักในการหมักถั่วฮามาต้ามีผลทำให้ปริมาณโปรตีนรวม (16.92%), ไขมันรวม (3.06%) สูงกว่าและการเสริมกากน้ำตาล (16.19 และ 2.66% ตามลำดับ) และมีเยื่อใย NDF (46.28%) ต่ำกว่าการที่ไม่เติมสารเสริม และการเสริมกากน้ำตาล (47.81 และ 47.47% ตามลำดับ) อีกทั้งการเสริมน้ำพืชหมักในการหมักถั่วฮามาต้ามีผลทำให้ปริมาณกรดแลคติค (48.04 g/kg $^{-1}$ DM) สูงกว่าการที่ไม่เติม

สารเสริมในการหมักถั่วฮามาต้า (34.33 g/kg $^{-1}$ DM) แต่มีกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก (23.68, 23.48 และ 10.99 g/kg $^{-1}$ DM ตามลำดับ) ต่ำกว่าการที่ไม่เติมสารเสริมในการหมักถั่วฮามาต้า (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 การใช้สารเสริมจากน้ำพืชหมักและกากน้ำตาลในการหมักถั่วฮามาต้า (% วัตถุแห้ง)

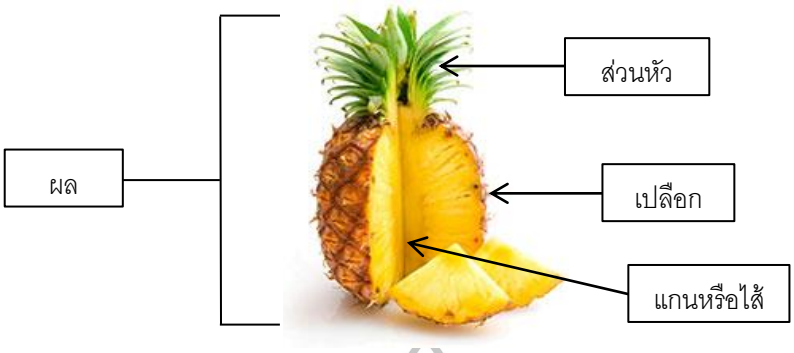
ตัวชี้วัด	ถั่วฮามาต้าหมัก		
	ไม่เติมน้ำพืชหมัก	น้ำพืชหมัก	กากน้ำตาล
โปรตีนรวม (%)	19.03	16.92	16.19
ไขมันรวม (%)	3.42	3.06	2.66
เยื่อใย NDF (%)	47.81	46.28	47.47
กรดแลคติค (g/kg $^{-1}$ DM)	34.33	48.04	48.89
กรดอะซิติก (g/kg $^{-1}$ DM)	31.22	23.68	16.06
กรดโพรพิโอนิก (g/kg $^{-1}$ DM)	31.22	23.48	12.46
กรดบิวทีริก (g/kg $^{-1}$ DM)	54.75	10.99	0.00

ที่มา: Lukkananukool, A., et al., "Effect of forage specics and additives on quality of tropical forage silage." (**J. Anim. Vet. Adv**., 12, 2, 2013), 153-159.

หมายเหตุ: NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber)

2.6 สับปะรด (Pineapple)

สับปะรดมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Ananas comosus* Linn. วงศ์ Bromeliaceae สับปะรดเป็นพืชล้มลุก สูงประมาณ 90-100 เซนติเมตร ลำต้นแตกออกมาเป็นกอใหญ่ไม่มีกิ่งก้านมีแต่เพียงกาบใบที่ห่อหุ้ม ส่วนปลายผลมีใบเป็นจุกสีเขียวเข้ม ผลโตมีตาอยู่รอบผลมีสีเหลืองส้ม และฉ่ำน้ำ (ภาพที่ 8) สำหรับแหล่งผลิตสับปะรดที่สำคัญในประเทศไทย แบ่งเป็น 3 เขต คือ ภาคเหนือ ได้แก่ ลำปาง ภาคตะวันออก ได้แก่ ระยอง และชลบุรี และภาคตะวันตก ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี และราชบุรี เป็นต้น (รุ่งระวี และคณะ, 2545)



ภาพที่ 8 ส่วนประกอบต่างๆ ของสับปะรด
ที่มา: นิรนาม, **สับปะรด,** เข้าถึงเมื่อ 1 กรกฎาคม 2559, เข้าถึงได้จาก https://medthai.com/สับปะรด/

2.6.1 สถานการณ์การผลิตสับปะรดในประเทศไทย

ในปี 2552-2557 พื้นที่ให้ผลผลิตสับปะรดอยู่ประมาณ 3,529,980 ไร่ ผลผลิตอยู่ประมาณ 13,034,962 ตัน โดยในปี 2557 พื้นที่ให้ผลผลิตรวมทั้งประเทศประมาณ 511,846 ไร่ ผลผลิตรวมทั้งประเทศประมาณ 1,942,508 ตัน เมื่อเทียบกับปี 2556 พื้นที่ให้ผลผลิตลดลงประมาณ 11.43% และผลผลิตลดลงประมาณ 11.22% ในปี 2556 มีปริมาณการส่งออกของสับปะรดสด น้ำสับปะรด และสับปะรดกระป๋องลดลงประมาณ 19.18%, 26.22% และ 6.61% ตามลำดับ แต่มีปริมาณการส่งออกของสับปะรดแห้งเพิ่มขึ้นประมาณ 12.76% (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) (ตารางที่ 11) จากการรายงานของ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2555) รายงานว่าในเขตพื้นที่ทางภาคตะวันตกมีพื้นที่ปลูกสับปะรดมากที่สุด โดยจังหวัดเพชรบุรีมีพื้นที่ปลูกประมาณ 40,735 ไร่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีพื้นที่ปลูกประมาณ 258,996 ไร่ จังหวัดราชบุรีมีพื้นที่ปลูกประมาณ 32,975 ไร่ และจังหวัดกาญจนบุรีมีพื้นที่ปลูกประมาณ 23,213 ไร่ โดยรวมแล้วมีพื้นที่ปลูกสับปะรดประมาณ 58% ของพื้นที่การปลูกสับปะรดทั่วประเทศ จากการรายงานของ กรมการค้าต่างประเทศ (2555) รายงานว่าผลผลิตสับปะรดสดภายในประเทศประมาณ 70-80% จะส่งเข้าโรงงานแปรรูปและบริโภคสดภายในประเทศประมาณ 20-30%

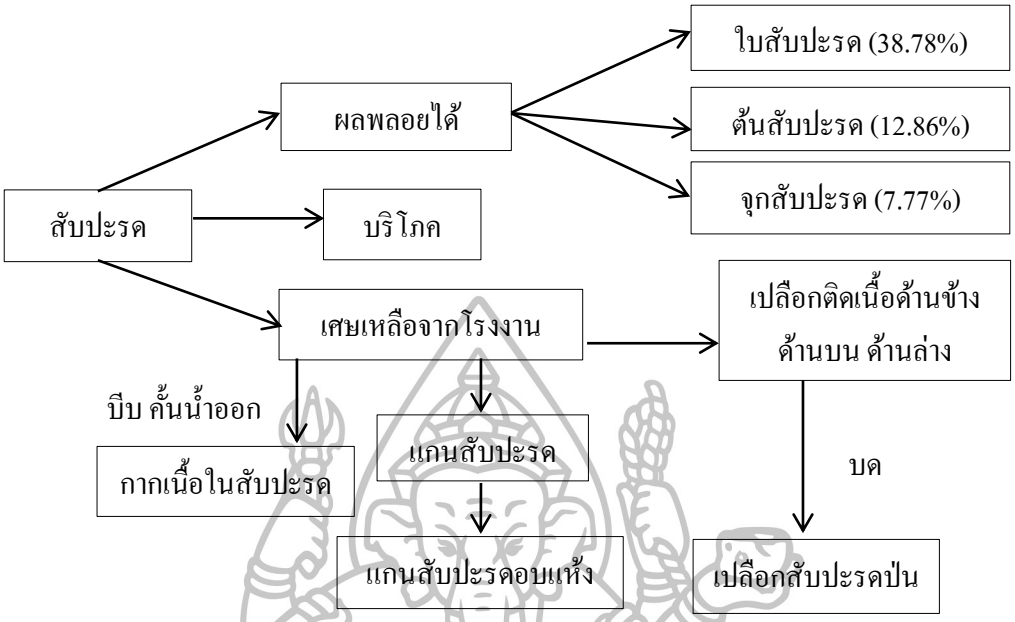
ตารางที่ 11 พื้นที่ในการปลูก ผลผลิต และปริมาณการส่งออกสับปะรดในประเทศไทยระหว่าง ปี พ.ศ. 2552-2557

รายการ	ระหว่าง ปี พ.ศ. 2552-2557					
	2552	2553	2554	2555	2556	2557
พื้นที่ให้ผลผลิต(ไร่)	566,599	596,042	646,331	631,251	577,911	511,846
ผลผลิต(ตัน)	1,894,862	1,966,143	2,593,207	2,450,266	2,187,976	1,942,508
ปริมาณการส่งออก (ตัน)						
สับปะรดสด	3,386	3,294	2,858	4,465	3,031	2,450
น้ำสับปะรด	151,414	139,876	146,771	143,578	141,711	104,556
สับปะรดกระป๋อง	473,279	484,623	610,696	574,921	555,300	518,569
สับปะรดแห้ง	273	516	455	249	331	373

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, **สับปะรด**, เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม 2558, เข้าถึงได้จาก www.doa.go.th/hort/images/stories/statushort/hy2557/pineapple.pd

2.6.2 ผลผลิตและเศษเหลือจากการแปรรูปสับปะรด

ในปี 2554 ทั่วโลกมีผลผลิตสับปะรดประมาณ 18 ล้านตัน คิดเป็น 70% และบริโภคเป็นผลสดประมาณ 30% ส่วนที่เหลือจะถูกแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรด และผลิตภัณฑ์สับปะรดอื่นๆ โดยประเทศไทยมีโรงงานสับปะรดกระป๋องทั้งหมดประมาณ 34 โรงงาน โดยแปรรูปเป็นสับปะรดอบแห้งประมาณ 120,000 ตัน และสับปะรดที่ใช้รับประทานสดประมาณ 250,000 ตัน ส่วนที่เหลือเป็นสับปะรดกระป๋อง แหล่งที่ผลิตสับปะรดมากที่สุดในประเทศไทย คือ พื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และเพชรบุรี โดยจะมีโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋องประมาณ 5 โรงงาน ดังนั้นในแต่ละปีจะมีเศษเหลือเหล่านี้เป็นจำนวนมากและมีเกือบตลอดทั้งปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) (ภาพที่ 9) นอกจากนี้การรายงานของ พีระวัฒน์ และคณะ (2554: 399-412) รายงานว่าเศษเหลือจากสับปะรดจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ได้แก่ เปลือก (ด้านข้าง ส่วนหัว ส่วนล่าง) แกนกลาง (ไส้) และเศษเนื้อ โดยสับปะรดหนึ่งผลมีน้ำหนักประมาณ 1,754 กรัม เมื่อผ่านการแปรรูปแล้วจะมีเศษเหลือประมาณ 1,228 กรัม/ผล ในส่วนการรายงานของ จินดา (2547: 562-581) รายงานว่าเศษเหลือจากโรงงานการแปรรูปสับปะรดที่ถูกตัดออก ได้แก่ ส่วนหัว แกน และเปลือก โดยคิดเป็นอัตราส่วนต่อผลสับปะรด คือ เปลือกประมาณ 29-34%, แกนประมาณ 3.5-4.5% และจุกรวมก้านประมาณ 26-35%



ภาพที่ 9 เศษเหลือและผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรด

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, “การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง” (รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2547)

2.6.3 องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือที่ได้จากการแปรรูปสับปะรด

เศษเหลือที่ได้จากโรงงานแปรรูปสับปะรดนั้นมีความชื้นสูงถึง 90% มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.2-3.4 และมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตอยู่ในเกณฑ์สูง ในส่วนของเปลือกสับปะรดจะมีโปรตีนประมาณ 4.4% จุกมีโปรตีนประมาณ 4.1% ส่วนล่างของผลมีโปรตีนประมาณ 5.4% แกนมีโปรตีนประมาณ 3.2% และเศษเหลือรวมทั้งหมดมีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 3.74-6.44% มีการย่อยได้ของโภชนะประมาณ 65-75% ดังนั้นการนำเศษเหลือจากการแปรรูปสับปะรดไปเลี้ยงสัตว์จึงต้องมีการเสริมธาตุอาหารต่างๆ ให้กับสัตว์รวมไปด้วยเพื่อที่สัตว์จะได้รับโภชนะครบตามความต้องการ (จินดา และคณะ, 2524: 76-85) ซึ่งจากการรายงานของ สุมน (2554) รายงานว่าโดยทั่วไปเปลือกสับปะรดจากโรงงานแปรรูปมีวัตถุแห้งประมาณ 10 - 12% มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.2-3.4 การย่อยได้ของโภชนะประมาณ 65 - 74% และมีปริมาณน้ำตาลที่พบส่วนใหญ่ คือ ซูโครสประมาณ 70% กลูโคสประมาณ 20% และฟรุกโตสประมาณ 10% เศษเหลือของสับปะรดจากโรงงานการแปรรูปจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับกระบวนการแปรรูป พันธุ์ และอื่นๆ (ตารางที่ 12 และ 13)

ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับปะรดจากโรงงานแปรรูป (% วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี (%)					แหล่งที่มา
โปรตีนรวม	ไขมันรวม	เยื่อใยรวม	เถ้า	NFE	
4.80	1.9	25.5	4.5	63.3	Khajiarern and Khajiarern (1984)
3.74	3.81	12.72	3.99	77.72	ชวนิศนดากร (2523)
6.44	1.84	13.96	6.81	52.95	จินดา และคณะ (2528: 213-233)
6.00	3.81	14.84	6.81	68.54	จินดา และคณะ (2524: 76-85)

หมายเหตุ: NFE = คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (Nitrogen free extract)

ตารางที่ 13 องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดในส่วนต่างๆ (% วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบ	ส่วนต่างๆ ของสับปะรด				
ทางเคมี (%)	เปลือก	ส่วนหัว	ส่วนล่าง	แกน	เศษเนื้อ
ความชื้น	85.80	84.90	85.90	88.60	84.50
โปรตีนรวม	4.40	4.10	5.40	3.20	3.60
ไขมันรวม	1.50	1.20	1.40	1.30	1.20
เยื่อใยรวม	8.10	11.60	13.40	8.90	4.70
NFE	81.10	77.70	72.20	82.80	86.30
เยื่อใย NDF	72.90	61.20	53.10	73.10	85.50
เยื่อใย ADF	27.10	38.80	46.90	26.30	14.50
เยื่อใย ADL	12.10	17.10	20.40	12.20	5.80
เซลลูโลส	1.70	1.90	2.80	0.70	0.60
เฮมิเซลลูโลส	10.40	15.20	17.60	11.50	5.20

ที่มา: วรพงษ์ และ วิภา (2538) อ้างโดย จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และปรัชญา ปรัชญลักษณ์, “การใช้จุกสับปะรดเสริมอาหารหยาบสำหรับโครีดนมในฟาร์มเกษตรรายย่อย” (รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2542)

หมายเหตุ: NFE = คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (Nitrogen free extract), NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber), ADL = ลิกนินที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent lignin)

2.6.4 การใช้เศษเหลือจากสับปะรดในการเลี้ยงสัตว์

การใช้เศษเหลือจากสับปะรดในการเลี้ยงสัตว์เป็นที่นิยมมากในกลุ่มเกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเศษเหลือจากสับปะรดนั้นสามารถให้สัตว์กินได้ทั้งในแบบพืชสด พืชแห้ง หรือพืชหมักก็ได้ แต่ในบางพื้นที่ไม่สามารถให้สัตว์กินในแบบพืชสดได้ตลอด เนื่องจากเปลือกสับปะรดมีความเป็นกรดสูงและมีความชื้นสูงทำให้เกิดการเน่าเสียง่าย ดังนั้นเกษตรกรจึงเก็บถนอมเปลือกสับปะรดในแบบพืชแห้ง และพืชหมัก การเก็บถนอมเปลือกสับปะรดด้วยการหมักเป็นวิธีที่สะดวกที่สุดในระดับของเกษตรกร เปลือกสับปะรดมีความชื้นสูง มีวัตถุแห้งต่ำประมาณ 10-12% เป็นระดับที่ไม่เหมาะสมต่อการทำพืชหมัก โดยพืชที่เหมาะสมในการนำมาทำพืชหมักควรมีความชื้นประมาณ 60-70% ดังนั้นจึงต้องมีการเติมวัสดุบางชนิดเพื่อเพิ่มวัตถุแห้ง เช่น หญ้าหรือฟางข้าว เพื่อปรับให้วัตถุแห้งอยู่ที่ประมาณ 28-30% เป็นสภาพการหมักที่ดี (ชวนิศนดากร, 2523) จากการรายงานของ ปรัชญา และคณะ (2541) รายงานว่าโคขุนที่ได้รับใบสับปะรดสดเลี้ยงแทนหญ้าสดไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ ลักษณะซากของโคขุน และยังมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวได้ใกล้เคียงกับการให้หญ้าสด ส่วนการรายงานของ Paengkoum et al. (2013:7-8) รายงานว่าโคนมที่ได้รับเปลือกสับปะรดร่วมกับฟางข้าวในอัตราส่วน 90:10 และ 80:20 ได้ มีผลทำให้ค่าการย่อยได้ของเยื่อใย NDF สูงกว่าการใช้เปลือกสับปะรดหรือฟางข้าวเพียงอย่างเดียว และมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าวเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับการรายงานของ พีระวัฒน์ และคณะ (2554: 399-412) รายงานว่าแพะที่ได้รับเศษเหลือจากสับปะรดร่วมหญ้าพิแคททูลั่มแห้งในอัตราส่วน 1:10 และ 1:20 โดยมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (63.97 และ 62.15%) อินทรียวัตถุ (66.89 และ 63.85%) NFE (69.29 และ 65.39%) เยื่อใย NDF (60.95 และ 56.94%) และโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (68.58 และ 66.26%) สูงกว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยหญ้าพิแคททูลั่มแห้งเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 14)

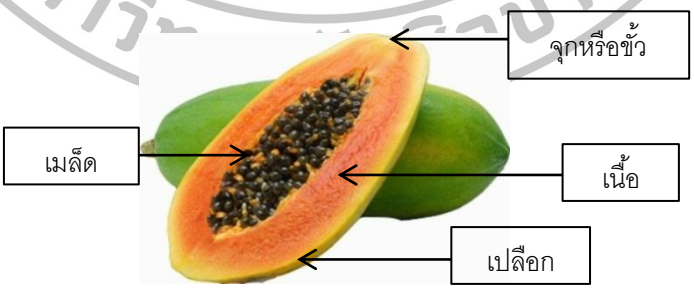
ตารางที่ 14 สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะในแพะที่ได้รับหญ้าพิแคททูลั่มร่วมกับเปลือกสับปะรด (% วัตถุแห้ง)

สัมประสิทธิ์	แพะที่ได้รับหญ้าพิแคททูลั่ม : เปลือกสับปะรด		
การย่อย (%)	1 : 0	1 : 10	1 : 20
วัตถุแห้ง	56.29	63.97	62.15
อินทรียวัตถุ	60.12	66.89	63.85
โปรตีนรวม	53.17	54.73	52.32
NFE	63.51	69.29	65.39
เยื่อใย NDF	52.95	60.95	56.94
เยื่อใย ADF	43.29	50.90	43.27
โภชนะย่อยได้ทั้งหมด	58.07	68.58	66.26

ที่มา: พีระวัฒน์ ณ มณี, เสาวนิต คูประเสริฐ และวันวิศาข์ งามผ่องใส, “การใช้เศษเหลือของสับปะรดเป็นอาหารหยาบของแพะ” **(วารสารแก่นเกษตร** 39, 2554), 399-412.

2.7 มะละกอ (Papaya)

มะละกอมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Carica papaya* L. วงศ์ Caricaceae Family สกุล *Carica* เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ลำต้นสูงประมาณ 5-10 เมตร ผลดิบมีสีเขียวเนื้อข้างในมีสีขาว ผลสุกมีสีเหลืองถึงส้มนิยมนำมารับประทานทั้งสุกและดิบ อีกทั้งยังนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นได้ (สิริกุล , 2524) (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 ส่วนประกอบต่างๆของมะละกอ

ที่มา: นิรนาม, **ปลูกมะละกอพืชสารพัดประโยชน์,** เข้าถึงเมื่อ 5 กรกฎาคม 2559, เข้าถึงได้จาก http://technicfarm.blogspot.com/2015/03/blog-post_86.html

2.7.1 สถานการณ์การผลิตมะละกอในประเทศไทย

ในส่วนของผลผลิตมะละกอในประเทศไทยนั้นอยู่ที่อันดับ 8 ของโลก โดยการปลูกมะละกอในประเทศไทยในปี 2550-2553 มีพื้นที่ปลูกมะละกอทั้งหมดประมาณ 826,138 ไร่ และให้ผลผลิตทั้งหมดประมาณ 1,042,778 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 15,296 ล้านบาท (สิริกุล, 2557) (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 พื้นที่ปลูก และผลผลิตมะละกอของประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ 2550-2554

ปี	เนื้อที่ยืนต้น (ไร่)	เนื้อที่ให้ผล (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก)		ราคา (บาท/กก)	มูลค่าผลผลิต (ล้านบาท)
				ยืนต้น	ให้ผล		
2550	104,968	72,554	195,377	1,861	2,693	9.00	1,758.39
2551	108,940	74,224	201,099	1,846	2,709	11.16	2,244.27
2552	110,797	75,876	206,762	1,866	2,725	11.42	2,361.23
2553	112,381	77,286	211,594	1,883	2,738	12.50	2,644.93
2554	59,604	29,508	227,946	5,233	5,916	27.58	6,286.75

ที่มา: สิริกุล วะสี, **มะละกอ พืชความหวังใหม่ของเกษตรกร**, (การผลิตพืช. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2557)

2.7.2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะละกอ

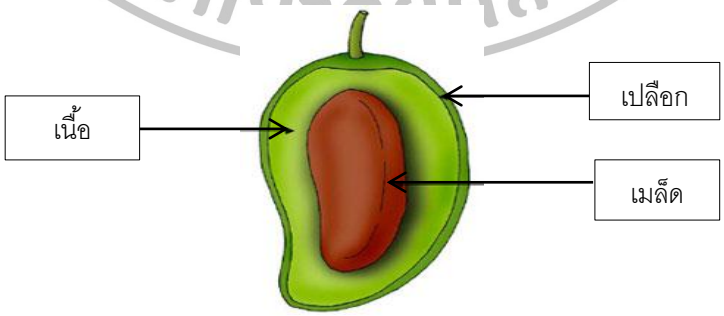
ผลพลอยได้จากมะละกอการแปรรูป ได้แก่ เปลือก และเมล็ด เปลือกมะละกอมีความชื้นประมาณ 75.13%, โปรตีนรวมประมาณ 1.24%, เยื่อใยรวมประมาณ 1.72%, ปริมาณคาร์โบไฮเดรตประมาณ 10%, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดประมาณ 9.13% และน้ำตาลรีดิวซ์ประมาณ 7.49% (Vikas, 2014: 2277-8179) (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะละกอ (% วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	แหล่งที่มา		
	Vikas (2014: 2277-8179)	Fouzder et al. (1999: 88)	Munguti et al. (2006: 131-141)
ความชื้น	75.13	92.20	94.90
เถ้า	3.23	11.44	15.44
ไขมันรวม	-	3.68	1.80
โปรตีนรวม	1.24	22.90	17.90
เยื่อใยรวม	1.72	12.20	19.40
น้ำตาลทั้งหมด	9.13	-	-
คาร์โบไฮเดรต	10	-	-
ค่า pH	4.23	-	-

2.8 มะม่วง (Mango)

มะม่วงมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Mangifera indica* วงศ์ Anacardiaceae เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย และแพร่หลายไปยังประเทศในเขตร้อน และอบอุ่นของโลก มะม่วงที่ผลิตได้ในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ด้วยกัน เช่น มะม่วงเขียวเสวย มะม่วงน้ำดอกไม้ และมะม่วงมหาชนก เป็นต้น มะม่วงเป็นไม้ผลขนาดใหญ่ปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ปลูกได้ในดินทั่วไป โดยมะม่วงยังมีความต้านทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี ผลมะม่วงจะมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ประมาณ 260 กรัม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547) (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 ส่วนประกอบต่างๆของมะม่วง

ที่มา: นิรนาม, **ผลไม้,** เข้าถึงเมื่อ 11 กรกฎาคม 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.dnp.go.th/botany/BFC/fruit.html

2.8.1 สถานการณ์การผลิตมะม่วงในประเทศไทย

ในปี 2552-2556 พื้นที่ปลูกมะม่วงอยู่ระหว่าง 1,925,164-2,087,680 ไร่ และผลผลิตอยู่ระหว่าง 2,469,814-3,141,950 ตัน โดยในปี 2556 มีพื้นที่ปลูกรวมทั้งประเทศ 2,087,680 ไร่ และผลผลิตรวมทั้งประเทศ 3,141,950 ตัน เมื่อเทียบกับปี 2555 พื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้น 2.02% และผลผลิตเพิ่มขึ้น 5.24% (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 พื้นที่ปลูก ผลผลิต และปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์จากมะม่วงของประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2552-2556

รายการ	ระหว่างปี พ.ศ. 2552-2556				
	2552	2553	2554	2555	2556
พื้นที่ปลูก (ไร่)	1,925,164	1,944,051	2,019,980	2,046,280	2,087,680
ผลผลิต (ตัน)	2,469,814	2,550,595	2,793,640	2,985,530	3,141,950
มะม่วงสดหรือแช่แข็ง (ตัน)	25,546	24,112	41,463	47,781	36,527
มะม่วงอบแห้ง (ตัน)	551	508	290	250	618
มะม่วงกระป๋อง (ตัน)	19,311	18,421	22,053	26,030	30,456

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, **มะม่วง: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2552-2556**, เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม 2557, เข้าถึงได้จาก www.doa.go.th/hort/images/stories/strategyplanthort/strategymango.doc

2.8.2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วง

จากการรายงานของ Sompong and Pirote (2009: 371-378) รายงานว่าเปลือกมะม่วงมีวัตถุแห้งประมาณ 20.10%, โปรตีนรวมประมาณ 4.68%, เยื่อใยรวมประมาณ 10.10% และพลังงานประมาณ 3,827 kcal/g DM (ตารางที่ 18) นอกจากนี้ Muhammad et al. (2013: 934-942) รายงานถึงองค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือที่ได้จากมะม่วงต่างสายพันธุ์มีความแตกต่างกัน โดยเปลือกมะม่วงพันธุ์ Desi มีโปรตีนรวม (1.94%) เยื่อใยรวม (4.53%) และเถ้า (1.84%) ต่ำกว่าเปลือกมะม่วงสายพันธุ์อื่นๆ (ตารางที่ 19) และจากการรายงานของ Ajilal et al (2007:1006-1011) รายงานว่าเปลือกมะม่วงมีความชื้น(66-75%) โปรตีน (1.76-2.05%) ไขมัน (2.16-2.66%) เยื่อใยรวม (3.28-7.40%) และเถ้า (1.16-3%) จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงมีความแตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่ทำการปลูกและการปฏิบัติทางการเกษตร (Granfeldt et al., 1992:649-660; Palafox-Carlos et al., 2012:6-15)

ตารางที่ 18 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วง (%วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	ส่วนต่างๆของมะม่วง		
	เปลือกมะม่วง	เมล็ดมะม่วง	เปลือกมะม่วงหมัก
วัตถุแห้ง	20.10	23.88	18.27
โปรตีนรวม	4.68	4.19	5.27
เยื่อใยรวม	10.10	30.84	9.02
ไขมันรวม	1.21	2.72	1.63
NFE	76.13	47.79	75.87
เยื่อใย NDF	25.87	53.01	27.56
เยื่อใย ADF	19.14	31.20	17.68
พลังงานรวม (kcal/g)	3,827	4,070	3,984

ที่มา: Sompong, S. and P. Silman, "Nutritive value and nutrient digestibility of ensiled mango byproducts" (**Maejo International Journal of Science and Technology**, no. 3, 2009), 371-378.

หมายเหตุ: NFE = คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (Nitrogen free extract), NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber)

ตารางที่ 19 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงต่างสายพันธุ์ (%วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	สายพันธุ์มะม่วง				
	Chaunsa	Anwar ratol	Langra	Dusahri	Desi
ความชื้น	70.74	71.01	69.86	68.33	71.38
โปรตีนรวม	2.25	2.36	2.20	2.06	1.94
ไขมันรวม	2.31	2.26	2.25	2.18	2.11
เยื่อใยรวม	5.01	5.47	4.88	4.69	4.53
เถ้า	2.59	2.31	2.21	1.98	1.84
NFE	87.84	87.60	88.86	89.09	89.58

ที่มา: Muhammad, I. et al., "Chemical Profiling of Different Mango Peel Varieties" (**Pakistan Journal of Nutrition,** 12 (10), 2013), 934-942.

หมายเหตุ: NFE = คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (Nitrogen free extract)

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณภาพน้ำหมักจากเปลือกผลไม้

3.1.1 ขั้นตอนเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบ

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเปลือกสับปะรด เปลือกมะละกอ และเปลือกมะม่วง จากโรงงานอุตสาหกรรมบริษัท ไวต้าฟู้ด จำกัด จังหวัดกาญจนบุรี โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างละ 1 กิโลกรัมต่อน้ำหนักสด จากนั้นเตรียมน้ำคั้นเปลือกผลไม้โดยใช้เปลือกผลไม้ 1 ส่วน ต่อ น้ำกลั่น 2 ส่วน นำมาปั่นละเอียดกรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากออก หลังจากนั้นนำน้ำคั้นเปลือกผลไม้ไปหมักที่ 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 72 และ 84 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30°C

3.1.2 กลุ่มการทดลองและการวางแผนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ได้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) โดยกลุ่มการทดลองประกอบด้วย 3 กลุ่มการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังต่อไปนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ น้ำหมักจากเปลือกสับปะรด

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ น้ำหมักจากเปลือกมะละกอ

กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ น้ำหมักจากเปลือกมะม่วง

3.1.3 สิ่งที่ทำการศึกษา

1. ศึกษาค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) โดยใช้เครื่อง pH meter (รุ่น AD31 EC/TDS) (ภาคผนวก ข)

2. ศึกษาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar content) โดยนำน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ 1 มิลลิลิตร ผสมกับกรดซัลฟูริกเข้มข้น 3 มิลลิลิตร แล้วเขย่า 30 วินาที ด้วยเครื่อง Vortex mixer (รุ่น KMC-1300V) และตั้งทิ้งไว้ 10-15 นาที เพื่อให้อุณหภูมิเย็นลง นำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 315 นาโนเมตร อ่านค่าโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (รุ่น Libra S22) เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (mg/ml) (Ammar et al., 2013: 253-261) (ภาคผนวก ข)

3. ศึกษาปริมาณกรดแลคติคทั้งหมด (Total lactic acid content) โดยนำน้ำหมักเปลือกผลไม้ที่ชั่วโมงต่างๆมาทำการปั่นเหวี่ยงเอาตะกอนออกแล้วจะได้ส่วนใส จากนั้นดูดตัวอย่างที่เป็นส่วนใส 2 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีน (Phenophtalein indicator) ประมาณ 2 หยด และทำการไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จดบันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณกรดแลคติคทั้งหมด (AOAC, 1990) (ภาคผนวก ข)

4. ศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria) แบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค (Aerobic bacteria) และเชื้อราและยีสต์ (Mold and Yeast) โดยการตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างอาหารด้วยวิธี Pour plate เป็นการนับเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิต (Viable count) โดยการตรวจการเกิดโคโลนีบนอาหารที่เหมาะสมเรียกวิธีนี้ว่า Plate count หรือ Colony count เป็นการตรวจปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างอาหาร โดยเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคตรวจนับเชื้อในอาหาร Lactobacillus MRS agar แบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคตรวจนับเชื้อในอาหาร Nutrient agar เชื้อราและยีสต์ตรวจนับเชื้อในอาหาร Potato dextrose agar (Kozaki et al., 1992: 6-16) (ภาคผนวก ข)

3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Amalysis of variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์เทียบกับหนังสือการใช้โปรแกรมทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) (มนต์ชัย, 2544)

3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักจากเปลือกผลไม้

3.2.1 ขั้นตอนเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบ

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเปลือกข้าวโพดหลังจากการปอกเปลือกจากโรงงานอุตสาหกรรม บริษัท ไวต้าฟู้ด จำกัด จังหวัดกาญจนบุรี ทำการสับเปลือกข้าวโพดให้มีขนาดประมาณ 3-5 เซนติเมตร จากนั้นเปลือกข้าวโพดจะถูกหมักตามกลุ่มการทดลองและอัดให้แน่นเพื่อให้อยู่ในสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic condition) ในถุงหมักแต่ละถุงจะบรรจุ 3 กิโลกรัม ตัวอย่างถูกเปิดใช้ในวันที่ 0, 7, 14 และ 21 วัน

3.2.2 กลุ่มการทดลองและการวางแผนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ได้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) โดยกลุ่มการทดลองประกอบด้วย 5 กลุ่มการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังต่อไปนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด

กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ

กลุ่มการทดลองที่ 4 คือ เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง

กลุ่มการทดลองที่ 5 คือ เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล

โดยกลุ่มการทดลองที่ 2, 3 และ 4 จะเติมน้ำหมัก 1% ตามกลุ่มการทดลอง และกลุ่มการทดลองที่ 5 จะเติมกากน้ำตาล 1%

3.2.3 สิ่งที่ทำการศึกษา

1. การประเมินคุณภาพทางกายภาพของเปลือกข้าวโพดหมัก ตามวิธีของกรมปศุสัตว์ โดยทำการประเมิน กลิ่น สี เนื้อพืชหมัก และค่า pH ด้วยกระดาษลิตมัส (ภาคผนวก ข)

2. ศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเปลือกข้าวโพดหมักและของเหลวในกระเพาะรูเมน โดยใช้เครื่อง pH meter (รุ่น AD31 EC/TDS) (ภาคผนวก ข)

3. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition) ของเปลือกข้าวโพดหมัก ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีนรวม ไขมันรวม พลังงานรวม และเยื่อใยรวม ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber : NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber: ADF) และลิกนินที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent lignin: ADL) เพื่อนำไปคำนวณหาเซลลูโลส (Cellulose) คำนวณได้จาก %ADF-%ADL, เฮมิเซลลูโลส

(Hemicellulose) คำนวณได้จาก %NDF-%ADF และ NDS (Neutral detergent soluble) คำนวณได้จาก 100-%NDF ตามวิธีการของ AOAC (1990)

4. ศึกษาปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile fatty acid: TVFA) ตามวิธีของ Brigg et al. (1957: 674-690) โดยใช้เปลือกข้าวโพดหมักที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-65 °C โดยเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการอบจะถูกปั่นให้มีขนาดเล็ก จากนั้นนำตัวอย่างเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการปั่นให้มีขนาดเล็กไปทำการบ่มย่อยด้วยเทคนิค *in vitro* เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างหลังบ่มย่อยที่ 24 ชั่วโมง มาทำการปั่นเหวี่ยงที่ 4,400 รอบ/นาที เป็นเวลา 12 นาที แล้วทำการดูดสารละลายส่วนใสปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำการละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 99 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดย่อย (Kjehdal fask) แล้วหยดเมทิลออเรนจ์ (Methyl orange indicator) ประมาณ 5 หยด (สารละลายจะเป็นสีเหลืองส้ม) และเติมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นส้มแล้วเปลี่ยนเป็นสีชมพูแดง) จากนั้นทำการกลั่นตัวอย่างทันทีหลังจากการเติม H_2SO_4 แล้วทำการเก็บสารละลายที่ได้จากการกลั่นประมาณ 150 มิลลิลิตร จากนั้นหยดฟีนอล์ฟทาลีน (Phenophtalein indicator) ประมาณ 10 หยด ลงในสารละลายที่ได้จากการกลั่นแล้วทำการไตรเตรทด้วย NaOH ความเข้มข้น 0.04 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ (สารละลายเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีชมพูอ่อน) จดบันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (mg/l) (ภาคผนวก ข)

5. ศึกษาปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ตามวิธีของ Bremner and Keeney (1965: 485-495) โดยใช้เปลือกข้าวโพดหมักที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-65 °C โดยเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการอบจะถูกปั่นให้มีขนาดเล็ก จากนั้นตัวอย่างเปลือกข้าวโพดที่ผ่านการปั่นให้มีขนาดเล็กไปทำการบ่มย่อยด้วยเทคนิค *in vitro* เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างหลังบ่มย่อยที่ 24 ชั่วโมง ไปทำการปั่นเหวี่ยงที่ 4,400 รอบ/นาที เป็นเวลา 12 นาที แล้วทำการดูดสารละลายส่วนใสปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำการละลายในน้ำกลั่น 99 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดย่อย (Kjeldahl flask) แล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 35% ปริมาณ 50 มิลลิลิตร (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีเหลืองดำขุ่น) จากนั้นทำการกลั้นตัวอย่างทันทีหลังจากการเติม 35% NaOH ทำการเก็บสารละลายด้วยขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยในขวดรูปชมพู่จะมีสารอินดิเคเตอร์ร่วมกับกรดบอริก 4% ปริมาณ 25 มิลลิลิตร โดยทำการเก็บสารละลายที่ได้จากกระบวนการกลั่นใส่ในขวดรูปชมพู่ที่มีสารอินดิเคเตอร์ร่วมกับกรดบอริก 4% ประมาณ 200 มิลลิลิตร (สารละลายที่ได้มีสีเขียวอ่อนใส) แล้วทำการไตเตรทสารละลายที่ได้ด้วยกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนใสเป็นสีชมพูม่วง) จดบันทึกปริมาตร

H_2SO_4 ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (mg%) (ภาคผนวก ข)

6. ศึกษาความสามารถในการย่อยได้ ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม และค่าจลศาสตร์การหมักย่อยในระบบ *in vitro*

1. การเตรียมตัวอย่างอาหารทดลองใช้สำหรับการทดลอง *in vitro* บรรจุอาหารตัวอย่าง 0.5 กรัม ลงในขวดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปิดจุกยางและฝาอลูมิเนียมให้สนิท แล้วนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 39°C ก่อนที่จะเติมสารละลายของเหลวจากกระเพาะรูเมนอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ตามวิธีการของ Sommart et al. (2000: 1084-1093) (ภาคผนวก ข)

2. การเตรียมสารละลายสำหรับการทดลอง *in vitro* โดยการสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน (Rumen fluid) ทำการสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคนมพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเชี่ยนเพศผู้จำนวน 2 ตัว ก่อนให้อาหารเช้าโดยจะสุ่มเก็บมาปริมาตร 1500 มิลลิลิตร/ตัว แล้วจะทำการกรองผ่านผ้าขาวบางก่อนที่จะบรรจุลงในกระติกเก็บความร้อน เพื่อรักษาอุณหภูมิประมาณ 39°C และจึงนำไปผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์และแร่ธาตุที่เตรียมไว้ในห้องปฏิบัติการ โดยมีการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เข้าไปในชุดทดลองระบบ *in vitro* ตลอดเวลา เพื่อเป็นการไล่ออกซิเจน (O_2) ออกจากสารละลายและควบคุมอุณหภูมิ 39°C บน Hot plate stirrer หลังจากนั้นจะใช้ไซริงค์ขนาด 60 มิลลิลิตร ในการเก็บสารละลายผสมปริมาตร 40 มิลลิลิตร (ส่วนผสมสารละลายบัฟเฟอร์กับของเหลวจากกระเพาะรูเมนโค) เพื่อถ่ายบรรจุลงขวดแก้วที่มีตัวอย่างอาหารทดลองแตกต่างกันตามปัจจัยการทดลอง โดยมีการเติมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในทุกขั้นตอนอยู่ตลอดเวลาและนำขวดแก้วทั้งหมดใส่ในถาดที่มีน้ำอุ่น เพื่อเก็บรักษาอุณหภูมิที่ 39°C ในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (ภาคผนวก ข)

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Amalysis of variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์เทียบกับหนังสือการใช้โปรแกรมทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) (มนต์ชัย, 2544)

3.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของเปลือกข้าวโพดหมักต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้โภชนะ และสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

3.3.1 เตรียมสัตว์ทดลอง

โดยใช้แพะพันธุ์ลูกผสม (พื้นเมือง x บอร์) เพศผู้ ที่มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 14 ± 1.08 กิโลกรัม อายุ 3-4 เดือน จำนวน 9 ตัว โดยทำการถ่ายพยาธิแพะทุกตัวก่อนเข้าการทดลอง ในการทดลองครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ (Completely randomized design: CRD) โดยกลุ่มการทดลองประกอบไปด้วย 3 กลุ่มการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังต่อไปนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด

กลุ่มการทดลองที่ 3 คือ เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล

โดยกลุ่มการทดลองที่ 2 จะเติมน้ำหมัก 1% และกลุ่มการทดลองที่ 3 จะเติมกากน้ำตาล 1%

3.3.2 เตรียมการทดลอง

1. การเตรียมอาหาร ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเปลือกสับปะรด และเปลือกข้าวโพดจากโรงงานอุตสาหกรรม บริษัท ไวต้าฟู้ด จำกัด จังหวัดกาญจนบุรี ทำการสับเปลือกข้าวโพดให้มีขนาดประมาณ 3-4 เซนติเมตร จากนั้นเปลือกข้าวโพดจะถูกหมักตามกลุ่มการทดลอง (เติมน้ำหมักเปลือกสับปะรด 1% และกากน้ำตาล 1%) และอัดให้แน่นเพื่อให้อยู่ในสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic condition) ในถุงหมักแต่ละถุงจะบรรจุ 30 กิโลกรัม เปิดใช้ในวันที่ 14 วัน ส่วนอาหารข้นใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีโปรตีน 14% (บริษัทซีพี 991-14) (ภาคผนวก ช)

2. ระยะการปรับสัตว์ก่อนเข้าการทดลอง (Preliminary period) สัตว์ทุกตัวจะได้รับเปลือกข้าวโพดหมักตามกลุ่มการทดลองอย่างเต็มที่ (*Ad libitum*) ให้อาหารข้นวันละ 1.5% ของน้ำหนักแพะแต่ละตัวและแพะยังได้รับหญ้าสดวันละ 200 กรัม/ตัว เป็นเวลา 7 วัน

3. ระยะทดลอง (Experimental period) ทำการสุ่มสัตว์ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ โดยการให้อาหารแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลาคือ 08.00 และ 15.00 น. โดยสัตว์ทดลองจะได้รับเปลือกข้าวโพดหมักอย่างเต็มที่ (*Ad libitum*) ให้อาหารข้นวันละ 1.5% ของน้ำหนักแพะแต่ละตัว ให้กินน้ำตลอดเวลาและได้รับหญ้าสดวันละ 200 กรัม/ตัว โดยทำการเลี้ยงสัตว์แบบคอกขังเดี่ยวในโรงเรือนแบบยกพื้น โดยทำการเลี้ยง 52 วัน แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 คือ การปรับสัตว์ก่อนทดลอง (Preliminary period) เป็นเวลา 7 วัน

ระยะที่ 2 คือ เริ่มทำการทดลอง (Experimental period) เป็นเวลา 45 วัน

3.3.3 สิ่งที่ทำการศึกษา

1. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition) ของอาหารที่ใช้ในการทดลองและมูล ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีนรวม ไขมันรวม พลังงานรวม และเยื่อใยรวม ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber : NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber: ADF) และลิกนินที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent lignin: ADL) เพื่อนำไปคำนวณหาเซลลูโลส (Cellulose) คำนวณได้จาก %ADF-%ADL, เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) คำนวณได้จาก %NDF-%ADF และ NDS (Neutral detergent soluble) คำนวณได้จาก 100-%NDF ตามวิธีการของ AOAC (1990)

2. ศึกษาปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระเลือด (Blood urea nitrogen: BUN) ตามวิธีของ Mackey and Mackey (1972: 295) โดยทำการดูดสารต่างๆใส่ลงใน screw cap tube ขนาด 16x125 มิลลิเมตร ปิดฝา Screw cap tube ผสมให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาที นำมาแช่ในอ่างน้ำเย็นประมาณ 5 นาที นำตัวอย่างมาค่าวัดการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร อ่านค่าโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (รุ่น Libra S22) เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระเลือด (ภาคผนวก ข)

3. ศึกษาปริมาณกลูโคสในกระเลือด (Blood Glucose) ตามวิธี Glucose (GO) Assay kit enzymatic method โดยทำการดูดสารละลายต่างๆลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติม Assay reagent ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากัน จากนั้นทำการเติม Assay reagent ในหลอดทดลองอื่นๆ ยกเว้นหลอดทดลองที่ 1 แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37˚C เป็นเวลา 30 นาที และทำการหยุดปฏิกิริยาโดยการเติมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 12 นอร์มอล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และนำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร อ่านค่าโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (รุ่น Libra S22) เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณกลูโคสในกระเลือด (ภาคผนวก ข)

4. ศึกษาปริมาณการกินได้ทั้งหมด (Feed intake; FI) โดยชั่งน้ำหนักปริมาณอาหารข้นอาหารหยาบก่อนให้และหลังให้อาหารในวันถัดไปทุกครั้ง (ภาคผนวก ข)

5. ศึกษาสมรรถนะการเจริญเติบโต โดยการชั่งน้ำหนักแพะทุกตัวในวันก่อนเข้าทดลองและทุกๆ 15 วันของการทดลอง เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัว (% BW) และปริมาณการกินได้ต่อเมแทบอลิกต่อวัน ($g/kgBW^{0.75}$) (ภาคผนวก ข)

6. ศึกษาสัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะ โดยสุ่มเก็บมูลสัตว์เป็นจำนวน 4 ครั้ง ทุกๆ 15 วัน ทำการเก็บตัวอย่างครั้งละ 3 วัน และชั่งน้ำหนักมูลแพะทั้งหมด เพื่อนำไปวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะ (ภาคผนวก ข)

7. ศึกษาปริมาณไนโตรเจนของแพะ โดยสุ่มเก็บปัสสาวะเป็นจำนวน 4 ครั้ง ทุกๆ 15 วัน ทำการเก็บตัวอย่างครั้งละ 3 วัน ทำการตวงปริมาณปัสสาวะแพะทั้งหมดและสุ่มเก็บปัสสาวะประมาณ 20% เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (ภาคผนวก ข)

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Amalysis of variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์เทียบกับหนังสือการใช้โปรแกรมทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) (มนต์ชัย, 2544)

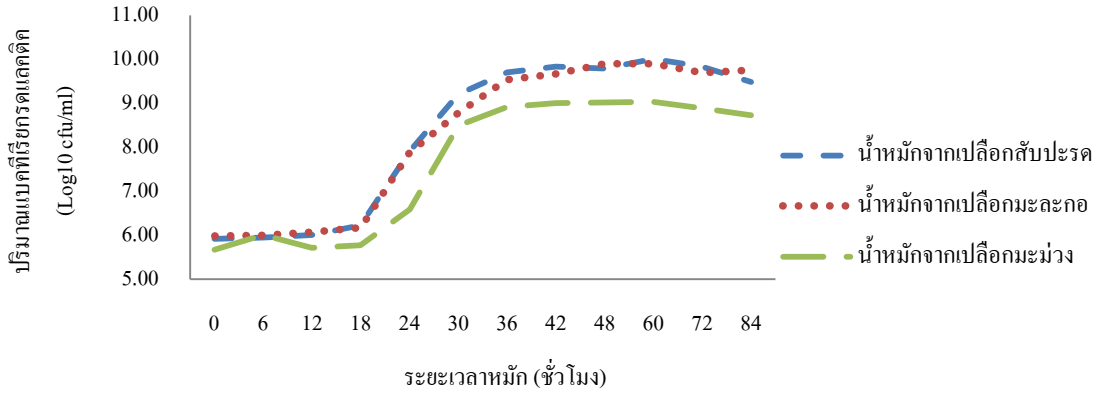
มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณภาพน้ำหมักจากเปลือกผลไม้

4.1.1 ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติค (Lactic acid bacteria count)

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคของน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติคสูงกว่าน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.01$) ที่ระยะเวลาหมัก 30, 36 และ 42 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 9.22, 9.70 และ 9.84 Log10 cfu/ml ตามลำดับ (ภาพที่ 12 และตารางที่ 20) ซึ่งน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด ระยะเวลาหมักชั่วโมงที่ 30 เหมาะที่จะนำไปใช้เป็นสารเสริมเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการทำพืชหมักให้เกิดได้เร็วขึ้น เพราะมีปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติคสูง อีกทั้งแบคทีเรียกรดแลคติคระยะเวลาหมักชั่วโมงที่ 30 ยังอยู่ในระยะที่เซลล์มีการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ ในระยะนี้อัตราการเจริญจะมากที่สุด เซลล์ว่องไวที่สุด สารอาหารจะถูกนำไปใช้อย่างมากและรวดเร็ว (ระยะ Logarithmic phase) อย่างไรก็ตามน้ำหมักจากเปลือกผลไม้แต่ละกลุ่มการทดลองมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นั้นแสดงให้เห็นว่ากระบวนการหมักเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำให้แบคทีเรียกรดแลคติคสามารถเจริญเติบโตและแข่งขันกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ในการย่อยสลายน้ำตาลเพื่อการเจริญเติบโตได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ ปาลิดา และ อินทิรา (2555) รายงานว่าจำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติคที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการหมักเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งปริมาณกรดอินทรีย์หรือกรดแลคติคก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลคติคจะสร้างกรดแลคติคเป็นผลผลิตออกมาในระหว่างการเจริญเติบโตและแบคทีเรียกรดแลคติคยังมีความสามารถในการทนต่อสภาวะที่เป็นกรดได้ เช่นเดียวกับการรายงานของ วารุณี และ ทวิช (2550: 62-77) รายงานว่าปริมาณแบคทีเรียแลคติคในน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้มีปริมาณแบคทีเรียแลคติคสูงกว่าน้ำหมักชีวภาพจากผักในทุกระยะเวลาหมัก อีกทั้งเมื่อระยะเวลาหมักเพิ่มขึ้นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแบคทีเรียแลคติคก็มีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังการหมักเช่นกัน ในส่วนการรายงานของ เสมอใจ (2554: 85-98) รายงานว่าเชื้อแบคทีเรียที่พบในน้ำพืชหมักนั้นอาจติดมากับเศษวัตถุดิบตามธรรมชาติซึ่งส่วนมากเป็นเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มที่เป็นประโยชน์และช่วยเร่งการย่อยสลายอินทรียวัตถุอีกทั้งยังเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับน้ำหมักชีวภาพ



ภาพที่ 12 กราฟแนวโน้มปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคของน้ำหมักเปลือกผลไม้

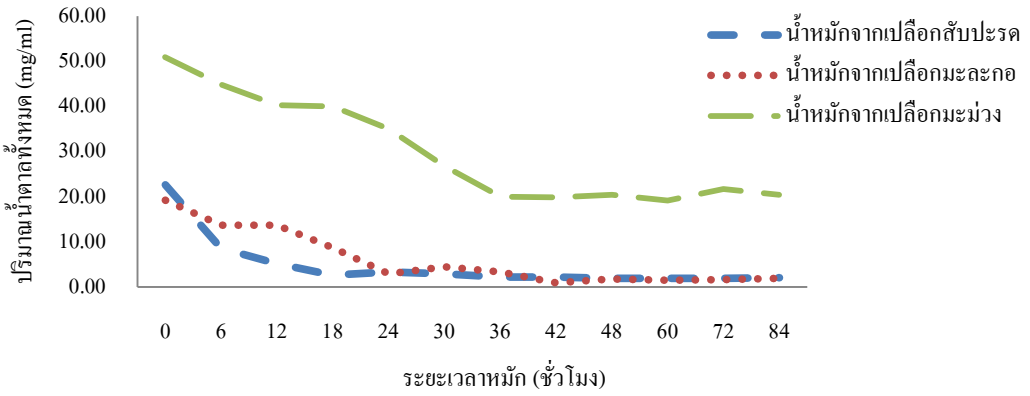
ตารางที่ 20 ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคของน้ำหมักเปลือกผลไม้ (Log10 cfu/ml)

ระยะเวลาหมัก (ชั่วโมง)	น้ำหมัก			SEM	P-value
	เปลือกสับปะรด	เปลือกมะละกอ	เปลือกมะม่วง		
0	5.92^{a}	5.98^{a}	5.66^{b}	0.02	0.01
6	5.94	6.00	6.00	0.01	0.25
12	6.00^{a}	6.07^{a}	5.72^{b}	0.01	0.01
18	6.22^{a}	6.17^{a}	5.77^{b}	0.01	<0.01
24	7.92^{a}	7.87^{a}	6.57^{b}	0.02	<0.01
30	9.22^{a}	8.78^{b}	8.50^{c}	0.02	<0.01
36	9.70^{a}	9.54^{b}	8.92^{c}	0.02	<0.01
42	9.84^{a}	9.66^{b}	9.00^{c}	0.02	0.01
48	9.79^{b}	10.25^{a}	9.02^{c}	<0.01	<0.01
60	10.01^{a}	9.91^{a}	9.03^{b}	0.02	0.01
72	9.83^{a}	9.70^{a}	8.88^{b}	0.03	0.01
84	9.49^{b}	9.75^{a}	8.73^{c}	0.03	<0.01

หมายเหตุ: ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean)

4.1.2 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar content)

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดและน้ำหมักจากเปลือกมะละกอมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดต่ำลงอย่างรวดเร็วจนถึงระยะเวลาหมักที่ 18 และ 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 2.58 และ 3.41 (mg/ml) ตามลำดับ แต่พบว่าน้ำหมักจากเปลือกมะม่วงมีปริมาณน้ำตาลคงเหลือในกระบวนการหมักสูงกว่าน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดและน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ มีค่าเท่ากับ 20.52, 2.07 และ 1.94 (mg/ml) ตามลำดับ (ภาพที่ 13 และตารางที่ 21) อาจเนื่องมาจากเปลือกมะม่วงมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งชนิดแกรมบวกและชนิดแกรมลบ เช่น *Staphylococcus aureus, Basillus subtilis* และ *Escherichia coli* (Abdullah et al., 2012: 1534-1542) นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าสารสกัดจากเปลือกมะม่วงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (วิภาวี และ กุลนาถ, 2558: 938-945) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้น้ำหมักจากเปลือกมะม่วงมีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคและแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคในน้ำหมักจากเปลือกมะม่วงต่ำกว่าน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดและเปลือกมะละกอ อีกทั้งน้ำหมักจากเปลือกมะม่วงมีปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นที่สูงกว่า จึงทำให้มีปริมาณน้ำตาลคงเหลือในกระบวนการหมักสูงกว่า โดยปริมาณน้ำตาลที่คงเหลือในกระบวนการหมักแสดงให้เห็นว่าในกระบวนการหมักมีปริมาณน้ำตาลเพียงพอต่อความต้องการในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ ธันวา (2543) รายงานว่าจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพที่ไม่เติมกากน้ำตาลมีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติค เชื้อรา และยีสต์ลดลงเมื่อระยะเวลาหมักนานขึ้น เนื่องมาจากจุลินทรีย์เหล่านี้จะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอน และแหล่งไนโตรเจนสำหรับการเจริญเติบโต ดังนั้นการลดลงของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพเป็นผลมาจากปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่อย่างจำกัด เมื่อเทียบกับน้ำหมักชีวภาพที่เติมกากน้ำตาลจะมีปริมาณของจุลินทรีย์คงเหลือมากกว่าเพราะมีแหล่งอาหารเพียงพอต่อความต้องการของจำนวนจุลินทรีย์ เช่นเดียวกับการรายงานของ สมหญิง และคณะ (2550: 271-274) รายงานว่าน้ำตาลจัดเป็นสารอาหารของแบคทีเรียกรดแลคติค และยังเป็นปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติค อีกทั้งการรายงานของ อภิญญา (2546) รายงานว่าหลังจากการหมักปริมาณน้ำตาลในน้ำหมักจะลดลง เนื่องจากน้ำตาลเป็นแหล่งอาหาร และพลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักทำให้ในระยะแรกของกระบวนการหมักน้ำตาลจะถูกนำไปใช้อย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 13 กราฟแนวโน้มปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำหมักเปลือกผลไม้

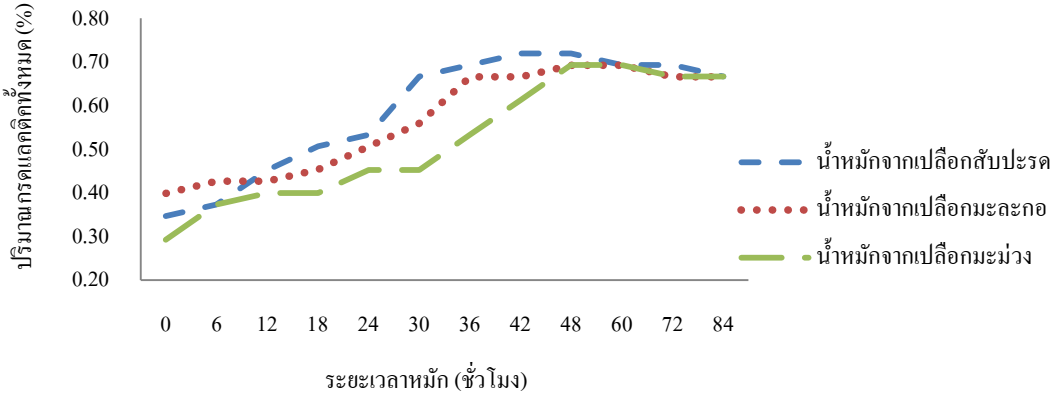
ตารางที่ 21 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำหมักเปลือกผลไม้ (mg/ml)

ระยะเวลาหมัก (ชั่วโมง)	น้ำหมัก			SEM	P-value
	เปลือกสับปะรด	เปลือกมะละกอ	เปลือกมะม่วง		
0	22.66^{b}	19.20^{b}	50.97^{a}	0.01	<0.01
6	8.67^{c}	13.69^{b}	44.89^{a}	0.01	<0.01
12	5.14^{c}	13.77^{b}	40.24^{a}	<0.00	<0.01
18	2.58^{c}	8.80^{b}	40.06^{a}	0.01	<0.01
24	2.95^{b}	3.41^{b}	35.11^{a}	0.01	<0.01
30	2.96^{c}	4.53^{b}	26.85^{a}	0.01	<0.01
36	2.29^{b}	3.32^{b}	20.00^{a}	0.01	<0.01
42	2.26^{b}	0.96^{c}	19.84^{a}	0.01	<0.01
48	1.95^{b}	1.83^{b}	20.46^{a}	0.01	<0.01
60	1.94^{b}	1.590^{c}	19.23^{a}	0.01	<0.01
72	1.93^{b}	1.73^{b}	21.79^{a}	0.01	<0.01
84	2.07^{b}	1.94^{b}	20.52^{a}	0.01	<0.01

หมายเหตุ: ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean)

4.1.3 ปริมาณกรดแลคติคทั้งหมด (Total lactic acid content)

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณกรดแลคติคของน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีปริมาณของกรดแลคติค (0.67%) สูงกว่าน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.01$) ที่ระยะเวลาหมัก 30 ชั่วโมง (ภาพที่ 14 และตารางที่ 22) จะเห็นได้ว่าน้ำหมักแต่ละกลุ่มการทดลองมีปริมาณกรดแลคติคเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาหมักนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคที่เพิ่มขึ้นและปริมาณน้ำตาลที่ลดลงเนื่องจากแบคทีเรียกรดแลคติคใช้เป็นแหล่งอาหารและพลังงานในการดำเนินกิจกรรมต่างๆภายในกระบวนการหมัก จึงเป็นผลทำให้ได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติค ดังนั้นเมื่อปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคเพิ่มขึ้นจึงทำให้มีปริมาณกรดแลคติคเพิ่มขึ้นเช่นกัน จากการรายงานของ อาทิตย์ และ ศรเทพ (2556: 55-58) รายงานว่าปริมาณกรดแลคติคจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยในกระบวนการหมักและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่ายเป็นสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ จันทกานต์ (2002: 11-19) รายงานว่าการหมักในสภาวะที่ไร้อากาศแบคทีเรียกรดแลคติคจะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่ายที่มีอยู่ในพืชเป็นแหล่งพลังงานแล้วได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติคและกรดอะซิติก นอกจากนี้การรายงานของ McDonald et al. (1991) รายงานว่าในกระบวนการหมักภายใต้สภาวะไร้อากาศจะทำให้จุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติคเกิดการใช้น้ำตาลอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพทำให้มีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติคเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้มีผลิตกรดแลคติคเพิ่มขึ้นเช่นกัน



ภาพที่ 14 กราฟแนวโน้มปริมาณกรดแลคติคทั้งหมดของน้ำหมักเปลือกผลไม้

ตารางที่ 22 ปริมาณกรดแลคติคทั้งหมดของน้ำหมักเปลือกผลไม้ (%)

ระยะเวลาหมัก (ชั่วโมง)	น้ำหมัก			SEM	P-value
	เปลือกสับปะรด	เปลือกมะละกอ	เปลือกมะม่วง		
0	0.35^{de}	0.40^{d}	0.29^{e}	0.01	0.03
6	0.37	0.43	0.37	0.02	0.33
12	0.45	0.43	0.40	0.01	0.29
18	0.51^{d}	0.45^{de}	0.40^{e}	0.01	0.03
24	0.53	0.51	0.45	0.02	0.17
30	0.67^{a}	0.56^{b}	0.45^{c}	0.01	0.01
36	0.69^{a}	0.67^{a}	0.53^{b}	0.02	0.01
42	0.72^{d}	0.67^{de}	0.61^{e}	0.01	0.03
48	0.72	0.69	0.69	0.01	0.62
60	0.69	0.69	0.69	0.02	1.00
72	0.69	0.67	0.67	0.02	1.00
84	0.65	0.67	0.67	0.02	1.00

หมายเหตุ: ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01), ^{d,e} อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean)

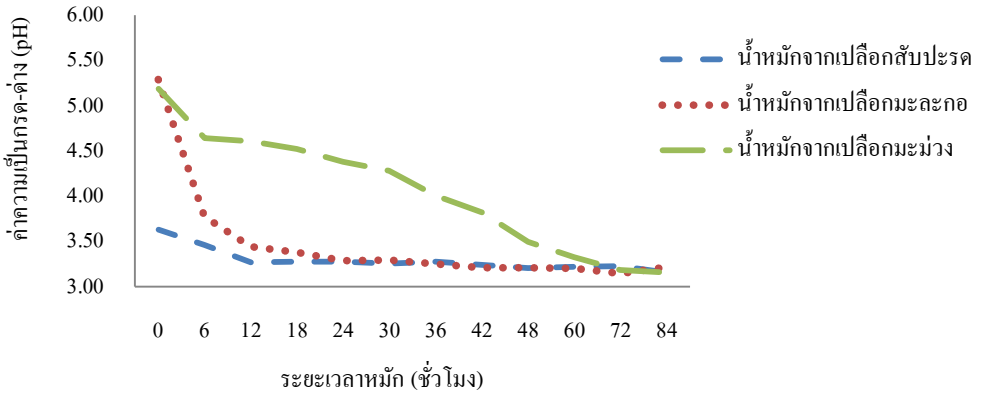
4.1.4 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)

จากการศึกษา พบว่า ค่า pH ของน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด มีค่า pH ลดต่ำลงอย่างรวดเร็วกว่าน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ จนถึงระยะเวลาหมักที่ 12 ชั่วโมง โดยน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีค่า pH เท่ากับ 3.27 (P<0.01) (ภาพที่ 15 และตารางที่ 23) ซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีค่า pH เริ่มต้นที่ต่ำกว่าน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ เนื่องมาจากเปลือกสับปะรดมีความเป็นกรดสูงกว่าเปลือกมะละกอและเปลือกมะม่วงอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อนำมาทำเป็นน้ำหมักจึงทำให้ค่า pH เริ่มต้นต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ในส่วนค่า pH ของน้ำหมักจากเปลือกมะม่วงที่ลดลงอย่างช้าๆ เนื่องมาจากปริมาณของแบคทีเรียกรดแลคติคของน้ำหมักจากเปลือกมะม่วงมีปริมาณต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ จึงทำให้สามารถผลิต

กรดแลคติคได้ต่ำกว่าส่งผลทำให้ค่า pH ในน้ำหมักจากเปลือกมะม่วงลดลงอย่างช้าๆ แต่อย่างไรก็ตามน้ำหมักของทุกกลุ่มการทดลองก็มีค่า pH ลดลงเมื่อระยะเวลาหมักนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลที่ลดลงและกรดแลคติคที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลคติคที่ใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเป็นกรดแลคติค โดยสอดคล้องกับการรายงานของ อานัฐ (2549) รายงานว่าค่า pH มีความสัมพันธ์กับชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ โดยการเกิดกรดขึ้นในน้ำหมักส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดอะซิติกและกรดแลคติค จึงทำให้เมื่อระยะเวลาหมักเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า pH ของน้ำหมักลดลง และการรายงานของ Klaenhammer (1998: 337-349) รายงานว่าบทบาทของแบคทีเรียกรดแลคติค การยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคในกระบวนการหมักและสามารถเก็บไว้ได้นาน โดยปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้อง คือ การสร้างกรดและการลดลงของค่า pH

4.1.5 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค (Aerobic bacteria count)

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคของน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ยกเว้นที่ระยะเวลาหมัก 24 และ 30 ชั่วโมง โดยน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ของทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากระยะเวลาหมักที่ 12 ชั่วโมง ($P<0.05$) ซึ่งน้ำหมักจากเปลือกมะม่วงมีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคต่ำกว่าน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ หลังจากระยะเวลาหมักชั่วโมงที่ 18 ($P<0.05$) (ภาพที่ 16 และตารางที่ 24) อาจเนื่องมาจากเปลือกมะม่วงมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ดังนั้นจึงทำให้แบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคเจริญได้ไม่ดีในน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง ในส่วนการเพิ่มขึ้นของปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคในช่วงแรกของระยะการหมักอาจเป็นเพราะว่ายังมีอากาศที่หลงเหลืออยู่ ดังนั้นจึงทำให้แบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคสามารถเพิ่มจำนวนได้และจะเห็นได้ว่าเมื่อกระบวนการหมักเข้าสู่สภาวะไร้อากาศแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคจะไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรียกรดแลคติคที่ผลิตกรดแลคติคได้สูงขึ้นและทำให้ค่า pH ลดลง ดังนั้นแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคจึงไม่สามารถย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลเพื่อการเจริญเติบโตได้ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ McDonald et al. (1991) รายงานว่าในช่วงเริ่มของกระบวนการหมักของน้ำพืชหมักแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคจะยังสามารถเพิ่มจำนวนได้โดยใช้อากาศที่มีในกระบวนการหมักในการย่อยสลายน้ำตาลเพื่อการเจริญเติบโตได้ แต่หลังจากอากาศในกระบวนการหมักเหลือน้อยลงจะเห็นได้ว่าแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคจะไม่มีการเพิ่มจำนวนขึ้น อีกทั้งยังสามารถพบแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคได้ทั่วไปตามธรรมชาติและสามารถติดมากับพืชได้

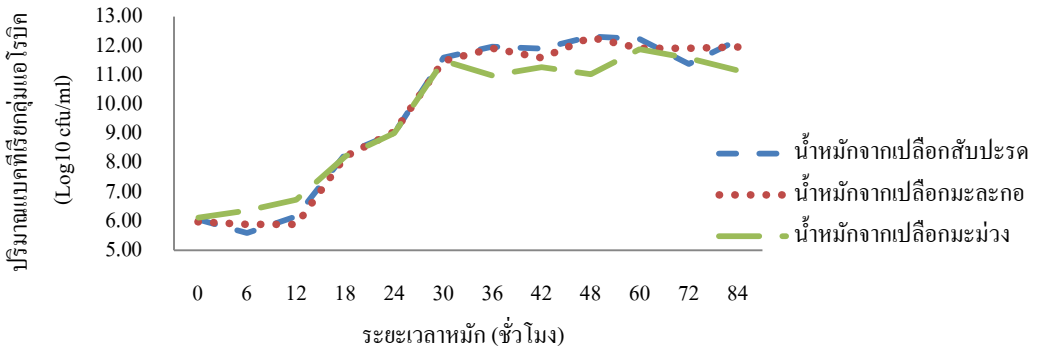


ภาพที่ 15 กราฟแนวโน้มค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำหมักเปลือกผลไม้

ตารางที่ 23 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำหมักเปลือกผลไม้

ระยะเวลาหมัก (ชั่วโมง)	น้ำหมัก			SEM	P-value
	เปลือกสับปะรด	เปลือกมะละกอ	เปลือกมะม่วง		
0	3.63^{b}	5.29^{a}	5.19^{a}	0.02	<0.01
6	3.46^{c}	3.78^{b}	4.65^{a}	0.02	<0.01
12	3.27^{c}	3.45^{b}	4.61^{a}	<0.00	<0.01
18	3.28^{c}	3.38^{b}	4.52^{a}	0.01	<0.01
24	3.28^{b}	3.29^{b}	4.38^{a}	0.01	<0.01
30	3.26^{b}	3.29^{b}	4.28^{a}	0.01	<0.01
36	3.28^{c}	3.25^{b}	4.00^{a}	<0.00	<0.01
42	3.24^{b}	3.21^{b}	3.82^{a}	0.01	<0.01
48	3.21^{b}	3.21^{b}	3.50^{a}	<0.00	<0.01
60	3.22^{b}	3.21^{b}	3.33^{a}	<0.00	0.01
72	3.23	3.15	3.18	0.01	0.06
84	3.16^{b}	3.22^{a}	3.16^{b}	<0.00	0.05

หมายเหตุ: ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean)



ภาพที่ 16 กราฟแนวโน้มปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคของน้ำหมักเปลือกผลไม้

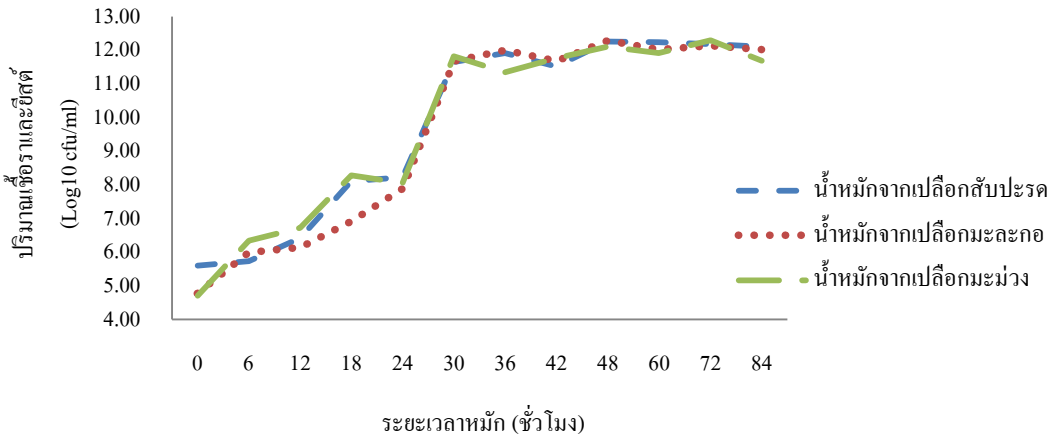
ตารางที่ 24 ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคของน้ำหมักเปลือกผลไม้ (Log10 cfu/ml)

ระยะเวลาหมัก (ชั่วโมง)	น้ำหมัก			SEM	P-value
	เปลือกสับปะรด	เปลือกมะละกอ	เปลือกมะม่วง		
0	6.05^{de}	5.97^{e}	6.11^{d}	0.01	0.03
6	5.58^{c}	5.88^{b}	6.37^{a}	0.01	<0.01
12	6.15^{b}	5.89^{c}	6.74^{a}	0.01	0.01
18	8.32^{d}	8.21^{e}	8.21^{e}	0.01	0.02
24	9.01	9.06	9.00	0.01	0.08
30	11.60	11.47	11.47	0.03	0.36
36	11.97^{a}	11.91^{a}	10.98^{b}	0.02	<0.01
42	11.89^{a}	11.58^{b}	11.26^{c}	0.03	0.01
48	12.32^{a}	12.28^{a}	11.01^{b}	0.01	<0.01
60	12.23^{a}	11.93^{b}	11.87^{b}	0.01	0.01
72	11.38^{e}	11.89^{d}	11.57^{e}	0.03	0.02
84	12.19^{a}	11.96^{b}	11.16^{c}	0.03	0.01

หมายเหตุ: ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01), ^{d,e} อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean)

4.1.6 ปริมาณเชื้อราและยีสต์ (Mold and Yeast count)

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณเชื้อราและยีสต์ของน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีปริมาณของเชื้อราและยีสต์ (11.66 Log10 cfu/ml) ต่ำกว่าน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ที่ระยะเวลาหมัก 30 ชั่วโมง ($P<0.01$) (ภาพที่ 17 และตารางที่ 25) เนื่องมาจากเชื้อราและยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศในการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่ายและน้ำตาลในการเจริญเติบโต ดังนั้นเมื่อกระบวนการหมักเข้าสู่สภาวะไร้อากาศเชื้อราและยีสต์จึงไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ อีกทั้งน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีแบคทีเรียกรดแลคติคสูงจึงทำให้มีการสะสมของกรดแลคติคได้สูงทำให้ค่า pH ลดลง ส่งผลให้จุลินทรีย์หยุดการทำงาน แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์จะสามารถทำงานได้อีกครั้งเมื่อสัมผัสกับอากาศ (พิพัฒน์ และ วิศิษฐิพร, 2558: 1-52) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ สายันต์ (2540) รายงานว่าปริมาณเชื้อราและยีสต์ในขณะที่มีอากาศอยู่จะเพิ่มจำนวนมากขึ้นจนกระทั่งอากาศถูกใช้หมดไป และจะ ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ อีกทั้งการรายงานของ อานัฐ (2549) รายงานว่าเชื้อราและยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องอาศัยอากาศในการย่อยสลายน้ำตาลและคาร์โบไฮเดรตในการเพิ่มจำนวนหากในกระบวนการหมักมีอากาศน้อยลงจะเป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของเชื้อรา และยีสต์ ดังนั้นจึงมักพบเชื้อรา และยีสต์อยู่บนผิวหน้าของน้ำหมักชีวภาพเพียงเท่านั้น



ภาพที่ 17 กราฟแนวโน้มปริมาณเชื้อราและยีสต์ของน้ำหมักเปลือกผลไม้

ตารางที่ 25 ปริมาณเชื้อราและยีสต์ของน้ำหมักเปลือกผลไม้ (Log10 cfu/ml)

ระยะเวลาหมัก (ชั่วโมง)	กลุ่มการทดลอง			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
0	5.61[a]	4.77[b]	5.87[b]	0.02	0.01
6	5.73[c]	6.00[b]	6.34[a]	0.02	<0.01
12	6.48[b]	6.14[c]	6.72[a]	0.01	0.01
18	8.11[b]	6.93[c]	8.29[a]	0.01	<0.01
24	8.22[a]	7.90[c]	8.05[b]	0.01	0.01
30	11.66[b]	11.68[b]	11.82[a]	0.01	0.01
36	11.92[a]	12.00[a]	11.34[b]	0.01	<0.01
42	11.51[e]	11.67[de]	11.77[d]	0.03	0.03
48	12.27[a]	12.29[a]	12.11[b]	0.01	0.01
60	12.24[a]	12.02[b]	11.92[b]	0.02	0.01
72	12.18[b]	12.14[b]	12.30[a]	0.01	0.01
84	12.10[a]	12.03[a]	11.70[b]	0.01	0.01

หมายเหตุ: [a,b,c] อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01), [d,e] อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักจากเปลือกผลไม้

4.2.1 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของเปลือกข้าวโพดหมัก

จากการศึกษาการประเมินคุณภาพทางกายภาพของเปลือกข้าวโพดหมักทำการประเมินคุณภาพทางกายภาพของเปลือกข้าวโพดหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองหมักที่ 0, 7, 14 และ 21 วัน ทำการประเมินด้าน กลิ่น สี เนื้อพืชหมัก และค่า pH พบว่าเปลือกข้าวโพดหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีกลิ่นหอมคล้ายผลไม้ดอง เนื้อมีลักษณะแน่น ไม่เปื่อยยุ่ย สีของพืชหมักมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นอมเหลืองมากขึ้น (ภาพที่ 18) และมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.11-3.63 ($P<0.01$) (ตารางที่ 26) จากการประเมินคุณภาพทางกายภาพของเปลือกข้าวโพดหมักมีคะแนนเฉลี่ยรวมที่ได้อยู่ในช่วง 21-23 คะแนน ซึ่งคะแนนที่ได้อยู่ในเกณฑ์ดีมาก (ตารางที่ 27) ดังนั้นจึงสามารถนำเปลือกข้าวโพดหมักที่ได้รับการปรับปรุงด้วยการเติมแบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ได้ จากการรายงานของ Skerman and Riveros (1990) รายงานว่าค่า pH ของพืชอาหารหมักที่ดีควรจะมีค่า pH ไม่เกิน 4.2 โดยสอดคล้องกับการรายงานของ กรมปศุสัตว์ (2547) รายงานว่าพืชหมักคุณภาพดีควรมีสีอมเหลือง มีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆ คล้ายผลไม้ดอง เนื้อพืชอาหารหมักต้องไม่เป็นเมือก ไม่เปื่อยยุ่ย และไม่เละ ส่วนค่า pH ควรอยู่ระหว่าง 3.5-4.2 และการรายงานของ อารีรัตน์ (2546) รายงานว่าในการเติมแบคทีเรียกรดแลคติคที่ผลิตกรดแลคติคในการทำพืชหมักโดยใส่ลงไปเมื่อเริ่มกระบวนหมักทำให้พืชหมักมีคุณภาพดีกว่าพืชหมักที่ไม่มีการเติมแบคทีเรียกรดแลคติค ซึ่งในการทำงานของแบคทีเรียกรดแลคติคในกระบวนการหมักจะมีการสร้างกรดที่จำเป็นในการรักษาคุณภาพของพืชหมักเกิดขึ้น ตลอดจนช่วยเพิ่มคุณค่าของพืชหมักและเพิ่มความน่ากินของพืชหมักด้วย สอดคล้องกับการรายงานของ บุญส่ง และคณะ (2555: 143-160) รายงานว่าการที่จุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดแลคติคเจริญเติบโตได้ดีและสร้างกรดแลคติคได้อย่างรวดเร็วจะส่งผลให้จุลินทรีย์กลุ่มอื่นเจริญได้ไม่ดี ดังนั้นจึงสามารถเก็บรักษาต้นข้าวโพดหวานหมักไว้โดยมีคุณภาพการหมักที่ดีนานถึง 9 เดือน

กลุ่มการทดลองที่ 1

กลุ่มการทดลองที่ 2

กลุ่มการทดลองที่ 3

กลุ่มการทดลองที่ 4

กลุ่มการทดลองที่ 5

ภาพที่ 18 ลักษณะของเปลือกข้าวโพดหมักของแต่ละกลุ่มการทดลอง

หมายเหตุ: กลุ่มการทดลองที่ 1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, กลุ่มการทดลองที่ 2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), กลุ่มการทดลองที่ 3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), กลุ่มการทดลองที่ 4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), กลุ่มการทดลองที่ 5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

ตารางที่ 26 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเปลือกข้าวโพดหมัก

ระยะเวลาหมัก (วัน)	กลุ่มการทดลอง					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
0	3.63^{a}	3.54^{d}	3.55^{c}	3.48^{e}	3.59^{b}	0.01	<0.01
7	3.55^{a}	3.41^{c}	3.51^{b}	3.41^{cd}	3.39^{d}	0.01	<0.01
14	3.41^{b}	3.26^{d}	3.50^{a}	3.39^{c}	3.21^{e}	0.01	<0.01
21	3.35^{a}	3.19^{c}	3.26^{b}	3.27^{b}	3.11^{d}	0.01	<0.01

หมายเหตุ: ^{a,b,c,d,e} อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), T4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), T5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

ตารางที่ 27 คะแนนการประเมินคุณภาพทางกายภาพของเปลือกข้าวโพดหมัก

ตัวชี้วัด	เปลือกข้าวโพดหมักที่ 0 วัน					เปลือกข้าวโพดหมักที่ 7 วัน					เปลือกข้าวโพดหมักที่ 14 วัน					เปลือกข้าวโพดหมักที่ 21 วัน				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
กลิ่น	8.4	7.2	8.0	8.8	8.0	10.4	10.4	10.0	10.0	10.8	11.2	11.2	10.8	10.0	11.2	10.0	9.2	10.0	10.4	10.8
สี	3.4	3.8	3.4	3.4	2.7	3.4	3.4	3.6	3.2	3.8	3.4	3.4	3.4	3.2	3.6	3.0	3.2	3.2	3.6	3.6
เนื้อ	2.9	2.7	2.8	2.4	1.0	2.9	2.8	2.5	2.4	2.9	2.7	2.8	2.7	2.7	2.8	2.7	2.4	2.8	2.7	3.0
pH	4.6	5.0	5.4	4.6	3.8	5.6	5.0	5.4	4.8	5.3	4.8	5.0	5.0	5.2	5.4	5.6	5.2	5.6	5.2	5.8
รวม	19.3	18.7	19.6	19.2	15.5	22.3	21.6	21.5	20.4	22.8	22.1	22.4	21.9	21.1	23	21.3	20	21.6	21.9	23.2

หมายเหตุ: คะแนนคุณภาพของพืชหมัก ดีมาก = 20 - 25, ดี = 15 - 19, ปานกลาง = 6 - 14, ต่ำ = 0 - 5, T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), T4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), T5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

4.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดหมัก

จากการศึกษา พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีปริมาณความชื้น (81.45%) สูงกว่าเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.01$) ที่ระยะเวลาหมัก 14 วัน (ตารางที่ 28) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเปลือกข้าวโพดหมักของทุกกลุ่มการทดลองและทุกระยะเวลาหมักจะมีความชื้นค่อนข้างสูง เนื่องมาจากเปลือกข้าวโพดนั้นมีความชื้นสูงอยู่แล้ว เมื่อนำมาทำการหมักจึงทำให้มีความชื้นสูงขึ้นอีก ดังนั้นในการทำเปลือกข้าวโพดหมักจึงควรใช้วัสดุอื่นที่สามารถดูดความชื้นได้ เช่น มันเส้น รำ หรือปลายข้าว ตามคำแนะนำของการรายงานของ นริสรา และคณะ (2559: 117-125) รายงานว่าการเสริมรำข้าวในการหมักเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนทำให้มีค่าความชื้นลดลง เนื่องจากรำข้าวมีลักษณะแห้งจะเป็นตัวดูดซับน้ำจึงทำให้มีความชื้นลดลงเมื่อนำมาหมักร่วมกับเปลือกข้าวโพด สอดคล้องกับการรายงานของ สตางค์ (2543) รายงานว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานเป็นเศษเหลือจากโรงงานโรงงานการแปรรูปข้าวโพดจะมีความชื้นสูงเนื่องจากในขั้นตอนการผลิตต้องนำฝักข้าวโพดหวานมาแช่น้ำอุ่นก่อนเพื่อให้เปลือกและไหมคลายตัว ทำให้แยกส่วนเปลือกและไหมออกจากฝักได้ง่ายขึ้น และจากการรายงานของฉลอง และคณะ (2546) รายงานว่าเปลือกข้าวโพดที่ได้จากโรงงานการแปรรูปนั้นจะมีความชื้นประมาณ 79-82% ดังนั้นเมื่อนำเปลือกข้าวโพดมาทำการหมักจึงทำให้มีความชื้นสูงขึ้นอีก นอกจากนี้การรายงานของ อาทิตย์ และ ศรเทพ (2556: 55-58) รายงานว่าเปลือกข้าวโพดหมักมีปริมาณของความชื้นสูงประมาณ 78.45% ซึ่งมีค่าความชื้นค่อนข้างสูง

สำหรับปริมาณของโปรตีนรวม พบว่า เปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีปริมาณโปรตีนรวมต่ำ และมีปริมาณเซลลูโลสสูงกว่าเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.01$) ของทุกระยะเวลาหมัก (ตารางที่ 28) นั้นแสดงให้เห็นว่าการเติมแบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักเปลือกผลไม้ในการทำเปลือกข้าวโพดหมักมีผลต่อปริมาณโปรตีนรวมที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์สามารถสร้างเอนไซม์ไปย่อยโปรตีนให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง สลายพันธะได้เป็นสายเปปไทด์และเปลี่ยนสภาพเป็นกรดอะมิโนซึ่งเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน เมื่อมีการสังเคราะห์โปรตีนจึงส่งผลให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้น (อรชพร และคณะ, 2556: 769-775) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Nguyen et al. (2007: 1288-1295); Rizzello et al. (2010: 1079-1089) รายงานว่าการหมักข้าวสาลีด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* และเชื้อ *L. rossiae* สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนได้และการหมักข้าวโพดด้วยเชื้อ *L. plantarum* สามารถเพิ่มปริมาณไขมัน โปรตีน และลดปริมาณคาร์โบไฮเดรตลง แต่ไม่สอดคล้องกับการรายงานของ ฉิชตา และคณะ (2556: 43-46) รายงานว่าเปลือกและซังข้าวโพดหมักที่ไม่เติมสารเสริมมีปริมาณโปรตีนรวมสูง (3.17%) และมี

ปริมาณเซลลูโลสต่ำ (40.50%) ปัจจัยที่ทำให้เปลือกข้าวโพดหมักมีความแตกต่างกันนั้นมาจากหลายปัจจัย เช่น สายพันธุ์ ระยะเวลาในการเก็บผลผลิต กระบวนการการแปรรูป รวมไปถึงการจัดการในระหว่างการทำการหมัก และจากการรายงานของ ฉลอง และคณะ (2546) รายงานว่าเปลือกและซังข้าวโพดที่ไม่ได้รับการปรับปรุงจะมีปริมาณเยื่อใยสูงประมาณ 79-89% และมีปริมาณโปรตีนรวมต่ำประมาณ 2.3-3%

ในส่วนของเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองที่ 5 พบว่า มีปริมาณเยื่อใย NDF เยื่อใย ADF เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสต่ำกว่าเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.01$) ของทุกระยะเวลาหมัก (ตารางที่ 28) อาจจะเนื่องมาจากการเติมกากน้ำตาล 1% ในการทำเปลือกข้าวโพดหมักเหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยสลายเยื่อใยเซลลูโลส (Cellulolytic bacteria) และแบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยสลายเยื่อใยเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose digesting bacteria) จึงทำให้แบคทีเรียทั้ง 2 กลุ่มนี้สามารถย่อยเยื่อใยในเปลือกข้าวโพดได้ดี จึงทำให้ปริมาณของเยื่อใยในเปลือกข้าวโพดหมักลดลง สอดคล้องกับการรายงานของ เสาวลักษณ์ และคณะ (2555: 187-192) รายงานว่าการเติมกากน้ำตาล 10% ในการทำเปลือกข้าวโพดหมักมีผลทำให้มีปริมาณวัตถุแห้ง, เยื่อใย NDF และ เยื่อใย ADL สูงกว่าการเติมกากน้ำตาล 5% เนื่องจากกากน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยสลายเยื่อใยเซลลูโลสลดลง ทำให้การย่อยสลายเยื่อใยลดลง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักปริมาณเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ในกลุ่มที่เสริมกากน้ำตาล 10% จึงมีค่าสูงกว่าการเสริมกากน้ำตาล 5% จากการรายงานข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการเติมกากน้ำตาลในการเปลือกข้าวโพดหมักในปริมาณ 1% อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยสลายเยื่อใยเซลลูโลส (Cellulolytic bacteria) และจากการรายงานของ Bureenok et al. (2010) รายงานว่าการเติมน้ำพืชหมักในกระบวนการหมักหญ้าเนเปียร์มีผลทำให้ปริมาณเยื่อใย NDF (726 g/kg DM) สูงกว่าพืชหมักที่เติมกากน้ำตาล (705 g/kg DM) ซึ่งอาจเนื่องมาจากปริมาณที่เพิ่มขึ้นของกากน้ำตาลในหญ้าเนเปียร์หมักจึงทำให้สัดส่วนของเยื่อใยลดลง

ตารางที่ 28 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดหมัก (% วัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	กลุ่มการทดลอง					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
วัตถุแห้ง							
0 วัน	25.05^{a}	23.33^{bc}	22.40^{c}	19.90^{d}	24.33^{ab}	0.19	<0.01
7 วัน	20.57^{c}	20.86^{c}	24.25^{b}	24.32^{b}	26.27^{a}	0.17	<0.01
14 วัน	19.45^{bc}	18.55^{c}	19.11^{bc}	20.08^{b}	21.78^{a}	0.19	0.01
21 วัน	19.17^{c}	21.09^{a}	19.89^{cb}	20.41^{ab}	21.21^{a}	0.14	0.01
ความชื้น							
0 วัน	74.96^{b}	76.67^{bc}	77.60^{b}	80.10^{a}	75.67^{cd}	0.19	<0.01
7 วัน	79.43^{a}	79.14^{a}	75.75^{b}	75.68^{b}	73.73^{c}	0.17	<0.01
14 วัน	80.55^{ab}	81.45^{a}	80.89^{ab}	79.92^{b}	78.22^{c}	0.19	0.01
21 วัน	80.83^{a}	78.91^{c}	80.11^{ab}	79.59^{bc}	78.79^{c}	0.14	0.01
เถ้า							
0 วัน	3.34^{b}	3.08^{c}	2.97^{c}	3.06^{c}	4.00^{a}	0.02	<0.01
7 วัน	3.86^{b}	3.31^{c}	3.18^{cd}	3.09^{d}	4.49^{a}	0.02	<0.01
14 วัน	3.56^{b}	3.34^{bc}	3.51^{b}	3.17^{c}	4.51^{a}	0.03	<0.01
21 วัน	3.43^{b}	3.12^{dc}	3.22^{bc}	2.93^{d}	4.53^{a}	0.03	<0.01
อินทรียวัตถุ							
0 วัน	96.66^{b}	96.92^{a}	97.03^{a}	96.94^{a}	96.00^{c}	0.22	<0.01
7 วัน	96.14^{c}	96.69^{b}	96.82^{ab}	96.92^{a}	95.51^{d}	0.02	<0.01
14 วัน	96.44^{b}	96.66^{ab}	96.49^{b}	96.83^{a}	95.49^{c}	0.04	<0.01
21 วัน	96.57^{c}	96.88^{ab}	96.78^{bc}	97.07^{a}	95.47^{c}	0.03	<0.01
โปรตีนรวม							
0 วัน	3.27^{b}	3.85^{a}	3.79^{a}	3.89^{a}	3.41^{b}	0.04	0.01
7 วัน	3.22^{c}	4.14^{a}	4.08^{a}	3.77^{b}	4.17^{a}	0.03	<0.01
14 วัน	3.69^{c}	4.32^{ab}	4.10^{abc}	3.95^{bc}	4.45^{a}	0.06	0.05
21 วัน	3.75^{c}	4.33^{ab}	4.05^{bc}	3.92^{c}	4.49^{a}	0.05	0.01

ตารางที่ 28 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดหมัก (% วัตถุแห้ง) (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	กลุ่มการทดลอง					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
ไขมันรวม							
0 วัน	0.99^{b}	1.12^{a}	0.26^{d}	0.68^{c}	0.92^{b}	0.01	<0.01
7 วัน	1.23^{a}	0.24^{e}	0.47^{d}	0.61^{c}	0.68^{b}	0.01	<0.01
14 วัน	0.80^{c}	0.98^{b}	1.08^{a}	0.79^{c}	1.12^{a}	0.01	<0.01
21 วัน	0.93^{c}	1.21^{a}	1.02^{b}	0.79^{d}	0.72^{e}	0.01	<0.01
เยื่อใย NDF							
0 วัน	84.16^{b}	85.82^{a}	83.14^{c}	83.06^{c}	69.72^{d}	0.13	<0.01
7 วัน	86.36^{a}	86.25^{a}	86.20^{a}	85.39^{b}	75.64^{c}	0.06	<0.01
14 วัน	86.90^{a}	86.83^{a}	86.28^{b}	85.36^{c}	75.90^{d}	0.06	<0.01
21 วัน	91.04^{a}	90.56^{ab}	90.51^{b}	90.54^{ab}	76.94^{c}	0.07	<0.01
เยื่อใย ADF							
0 วัน	51.04^{a}	50.87^{a}	50.79^{a}	50.42^{a}	41.36^{b}	0.14	<0.01
7 วัน	63.99^{a}	63.24^{a}	63.44^{a}	61.53^{b}	55.37^{c}	0.16	<0.01
14 วัน	70.13^{a}	70.55^{a}	68.83^{b}	68.93^{b}	60.40^{c}	0.10	<0.01
21 วัน	57.10^{a}	57.34^{a}	57.36^{a}	57.06^{a}	48.36^{b}	0.12	<0.01
เยื่อใย ADL							
0 วัน	7.45^{c}	9.32^{a}	8.88^{a}	8.15^{b}	8.88^{a}	0.07	<0.01
7 วัน	10.39^{d}	11.27^{b}	10.88^{c}	15.09^{a}	11.03^{bc}	0.04	<0.01
14 วัน	10.42^{b}	10.19^{b}	11.91^{a}	11.77^{a}	10.36^{b}	0.07	<0.01
21 วัน	10.93^{c}	10.93^{c}	11.63^{b}	20.65^{a}	10.01^{d}	0.06	<0.01
เยื่อใย NSD							
0 วัน	15.82^{c}	14.18^{d}	16.86^{b}	16.94^{b}	30.03^{a}	0.14	<0.01
7 วัน	13.64^{c}	13.75^{c}	13.80^{c}	14.61^{b}	24.36^{a}	0.06	<0.01
14 วัน	13.10^{d}	13.17^{d}	13.72^{c}	14.64^{b}	24.10^{a}	0.06	<0.01
21 วัน	8.96^{c}	9.44^{bc}	9.50^{b}	9.50^{bc}	23.06^{a}	0.07	<0.01

ตารางที่ 28 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดหมัก (% วัตถุแห้ง) (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	กลุ่มการทดลอง					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
เฮมิเซลลูโลส							
0 วัน	33.12^{b}	34.95^{a}	32.35^{b}	32.64^{b}	28.36^{c}	0.19	<0.01
7 วัน	22.37^{b}	23.01^{ab}	22.76^{ab}	23.86^{a}	20.27^{c}	0.18	0.01
14 วัน	16.78^{ab}	16.29^{b}	17.44^{a}	16.43^{b}	15.50^{c}	0.09	0.01
21 วัน	33.95^{a}	33.22^{a}	33.15^{a}	33.48^{a}	28.58^{b}	0.17	<0.01
เซลลูโลส							
0 วัน	43.59^{a}	41.55^{b}	41.91^{b}	42.27^{ab}	32.48^{c}	0.16	<0.01
7 วัน	53.60^{a}	51.97^{b}	52.56^{ab}	46.44^{c}	44.35^{d}	0.17	<0.01
14 วัน	59.71^{a}	60.36^{a}	56.93^{b}	57.16^{b}	50.05^{c}	0.02	<0.01
21 วัน	46.17^{a}	46.41^{a}	45.73^{a}	36.41^{c}	38.35^{b}	0.14	<0.01
พลังงานรวม (cal/g)							
0 วัน	3194.5^{c}	3378.8^{b}	3374.9^{b}	3211.6^{c}	3530.6^{a}	9.27	<0.01
7 วัน	3231.4^{c}	3404.0^{b}	3389.3^{b}	3357.6^{b}	3600.5^{a}	12.30	<0.01
14 วัน	3263.3^{c}	3434.3^{b}	3385.9^{b}	3375.0^{b}	3636.9^{a}	11.22	<0.01
21 วัน	3226.8^{c}	3401.1^{b}	3249.4^{c}	3257.8^{c}	3599.3^{a}	11.12	<0.01

หมายเหตุ: ^{a,b,c,d,e} อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber), ADL = ลิกนินที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid Detergent Lignin), Cellulose และ Hemicellulose, เฮมิเซลลูโลส = NDF – ADF, เซลลูโลส = ADF – ADL, NDS (Neutral detergent soluble) = 100 – NDF, อินทรียวัตถุ = 100 – เถ้า, T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), T4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), T5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

4.2.3 ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของเปลือกข้าวโพดหมัก

จากการศึกษา พบว่า ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของเปลือกข้าวโพดหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ยกเว้น ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ที่ระยะเวลาหมัก 0 วัน โดยเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองที่ 5 มีความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (59.54%) สูงกว่าเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.01$)

เมื่อพิจารณาการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มที่เติมน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ (กลุ่มการทดลองที่ 2, 3 และ 4) พบว่า เปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (57.95%) สูงกว่าเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองที่ 3 (53.15% ตามลำดับ) และกลุ่มการทดลองที่ 4 (51.81% ตามลำดับ) ($P<0.01$) (ตารางที่ 29) จะเห็นได้ว่าเปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดและเติมกากน้ำตาล มีความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลองสูงกว่าการเติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ น้ำหมักจากเปลือกมะม่วงและการไม่เติมน้ำหมัก อาจเนื่องมาจากเปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดและเติมกากน้ำตาล มีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติค องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตและปริมาณน้ำตาลอยู่สูง จึงส่งผลทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเกิดการย่อยสลายได้ดีกว่า ซึ่งคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลยังจัดว่าเป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต อีกทั้งยังสามารถช่วยกระตุ้นให้จุลินทรีย์เกิดการทำงานได้ดีขึ้น สอดคล้องกับการรายงานของ Skermam amd Riveros (1990) รายงานว่าพืชที่จะนำมาทำเป็นพืชหมักควรมีส่วนประกอบน้ำตาลและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่าย (Water soluble carbohydrate: WSC) มากกว่า 6% เพื่อใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ เช่นเดียวกันกับการรายงานของ Bureenok et al. (2011: 266-271) รายงานว่าการเสริมน้ำพืชหมัก และกากน้ำตาลในการหมักหญ้ารูซี่มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนในหญ้ารูซี่หมักที่เสริมน้ำพืชหมัก (803.3 กรัม/กก.) และเสริมด้วยกากน้ำตาล (783.2 กรัม/กก.) สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารเสริม (764.7 กรัม/กก.) และการรายงานของ Nishino and Uchida (1999: 1285-1288) รายงานว่าการเติมน้ำพืชหมักร่วมกับซูโครสในถั่วลูเซินสามารถเพิ่มปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้งในหลอดทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับการเติมซูโครสเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 29 ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของเปลือกข้าวโพดหมัก (% วัตถุแห้ง)

ระยะเวลาหมัก (วัน)	กลุ่มการทดลอง					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (%)							
0	41.92^{b}	42.10^{b}	42.89^{b}	41.09^{b}	47.14^{a}	0.33	0.01
7	43.04	43.00	42.00	42.58	47.18	1.23	0.70
14	43.08	45.00	43.14	41.40	48.70	0.91	0.17
21	43.81	44.09	41.09	42.29	47.63	0.80	0.16
ความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีวัตถุ (%)							
0	51.62^{b}	54.23^{b}	53.61^{b}	52.32^{b}	61.34^{a}	0.48	0.01
7	53.74^{b}	55.93^{a}	51.36^{c}	50.73^{c}	55.22^{ab}	0.23	<0.01
14	52.20^{bc}	57.95^{a}	53.15^{b}	51.81^{c}	58.42^{a}	0.16	<0.01
21	57.80^{ab}	57.58^{b}	54.35^{c}	53.32^{c}	59.54^{a}	0.27	<0.01

หมายเหตุ: ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), T4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), T5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

4.2.4 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมัก

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยปริมาณแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมักในทุกกลุ่มการทดลอง ณ ชั่วโมงที่ 24 อยู่ในช่วง 26.25-44.50 มิลลิลิตร, ณ ชั่วโมงที่ 48 อยู่ในช่วง 40.88-68.75 มิลลิลิตร และ ณ ชั่วโมงที่ 96 อยู่ในช่วง 53.63-84.38 มิลลิลิตร (ตารางที่ 30) จะเห็นได้ว่าปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมักแต่ละกลุ่มการทดลองที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณลดลงเมื่อระยะเวลาบ่มนานขึ้น (ภาพที่ 19, 20, 21 และ 22) เนื่องจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนทำการย่อยสลายส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายก่อน คือส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบไปด้วยแป้งและน้ำตาลที่มีอยู่ในอาหารหยาบก่อนจะย่อยสลายส่วนที่เป็นเยื่อใย โดยจุลินทรีย์จะใช้เวลาในการย่อยสลายเยื่อใยนานกว่าคาร์โบไฮเดรตจึงทำให้มีปริมาณ

ผลผลิตแก๊สสะสมเพิ่มสูงในช่วงท้ายของกระบวนการบ่มย่อย (โชค และคณะ, 2552: 132-152; เสาวลักษณ์ และคณะ, 2555: 187-192; ปรีชา และ ทวีพร, 2551) โดย เสาวลักษณ์ และคณะ (2542: 76-85) กล่าวว่าในช่วงแรกของการบ่มย่อยจุลินทรีย์จะเกิดการย่อยสลายส่วนที่สามารถย่อยได้ง่ายก่อนผลผลิตแก๊สจึงเกิดขึ้นปริมาณที่น้อย แต่หลังจากชั่วโมงที่ 24 จุลินทรีย์จะทำการบ่มย่อยส่วนที่ย่อยได้ยาก คือ เยื่อใย จึงทำให้ปริมาณผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้นในช่วงหลังจากชั่วโมงที่ 24 สูงขึ้น ในส่วนการรายงานของ นริสรา และคณะ (2559: 117-125) รายงานว่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักเสริมรำข้าว (10%) มีปริมาณแก๊สสะสมในชั่วโมงที่ 24, 48 และ 96 (41.64, 58.66 และ 60.69 มิลลิลิตร ตามลำดับ) สูงกว่าการเสริมรำข้าว (15%) (36.99, 40.39 และ 43.93 มิลลิลิตร ตามลำดับ) เนื่องจากเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักเสริมรำข้าว (10%) มีส่วนที่ย่อยสลายได้ทั้งที่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่าย (แป้งและน้ำตาล), ค่า NFE (64.23 และ 62.98%) และโปตีน (20.29% และ 19.68%) อยู่สูงกว่า จึงทำให้มีปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมสูงกว่า

4.2.5 ค่าจลศาสตร์การหมักย่อยของเปลือกข้าวโพดหมัก

จากการศึกษา พบว่า ค่าจลศาสตร์การหมักย่อย ได้แก่ ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย (|a|) ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ยาก (b) อัตราการผลิตแก๊สโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาหมัก (c) และศักยภาพในการผลิตแก๊ส (Y) ของเปลือกข้าวโพดหมักแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้น ปริมาณผลผลิตแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย (|a|) ของระยะเวลาหมักที่ 21 วัน โดยเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองที่ 4 มีปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย (|a|) (18.56 มิลลิลิตร) สูงกว่าเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.05$) (ตารางที่ 31) อาจเนื่องมาจากน้ำหมักจากเปลือกมะม่วงมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดค่อนข้างสูง (26.85%; การทดลองที่ 1) ทำให้สามารถใช้ประโยชน์ได้เร็ว ส่วนเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองที่ 2 ระยะเวลาหมักที่ 14 วัน มีค่าศักยภาพในการผลิตแก๊ส (Y) (103.16 มิลลิลิตร) สูงกว่าเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P>0.05$) (ตารางที่ 31) เป็นผลมาจากเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีปริมาณเยื่อใย NDF, เยื่อใย ADF, เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสที่ค่อนข้างสูง จึงทำให้จุลินทรีย์สามารถหมักย่อยเยื่อใยได้อย่างเต็มประสิทธิภาพทำให้เกิดการผลิตแก๊สรวมสะสมได้สูง (อนันท์ และคณะ, 2555: 193-196) ในส่วนของอัตราการผลิตแก๊สโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการหมัก (c) พบว่าเปลือกข้าวโพดหมักในทุกกลุ่มการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 0.027-0.039 มิลลิลิตร/ชั่วโมง (ตารางที่ 31) สำหรับอัตราการหมักย่อยที่เกิดขึ้นเร็วนั้นมีส่วนมาจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายและสามารถในการย่อยได้ของจุลินทรีย์ (Chumpawadee et al., 2007: 607-612)

ตารางที่ 30 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมัก (% วัตถุแห้ง)

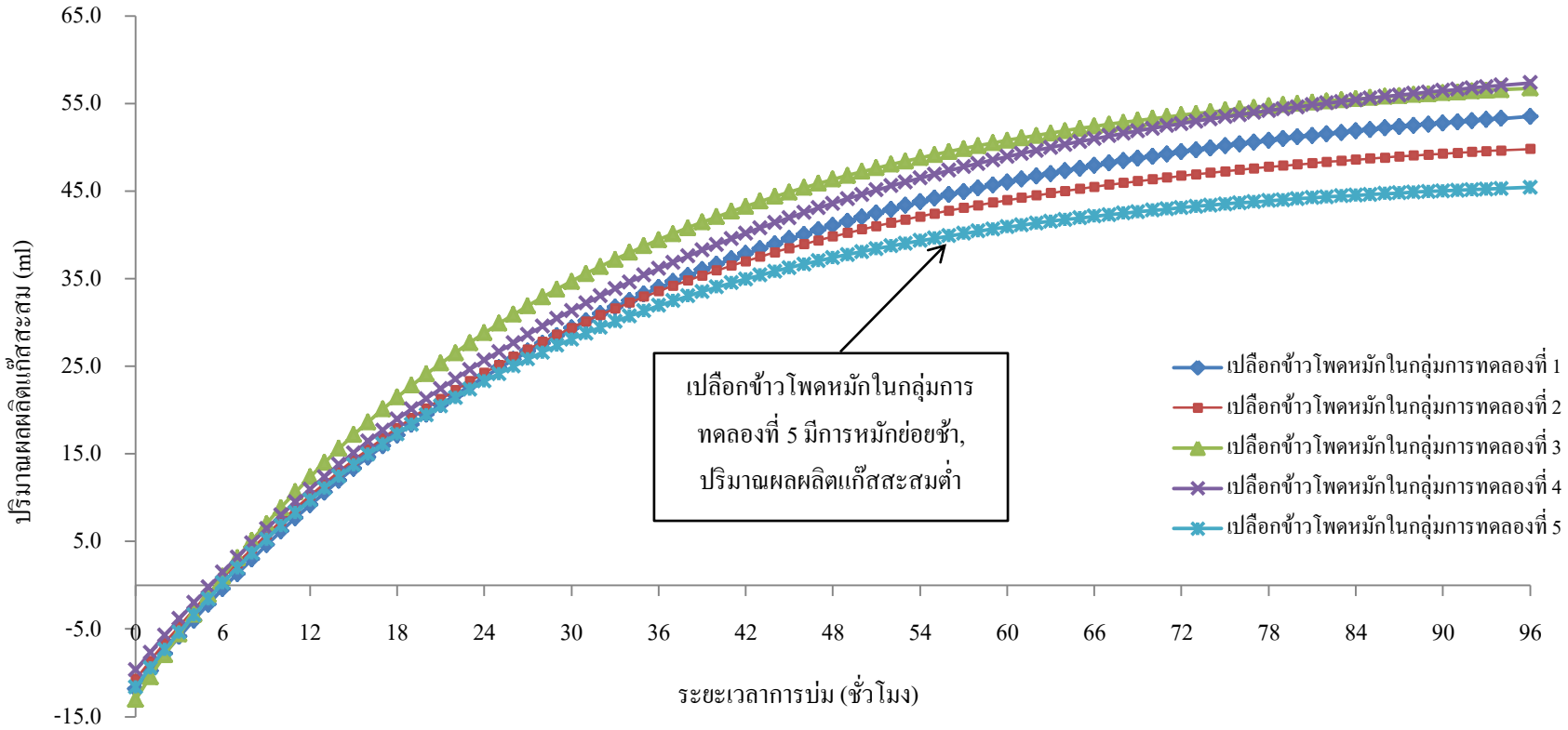
ตัวชี้วัด	กลุ่มการทดลอง					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม (ml/0.5g sample) ระยะเวลาหมักที่ 0 วัน ณ ชั่วโมงที่							
24	29.75	29.88	35.75	26.25	30.25	2.92	0.10
48	48.75	45.38	52.75	40.88	44.50	3.35	0.83
96	62.37	56.50	66.38	53.63	54.88	3.28	0.70
ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม (ml/0.5g sample) ระยะเวลาหมักที่ 7 วัน ณ ชั่วโมงที่							
24	38.00	31.13	29.50	39.13	42.00	2.33	0.41
48	61.13	52.25	49.88	59.75	61.50	2.63	0.51
96	76.00	68.50	65.25	74.13	74.63	2.56	0.64
ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม (ml/0.5g sample) ระยะเวลาหมักที่ 14 วัน ณ ชั่วโมงที่							
24	31.50	42.13	38.63	36.13	30.13	1.88	0.28
48	57.50	65.38	57.63	60.00	51.25	1.80	0.22
96	67.88	78.00	71.38	73.50	62.50	1.94	0.17
ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม (ml/0.5g sample) ระยะเวลาหมักที่ 21 วัน ณ ชั่วโมงที่							
24	37.00	41.63	30.50	44.50	36.88	2.21	0.37
48	56.38	61.38	52.00	68.75	57.00	2.39	0.28
96	71.25	75.38	67.63	84.38	69.23	2.48	0.27

หมายเหตุ: SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), T4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), T5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

ตารางที่ 31 ค่าจลศาสตร์การหมักย่อยของเปลือกข้าวโพดหมัก (% วัตถุแห้ง)

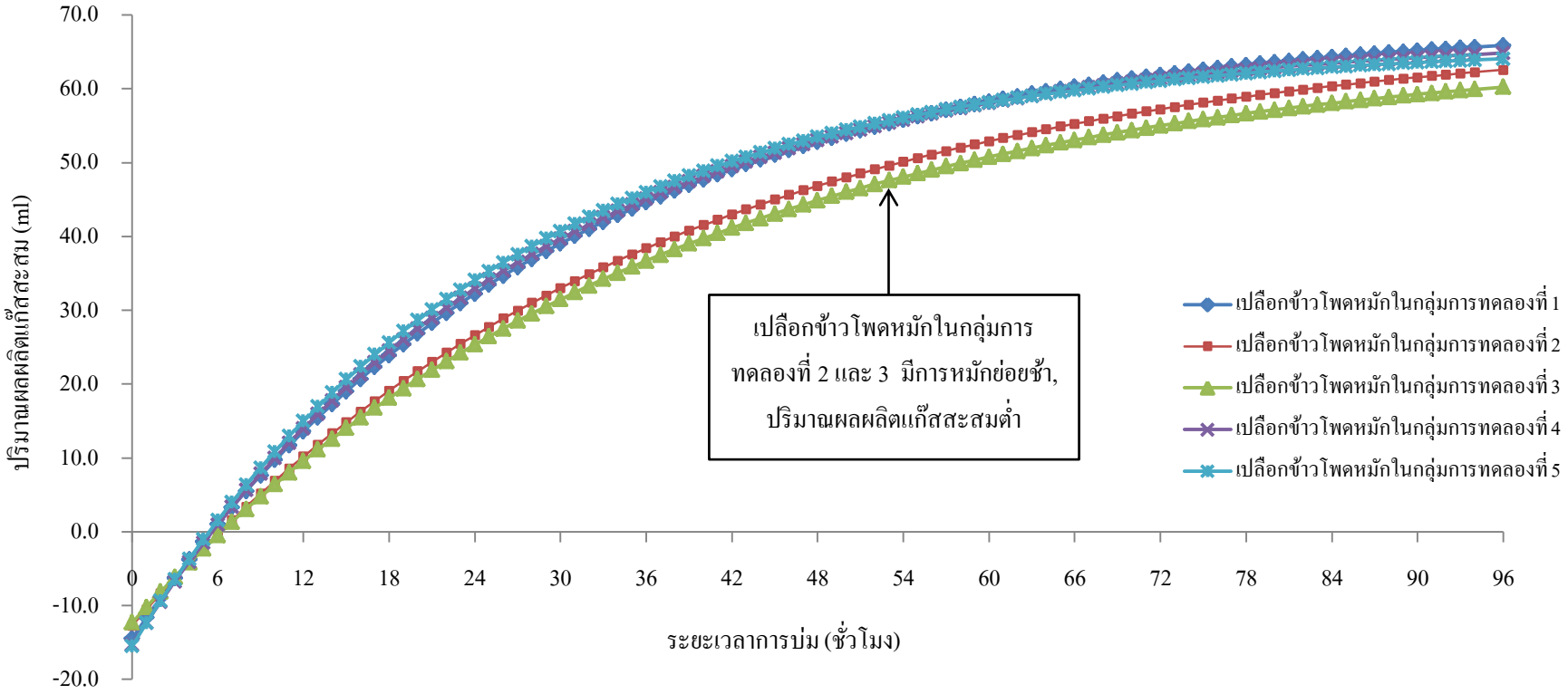
ตัวชี้วัด	กลุ่มการทดลอง					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
[1/]ค่าจลศาสตร์การหมักย่อย ระยะเวลาหมักที่ 0 วัน							
|a| (ml)	11.84	10.71	13.03	9.66	11.62	0.98	0.85
b (ml)	69.20	63.00	71.98	71.77	58.60	3.09	0.59
c (ml/hr)	0.030	0.034	0.036	0.028	0.037	0.01	0.75
Y (ml)	81.04	73.70	85.01	81.43	70.22	3.82	0.73
[1/]ค่าจลศาสตร์การหมักย่อย ระยะเวลาหมักที่ 7 วัน							
|a| (ml)	14.46	12.75	12.32	15.32	15.48	0.89	0.71
b (ml)	83.44	80.96	78.22	82.62	81.46	1.86	0.92
c (ml/hr)	0.034	0.028	0.027	0.037	0.039	0.01	0.26
Y (ml)	97.90	93.71	90.53	97.94	96.94	2.66	0.88
[1/]ค่าจลศาสตร์การหมักย่อย ระยะเวลาหมักที่ 14 วัน							
|a| (ml)	11.43	15.71	11.76	12.37	9.10	0.85	0.24
b (ml)	76.10	87.45	76.02	81.12	67.11	2.06	0.07
c (ml/hr)	0.033	0.039	0.037	0.034	0.034	0.01	0.77
Y (ml)	87.53	103.16	87.78	93.50	76.21	2.77	0.09
[1/]ค่าจลศาสตร์การหมักย่อย ระยะเวลาหมักที่ 21 วัน							
|a| (ml)	14.03[b]	16.95[ab]	12.78[b]	18.56[a]	12.73[b]	0.62	0.03
b (ml)	79.55	84.85	80.46	95.57	75.64	1.99	0.06
c (ml/hr)	0.033	0.038	0.027	0.037	0.036	0.01	0.28
Y (ml)	79.55	84.85	80.46	95.57	75.64	1.99	0.06

หมายเหตุ: [a,b] อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), [1/]คำนวณค่าจลศาสตร์การหมักย่อยโดยใช้สมการ $Y = |a|+b\ (1-e^{(-ct)})$ (Ørskov and McDonald, 1979: 499-503), |a| = ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย, b = ปริมาณแก๊สที่ได้จากส่วนที่ละลายน้ำได้ยาก, c = อัตราการหมักย่อย, Y = ศักยภาพในการผลิตแก๊ส คือ |a|+b, T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), T4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), T5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)



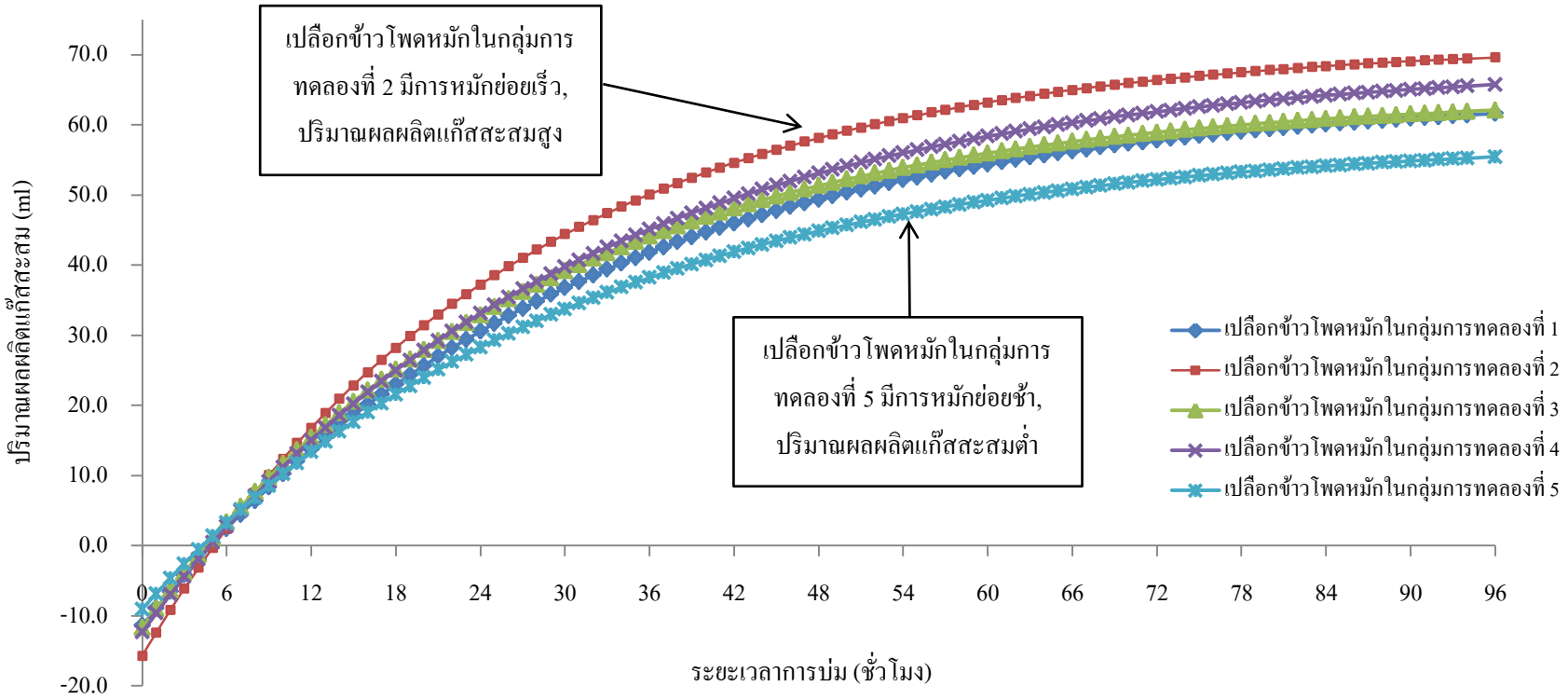
ภาพที่ 19 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมักระยะเวลาหมักที่ 0 วัน

หมายเหตุ: T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), T4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), T5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)



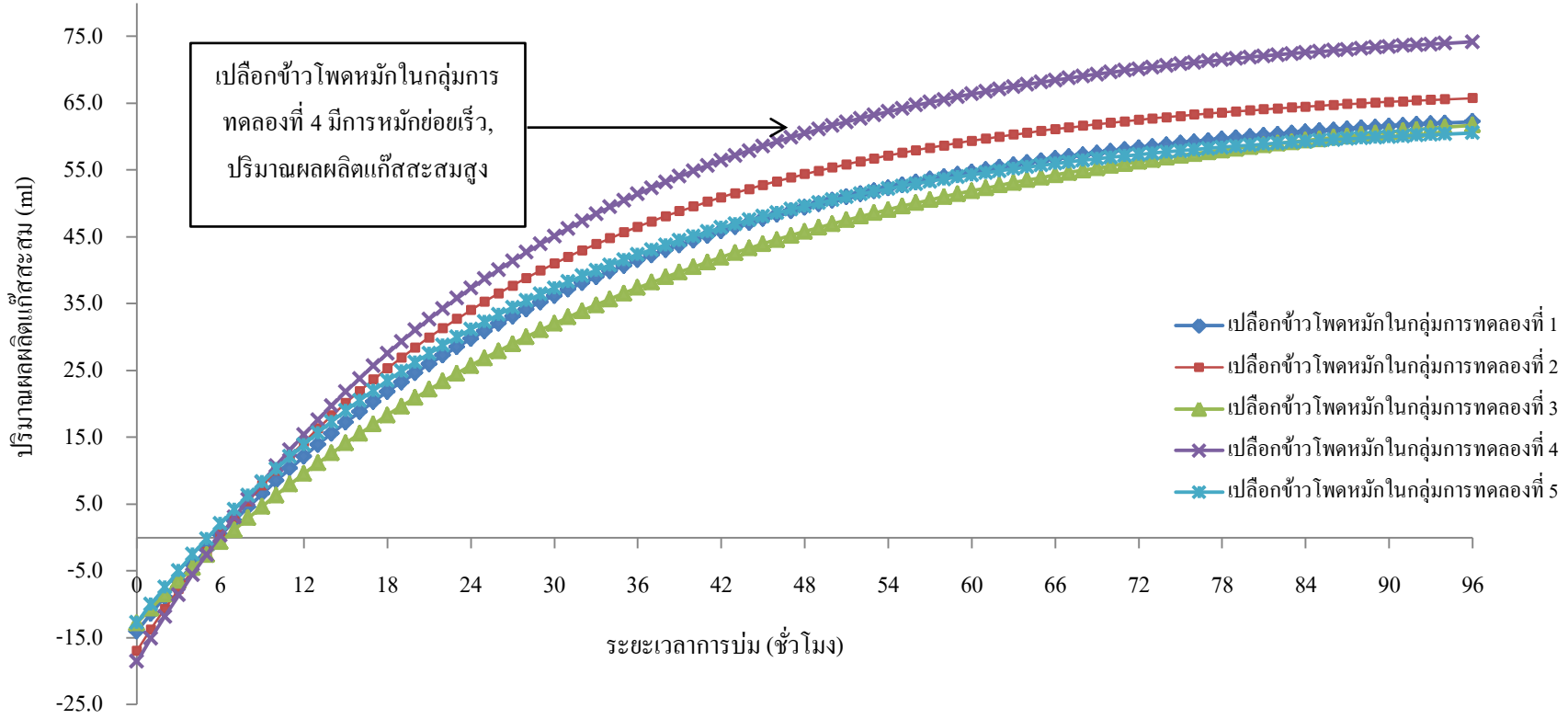
ภาพที่ 20 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมักระยะเวลาหมักที่ 7 วัน

หมายเหตุ: T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), T4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), T5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)



ภาพที่ 21 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมักระยะเวลาหมักที่ 14 วัน

หมายเหตุ: T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), T4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), T5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)



ภาพที่ 22 ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมของเปลือกข้าวโพดหมักระยะเวลาหมักที่ 21 วัน

หมายเหตุ: T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), T4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), T5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

4.2.6 ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในเปลือกข้าวโพดหมัก

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนของเปลือกข้าวโพดหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ยกเว้น ระยะเวลาหมักที่ 14 วัน โดยเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (11.22 mg%) สูงกว่าเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน (P<0.01) (ตารางที่ 32) จะเห็นได้ว่าเปลือกข้าวโพดหมักจากทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 9.25-11.67 mg% มีค่าต่ำกว่าระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ โดยความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 15-20 mg% จะทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายและกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ที่เหมาะสม (Boniface et al., 1986: 151-154) แต่อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของอาหาร โดยเฉพาะแหล่งคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีนที่ได้รับ ศักยภาพในการเกิดกระบวนการหมักของอาหาร ความสามารถในการย่อยสลายได้ของโปรตีน และสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสม (Lewis, 1975: 438-446; เมธา, 2533: 473) นอกจากนี้ Perdok and Leng (1990: 269) รายงานว่าเมื่อระดับแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 15-30 mg% ทำให้ปริมาณการกินได้และประสิทธิภาพการย่อยได้ของอาหารเพิ่มขึ้น และหากความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนเพิ่มสูงถึง 30 mg% จะส่งผลต่อการลดลงของสัดส่วนระหว่าง กรดอะซิติก กรดบิวทีริก และกรดโพรพิออนิก อีกทั้งยังมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนต่อประสิทธิภาพของกระบวนการหมักนั้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของประชากรจุลินทรีย์ ตลอดจนปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการย่อยได้ ประสิทธิภาพการสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์และยังก่อให้เกิดความสมดุลระหว่างพลังงานกับโปรตีนด้วย (สุปรีณา, 2552)

4.2.7 ปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดในเปลือกข้าวโพดหมัก

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดของเปลือกข้าวโพดหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ยกเว้น ระยะเวลาหมักที่ 14 และ 21 วัน โดยเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองที่ 5 มีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (64.48 mmol/L) สูงกว่าเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ (P<0.01) ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน (ตารางที่ 33) อาจเนื่องจากเปลือกข้าวโพดหมักมีส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (Structural carbohydrate: SC) และคาร์โบไฮเดรตไม่เป็นโครงสร้าง (Non-structural

carbohydrate: NSC) อยู่สูง ดังนั้นเมื่อเกิดการบ่มย่อยในกระเพาะรูเมนจุลินทรีย์ในกระเพราะรูเมนจึงมีการผลิตเอนไซม์เพื่อทำการย่อยสลายอาหารประเภทพลังงาน เพื่อให้ได้ผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญและมีประโยชน์ต่อตัวสัตว์ คือ กรดไขมันระเหยได้ (เมธา, 2533; ฉลอง, 2541) โดยปริมาณกรดไขมันระเหยได้และสัดส่วนของกรดไขมันที่ระเหยได้ (C_2, C_3 และ C_4) ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อาหารหยาบ สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน (ปิ่น, 2558: 1-114) จากการรายงานของ บุญล้อม (2542) รายงานว่าสัดส่วนของกรดไขมันระเหยได้ที่พบมากที่สุด คือ กรดอะซิติกประมาณ 60-70%, กรดโพรพิโอนิกประมาณ 18-20% และกรดบิวทีริกประมาณ 10% และการรายงานของ ฉลอง (2541: 218) รายงานว่าผลผลิตสุดท้ายของการย่อยสลายอาหารประเภทพลังงานและคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ และมีประโยชน์ต่อตัวสัตว์ คือ กรดไขมันระเหยได้ง่าย ซึ่งกรดไขมันระเหยได้เหล่านี้จะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่จะนำไปใช้ในการดำรงชีวิตและการให้ผลผลิตเนื้อและนมต่อไป

ตารางที่ 32 ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนของเปลือกข้าวโพดหมัก (mg%)

ระยะเวลาหมัก (วัน)	กลุ่มการทดลอง					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
0	10.03^{b}	11.67^{a}	10.58^{b}	10.23^{b}	10.27^{b}	0.09	0.01
7	11.00^{a}	10.83^{ab}	10.95^{a}	9.92^{cb}	9.25^{c}	0.13	0.01
14	10.15	9.88	9.73	9.88	9.68	0.11	0.73
21	10.28^{b}	11.22^{a}	10.22^{b}	10.23^{b}	10.67^{ab}	0.08	0.01

หมายเหตุ: ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), T4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), T5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

ตารางที่ 33 ปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดของเปลือกข้าวโพดหมัก (mmol/L)

ระยะเวลาหมัก (วัน)	กลุ่มการทดลอง					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
0	40.10^{b}	53.10^{a}	59.07^{a}	53.65^{a}	57.98^{a}	1.19	0.01
7	52.56^{bc}	50.94^{c}	55.27^{b}	53.10^{bc}	64.48^{a}	0.43	<0.01
14	60.15	67.19	59.07	60.69	62.86	1.02	0.17
21	62.86	58.52	61.77	58.52	72.07	1.64	0.13

หมายเหตุ: ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), T4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), T5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

4.2.8 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนหลังการบ่มย่อยที่ 24 ชั่วโมง

จากการศึกษา พบว่า ค่า pH ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้น ที่ระยะเวลาหมัก 0 วัน โดยเปลือกข้าวโพดหมักจากทุกกลุ่มการทดลองหลังการบ่มย่อยมีค่า pH อยู่ในช่วงระหว่าง 6.2-7.40 (ตารางที่ 34) มีค่าใกล้เคียงกับค่า pH ที่เหมาะสมต่อนิเวศวิทยาของกระเพาะรูเมนที่รายงานระดับค่า pH ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตหรือการมีชีวิตอยู่ของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วงระหว่าง 6.5-7.0 (เมธา, 2533: 473; Czerkawski, 1986: 199) แต่โดยทั่วไปค่า pH ในกระเพาะรูเมนจะต่ำในช่วง 2-6 ชั่วโมงหลังจากการกินอาหาร ซึ่งค่า pH ในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับชนิด ลักษณะของอาหาร หยาบ สัดส่วนของอาหารหยาบกับอาหารข้น และอัตราการดูดซึมของกรดไขมันระเหยได้ (ฉลอง, 2541: 115; Jian-Bin et al., 2012: 2129-2137) จากการรายงานของ มนตรี และคณะ (2553: 45-55) รายงานว่าโคนมที่ได้รับเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน ก่อนให้อาหารค่า pH ของของเหลวในกระเพาะรูเมนมีค่าใกล้เคียงกัน (6.35-6.52) แต่หลังจากกินอาหารโคนมทุกกลุ่มทดลองมีค่า pH ของของเหลวในกระเพาะรูเมนลดลงเล็กน้อย (6.20-6.47) และมีค่า pH เพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 4 และ 6 (6.23-6.55) การเปลี่ยนแปลงค่าความ pH ที่ลดลงหลังจากกินอาหาร แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์จากโภชนะในอาหารเพื่อผลิตกรดไขมันระเหยได้และแอมโมเนียไนโตรเจน

ตารางที่ 34 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนหลังการบ่มย่อยที่ 24 ชั่วโมง

ระยะเวลาหมัก (วัน)	กลุ่มการทดลอง					SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
0	6.89^{cb}	6.82^{c}	6.89^{cb}	7.21^{a}	7.03^{ab}	0.03	0.01
7	7.16	7.15	7.32	7.33	7.30	0.02	0.06
14	7.25	7.31	7.21	7.25	7.25	0.01	0.10
21	7.40	7.39	7.47	7.40	7.28	0.02	0.09

หมายเหตุ: ^{a,b,c} อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะละกอ (1%), T4 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกมะม่วง (1%), T5 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของเปลือกข้าวโพดหมักต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

4.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดหมักที่ใช้ในการทดลอง

จากการศึกษา พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกข้าวโพดหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ยกเว้น ความชื้น วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน และเถ้า โดยเปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีปริมาณเยื่อใย NDF (84.47 %) และเยื่อใย ADL (71.62%) ต่ำกว่าเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ (P<0.01) (ตารางที่ 35) นั้นก็แสดงว่าการเติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีผลทำให้ปริมาณของเยื่อใยลดลง อาจเนื่องจากน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีความเป็นกรดเมื่อนำมาเติมในกระบวนการทำเปลือกข้าวโพดหมักจึงทำให้ปริมาณเยื่อใยของเปลือกข้าวโพดลดลงต่ำกว่าการไม่เติมน้ำหมัก

นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาลมีปริมาณของไขมัน (0.91%), เยื่อใย ADF (70.29 %), เซลลูโลส (59.40 %) และพลังงานรวม (3,184.53 cal/g) ต่ำกว่าเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ (P<0.01) (ตารางที่ 35) จากการรายงานของ สายัณห์ (2548) รายงานว่าเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF เป็นองค์ประกอบภายในพืชอาหารสัตว์ที่มีการย่อยได้ต่ำ ในส่วนนี้สัตว์กระเพาะรวมสามารถย่อยได้โดยอาศัยจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมัก แต่ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งพืชอาหารสัตว์ที่ดีไม่ควรมีปริมาณของเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF อยู่สูง เนื่องจากมีการย่อยได้ต่ำ (เมธา, 2533; เทอดชัย, 2548) นอกจากนี้การรายงานของนริสรา และคณะ (2559: 117-125) รายงานว่าเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักเสริมกากน้ำตาลที่ระดับ 5% และ 10% มีวัตถุแห้ง (19.06 และ 18.55%), อินทรียวัตถุ (90.80 และ 90.84%), ไขมันรวม (5.26 และ 4.52%), เยื่อใยรวม (22.09 และ 21.33%) และโปรตีนรวม (10.26 และ 10.13%) และการรายงานของ เสาวลักษณ์ และคณะ (2555: 187-192) รายงานว่าเปลือกข้าวโพดหมักเสริมกากน้ำตาลที่ 5% และ 10% มีอินทรียวัตถุ (96.80 และ 96.50%), ไขมันรวม (2.90 และ 2.30%), โปรตีนรวม (4.3 และ 4.2%), เยื่อใยรวม (27.1 และ 26.60%), เยื่อใย NDF (69.70 และ 72.6%), เยื่อใย ADF (37.80 และ 38.80%) และเยื่อใย ADL (3.6 และ 4.2%)

ตารางที่ 35 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้น หญ้ากินนี และเปลือกข้าวโพดหมักในการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี (%)	อาหารข้น	หญ้ากินนี	กลุ่มการทดลอง			SEM	P-value
			T1	T2	T3		
ความชื้น	11.19	67.33	79.31	82.28	78.75	0.98	0.31
วัตถุแห้ง	88.81	32.67	20.68	17.72	21.25	0.98	0.31
	……%DM……						
อินทรียวัตถุ	90.73	93.05	94.97	94.81	94.80	0.05	0.34
โปรตีนรวม	19.13	7.40	4.41	4.93	4.91	0.14	0.29
ไขมันรวม	3.29	1.26	1.61[b]	1.93[a]	0.91[c]	0.02	<0.01
เถ้า	9.27	6.95	5.03	5.19	5.20	0.05	0.34
NDS	69.30	25.25	13.26[c]	15.53[a]	14.64[b]	0.08	<0.01
เยื่อใย NDF	30.71	74.75	86.74[a]	84.47[c]	85.36[b]	0.08	<0.01
เยื่อใย ADF	16.93	43.89	76.75[a]	71.62[b]	70.29[c]	0.17	<0.01
เยื่อใย ADL	3.30	4.85	9.76[b]	8.09[c]	10.90[a]	0.16	0.01
เฮมิเซลลูโลส	13.78	30.86	9.99[c]	12.86[b]	15.07[a]	0.14	<0.01
เซลลูโลส	13.62	39.04	66.99[a]	63.52[b]	59.40[c]	0.28	<0.01
พลังงานรวม (cal/g)	3,245.90	2,544.40	3,588.00[a]	3,373.63[b]	3,184.53[c]	10.78	<0.01

หมายเหตุ: [a,b,c] อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber), ADL = ลิกนินที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent Lignin), Cellulose และ Hemicellulose, เฮมิเซลลูโลส = NDF – ADF, เซลลูโลส = ADF – ADL, NDS (Neutral detergent soluble) = 100 – NDF, อินทรียวัตถุ = 100 – เถ้า, T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

4.3.2 ปริมาณการกินได้ในแพะลูกผสม

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณการกินได้ทั้งหมด ปริมาณการกินได้รวมต่อน้ำหนักตัว และปริมาณการกินได้รวมต่อเมแทบอลิกต่อวันของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยปริมาณการกินได้ทั้งหมดของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลอง มีค่าเท่ากับ 0.50, 0.52 และ 0.51 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ มีค่าเท่ากับ 0.24, 0.24 และ 0.25 กิโลกรัม/ตัว/วัน (ตารางที่ 36) จะเห็นได้ว่าแพะที่ได้รับเปลือกข้าวโพดหมักทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องมาจากปริมาณของเยื่อใย NDF, เยื่อใย ADF, เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งในเปลือกข้าวโพดหมักมีปริมาณค่อนข้างสูง โดยปริมาณการกินได้ทั้งหมด (อาหารหยาบและอาหารข้น) ของสัตว์เคี้ยวเอื้องขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น น้ำหนักตัว ระดับของผลผลิต สภาพแวดล้อม และคุณภาพของอาหาร ในส่วนการกินได้ของอาหารหยาบมีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณของเยื่อใยในอาหารหยาบ เมื่อปริมาณเยื่อใยในอาหารหยาบเพิ่มขึ้นปริมาณการกินได้จะลดลง (กันยารัตน์, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Van Soest (1994) รายงานว่าหากอาหารหยาบมีปริมาณของเยื่อใย NDF ในพืชอาหารสัตว์สูงกว่า 55-60% จะส่งผลให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลง เนื่องจากอาหารที่มีปริมาณของเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ที่สูงจะต้องใช้เวลาอยู่ในกระเพาะหมักในกระเพาะของสัตว์นานขึ้น ทำให้การไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะหมักช้าลงส่งผลให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลง เช่นเดียวกับการรายงานของ Merten (1992: 219-235) รายงานว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารหยาบที่มีปริมาณเยื่อใยรวมหรือเยื่อใย NDF สูง การกินได้จะถูกจำกัดโดยความจุของกระเพาะแต่ถ้าอาหารหยาบมีเยื่อใยต่ำและพลังงานสูง การกินได้จะถูกจำกัดโดยความต้องการพลังงานของสัตว์เอง

สำหรับปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัวและปริมาณการกินได้ต่อเมแทบอลิกต่อวันของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยปริมาณการกินได้รวมต่อน้ำหนักตัวของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลอง มีค่าเท่ากับ 3.17, 2.97 และ 3.08% ตามลำดับ และปริมาณการกินได้ต่อเมแทบอลิกต่อวันของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลอง มีค่าเท่ากับ 63.21, 60.64 และ 62.00 g/kgBW$^{0.75}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 36) อาจเป็นเพราะปริมาณอาหารข้นที่ให้อย่างจำกัดจึงทำให้ปริมาณการกินได้รวมต่อน้ำหนักตัวและปริมาณการกินได้รวมต่อเมแทบอลิกต่อวันค่อนข้างต่ำ แต่อย่างไรก็ตามแพะทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณการกินได้รวมต่อเมแทบอลิกต่อวันสูงกว่าระดับที่แพะใช้เพื่อการดำรงชีพ โดยแพะในเขตร้อนมีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้งที่กินได้ที่ใช้ในการดำรงชีพอยู่ในช่วงระหว่าง 43-50 g/kgBW$^{0.75}$ (Devendra and Burns, 1983) สอดคล้องกับการรายงานของ องอาจ (2556) รายงานว่าแพะที่ได้รับข้าวโพดหมักที่ไม่ได้เสริมอาหารข้นมีค่าการกินได้ในรูปของวัตถุแห้ง (617.58 กรัม/วัน), ปริมาณการกินได้รวมต่อน้ำหนักตัว (2.02%) และปริมาณ

การกินได้รวมต่อเมแทบอลิกต่อวัน (47.49 g/kgBW$^{0.75}$) สูงกว่าแพะที่ได้รับการเสริมอาหารข้น 0.5, 1.00 และ 1.5% โดยแพะที่ได้รับการเสริมอาหารข้น 1.5% มีค่าการกินได้ในรูปวัตถุแห้ง (470.19 กรัม/วัน), ปริมาณการกินได้รวมต่อน้ำหนักตัว (1.55%) และปริมาณการกินได้รวมต่อเมแทบอลิกต่อวัน (36.38 g/kgBW$^{0.75}$) ต่ำกว่าทุกระดับการเสริมอาหารข้น จะเห็นได้ว่าเมื่อเสริมอาหารข้นในระดับที่เพิ่ม ปริมาณการกินได้ในรูปของวัตถุแห้ง ปริมาณการกินได้รวมต่อน้ำหนักตัว และปริมาณการกินได้รวมต่อเมแทบอลิกต่อวันจะลดลง

ตารางที่ 36 ผลของเปลือกข้าวโพดหมักต่อปริมาณการกินได้ในแพะลูกผสม

ตัวชี้วัด	กลุ่มการทดลอง			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
ปริมาณการกินได้ทั้งหมด (กก./ตัว/วัน)	0.50	0.52	0.51	0.02	0.94
อาหารข้น	0.26	0.28	0.26	0.01	0.62
อาหารหยาบ	0.24	0.24	0.25	0.01	0.86
%BW	3.17	2.97	3.08	0.05	0.41
g/kgBW$^{0.75}$	63.21	60.64	62.00	0.80	0.54

หมายเหตุ: SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), %BW = ปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัว, g/kgBW$^{0.75}$ = ปริมาณการกินได้ต่อเมแทบอลิกต่อวัน, T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

4.3.3 สมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

จากการศึกษา พบว่า น้ำหนักตัวเริ่มต้น น้ำหนักตัวสุดท้าย น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และประสิทธิภาพการใช้อาหารของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยแพะทุกกลุ่มการทดลองมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 2.05, 2.26 และ 3.08 กิโลกรัม/ตัว ตามลำดับ และมีอัตราการเจริญเติบโต เท่ากับ 40, 50 และ 70 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 37) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเสริมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดในการหมักเปลือกข้าวโพดไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตเมื่อใช้เป็นอาหารหยาบในการเลี้ยงแพะ โดยแพะในการทดลองนี้มีค่าอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าการรายงานของ กันยารัตน์ (2546) รายงานว่าแพะที่ได้รับข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ มีอัตราการเจริญเติบโต เท่ากับ 106.4 กรัม/ตัว/วัน สูงกว่าแพะที่ได้รับหญ้าเน

เปียร์หมัก มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 102.1 กรัม/ตัว/วัน (ระยะเวลาในการเลี้ยง 56 วัน) อาจจะเนื่องมาจากระยะเวลาในการเลี้ยงและปริมาณของอาหารข้นที่ได้รับ ซึ่งการทดลองในครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงเพียง 45 วัน นอกจากนี้การรายงานของ สุมน และ ประเสริฐ (2537) รายงานว่าแพะกลุ่มที่ได้รับข้าวโพดบด เพียงอย่างเดียวมีอัตราการเจริญเติบโต เท่ากับ 56.80 กรัม/วัน สูงกว่าแพะที่ได้รับมันเส้น : รำอ่อน (50:50) มีค่าเท่ากับ 45.92 และแพะที่ได้รับมันเส้น : รำอ่อน : ใบกระถิน (65:15:20) มีค่าเท่ากับ 44.10 กรัม/วัน ตามลำดับ และจากการรายงานของ กันยารัตน์ (2546) รายงานว่าแพะที่ได้รับข้าวโพดหมักร่วมกับอาหารผสมสำเร็จรูปมีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่าแพะที่ได้รับการใช้หญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ (ใช้อาหารทั้งหมด 9.14 และ 12.88 กิโลกรัม/น้ำหนักสด ในการเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม)

ตารางที่ 37 ผลของเปลือกข้าวโพดหมักต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสม

ตัวชี้วัด	กลุ่มการทดลอง			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
น้ำหนักเริ่มต้น (กก./ตัว)	13.77	15.33	13.66	0.55	0.53
น้ำหนักสุดท้าย (กก./ตัว)	15.82	17.58	16.74	0.73	0.69
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กก./ตัว)	2.05	2.26	3.08	0.29	0.40
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	40	50	70	0.01	0.34

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง), T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

4.3.4 สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม

จากการศึกษา พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ยกเว้น สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เยื่อใย ADF เซลลูโลส และพลังงานที่ย่อยได้ โดยแพะในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (65.77%), เยื่อใย ADF (43.00%) และเซลลูโลส (64.67%) ต่ำกว่าแพะในกลุ่มการทดลองอื่นๆ (P<0.05) (ตารางที่ 38) นั้นแสดงให้เห็นว่าการเสริมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดในการหมักเปลือกข้าวโพดไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้โภชนะในแพะ นอกจากนี้แพะในกลุ่มการทดลองที่ 2 ยังมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (65.99%), อินทรียวัตถุ (69.02%) และโปรตีน (59.01%) สูงกว่าการรายงานของ บุญล้อม และคณะ (2544) รายงานว่าโคที่ได้รับเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักมีค่า

การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (58.50%), อินทรียวัตถุ (63.45%) และโปรตีน (56.26%) แต่มีค่าต่ำกว่าการรายงานของ องอาจ (2556) รายงานว่าแพะที่ได้รับข้าวโพดหมักที่เสริมอาหารข้นระดับที่ต่างกัน (0, 0.5, 1 และ 1.5) มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เท่ากับ 76.41, 75.84, 73.32 และ 70.33% ตามลำดับ และอินทรียวัตถุ เท่ากับ 78.30, 77.32, 75.67 และ 73.16% ตามลำดับ แต่มีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของ กันยารัตน์ (2546) รายงานว่าแพะที่ได้รับอาหารเสริมสำเร็จรูปที่ใช้ข้าวโพดมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และเยื่อใย NDF เท่ากับ 69.70, 71.60, 69.50 และ 46.40% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะของแพะในแต่ละการรายงานมีค่าที่แตกต่างกัน อาจจะเป็นเพราะปัจจัยมาจากเปลือกข้าวโพดหรือตัวสัตว์เอง

ตารางที่ 38 สัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะในแพะลูกผสม

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (%)	กลุ่มการทดลอง			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
วัตถุแห้ง	65.92[ab]	65.99[a]	65.77[b]	0.02	0.04
อินทรียวัตถุ	69.42	69.02	69.19	0.10	0.40
โปรตีนรวม	59.04	59.01	59.43	0.27	0.80
ไขมันรวม	77.18	84.79	74.31	2.50	0.37
เถ้า	30.57	36.04	33.88	1.31	0.37
เยื่อใย NDF	50.51	48.40	49.29	1.02	0.76
NDS	47.85	56.23	52.86	4.22	0.77
เยื่อใย ADF	47.25[a]	45.14[ab]	43.00[b]	0.44	0.03
เฮมิเซลลูโลส	60.13	57.04	64.91	4.85	0.83
เซลลูโลส	72.55[a]	69.69[ab]	64.67[b]	0.89	0.04
พลังงานที่ย่อยได้	59.41[b]	62.82[a]	61.70[ab]	0.36	0.04

หมายเหตุ: [a, b] อักษรที่แตกต่างกันภายในแนวเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$), SEM = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Standard error of the mean), NDF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber), ADF = เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber), ADL = ลิกนินที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent Lignin), Cellulose และ Hemicellulose, T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

4.3.5 ปริมาณกลูโคสและยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดของแพะแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยแพะที่ได้รับเปลือกข้าวโพดหมักในทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดหลังจากให้อาหาร 6 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 34.46, 37.14 และ 27.48 mg% ตามลำดับ (ตารางที่ 39) โดยแพะที่ได้รับเปลือกข้าวโพดหมักมีปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดอยู่ในช่วงระหว่าง 27.48-44.58 mg% ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ คือ อยู่ในช่วง 45-60 mg% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแพะในการทดลองนี้ได้รับอาหารข้นอย่างจำกัด ซึ่งจะเห็นได้ว่าแพะในกลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับอาหารข้นที่สูงกว่าจะมีปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดที่สูงกว่า เนื่องจากสัตว์ที่ได้รับอาหารข้นจะมีการสร้างกลูโคสมากกว่าอาหารหยาบ เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตที่มีในอาหารจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย โดยการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับ (เมธา, 2530) โดยจากการรายงานของ ศิริพร (2555: 549-552) รายงานว่าแพะที่ได้รับเปลือกและซังข้าวโพดเสริมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6% ร่วมกับยูเรีย 6% ระยะการหมักที่ 14 และ 21 วัน มีปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดในชั่วโมงที่ 0 เท่ากับ 26.50 และ 17.50 mg/dl ตามลำดับ และชั่วโมงที่ 4 เท่ากับ 53.00 และ 56.50 mg/dl ตามลำดับ

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดของแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยแพะที่ได้รับเปลือกข้าวโพดหมักในทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดหลังให้อาหาร 6 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 9.12, 7.30 และ 10.10 mg% ตามลำดับ (ตารางที่ 39) โดยแพะที่ได้รับเปลือกข้าวโพดหมักในการทดลองนี้มีปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดอยู่ในช่วงระหว่าง 6.01-10.10 mg% โดยระดับยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดเป็นผลมาจากการที่สัตว์กินอาหารที่มีปริมาณโปรตีน เมื่ออาหารเข้าสู่กระเพาะรูเมนจะถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ในกระเพาะ การย่อยสลายแอมโมเนียไนโตรเจนเป็นผลผลิตสุดท้าย ส่วนหนึ่งจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดลำเลียงเข้าสู่ตับเพื่อเปลี่ยนเป็นยูเรีย ซึ่งความเข้มข้นของยูเรียในกระแสเลือดมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันระดับแอมโมเนียไนโตรเจน คือ หากความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนสูง ความเข้มข้นของยูเรียในกระแสเลือดก็จะสูงตามไปด้วย แต่หากมีปริมาณของยูเรียในปริมาณสูงภายในระยะเวลาอันสั้นจะทำให้เกิดการเป็นพิษของยูเรีย (Chuech, 1984 อ้างโดย ศิริพร, 2555: 549-552) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Lewis (1975: 438-446); Kung and Huber (1983: 227-234) รายงานว่าค่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนปกติจะผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุ อาหาร ปริมาณโปรตีนที่กินได้ โดยเฉพาะความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน ดังนั้นการเพิ่มของระดับแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนมีผลต่อการเพิ่มของระดับยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด ในส่วนการ

รายงานของ ศิริพร (2555) รายงานว่าแพะที่ได้รับเปลือก และซังข้าวโพดเสริมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6% ร่วมกับยูเรีย 6% หมัก 14 และ 21 วัน มีปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดในชั่วโมงที่ 0 เท่ากับ 18.35 และ 17.45 mg/dl และชั่วโมงที่ 4 เท่ากับ 21 และ 23.30 mg/dl อีกทั้งการรายงานของ Lloyd (1982: 70-85) รายงานว่าระดับปกติของปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดในแพะอยู่ในช่วง 11.1-27.7 mg/dL และในแกะ 8-20 mg/dL

ตารางที่ 39 ปริมาณกลูโคสและยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดในแพะลูกผสม

ตัวชี้วัด	กลุ่มการทดลอง			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือด mg% ณ ชั่วโมงที่					
0	35.04	44.58	38.04	5.00	0.79
6	34.46	37.14	27.48	3.13	0.52
ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด mg% ณ ชั่วโมงที่					
0	6.89	6.01	7.77	0.52	0.50
6	9.12	7.30	10.10	0.51	0.22

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง), T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

4.3.6 สมดุลไนโตรเจนของร่างกายแพะลูกผสม

จากการศึกษา พบว่า สมดุลไนโตรเจนของร่างกายแพะในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยแพะในทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนที่ย่อยได้ มีค่าเท่ากับ 7.52, 7.77 และ 7.61% ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซึมได้ มีค่าเท่ากับ 6.49, 7.08 และ 6.45% ตามลำดับ และปริมาณไนโตรเจนที่การขับออก มีค่าเท่ากับ 3.52, 3.78 และ 3.81% ตามลำดับ (ตารางที่ 40) สำหรับการขับออกของไนโตรเจนในมูลและปัสสาวะของสัตว์เคี้ยวเอื้องในระดับต่ำเป็นเพราะมีการดูดซึมไนโตรเจนที่สูงกว่าและทำให้มีปริมาณเก็บกักไนโตรเจนได้สูง (Devendra, 1992) ซึ่งการรายงานของ ปิ่น และคณะ (2555: 215-218) รายงานว่าหากสัตว์ได้รับไนโตรเจนจากอาหารน้อยสัตว์จะเพิ่มการกักเก็บไนโตรเจนไว้ในร่างกาย ไนโตรเจนจะถูกขับออกมาทางมูล และปัสสาวะน้อยลง เพื่อเป็นการรักษาสมดุลไนโตรเจนในร่างกาย เนื่องจากสัตว์มี

กลไกควบคุมความสมดุลของไนโตรเจนในร่างกาย เมื่อได้รับไนโตรเจนจากอาหารในปริมาณที่ต่ำ โดยไตจะลดการขับยูเรียออกทางปัสสาวะทำให้ยูเรียหมุนกลับเข้าสู่กระเพาะรูเมนได้อีก

ตารางที่ 40 สมดุลไนโตรเจนของร่างกายแพะลูกผสม

ปริมาณไนโตรเจน (%)	กลุ่มการทดลอง			SEM	P-value
	T1	T2	T3		
ที่ได้รับ	10.02	10.85	10.26	0.38	0.74
ที่ขับออก	3.52	3.78	3.81	0.21	0.84
มูล	2.49	3.08	2.65	0.08	0.11
ปัสสาวะ	1.03	0.69	1.16	0.14	0.52
ที่ย่อยได้	7.52	7.77	7.61	0.34	0.97
ที่ดูดซึมได้	6.49	7.08	6.45	0.29	0.72

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง), T1 = เปลือกข้าวโพดหมักที่ไม่เติมน้ำหมัก, T2 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด (1%), T3 = เปลือกข้าวโพดหมักที่เติมกากน้ำตาล (1%)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณภาพน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ (เปลือกสับปะรด เปลือกมะละกอ และเปลือกมะม่วง) ในครั้งนี้พบว่า น้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติคสูง (9.22 Log10 cfu/ml) และยังมีปริมาณกรดแลคติคสูง (0.67%) แต่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดต่ำลง (2.96%) ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดต่ำลง (3.26) อีกทั้งยังพบว่าน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีปริมาณเชื้อราและยีสต์ต่ำ (11.66 Log10 cfu/ml) กว่าน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.01$) แต่มีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคในน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ที่ระยะเวลาหมัก 30 ชั่วโมง ดังนั้นน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดจึงเหมาะสำหรับนำไปใช้ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพพืชหมัก

จากการศึกษาผลของการปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ (เปลือกสับปะรด เปลือกมะละกอ และเปลือกมะม่วง) ที่ระยะเวลาหมัก 14 วัน พบว่าเปลือกข้าวโพดหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.11-3.63 โดยเปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดมีปริมาณโปรตีนสูง (4.32%) แต่มีปริมาณเยื่อใย ADL ต่ำ (10.19%) อีกทั้งยังมีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในหลอดทดลองสูง (57.95%) กว่าเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ ($P<0.01$) แต่อย่างไรก็ตามค่าปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด แอมโมเนียไนโตรเจน ค่าจลศาสตร์การหมักย่อย และค่า pH ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนของเปลือกข้าวโพดหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ดังนั้นเปลือกข้าวโพดหมักที่เติมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดจึงเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมักเพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบทดแทนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

จากการศึกษาผลของเปลือกข้าวโพดหมักต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้โภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะลูกผสมพันธุ์พื้นเมือง x บอร์ เพศผู้ จำนวน 9 ตัว โดยแพะมีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 14.25 ± 1.08 กิโลกรัม อายุเฉลี่ย 3-4 เดือน ซึ่งแพะทุกตัวได้รับอาหารหยาบและน้ำอย่างเต็มที่ เลี้ยงเป็นระยะเวลา 45 วัน พบว่าแพะที่ได้รับเปลือกข้าวโพดหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีปริมาณการกินได้ทั้งหมด (อาหารหยาบ และอาหารข้น) สมรรถนะการเจริญเติบโต ปริมาณกลูโคสและยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด และปริมาณสมดุลไนโตรเจนของร่างกายแพะ

ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่าแพะที่ได้รับเปลือกข้าวโพดที่เติมกากน้ำตาลมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งต่ำ (65.77%) เยื่อใย ADF ต่ำ (43.00%) และเซลลูโลสต่ำ (64.67%) กว่าแพะที่ได้รับเปลือกข้าวโพดหมักในกลุ่มการทดลองอื่นๆ (P<0.05) ดังนั้นน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดจึงสามารถใช้ในการปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมักเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในการเลี้ยงแพะได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะและสมรรถนะการเจริญเติบโตในแพะ

แนวทางในการประยุกต์ใช้ประโยชน์

1. เกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ โคเนื้อ โคนม หรือแกะ สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนะและการใช้ประโยชน์ของเปลือกข้าวโพดหมักได้โดยการใช้ร่วมกับการเสริมน้ำหมักจากเปลือกสับปะรด

2. การที่จะนำเปลือกข้าวโพดมาทำเป็นพืชหมักควรจะมีการหมักร่วมกับพืชชนิดอื่นๆ เช่น รำข้าว มันเส้น หรือฟางข้าว เพื่อช่วยลดความชื้นของเปลือกข้าวโพดให้ต่ำลง เนื่องจากเปลือกข้าวโพดมีความชื้นที่สูง

3. การที่ในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์มีเศษเหลือจากสับปะรดหลายชนิดและมีจำนวนมาก สามารถนำน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดหมักร่วมกับเปลือกข้าวโพดหรือพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น เพื่อใช้ในช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบ เพื่อเป็นการถนอมอาหารหยาบสำหรับแพะและการปรับปรุงเพิ่มศักยภาพการใช้ประโยชน์ของเศษเหลือและอาหารผสมได้

4. แนวทางในการศึกษาวิจัยต่อเนื่องในอนาคตที่สำคัญ คือ การศึกษาทดสอบการนำน้ำหมักจากเปลือกสับปะรดไปหมักร่วมกับพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ

รายการอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ. (2555). **การส่งออกสับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรด**. เข้าถึงเมื่อ 5 ตุลาคม. เข้าถึงได้จาก http://www.dft.go.th/Portals/.

กรมปศุสัตว์. (2547). **มาตรฐานพืชอาหารหมักของ กองอาหารสัตว์.** โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่ง ประเทศไทย. น. 1-23. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, ปรับปรุง ครั้งที่ 2. ขอนแก่น.

กรมปศุสัตว์. (2559). **สรุปข้อมูลและสถิติจำนวนการเลี้ยงแพะ**. เข้าถึงเมื่อ 8 กันยายน. เข้าถึงได้จาก http://ict.dld.go.th/th2/index.php/th/report/447-report-thailand-livestock/report servey2558-1/870-report-survey58-1.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2547). “ผลิตภัณฑ์มะม่วง.” กลุ่มงานส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตร ส่วนส่งเสริมวิสาหกิจเกษตรชุมชน สำนักพัฒนาเกษตรกร กรมส่งเสริมการเกษตร.

กันยารัตน์ ไชยเสน. (2546). “การใช้ข้าวโพดหมักหรือหญ้าเนเปียร์หมักเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมสำเร็จรูป.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จันทกานต์ อรณนันท์. (2002). “กระบวนการหมักพืชอาหารสัตว์และการปรุงแต่ง.” **ข่าวพืชอาหารสัตว์** 7, 1 (มกราคม-เมษายน): 11-19.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และคณะ. (2531). “การใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรเลี้ยงโค.” รายงานประจำปี 2531. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และปรัชญา ปรัชญลักษณ์. (2542). “การใช้จุกสับปะรดเสริมอาหารหยาบสำหรับโครีดนมในฟาร์มเกษตรรายย่อย.” รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และละคณะ. (2528). “การใช้เปลือกสับปะรดแห้งเป็นอาหารสำหรับโคหย่านม.” **สัตวแพทย์สารปีที่ 36**, 4: 357-365.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, สุวิทย์ อินทฤทธิ์ และสถิต มั่งมีชัย. (2541). “การใช้ซังข้าวโพดหวานเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโครีดนมในช่วงแล้ง.” รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. (2539). “ข้าวโพดและเศษเหลือจากข้าวโพดเป็นอาหารสัตว์.” รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2539. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. (2547). “การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง.” รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จินดา สนิทวงศ์ฯ ณ อยุธยา และคณะ. (2524). “การศึกษาเปรียบเทียบการใช้หญ้าสดกับเปลือกสับปะรดเป็นอาหารโค.” รายงานผลการวิจัยสาขาผลิตปศุสัตว์ 2524: 76-85.

ฉลอง วชิราภากร, เมธา วรรณพัฒน์ และ นิโรจน์ ศรสูงเนิน. (2546). การผลิตอาหารสำเร็จที่มีซังข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคนม. **รายงานวิชาการฉบับสมบูรณ์.** ทบวงมหาวิทยาลัย.

ฉลอง วชิราภากร. (2541). “โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น.” ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชวนิศนดากร วรวรรณ. (2523). “การใช้กากสับปะรดเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง” รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 18 สาขาสัตว์ 29-31 มกราคม 2522. ม.เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

โชค มิเกล็ด และคณะ. (2552). “การใช้ประโยชน์จากการทำทุ่งหญ้าถั่ว-ผสมแบบสลับเป็นแถบในการเลี้ยงโคนม.” ใน **การสัมมนาเรื่อง งานวิจัย วช. โอกาสการพัฒนาศักยภาพโคนมของประเทศ**, 132-152. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ภารกิจโครงการและประสานงานวิจัย.

ณิชตา เป็งทินา และคณะ. (2556). “ผลของการปรับปรุงคุณภาพของเปลือกและซังข้าวโพดโดยใช้จุลินทรีย์และสารเคมีต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโคขาวลำพูน.” **ว. วิทย. กษ** 44, 1 ฉบับพิเศษ: 43-46.

ดรุณี ศรีชนะ. (2551). “การทำหญ้าหมักและการประเมินคุณภาพหญ้าหมัก.” เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการเชิงปฏิบัติ การ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี, 7 สิงหาคม 2551.

เทอดชัย เวียรศิลป์. (2548). **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. พิมพ์ครั้งที่ 5. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เทียนทิพย์ ไกรพรม และศรเทพ ธัมวาสร. (2557). “ผลของการใช้เปลือก และซังข้าวโพดหมักร่วมกับฟางข้าวในอาหารโคนมรุ่น.” **วารสารแก่นเกษตร** 42, ฉบับพิเศษ 1: 273-278.

ธันวา จิตต์สงวน. (2543). **แนวทางและนโยบายในการพัฒนาการเกษตรแบบยังยืน: กรณีศึกษาภาคเหนือ.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพพล ชุบทอง และคณะ. (2556). “ผลของขนาดและการใช้เชื้อจุลินทรีย์ต่อการย่อยสลายของเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในกระเพาะรูเมนของโคขาวลำพูนและโคดอย.” **ว. วิทย. กษ** 44, 1 ฉบับพิเศษ: 31-34.

นริสรา คงสุข, เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ และศิวัช สังข์ศรีทวงษ์. (2559). “ผลของการเสริมรำข้าวและกากน้ำตาลในเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักต่อค่าองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองของโคเนื้อพื้นเมือง.” **วารสารแก่นเกษตร** 44, ฉบับพิเศษ 2: 117-125.

นิรนาม. (2559). **การจัดการแปลงหญ้าและการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารสัตว์ขั้นพื้นฐาน.** เข้าถึงเมื่อ 1 กรกฎาคม. เข้าถึงได้จาก http://www.thailivestock.com/forum/.

นิรนาม. (2559). **ปลูกมะละกอพืชสารพัดประโยชน์.** เข้าถึงเมื่อ 5 กรกฎาคม. เข้าถึงได้จาก http://technicfarm.blogspot.com/2015/03/blog-post_86.html.

นิรนาม. (2559). **ผลไม้.** เข้าถึงเมื่อ 11 กรกฎาคม. เข้าถึงได้จาhttp://www.dnp.go.th/botany/BFC/fruit.html.

นิรนาม. (2559). **สับปะรด.** เข้าถึงเมื่อ 5 กรกฎาคม. เข้าถึงได้จาก https://medthai.com/สับปะรด/.

บัญชา สัจจาพันธ์ และอุไรวรรณ จู้สวัสดิ์. (2557). **วิเคราะห์สถานการณ์ด้านการผลิตและการตลาดสินค้าปศุสัตว์ ในพื้นที่เขต 9**. ศูนย์สารสนเทศ เขต 9. กรมปศุสัตว์.

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

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และคณะ. (2544). “พลังงานสุทธิของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักคำนวณจากค่าการย่อยได้ในโคนมแห้ง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ปี 2544 สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์ ครั้งที่ 39 5-7 กุมภาพันธ์.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และทิพย์วรรณ ปริพัฒนานนท์. (2530). “คุณค่าทางอาหารและการใช้เปลือกและต้นข้าวโพดฝักอ่อนสดสำหรับแกะ. **วิทยาศาสตร์เกษตร**, 20: 169-180.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2527). “โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2542). **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญส่ง เลิศรัตนพงศ์ และคณะ. (2555). “การศึกษาคุณภาพของพืช หมักในถุงพลาสติกด้าที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ.” รายงานผลงานวิจัยสานักพัฒนาอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2555. 2555: 143-160.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. (2539). **พืชหมัก**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปรัชญา ปรัชญลักษณ์, ประเทศ ปุ้ยพันธวงศ์ และจันทนา บุญศิริ. (2541). “การใช้ใบสับปะรดเป็นอาหารสำหรับโคขุน.” รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ปรีชา อินนุรักษ์ และทวีพร เรืองพริ้ม . (2551). **การเพิ่มศักยภาพการใช้ฟางข้าวเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. นครปฐม: โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์. (2555). “ผลของน้ำจากเปลือกสับปะรดหมักด้วย *Lactobacillus plantarum M29* ต่อกิจกรรมการต้านจุลินทรีย์ในผักกาดแก้ว.” รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประจำปีงบประมาณ 2555.

ปิ่น จันจุฬา และคณะ. (2555). “ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้และคุณภาพน้ำนมในแพะรีดนม.” **วารสารแก่นเกษตร** 40, ฉบับพิเศษ 2: 215-218.

ปิ่น จันจุฬา, สหัทยา พงค์ประยูร และนายสิริชัย คงปาน. (2558). “ผลของกลีเซอรีนดิบจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วในสูตรอาหารแพะต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ กระบวนการหมักและสมดุลไนโตรเจน.” รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ รหัสโครงการ NAT580742S. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประจำปีงบประมาณ 2558.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ และวิศิษฐิพร สุขสมบัติ. (2558). “การศึกษาการใช้ *Lactobacillus spp.* ต่อกระบวนการหมักของพืชหมัก.” รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ รหัสโครงการ SUT3-303-54-24-06. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2554.

พีระวัฒน์ ณ มณี, เสาวนิต คูประเสริฐ และวันวิศาข์ งามผ่องใส. (2554). “การใช้เศษเหลือของสับปะรดเป็นอาหารหยาบของแพะ.” **วารสารแก่นเกษตร** 39: 399-412.

ภัทรภร ทัศพงษ์. (2556). “การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Ruminants Production)”. เอกสารประกอบการเรียนการสอน สำหรับนิสิตสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ภาควิชา

วิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

มนต์ชัย ดวงจินดา. (2544). **การใช้โปรแกรม SAS เพื่อวิเคราะห์งานวิจัยทางสัตว์.** ปรับปรุงครั้งที่ 2. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มนตรี จาปาดี, สมปอง สรวมศิริ และไพโรจน์ ศิลมั่น. (2553). "ผลของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินต่อผลผลิตจากการหมักในกระเพาะรูเมนของโคนม." **การเกษตรราชภัฏ** 9, 2: 45-55.

เมธา วรรณพัฒน์. (2530). **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). โภชนศาสตรส์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ฟันนี่พลับบลิชชิ่ง.

ยอดชาย ทองไทยนันท์. (2551). "ความหลากหลายทางชีวภาพกับการผลิตปศุสัตว์ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง." กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กลุ่มวิจัยความหลากหลายทางชีวภาพ.

รุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล และคณะ. (2545). "**สมุนไพรยาที่ควรรู้.**" พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์ศักดิโสภาการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร.

วรพงษ์ สุริยภัทร. (2550). "หลักโภชนศาสตร์." เอกสารประกอบการสอนรายวิชา หลักโภชนศาสตร์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

วรลักษณ์ คงจินดามุณี. (2556). "การผลิตเอทานอลจากแกนข้าวโพด." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วรวัธน์ อัสดรนิธี และศศิธร ซื้มประเสริฐ. (2557). "สถานการณ์การผลิตและการแข่งขันทางการค้าข้าวโพดหวานระหว่างประเทศ." เอกสารในการสัมมนาวิชาการข้าวโพดฝักสด ครั้งที่ 7 เสนอที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 26 - 28 กุมภาพันธ์.

วารุณี ขนุนทอง และทวิช ทำนาเมือง. (2550). "การเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียในกระบวนการหมักน้ำสกัดชีวภาพและผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการยับยั้งแบคทีเรียโรคพืช." **ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ ปีที่ 7,** 2: 62-77.

วิชัย สุทธิธรรม. (2553). "ศึกษาการผลิตข้าวโพดหมักจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วิทยาฟาร์ม. (2559**). ข้าวโพดหมักอาหารเสริมสำหรับวัว**. เข้าถึงเมื่อ 1 กรกฎาคม. เข้าถึงได้จาก http://board.kobalnews.com/view.php?category=siamindu&wb_id=11846.

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

วิภาวี เชิดวรพงศ์ และกุลนาถ ทองขาว. (2558). "ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งและการสกัดเปลือกมะม่วงเขียวต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย." **อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์** 53, (no): 938-945.

วีรชัย อาจหาญ และคณะ. (2554). "โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน." แบบสรุปย่อการวิจัย. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2554.

ศิริพร ทุมมณี. (2555). "คุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้ของเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศิริพร และคณะ. (2555). "คุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของเปลือก - ซังข้าวโพดที่ปรับปรุงคุณภาพ." **วารสารแก่นเกษตร** 40, ฉบับพิเศษ 2: 549-552.

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

สตางค์ ภูมิสุทธาผล. (2543). "ผลของการใช้การปรับปรุงวัตถุแห้งและการใช้สารเสริมต่อกระบวนการหมักและคุณค่าทางโภชนะของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักในโคนม." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมชาย มีสัจจานนท์, ศักดา ประจักษ์บุญเจษฎา และอุทัย สังข์พันธุ์. (2548). "การใช้อาหารผสมเสร็จที่มีระดับโปรตีนต่างกันเลี้ยงแพะเนื้อ." รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมปอง สรวมศิริ. (2552). "การใช้เศษเหลือจากข้าวโพดหวานเลี้ยงโค." **วารสารแม่โจ้ปริทัศน์** 13, 3 (กรกฎาคม): 45-49.

สมหญิง แซ่โง้ว และคณะ. (2550). "ผลของชนิดและปริมาณน้ำตาลต่อปริมาณจุลินทรีย์ของน้ำหมักลูกสมอไทย." **ว. วิทยาศาสตร์เกษตร** 38, ฉบับพิเศษ: 271-274 .

สมุน โพธิจันทร์. (2554). การใช้ผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นอาหารโคเนื้อ โคนม. เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม. เข้าถึงได้จาก http://expert.dld.go.th.

สมุนไพรดอทคอม. (2559). **ข้าวโพด,** เข้าถึงเมื่อ 12 พฤษภาคม. เข้าถึงได้จากhttp://www.samunpri.com/tag/ข้าวโพด/.

สายัณห์ ทัดศรี. (2547). **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายัณห์ ทัดศรี. (2540). **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน: การผลิตและการจัดการ**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ลินคอร์น.

สายัณห์ ทัดศรี. (2548). **หญ้าอาหารสัตว์และหญ้าพื้นเมืองในประเทศไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2554). "โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน." ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2555). **สับปะรด: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2555-2557**. เข้าถึงเมื่อ 5 ตุลาคม. เข้าถึงได้จาก http://www.oae.go.th/download /prcai/DryCrop/pineapple.pdf.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557). **มะม่วง: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2552-2556**. เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม. เข้าถึงได้จาก www.doa.go.th/hort/images/stories/strategyplanthort/strategymango.doc.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2558). **สับปะรด**. เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม. เข้าถึงได้จาก www.doa.go.th/hort/images/stories/statushort/hy2557/pineapple.pd.

สิริกุล วะสี. (2524). "การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะประจำพันธุ์บางประการของมะละกอสองพันธุ์." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริกุล วะสี. (2557). **มะละกอ พืชความหวังใหม่ของเกษตรกร**. การผลิตพืช. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สุปรีณา ศรีใสคา. (2552). "ผลของการใช้ใบและก้านสะเดาในอาหารแพะเนื้อต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมักและสมรรถนะการผลิต." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุมน โพธิ์จันทร์ และประเสริฐ โพธิ์จันทร์. (2537). "ผลตอบแทนจากการขุนแพะในคอก." รายงานผลการวิจัยประจำปี 2537. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เสมอใจ บุรีนอก. (2554). "การใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักเป็นสารเสริมชนิดใหม่ในพืชหมักเขตร้อน." **วารสารแก่นเกษตร** 39: 85-98.

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

เสาวลักษณ์ และคณะ. (2555). “ผลของการเสริมยูเรียและกากน้ำตาลต่อคุณภาพของเปลือกข้าวโพดหมักและการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโคดอย.” **วารสารแก่นเกษตร** 40, ฉบับพิเศษ 2: 187-192.

หนึ่งนุช สายปิ่น. (2551). **การผลิตแพะ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

องอาจ อินทร์สังข์. (2556). “อิทธิพลของระดับการเสริมอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้และค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุในแพะที่ได้รับข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก.” รายงานผลการวิจัยประจำ ปี พ ศ. 2556. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนครศรีธรรมราช.

อนันท์ เชาว์เครือ, พิไลพรรณ รักการเขียน และไพลิน เพ็งเพ่งพิศ. (2555). “ผลของสัดส่วนกากเนื้อในสับปะรดกับอาหารข้น ต่อจลนศาสตร์การหมักย่อยในระบบ *in vitro*.” **วารสารแก่นเกษตร** 40, ฉบับพิเศษ 2: 193-196.

อภิญญา แสงสุวรรณ. (2546). “การผลิตปุ๋ยน้ำหมัก จากขยะอินทรีย์.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ปฐพีวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรชพร ชลคีรี, มลฤดี เชาวรัตน์ และสุมลวรรณ ชุ่มเชื้อ. (2556). “คุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางเคมีบางประการของพืชอาหารที่หมักด้วย Lactobacillus casei subsp. rhamnosus TISTR 108.” **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม** 9, ฉบับพิเศษ: 768-775.

อาทิตย์ ปัญญาศักดิ และศรเทพ ธัมวาสร. (2556). “อิทธิพลของระยะเวลาการหมักและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพ พี เอ็ม อาร์.” **ว. วิทย. กษ** 44, 1 ฉบับพิเศษ: 55-58.

อานัฐ ตันโช. (2549). **เกษตรธรรมชาติประยุกต์: หลักการ แนวคิด เทคนิคปฏิบัติในประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ประทุมธานี: ฝ่ายชุมชนและผู้ด้อยโอกาส สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

อารีรัตน์ ลุนผา. (2546). “แลคติกแอซิดแบคทีเรียทางเลือกใหม่ในการเพิ่มคุณภาพของพืชหมัก.” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร เอกสัตวศาสตร์) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

อุทัย ลีรัตนชัย, จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และปรัชญา ปรัชญลักษณ์. (2539). “การใช้จุกสับปะรดเสริมอาหารหยาบสำหรับโครีดนมในฟาร์มเกษตรกรรายย่อย.” รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2539. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เอกชัย พฤกษ์อำไพ. (2546). “**คู่มือเลี้ยงแพะ**.” พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ฐานเกษตรกรรม, สนพ.

Abdullah, N., et al. (2012). “Assessment on the Antioxidant and Antibacterial Activities of Selected Fruit Peels.” **Int.J.ChemTech Res**, 4 (4):1534-1542.

Ajila, C. M., S. G. Bhat and U. J. S. P. Rao. (2007). “Valuable components of raw and ripe peels from two indian mango varieties” **Food Chemistry** 102 (Spring): 1006 - 1011

Ammar, A. A, A. A. Berhe and T. A. Ghezzehei. (2013). “A new method for rapid determination of carbohydrate and totalcarbon concentrations using UV spectrophotometry.” **Carbohydrate Polymers 97** (April 25): 253- 261.

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

Arthur P.F. and R. M. Herd (2008). “Residual feed intake in beef cattle.” Brazilian J. Anim. Sci. 37, no, special issue: 269-279.

Bal, M.A., J.G. Coors and R.D. Shaver. (1997). “Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production.” **J. Dairy Sci.** 80: 2497-2503.

Boniface, A. M., R. M. Murray and J. P. Hogan (1986). “Optimum level of ammonia in the rumen liquor of cattle fed tropical pasture hay.” **Aust. Society Anim. Prod.** 16: 151-154.

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

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.

Bureenok, S. et al. (2010). “Effects of Napiergrass silages treated with various additives on feed intake, digestibility and rumen fermentation characteristics.” In: Proceedings of the 14th AAAP Congress. **The Asian-Australasian Association of Animal Production Societies**, 22-28 August 2010, Pingtung, Taiwan.

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." **Livest. Sci**..

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 (Spring): 420 - 428.

Choopheng et al. (2005). "The use of pineapple waste as cattle feed: physical characteristic and nutritive value of silage from pineapple waste." **Proceedings of the 6th Annual Conference**, 174-179.

Chumpawadee, S, A. Chantiratikul, and P. Chantiratikul. (2007). "Chemical Compositions and Nutritional Evaluation of Energy Feeds For Ruminant Using *In vitro* Gas Production Technique." **Pakistan Journal of Nutrition**. 6, 6: 607-612.

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

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

Devendra, C., (1992). **Non-conventional Feed Resources in Asia and the Pacific (4th revised ed.).** Thailand: Fao Bangkok.

Ensminger, M. E. (1993). **Dairy cattle science**. 3th ed. Interstate Publishers, Inc.

Fouzder, S.K. et al. (1999). "Use of dried papaya skins in the diet of growing pullets." **British Poultry Science**, no. 40: 88.

Granfeldt, Y., I. Bjorck, A. Drews and J. Tovar. (1992). "An *in vitro* procedure based on chewing to predict metabolic responses to starch in cereal and legumes products." **Eur. J. Clin. Nutr.,** 46: 649-660.

Jian-Bin L., et al. (2012). "Influences of Total Mixed Diets with Different Concentrate-Roughage Ratio on pH and Activity of Digestive Enzymes in Alimentary Canal of Fattening Lambs at Tibetan Plateau." **Journal of Animal and Veterinary Advances**. 11, 12: 2129-2137.

Khajarern, S. and J.M. Khajarern. (1984). "The utilization of crop by products as animal feed in Thailand." Proceeding of the Forth Annual Workshop of the Australian-Asian Fibrous Agricultural Residues Research Network. Khon Kaen University, Thailand.

Klaenhammer, T. R. (1998). Bacteriocin of lactic acid bacteria. **Biochimic**, 70: 337-349.

Kozaki, M., T. Uchimura and S. Okada. (1992). Experimental Manual of Lactic acid bacteria. Asakurashoten, **Tokyo, Japan (Jpn)**, no: 6-16.

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**. no, 66: 227-234.

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

Lloyd, S. (1982). "Blood characteristics and the nutrition of ruminants." **Br. Vet. J.** no, 138: 70-85.

Loren, cordain. (2015). **Fruits and sugars**. Accessed August 11. Available from http://thepa leodie t.com/fruits-and-sugars/.

Lukkananukool, A., et al. (2013). "Effect of forage specics and additives on quality of tropical forage silage." **J. Anim. Vet. Adv**., 12, 2: 153-159.

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.

Masuko, T. et al. (2000). "Effect of Addition of Fermented Juice Prepared from Timothy raw and ripe peels from two Indian mango varieties." **Food Chemistry**, 102: 1006–1011.

McDonald, P., A.R. Henderson and S.J.E. Heron. (1991). **The Biochemistry of silage**. 2nd Ed. Chalombe Publications. Marlow, England.

McDonald, P., et al. (2011). **Animal Nutrition**. (7th ed). Pearson, Harlow, England. 692 pp.

Merten, D. R.. (1992). "Regulation of forage intake." **Crop Sci. Ssc. Am., Inc., Soil Sci Soc. Am., Inc.**. no: 219-235.

Muhammad, I. et al. (2013). "Chemical Profiling of Different Mango Peel Varieties." **Pakistan Journal of Nutrition,** 12 (10): 934-942.

Munguti, J. M. et al. (2006). “Proximate composition of selected potential feedstuffs for Nile tilapia *(Oreochromis niloticus Linnaeus*) production in Kenya.” **Die Bodenkultur**, 57: 131-141.

Nangole, F. N., H. Kayongo-Male and A. N. Said. (1983). Chemical composition, digestibility and feeding value of maize cobs. **J. Anim. Vet. Adv.,**, no. 2: 121-130.

Nguyen, T. T. T., et al. (2007). “Effect of high pressure homogenisation on the capacity of Lactobacillus plantarum A6 to ferment rice/soybean slurries to prepare high energy density complementary food.” **Food Chemistry**, no. 102:1288-1295.

Nishino, N. and S. Uchida. (1999). “Laboratory evaluation of previously fermented juice as a fermentation stimulant for lucerne silage.” **J. Sci. Food Agric**. No. 79: 1285-1288.

Nocek, J. E. and J. B. Russell. (1988). “Protein and energy as an integrated system, Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production.” **J. Dairy Sci**. 71 (Spring): 2070 - 2107.

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

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

Paengkoum, S., M. Wanapat, and P. Paengkoum. (2013). “Effects of Pineapple Peel and Rice Straw Ratios as Basal Roughage in Dairy Cow.” **World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural, Biosystems Science and Engineering**, 1: 7-8.

Palafox-Carlos, H., J.F. Ayala-Zavala and G.A. Gonza’lez-Aguilar. (2012). “The role of dietary fiber in the bioaccessibility and bioavailability of fruit and vegetable antioxidants.” **J. Food Sci.,** 76: 6-15.

Pennsylvania State University. (2012). **Meat Goat Production**. Accessed October 8. Available from http://pubs.cas. psu.edu/ FreePubs/pdfs/ua340.pdf,

Perdok, H. B., and R. A. Leng (1990). “Effect of supplementation with protein meal on the growth of cattle given a basal diet of untreated ammoniated rice straw.” **Asian-Aus. J. Anim. Sci.** 3: 269.

Rizzello, C.G., et al. (2010). “Effect of Sourdough fermentation on stabilisation, and chemical and nutritional characteristics of wheat germ.” **Food Chemistry**, no.119:1079-1089.

Schnieder, B. H. and W. P. Flatt. (1975). **The Evaluation of Feed through Digestibility Experiment Athens: The Univ.** of Georgia Press. Georgia, USA.

Skerman, P. J. and F. Riveros. (1990). “Tropical grasses.” FAO Plant Production and Protection Series No. 23, FAO, Rome.

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.

Sompong, S. and P. Silman. (2009). “Nutritive value and nutrient digestibility of ensiled mango byproducts.” **Maejo International Journal of Science and Technology**, no. 3: 371-378.

Van Soest, P. J. (1994). **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2nd ed. New York: Cornell University Press.

Vikas, O.V. (2014). “Bioconversion of Papaya Peel Waste in to Vinegar using Acetobacter Aceti.” **IJSR - International Journal of Scientific research** 3, 11 (November): 2277-8179.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาคผนวก

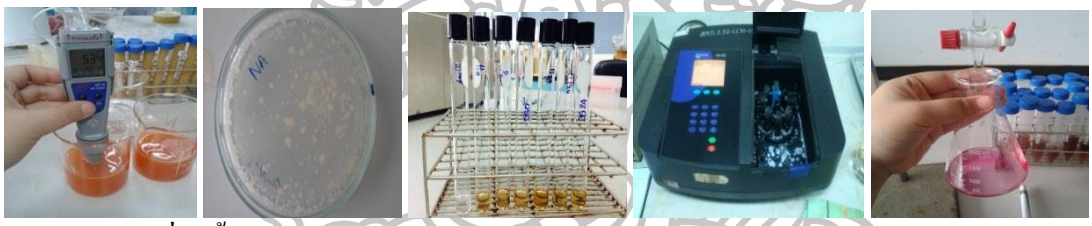
ภาคผนวก ก

ภาพแสดงการเตรียมการทดลอง

ภาคผนวก ก

ภาพแสดงการเตรียมการทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 1 การเตรียมน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ ทำการตัดให้มีขนาดประมาณ 3-5 เซนติเมตร จากนั้นปั่นรวมกับน้ำกลั้นในอัตราส่วนเปลือกผลไม้ : น้ำกลั่น (1:2) ทำการกรองกากด้วยผ้าขาวบาง และบ่มในสภาวะไร้อากาศตามระยะเวลาที่กำหนด



ภาพภาคผนวกที่ 2 น้ำหมักจะถูกวัดวัดค่า pH ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติค แบคทีเรียกลุ่มแอโรบิค เชื้อราและยีสต์ วัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และวัดปริมาณกรดแลคติค

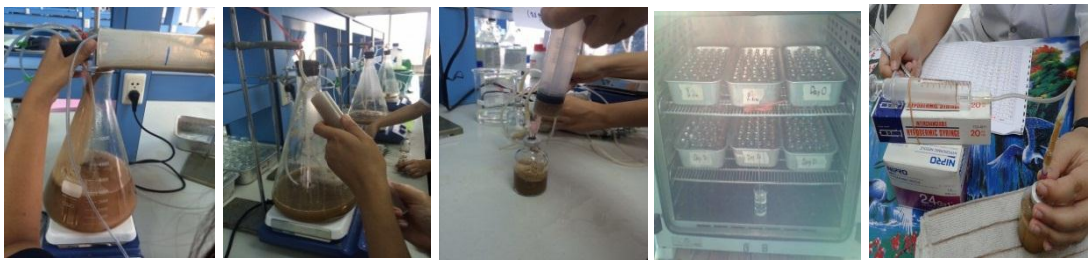
ภาพภาคผนวกที่ 3 เตรียมตัวอย่างเปลือกข้าวโพด โดยสับเปลือกข้าวโพดให้มีขนาดประมาณ 3- 4 เซนติเมตร แล้วหมักตามกลุ่มการทดลอง อัดเปลือกข้าวโพดในถังหมักให้อยู่ในสภาวะไร้อากาศ

ภาพภาคผนวกที่ 4 ประเมินคุณภาพทางกายภาพของพืชหมักในด้าน กลิ่น สี เนื้อพืชหมัก ค่า pH ด้วยกระดาษลิตมัส และวัดค่า pH ด้วย pH meter

ภาพภาคผนวกที่ 5 ตัวอย่างเปลือกข้าวโพดหมักถูกนำไปอบที่ 65 °C และนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Proximate analysis

ภาพภาคผนวกที่ 6 เตรียมตัวอย่างและสารละลายที่ประกอบด้วยสารละลายบัพเฟอร์และแร่ธาตุต่างๆ ใส่ในภาชะขวดรูปชมพู่ขนาด 5,000 มิลลิลิตร โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 0.5 กรัม นำบรรจุลงขวดวัคซีนและปิดฝาให้สนิท จากนั้นขวดที่บรรจุตัวอย่างจะถูกนำไปบ่มที่ 39 °C อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนทำการเติมน้ำรูเมนไป

ภาพภาคผนวกที่ 7 การเก็บของเหลว (Rumen fluid) จากกระเพาะหมักโคผสมกับสารละลายที่เตรียมไว้ในขวดรูปชมพู่

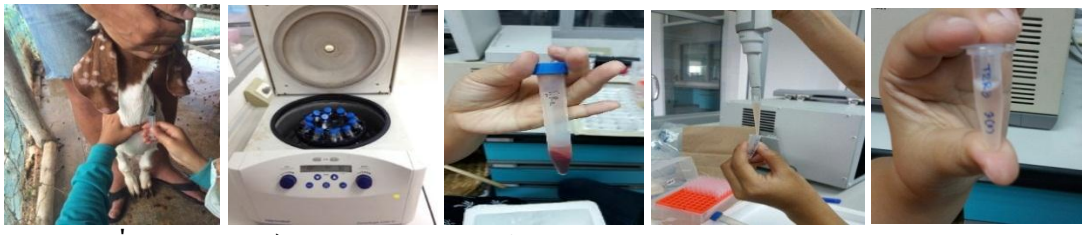


ภาพภาคผนวกที่ 8 นำน้ำรูเมนที่ผสมกับสารละลายแล้วดูดใส่ขวดวัคซีนที่มีตัวอย่างอาหารที่บ่ม 39 °C อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ทำการระบายแก๊สก่อนจับเวลาจะทำการบ่มที่อุณหภูมิ 39 °C จากนั้นจะทำการวัดผลผลิตแก๊สจนถึง 96 ชั่วโมง

ภาพภาคผนวกที่ 9 ทำการวัดค่า pH หลังบ่ม ความสามารถการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ โดยจะกรองผ่านกระดาษกรองแล้วอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 100-105 ^{o}C จากนั้นนำตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปเผาที่อุณหภูมิ 550-600 ^{o}C

ภาพภาคผนวกที่ 10 วัดปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดและความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน โดยนำตัวอย่างไปปั่นแยกกากออก จากนั้นจะนำตัวอย่างส่วนที่ใสไปทำการวิเคราะห์

ภาพภาคผนวกที่ 11 เตรียมตัวอย่างเปลือกข้าวโพดหมัก โดยทำการสับเปลือกข้าวโพดด้วยเครื่องสับเพื่อทำการหมักตามกลุ่มการทดลอง ทำการเตรียมโรงเรือนและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงแพะ ก่อนเข้าการทดลองจะทำการชั่งน้ำหนักแพะก่อนสุ่มแพะเข้าการทดลอง ให้ยาถ่ายพยาธิ



ภาคผนวกที่ 12 วิเคราะห์หากลูโคส และยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด โดยจะทำการเจาะเลือดแพะก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังให้อาหาร 6 ชั่วโมง จากนั้นนำเลือดมาปั่นเหวี่ยงเพื่อนำส่วนใสไปวิเคราะห์

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณภาพน้ำหมักจากเปลือกผลไม้

วิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

โดยการตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างอาหารด้วยวิธี Pour plate เป็นการนับเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิต (Viable count) ทำการตรวจการเกิดโคโลนีบนอาหารที่เหมาะสม เรียกวิธีนี้ว่า Plate count หรือ Colony count เป็นการตรวจปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างอาหาร โดยที่เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคตรวจนับเชื้อในอาหาร Lactobacillus MRS agar แบคทีเรียกลุ่มแอโรบิคตรวจนับเชื้อในอาหาร Nutrient agar เชื้อราและยีสย์ตรวจนับเชื้อในอาหาร Potato dextrose agar

1. วัสดุ อุปกรณ์
   - หลอดทดลอง
   - จานอาหารเลี้ยงเชื้อ (Petri dish)
   - แท่งแก้วงอ Spreader ปลอดเชื้อ
   - Sterile pipette 1 ml และ 10 ml
   - Vortex mixer
   - ตะเกียงแอลกอฮอล์
2. อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี
   - Bactobasilus MRS agar
   - Nutrient agar
   - Potato dextrose agar

วิธีการทดลอง

1. ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อตามปริมาณที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ จากนั้นทำการผสมอาหารเลี้ยงเชื้อรวมกับน้ำกลั่นให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวอาจใช้ความร้อนหรือการกวนร่วมด้วยในระหว่างการผสม นำอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมแล้วไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วยการนึ่งด้วยหม้ออัดความดัน (Autoclave) โดยใช้อุณหภูมิ 121 ^{o}C ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 10-15 นาที

2. ทำการเจือจางตัวอย่างเชื้อเริ่มต้น (Serial dilution) ด้วยการปิเปรตตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.85% Sodium chloride ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เป็นการเจือจาง 10^{-2} เท่า ถึง 10^{-7} เท่า ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อเพื่อให้สามารถนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารได้

3. ปิเปรตตัวอย่าง 100 ไมโคลิตร ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อจากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อ (Plate count agar) ที่มีอุณหภูมิ 45-50 °C ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (Petri dish) แล้วทำการ Pour plate จากนั้นนับจำนวนโคโลนีเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารในแต่ละความเจือจาง (30-300 โคโลนี) บันทึกผล เพื่อนำไปคำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เป็น Colony forming unit/ml (CFU/ml) (Kozaki et al., 1992: 6-16) ดังแสดงในสมการ

$$\frac{\text{CFU}}{\text{ml}} = \frac{\left(\frac{\text{Number of Colony}}{\text{Quantity Plated}} \times \text{Dilution Factor}\right)}{(\text{ml of Sample})}$$

วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar content)

วิธีการทดลอง

นำน้ำหมักเปลือกผลไม้มาทำการปั่นเหวี่ยงเอาตะกอนออกแล้วจะได้ส่วนใส นำน้ำหมักจากเปลือกผลไม้ที่เป็นส่วนใสปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับกรดซัลฟูริกเข้มข้น 3 มิลลิลิตร แล้วเขย่า 30 วินาที ด้วยเครื่อง Vortex mixer (รุ่น KMC-1300V) และตั้งทิ้งไว้ 10-15 นาที เพื่อให้อุณหภูมิเย็นลง นำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 315 นาโนเมตร อ่านค่าโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (รุ่น Libra S22) เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (mg/ml) (Ammar et al., 2013: 253-261) ดังแสดงในสมการ

$$\text{ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (mg/ml)} = \frac{A \times V_1}{V_2}$$

เมื่อ A = ค่าการดูดแสงยูวีที่ 315 นาโนเมตร

V_1 = ค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (mg/ml)

V_2 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

วิเคราะห์หากรดแลคติคทั้งหมด (Total lactic acid)

วิธีการทดลอง

1. หาความเข้มข้นมาตรฐานของโซเดียมไฮดรอกไซด์

โดยชั่งโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต (Potassium hydrogen phathalate (KHP)) 2.0423 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐาน KHP ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐาน KHP ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร นำมาไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่

เตรียมไว้ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenophtalein indicator) จากนั้นคำนวณหาค่า Normality ของสารละลาย NaOH ดังแสดงในสมการ

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

เมื่อ N_1 = ความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (N)

V_1 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท

N_2 = ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานของ KHP (N)

V_2 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน KHP ที่ใช้ในการไตเตรท

2. วิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติคทั้งหมด

นำน้ำหมักเปลือกผลไม้ที่ชั่วโมงต่างๆมาทำการปั่นเหวี่ยงเอาตะกอนออกแล้วจะได้ส่วนใส จากนั้นดูดตัวอย่างที่เป็นส่วนใส 2 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีน (Phenophtalein indicator) ประมาณ 2 หยด และทำการไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จดบันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณกรดแลคติคทั้งหมด (AOAC, 1990) ดังแสดงในสมาการ

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

เมื่อ N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

V_1 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรต (มิลลิลิตร)

V_2 = ปริมาณของสารตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร/กรัม)

MW = น้ำหนักโมเลกุลของกรดแลคติก (90.08)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในนำหมักเปลือกผลไม้

การประเมินอาหารหมักทางกายภาพ

แบบประเมินพืชหมักทางกายภาพ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์

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

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

ที่อยู่.....ชื่อพันธุ์พืช…….....

วัน/เดือน/ปีที่ผลิต.....

ลักษณะทางกายภาพ	คะแนน
1. กลิ่น - หอมคล้ายกลิ่นผลไม้ดอง หรือน้ำส้มสายชู (12 คะแนน) - ไม่หอม มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย (8 คะแนน) - มีกลิ่นฉุนมาก และเหม็นเล็กน้อย (4 คะแนน) - เหม็นเน่า หรือเหม็นกลิ่นรา (0 คะแนน)	
2. เนื้อพืชหมัก - แน่น มีส่วนใบและลำต้นที่ยังคงสภาพเดิมและไม่มีสิ่งเจือปน (4 คะแนน) - แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย ลื่นเป็นเมือก (2 คะแนน) - แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยมาก มีสิ่งเจือปน (1 คะแนน) - เละเป็นเมือก และสกปรกมาก (0 คะแนน)	
3. สี - เหลืองอมเขียว หรือสีกากี (3 คะแนน) - เหลืองอมเขียว หรือเขียวเข้ม (2 คะแนน) - น้ำตาลทอง (1 คะแนน) - น้ำตาลเข้ม หรือ ดำ (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

วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชหมัก

1. อุปกรณ์

- pH meter
- บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่างเปลือกข้าวโพดหมัก 50 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปปั่นในโถปั่น (blender jar) นาน 30 วินาที

2. กรองตัวอย่างผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำของเหลวที่กรองได้ไปวัดความค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (รุ่น AD31 EC/TDS) (Bal et al., 1997: 2497-2503)

การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (Total Volatile Fatty Acid, TVFA)

ตัวอย่างของเหลวที่ได้จากการบ่มย่อยจะมีปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด(Total volatile fatty acid, VFA) ละลายอยู่ภายในของเหลวนั้น สามารถประเมินค่าได้ด้วยวิธีการกลั่นควบแน่น ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) จะได้สารละลายของกรดไขมันระเหยได้ที่สามารถนำไปทำการไตเตรทกับด่าง (NaOH 0.04 นอร์มอล) จนถึงจุดยุติ (End point) จะสามารถคำนวณค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดได้

1. อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- เครื่องย่อยและกลั่นโปรตีน
- หลอดเคลดาฮ์ล (Kjeldahl flask)
- ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร

3. สารเคมี

- กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH 0.04 N)
- ฟีนอล์ฟทาลีน อินดิเคเตอร์ (Phenolphthalein indicator)
- เมทิลออเรนจ์ อินดิเคเตอร์ (Methyl orange indicator)
- กรดอะซิติค 2000 มิลลิกรัมต่อลิตร
- น้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

โดยนำตัวอย่างหลังบ่มย่อยที่ 24 ชั่วโมง ไปทำการปั่นเหวี่ยงที่ 4,400 รอบ/นาที เป็นเวลา 12 นาที สารละลายจะเกิดการตกตะกอนแล้วดูดสารละลายส่วนใสปริมาตร 1 มิลลิลิตร

ละลายในน้ำกลั่น 99 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดย่อย (Kjehdal fask) แล้วหยดเมทิลออเรนจ์ (Methyl orange indicator) ประมาณ 5 หยด (สารละลายจะเป็นสีเหลืองส้ม) และเติมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นส้มแล้วเปลี่ยนเป็นสีชมพูแดง) จากนั้นทำการกลั่นตัวอย่างทันทีหลังจากการเติม H_2SO_4 แล้วทำการเก็บสารละลายที่ได้จากการกลั่นประมาณ 150 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้จากการกลั่นหยดฟีนอล์ฟทาลีน (Phenophtalein indicator) ประมาณ 10 หยด ทำการไตรเตรทสารละลายที่ได้ด้วย NaOH ความเข้มข้น 0.04 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ (สารละลายเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีชมพูอ่อน) จดบันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (mg/l) (Brigg et al., 1957: 674-690) ดังแสดงในสมการ

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

เมื่อ TVFA = กรดไขมันที่ระเหยได้รวม (มิลลิกรัม/ลิตร)

NaOH = ปริมาณด่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

Normality = ค่าที่แท้จริงของด่าง (NaOH) ที่ใช้

Sample = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

F = ค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการกลั่นเก็บของเครื่องกลั่น

การวิเคราะห์ประเมินหาปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)

1. อุปกรณ์ และเครื่องมือ
   - เครื่องย่อยและกลั่นโปรตีน
   - หลอดเคลดาฮ์ล (Kjeldahl flask)
   - ขวดรูปชมพูขนาด 250 มิลลิลิตร
2. สารเคมี
   - กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 0.01 นอร์มอล
   - โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 35%
   - กรดบอริก 4%
   - อินดิเคเตอร์
   - น้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

โดยนำตัวอย่างหลังบ่มย่อยที่ 24 ชั่วโมง ไปทำการปั่นเหวี่ยงที่ 4,400 รอบ/นาที เป็นเวลา 12 นาที สารละลายจะเกิดการตกตะกอนแล้วดูดสารละลายส่วนใสปริมาณ 1 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 99 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดย่อย (Kjeldahl flask) เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 35% ปริมาณ 50 มิลลิลิตร (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีใสเป็นสีเหลืองดำขุ่น) จากนั้นทำการกลั้นตัวอย่างทันทีหลังจากการเติม 35% NaOH ทำการเก็บสารละลายด้วยขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีอินดิเคเตอร์ร่วมกับกรดบอริก 4% ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ทำการเก็บสารละลายที่ได้จากกระบวนการกลั่นประมาณ 200 มิลลิลิตร (สารละลายที่ได้มีสีเขียวอ่อนใส) แล้วทำการไตเตรทสารละลายที่ได้ด้วยกรดซัลฟิวริ (H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ (สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนใสเป็นสีชมพูม่วง) จดบันทึกปริมาตร H_2SO_4 ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (mg%) (Bremner and Keeney, 1965: 485-495) ดังแสดงในสมการ

แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ml/100 ml = ml H_2SO_4 × 100

การประเมินค่าจลศาสตร์การหมักย่อยในระบบ *In vitro* gas production technique

1. วัสดุ และอุปกรณ์

- ถังบรรจุ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
- สายยางนำแก๊สและอุปกรณ์แยกทางแก๊ส
- ขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 2 ลิตรรุ่น SCHOTT DURAN
- กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 100, 500 และ1000 มิลลิลิตร รุ่น SCHOTT DURAN
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flash) ขนาด 100 และ 1,000 มิลลิลิตร
- กระติกน้ำร้อน (Thermos) ขนาด 2 ลิตร
- กรวยกรอง
- ผ้าขาวบางสำหรับกรองของเหลวจากกระเพาะรูเมน
- ปิเปต (Pipet) ขนาด 0.5 และ1.0 มิลลิลิตร
- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- กระบอกฉีดยาพลาสติก ขนาด 50 มิลลิลิตร (สำหรับถ่ายเทของเหลว)
- กระบอกฉีดยาแก้ว ขนาด 20 มิลลิลิตร (สำหรับวัดปริมาตรแก๊ส)
- เข็มฉีดยา เบอร์ 18 ยาว 1 นิ้ว (สำหรับถ่ายเทของเหลว)

- เข็มฉีดยา เบอร์ 24 ยาว 1 นิ้ว (สำหรับวัดปริมาตรก๊าซ)
- ขวดวัคซีน ขนาด 50 มิลลิลิตร จุกยางและฝาครอบอลูมิเนียม
- เครื่องกวนสารให้ความร้อน (Hot plate stirrer) ยี่ห้อ VELP SCIENTIFICA
- ตู้อบ (Hot air oven) ยี่ห้อ MEMMERT

2. สารเคมีและการเตรียม

- น้ำกลั่นปริมาณ 1,091 มิลลิลิตร
- สารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer solution) ปริมาณ 728 มิลลิลิตร เตรียมจาก

โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ปริมาณ 35.00 กรัม

แอมโมเนียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) ปริมาณ 4.00 กรัม

ทำละลายและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

- สารละลายแร่ธาตุอาหารหลัก (Macro mineral solution) ปริมาณ 364 มิลลิลิตร เตรียมจาก

โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟส (KH_2PO_4) ปริมาณ 6.20 กรัม

ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟส (Na_2HPO_4) ปริมาณ 5.70 กรัม

โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาณ 2.22 กรัม

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

ทำละลายและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

- สารละลายแร่ธาตุอาหารรอง (Micro mineral solution) ปริมาณ 0.23 มิลลิลิตร เตรียมจาก

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

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

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

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

ทำละลายและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

- สารละลายรีซาซูริน (Resazurine solution) ปริมาณ 1.0 มิลลิลิตร เตรียมจาก

รีซาซูริน (Resazurine solution) ปริมาณ 0.10 กรัม

ทำละลายและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

- สารละลายสำหรับไล่ออกซิเจน (Reduction solution) ปริมาณ 60.00 มิลลิลิตร เตรียมจาก

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

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 M ปริมาณ 60.00 กรัม

- ของเหลวจากกระเพาะรูเมน (Rumen fluid) 658 มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่างการทดลอง

นำตัวอย่างอาหารทดลอง คือ เปลือกข้าวโพดหมักที่ผ่านการอบและบดละเอียดแล้วมาทำการชั่งในปริมาณ 0.5 กรัม เพื่อบรรจุลงในขวดที่ใช้ใส่น้ำย่อยจากกระเพาะหมัก (Rumen fluid) แล้วจัดสุ่มลงใส่ในถาดตามแผนผังการทดลองจากนั้นนำเข้าไปบ่มไว้ในตู้อบร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 39 ^{o}C ก่อนการทำการทดลอง *in vitro* อย่างน้อย 8 ชั่วโมง

2. การเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ใช้โครยะโตเต็มวัย จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้เป็นสัตว์ที่ให้แหล่งของน้ำย่อยหรือของเหลวจากกระเพาะรูเมน (Rumen fluid) ซึ่งทำการเลี้ยงโดยให้อาหารปกติในฟาร์มสาธิตมาตรฐาน คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

3. การเตรียมชุดจำลองการหมักย่อย การเก็บตัวอย่างของเหลวและการเตรียมสารละลายของเหลวจากกระเพาะหมัก

3.1. เตรียมสารละลายที่ประกอบด้วย น้ำกลั่น สารละลายบัฟเฟอร์ (pH 6-7) สารละลายแร่ธาตุหลักและแร่ธาตุรอง ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ (Flask) ขนาด 2,000 มิลลิลิตร

3.2. ต่อท่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อไล่แก๊สออกซิเจน

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

3.4. เติมสารละลาย Reduction solution เพื่อไล่แก๊สออกซิเจน จนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพู (สภาวะไร้แก๊สออกซิเจน)

3.5. ก่อนที่จะนำเอาน้ำย่อยจากกระเพาะหมัก (Rumen fluid) มาเติมเข้าไปในสัดส่วนที่เหมาะสมตามวิธีการมาตรฐาน

3.6. ทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะหมักของโค 2 ตัว ที่ทำการเจาะกระเพาะไว้แล้ว โดยจะเก็บให้ได้ปริมาณ ประมาณ 2,000 มิลลิลิตร

3.7. นำของเหลวจากกระเพาะหมักของโค 2 ตัวมาผสมรวมกัน แล้วทำการถ่ายเทของเหลวที่ได้ลงในกระติกน้ำร้อน (ที่บรรจุน้ำร้อนเตรียมไว้เพื่อรักษาอุณหภูมิโดยจะเทน้ำร้อนออกก่อนทำการบรรจุของเหลวจากกระเพาะหมักที่เก็บได้ใส่ลงไป)

3.8. นำของเหลวที่ได้มายังห้องปฏิบัติการทันที กรองผ่านผ้าขาวบาง แล้วนำไปผสมกับสารละลายที่เตรียม

4. วิธีการดูดสารละลายลงในขวดอาหารทดลอง

4.1. นำเข็มที่ติดกับสายยางบรรจุแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ปักลงในขวดตัวอย่าง เพื่อไล่แก๊สออกซิเจนออกจากขวดตัวอย่าง

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

4.3. ทำการบรรจุให้ครบตามจำนวนที่เตรียมไว้ดังแผนผังการทดลอง แล้วจึงนำเข้าบ่มในตู้บ่มที่ อุณหภูมิ 39 ^{o}C

4.4. จากนั้นทำการระบายแก๊สที่เกิดขึ้นก่อนโดยใช้เข็มเบอร์ 16 เจาะลงไปในแต่ละขวด แล้วเริ่มจับเวลาในการทดลองการหมักย่อยอาหาร เพื่อทำการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการหมักย่อยตามเวลาต่างๆ กัน และหาค่าการย่อยได้ในชั่วโมงที่ 24 เป็นลำดับต่อไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของเปลือกข้าวโพดหมัก ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการย่อยได้โภชนะ

ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood Urea Nitrogen: BUN)

ตามวิธีของ Mackey and Mackey (1972)

1. วิธีการตรวจวัดปริมาณยูเรียที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ

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

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

1.3 อุปกรณ์

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

1.4 สารเคมี และการเตรียมน้ำยา

- Ferric chloride reagent

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

- Acid reagent

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

- Color reagent

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

- Stock BUN standard (100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)

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

- Working BUN standard

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

วิธีการทดลอง

ดูดสารต่างๆ ใส่ลงใน screw cap tube ขนาด 16 x 125 มิลลิเมตร ตามตาราง แล้วปิดฝา Screw cap tube ผสมให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาทีพอดี นำมาแช่ในอ่างน้ำเย็นประมาณ 5 นาที นำไปวัด A ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยใช้ Blank ปรับ 0A

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

การคำนวณ

1. คำนวณจากสูตร

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

2. อ่านค่าความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน ซึ่งค่าจะถูกต้องในช่วงไม่เกินค่า Linearity

ปริมาณกลูโคสในเลือด (Blood Glucose) ตามวิธี Glucose (GO) Assay kit Enzymatic method

1. อุปกรณ์

- หลอดเก็บตัวอย่างเลือด ขนาด 5 มล. พร้อมฝาปิด
- ถังน้ำแข็ง
- Test tube
- Pipette
- Cuvette
- Spectrophotometer

2. สารเคมี

- Glucose oxidase/Peroxidase
- o-Dianisidine reagent
- Glucose standard solution

3. วิธีการเตรียมสาร

1. เตรียม Glucose oxidase/peroxidase ทำการละลายแคปซูลในขวดแก้วสีชากับน้ำกลั่นในปริมาตร 39.2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้หากสารมีความขุ่น

2. เตรียม Assay reagent เติม o-Dianisidine Reagent ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ในขวดสีชาที่ประกอบด้วย สาร Glucose oxidase/peroxidase ปริมาตร 39.2 มิลลิลิตร ทำการพลิกขวดไปมาหลายครั้งเพื่อทำการผสม

วิธีการทดลอง

1. ทำการปิเปตสารละลายในตารางต่อไปนี้ลงในหลอดทอดลอง 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 ถึง 60 วินาที สามารถเติม Assay reagent ได้ในหลอดทดลองอื่นๆ

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

4. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 540 nm.

วิธีการคำนวณ

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

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

การวิเคราะห์หาปริมาณการกินได้ (Feed Intake; FI)

โดยเก็บข้อมูลปริมาณอาหารข้น และอาหารหยาบ โดยการชั่งน้ำหนักอาหารก่อนให้และอาหารที่เหลือในวันถัดไปทุกครั้ง และสุ่มเก็บอาหารแบ่งเก็บเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนแรก นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

2. ส่วนที่สอง (ใส่ถุงกระดาษ) นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง ตามวิธีการ AOAC (1990) โดยนำมาปรับหาปริมาณการกินได้ของสัตว์ในแต่ละวัน นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ (Arthur and Herd. 2008: 269-279) ดังแสดงในสมการ

$$\text{ปริมาณการกินได้ต่อวัน (กก./วัน)} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กก.)}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง (วัน)}}$$

การวิเคราะห์สมรรถนะการเจริญเติบโต

โดยการชั่งน้ำหนักแพะทุกตัวในวันก่อนเข้าทดลอง และทุกๆ 2 สัปดาห์ของการทดลอง เพื่อทราบอัตราการเจริญเติบโต (Growth performance), % BW และ g/kgBW$^{0.75}$ ดังแสดงในสมการ

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กก./วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวสัตว์สุดท้าย (กก.)} - \text{น้ำหนักตัวสัตว์เริ่มต้น (กก.)}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง (วัน)}}$$

$$\text{ปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (\% BW)} = \frac{\text{ปริมาณการกินได้ (กก./วัน)}}{\text{น้ำหนักตัวสัตว์สุดท้าย (กก.)}} \times 100$$

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

การวิเคราะห์หาค่าการย่อยได้โภชนะในแพะ

โดยสุ่มเก็บมูลสัตว์ จะทำการเก็บมูลเป็นจำนวน 4 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) ดังแสดงในสมการ

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

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน

โดยสุ่มเก็บปัสสาวะเป็นจำนวน 4 ครั้ง ทุกๆ 15 วัน โดยเก็บตัวอย่างครั้งละ 3 วัน ในช่วงสุดท้ายของแต่ระยะการทดลอง โดยตวงปริมาณปัสสาวะแพะทั้งหมด ทำการสุ่มปัสสาวะประมาณ 20% เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและนำมาคำนวณหาค่าดังต่อไปนี้

1. ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ = ปริมาณไนโตรเจนในอาหารที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด

2. ปริมาณไนโตรเจนในมูล

3. ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ

4. ปริมาณไนโตรเจนที่ย่อยได้ = ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ-ปริมาณไนโตรเจนในมูล

5. ปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซึมได้ = ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ-ปริมาณไนโตรเจนในมูล-ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ

การนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ

1. ยุพา สีสาวแห, พรพรรณ แสนภูมิ, อนันท์ เชาว์เครือ, เสมอใจ บุรีนอก และสุภาวดี ฉิมทอง. (2559). “การปรับปรุงเปลือกข้าวโพดหมักโดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติคจากน้ำหมักเปลือกผลไม้ต่อองค์ประกอบทางเคมี, การย่อยได้ในหลอดทดลอง และผลผลิตแก๊ส.” ในการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 5 วันที่ 28-29 มิถุนายน 2559 ณ โรงแรมพูลแมน ขอนแก่น ราชาออคิด จ. ขอนแก่น

2. Yupha Seesawhea, Pornpan Saenphoom, Smerjai Bureenok, Anan Chaokaur, Suphavadee Chimtong, Attapol Tiantong. (2016). “Effect of fermented juice from fruit peels to use as an additive for improved quality of roughage.” The 17th Asian-Australasian Association of Animal Production Societies Animal Science Congress. Date 22-25 August 2016 at Kyushu Sangyo University in Fukuoka Japan.

มหาวิทยาลัยศิลปากร