



เรื่อง ผลของความแตกต่างของสารเสริมหญ้าหมักที่มีผลต่อคุณภาพ และคุณค่าทาง
อาหารต่อการทำหญ้าหมัก

The Effects of Different Silage Additives on Evaluate the Quality and
Nutritive Value in Silage Making

นางสาวทิฆัมพร ธรรมชีวัน
นายศุภชัย นาควิสุทธิ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์)
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
พ.ศ.2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช



เรื่อง ผลของความแตกต่างของสารเสริมหญ้าหมักที่มีผลต่อคุณภาพ และคุณค่าทาง
อาหารต่อการทำหญ้าหมัก

The Effects of Different Silage Additives on Evaluate the Quality and
Nutritive Value in Silage Making

นางสาวทิฆัมพร ธรรมชีวัน
นายศุภชัย นาควิสุทธิ์

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์)
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
พ.ศ.2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์)

เรื่อง ผลของความแตกต่างของสารเสริมหญ้าหมักที่มีผลต่อคุณภาพ และคุณค่าทาง
อาหารต่อการทำหญ้าหมัก
The Effects of Additive Silage Edditives on Evaluate the Quality
and Nutritive Value in Silage Making

ผู้วิจัย นางสาวทิพย์พร ธรรมชีวัน
นายศุภชัย นาควิสุทธิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา
(.....ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธাত্রี จีราพันธุ์.....)

กรรมการที่ปรึกษา
(.....อาจารย์ชนนภัส หัตถกรรม.....)

กรรมการที่ปรึกษา
(.....ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธีรนา ไวยนท.....)

หัวหน้าสาขาวิชา
(.....อาจารย์นภดล ชุ่มอินทร์.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาดรี จีราพันธุ์ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ ปรึกษา ปัญหาพิเศษ และอาจารย์ชนนภัส หัตถกรรม และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ธันวา ไวยบท ที่ได้กรุณาให้ คำ ปรึกษา แนะนำเกี่ยวกับการทำปัญหาพิเศษและให้ความช่วยเหลือด้วยความ เอาใจใส่จนจบการ ทดลอง ตลอดจนตรวจแก้ไขเล่มปัญหาพิเศษจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชา เทคโนโลยีการผลิตสัตว์ ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบ ความรู้อัน เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปและขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่คณะ เทคโนโลยีการเกษตร และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวก ในการใช้อุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทำปัญหาพิเศษตลอดจนเพื่อนๆที่ไม่ได้เอ่ยนามถึงที่ได้ให้ ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากปัญหาพิเศษเล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณ แม่ ที่ได้ อบรม และให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

นางสาวจิ้มพร ธรรมชีวัน

นายศุภชัย นาควิสุทธิ

เรื่อง	ผลของความแตกต่างของสารเสริมหญ้าหมักที่มีผลต่อคุณภาพและคุณค่าทางอาหารต่อการทำหญ้าหมัก
ผู้วิจัย	นางสาวทิมพร ธรรมชีวัน นายศุภชัย นาควิสุทธิ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธাত্রี จีราพันธุ์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัย	ราชภัฏนครสวรรค์
ปีที่พิมพ์	2561

ผลของความแตกต่างของสารเสริมหญ้าหมักที่มีผลต่อคุณภาพและคุณค่าทางอาหารต่อการทำหญ้าหมัก โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x4 Factor in complete Randomized Design CRD โดยมีการแบ่งปัจจัยออกเป็น 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A ชนิดของอาหารหยาบ ประกอบด้วย หญ้าขน หญ้าเนเปียร์ ปอเทือง อายุ 40 วัน ทำการหั่นด้วยเครื่องหั่นหญ้าความยาว 2-3 เซนติเมตร ปัจจัย B ชนิดของสารหมัก ประกอบด้วย ไม่เสริมสาร เกลือเม็ด กากน้ำตาล โซดาไฟ แบ่งกลุ่มการทดลองเป็น 4 กลุ่มการทดลอง (Treatment) การทดลองละ 4 ซ้ำๆ ละ 4 ชนิด นำมาใส่ถุงพลาสติกแล้วปิดปากถุงแล้วซีลด้วยเทปกาวพลาสติกเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง 21 วัน

ผลการทดลองปรากฏว่า ลักษณะทางกายภาพของหญ้าหมักวัดได้จากสีของหญ้าหมักที่ไม่แตกต่างกันโดยพบว่า ลักษณะทางกายภาพของทุกกลุ่มการทดลอง มีสีน้ำตาลเหลือง มีกลิ่นหอม คล้ายผลไม้ดอง เนื้อสัมผัสที่แน่นไม่เละ ส่วนองค์ประกอบทางเคมีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยผลของชนิดอาหารหยาบและสารเสริมต่อวัตถุดิบให้อาหารหยาบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเนเปียร์หมักเกลือค่าวัตถุแห้งสูงสุด แต่พบว่าเมื่ออายุพืชเกิน 50 วันทำให้ปริมาณน้ำหนักรวมและเยื่อใย เพิ่มขึ้นแต่ปริมาณโปรตีนหยาบลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ : หญ้าหมัก, ความแตกต่างของสารเสริม, ผลต่อคุณภาพ, ผลต่อคุณค่าทางอาหาร

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(1)
บทคัดย่อ	(2)
สารบัญ	(3)
สารบัญตาราง	(4)
สารบัญภาพ	(6)
บทที่ 1 คำนำ	1
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสารกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	20
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	23
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	34
อ้างอิง	39
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการวิเคราะห์ความแปรปรวน	41
ภาคผนวก ข ตาราง ANOVA	45
ภาคผนวก ค ภาพกิจกรรมการทดลอง	62
ภาคผนวก ง ประวัติผู้วิจัย	72

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของพืชที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมในการทำเป็นพืชอาหารหมัก	9
2.2 อิทธิพลของการอัดแน่นของหญ้าที่มีผลต่อคุณภาพของพืชอาหารหมัก	10
2.3 ชนิดแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่พบในพืชอาหารหมักของ	13
2.4 การจำแนกชนิดของสารเสริมในอาหารหมัก	17
4.1 การเปรียบเทียบค่ากายภาพของกลิ่นของอาหารหมัก	23
4.2 การเปรียบเทียบค่าทางกายภาพของสีของอาหารหมัก	24
4.3 การเปรียบเทียบค่ากายภาพของเนื้อสัมผัสของอาหารหมัก	24
4.4 เปรียบเทียบความชื้นของอาหารหมัก	25
4.5 การเปรียบเทียบค่าเถ้าของอาหารหมัก	26
4.6 การเปรียบเทียบค่าโปรตีนของอาหารหมัก	27
4.7 การเปรียบเทียบค่าไขมันของอาหารหมัก	28
4.8 การเปรียบเทียบค่าเยื่อใยของอาหารหมัก	39
4.9 การเปรียบเทียบค่าเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรดของอาหารหมัก	30
4.10 การเปรียบเทียบค่าเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง	31
4.11 การเปรียบเทียบค่าคาร์โบไฮเดรตของอาหารหมัก	32
4.12 การเปรียบเทียบค่าวัตถุแห้งของอาหารหมัก	33

ตารางผนวก

1 ตารางองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหมักสูตรต่างๆ	46
2 การเปรียบเทียบค่ากลิ่นของอาหารหมัก	50
3 ตารางวิเคราะห์ค่ากายภาพกลิ่นของอาหารหมัก	50
4 การเปรียบเทียบค่าทางกายภาพของสีของอาหารหมัก	51
5 ตารางวิเคราะห์ค่าทางกายภาพสีของอาหารหมัก	51
6 การเปรียบเทียบค่ากายภาพของเนื้อสัมผัสของอาหารหมัก	52
7 ตารางวิเคราะห์ค่ากายภาพเนื้อสัมผัสของอาหารหมัก	52

8	การเปรียบเทียบความชื้นของอาหารหยาบหมัก	53
9	ตารางวิเคราะห์ความชื้นของอาหารหยาบหมัก	53
10	การเปรียบเทียบค่าเถ้าของอาหารหยาบหมัก	54
11	ตารางวิเคราะห์ค่าเถ้าของอาหารหยาบหมัก	54
12	การเปรียบเทียบค่าโปรตีนของอาหารหยาบหมัก	55
13	ตารางวิเคราะห์ค่าโปรตีนของอาหารหยาบหมัก	55
14	การเปรียบเทียบค่าไขมันของอาหารหยาบหมัก	56
15	ตารางวิเคราะห์ค่าไขมันของอาหารหยาบหมัก	56
16	การเปรียบเทียบค่าเยื่อใยหยาบของอาหารหยาบหมัก	57
17	ตารางวิเคราะห์ค่าเยื่อใยหยาบของอาหารหยาบหมัก	57
18	การเปรียบเทียบค่าเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรดของอาหารหยาบหมัก	58
19	ตารางวิเคราะห์ค่าเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรดของอาหารหยาบหมัก	58
20	การเปรียบเทียบค่าเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางของอาหารหยาบหมัก	59
21	ตารางวิเคราะห์ค่าเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางของอาหารหยาบหมัก	59
22	การเปรียบเทียบค่าคาร์โบไฮเดรตของอาหารหยาบหมัก	60
23	ตารางวิเคราะห์ค่าคาร์โบไฮเดรตของอาหารหยาบหมัก	60
24	การเปรียบเทียบค่าวัตถุแห้งของอาหารหยาบหมัก	61
25	ตารางวิเคราะห์ค่าวัตถุแห้งของอาหารหยาบหมัก	61

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 หญ้าเนเปียร์ (Napier Grass)	3
2.2 หญ้าขน (Para Grass)	4
2.3 ปอเทือง (sunn hemp)	5
2.4 กระจัน (Acacia)	6
2.5 กากน้ำตาล (molasses)	14
2.6 โซดาไฟ หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	16
2.7 เกลือ (salt)	16
ภาพผนวกที่	
1 ภาพการจัดการปอเทืองที่ทำการเก็บเกี่ยว	63
2 ภาพนำปอเทืองที่ผ่านการตัดบดนั้นใส่ถุง	63
3 นำหญ้าขนที่ทำการเก็บเกี่ยวมานั้นใส่เครื่องตัด	64
4 กากน้ำตาล สารเสริมที่ใช้ทำการหมัก	64
5 เกลือ สารเสริมที่ใช้ทำการหมัก	65
6 โซดาไฟที่ละลายน้ำสารเสริมที่ใช้ทำการหมัก	65
7 ถังพลาสติกที่ใช้ทำการขังตวงน้ำ	66
8 กะบะที่ใช้ในการผสมหญ้าหมักกับสารเสริม	66
9 เครื่องดูดฝุ่นใช้ในการไล่อากาศ	67
10 หญ้าเนเปียร์ที่ทำการหมัก	67
11 กระจันสด ที่นำมาทำการหมัก	68
12 หญ้าขนที่ทำการหมัก 21 วัน	68
13 กระจันที่ทำการหมัก 21 วัน	69
14 หญ้าขนที่ทำการหมัก 21 วัน	69
15 หญ้าที่ทำการหมักทั้งหมด	70
16 การเก็บตัวอย่างและชั่งตวง	70
17 การเก็บหญ้าหมักใส่ถุงและไล่อากาศ	71

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทำพืชมักเป็นการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์อย่างหนึ่ง ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์ในระยะการเจริญเติบโตที่เหมาะสม ที่มีคุณค่าทางโภชนาและผลผลิตที่สูงไว้ใช้ในยามขาดแคลน (พรชัย, 2548) ซึ่งการเก็บถนอมในลักษณะหมักนี้มีข้อดี คือ สามารถเก็บไว้ได้นานโดยที่คุณค่าทางอาหารของพืชมีการเปลี่ยนแปลงน้อย (กรมปศุสัตว์, 2548) การทำพืชมักมีหลักการสำคัญคือ พืชที่ใช้ หมักต้องมีความชื้นที่เหมาะสมและมีปริมาณน้ำตาลที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้าง กรดแลคติก (lactic acid bacteria) นอกจากนี้ต้องไล่อากาศออกจากภาชนะหมักให้มากที่สุด ซึ่งทำได้โดย การสับพืชให้มีขนาดสั้น แล้วอัดให้แน่นจากนั้นปิดภาชนะหมักให้เร็วที่สุดเท่าที่จะเร็วได้ (บุญญา, 2539) สำหรับพันธุ์พืชอาหารสัตว์ที่เหมาะสมในการทำเป็นพืชมักนั้น ควรเป็นพืชที่ปลูกและมีการจัดการง่าย ให้ผลผลิตสูง มีปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่ละลายน้ำได้ (water soluble carbohydrate; WSC) ไม่น้อยกว่า 6 % ของน้ำหนักแห้ง (Skerman and Riveros, 1990) เช่น ข้าวโพด (*Zea mays*) ซึ่งให้ผลผลิตต่อไร่สูง มีปริมาณ WSC สูง ทำให้ได้พืชมักคุณภาพดีมีสัดส่วนของธาตุพืชสูง ทำให้มีความน่ากินสูงและมียود โภชนาที่ย่อยได้สูง (67–70 %) แต่มีจุดด้อยคือ ตัดได้เพียงครั้งเดียว ต้องปลูกใหม่ทุกครั้ง ขณะที่ พืชอาหารสัตว์ เช่น หญ้าเนเปียร์ยักษ์ (*Pennisetumpurpurem* x *P. glaucum*) เป็นพืชหลายปี จึงตัดได้หลายครั้ง ให้ผลผลิตต่อไร่สูง และมีความน่ากิน (กรมปศุสัตว์, 2551) แต่พืชตระกูลหญ้าจะมีค่า WSC เฉลี่ยอยู่ในช่วง 3-5 % โดยเฉพาะใน หญ้าขนพบว่ามีค่าต่ำสุด คือ 2-4 % เมื่อเทียบกับหญ้าชนิดอื่น เช่น หญ้าเนเปียร์ หญ้ากีนี เป็นต้น (ศศิพรและคณะ, 2547) ดังนั้นในการทำหญ้าหมักจึงมักแนะนำให้เติม สารเสริมที่เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก เช่น กากน้ำตาล จะทำให้ขบวนการหมักเกิดได้อย่างสมบูรณ์

พืชมักที่มีคุณภาพดีการทำพืชมักสามารถทำได้ในภาชนะหมักแบบต่างๆ เช่น แบบหลุมหมัก แบบกองพื้น แบบบ่อ หมัก แบบห่อก้อน แบบบรรจุในถังพลาสติก และแบบบรรจุในถุงพลาสติก เป็นต้น ซึ่งในแต่ละแบบมีข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสมแตกต่างกัน สำหรับการหมักพืชในถุงพลาสติกดำ เป็นวิธีที่ทำได้ง่าย และเหมาะสมสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่มีพื้นที่ในการทำน้อย หรือมีเวลาในการจัดการเรื่องพืชอาหารสัตว์น้อย เนื่องจากเป็นวิธีการหมักที่ลงทุนไม่มาก วัสดุหาได้ง่ายในท้องถิ่น สามารถทยอยทำได้ทีละน้อยและสะดวก

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางเคมีทางอาหารหยาบหมัก
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้สารเสริมในการใช้การทำอาหารหยาบหมัก
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้พืชในการทำหญ้าหมัก

3. ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาทางกายภาพได้แก่ กลิ่น สี เนื้อสัมผัส ความเป็นกรด-ด่าง และวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ ความชื้น วัตถุแห้ง เถ้า เยื่อใยหยาบ ไขมัน เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

1. พืชอาหารสัตว์ และการถนอมพืชอาหารสัตว์ (Forage Crops and Forage Preservation)

พืชอาหารสัตว์ หมายถึง พืชใดๆที่สัตว์กินเข้าไปแล้วทำให้เกิดประโยชน์แก่ร่างกายและไม่เป็นพิษต่อสัตว์ด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีพืชอยู่หลายชนิด ที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ซึ่งพอจะแยกกล่าวได้ 2 อย่างด้วยกันคือ พืชตระกูลหญ้า และพืชตระกูลถั่ว ซึ่งสามารถกล่าวโดยสรุปถึงวิธีการปลูก การจัดการ และการใช้ประโยชน์ ดังนี้

1.1. พันธุ์หญ้าและถั่วที่ใช้เลี้ยงสัตว์



ภาพที่ 2.1 หญ้าเนเปียร์ (Napier Grass)

ที่มา: Dumrong (2522)

เป็นหญ้าที่มีอายุหลายปี สายพันธุ์ที่นิยมปลูก คือ หญ้าเนเปียร์แคระ (*P. purpureum*. Cr.Mott.) หญ้าเนเปียร์ (ธรรมดา) และหญ้าเนเปียร์ลูกผสม (*P. Purpureum* x *P. americanum*) ซึ่งมี 2 สายพันธุ์ คือ หญ้าเนเปียร์ยักษ์ และหญ้านานา และกำลังเป็นที่นิยมมากตอนนี้ก็หญ้านเนเปียร์ปากช่อง ซึ่งเป็นลูกผสมระหว่าง หญ้าเนเปียร์และหญ้าไข่มุก หญ้าเนเปียร์แคระสูง 1- 2 เมตร แตกกอดี ใบมาก ส่วนหญ้านเนเปียร์ธรรมดา และเนเปียร์ลูกผสมสูง 3- 4 เมตร ทุกสายพันธุ์เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เหมาะสำหรับปลูกในเขตชลประทาน ผลผลิตน้ำหนักร้าง 3-4 ตันต่อไร่ต่อปี โปรตีน 8-10 %

การใช้ประโยชน์

การตัดหญ้าเนเปียร์ไปเลี้ยงสัตว์ ควรตัดครั้งแรก 60-70 วันหลังปลูก และตัดหญ้าครั้งต่อไป ทุก 30-45 วัน ช่วงฤดูฝนหญ้าโตเร็ว อาจตัดอายุน้อยกว่า 30 วัน โดยตัดชิดดิน หญ้าเนเปียร์เหมาะสำหรับใช้เลี้ยงโคนม โคเนื้อ กระบือ ในรูปหญ้าสด หรือหญ้าหมัก ไม่เหมาะสำหรับทำหญ้าแห้ง



ภาพที่ 2.2 หญ้าขน (Para Grass)

ที่มา: จีระชัย (2549)

จัดเป็นหญ้าอาหารสัตว์ที่นิยมปลูก เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถเติบโตได้ดีทั้งในที่ดอน และชุ่มน้ำ นอกจากนั้น ยังเป็นหญ้าที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูง รวมถึงไม่เป็นหญ้าที่แพร่กระจายกลายเป็นวัชพืชได้รวดเร็วเหมือนกับหญ้าชนิดอื่นๆ

การแพร่กระจายหญ้าขน

หญ้าขน เป็นหญ้าที่เติบโตได้ดีทั้งในที่ดอน พื้นที่ลุ่ม และพื้นที่น้ำขัง สามารถพบได้ทั่วไปในทุกภาค มักพบตามริมขอบแม่น้ำ คลองชลประทาน อ่างเก็บน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ รวมถึงพื้นที่รกร้างต่างๆ และพบได้ตามแปลงหญ้าของผู้เลี้ยงโค กระบือทั่วไป โดยถูกนำเข้ามาในประเทศไทยครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2472 โดยนายอาร์ พี โจนส์

คุณสมบัติหญ้าขนสำหรับพืชอาหารสัตว์

1. ลำต้นแตกไหลแพร่กระจาย และเติบโตได้รวดเร็ว
2. สามารถขึ้นได้ทั้งพื้นที่น้ำขัง พื้นที่ดินชุ่มน้ำ และพื้นที่ดอนค่อนข้างแล้ง
3. มีคุณค่าทางโภชนาการทางด้านอาหารสัตว์สูง ดังที่กล่าวข้างต้น
4. ทนต่อการเหยียบย่ำ และแทะเล็มจากโค กระบือได้ดี
5. ลำต้นสามารถขึ้นใหม่ได้รวดเร็ว และมีอัตราการให้ผลผลิตสูงที่ 1-5 ตัน/ปี

การปลูกหญ้าขน

การปลูกหญ้าขนส่วนมากนิยมปลูกด้วยการแยกไหล ไม่นิยมใช้การเพาะเมล็ด เพราะหญ้าขนติดดอก และเมล็ดยาก หรือหากเพาะด้วยเมล็ดจะมีอัตราการงอกต่ำ



ภาพที่ 2.3 ปอเทือง (sunn hemp)

ที่มา: Ed Toranit (2559)

เป็นพืชในตระกูลถั่วที่นิยมปลูกมากสำหรับเป็นปุ๋ยพืชสด และใช้เป็นอาหารโค กระบือ รวมถึงเพื่อความสวยงามในการเป็นแหล่งท่องเที่ยว ซึ่งนิยมปลูกมากในช่วงต้นฤดูฝนก่อนที่ไถกลบหรือเก็บเกี่ยวก่อนปลูกพืชหลัก หลังการหว่านเมล็ดพันธุ์ปอเทืองแล้วประมาณ 3 – 5 วัน เมล็ดจะงอกโดยอาศัยความชื้นที่มีอยู่ในดิน โดยที่เราไม่ต้องให้น้ำ เมื่ออายุ 50 – 60 วัน ดอกจะเริ่มบานจากข้างล่างขึ้นไปก่อน หลังดอกร่วงโรยแล้ว จะตัดฝักจากข้างล่างก่อนเช่นเดียวกันคะ ฝักจะแก่เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 120 – 130 วัน ศัตรูที่ต้องระวัง ได้แก่ หนอนผีเสื้อ เพราะจะเจาะฝักกินเมล็ดข้างใน

สำหรับการปลูกปอเทืองเพื่อใช้ปรับปรุงบำรุงดินนั้น ควรปลูกในช่วงต้นฤดูฝน เพื่อจะไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดก่อนการปลูกพืชหลักต่อไป แต่การปลูกปอเทืองช่วงเดือน ตุลาคม – ธันวาคมเหมาะสำหรับเก็บเมล็ดพันธุ์ เพราะจะได้เมล็ดที่มีคุณภาพ นั้นเองคะ

การปลูกปอเทือง

การปลูกปอเทืองนิยมปลูกใน 2 ฤดู คือ ฤดูหนาวหลังเก็บเกี่ยวข้าว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม และฤดูฝนในช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม ทั้งนี้วัตถุประสงค์ของการปลูกที่พบในปัจจุบัน ได้แก่

1. ปลูกเพื่อใช้ไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด
2. ปลูกเพื่อใช้ทำหญ้าอาหารสัตว์
3. ปลูกเพื่อการท่องเที่ยว



ภาพที่ 2.4 กระถิน (Acacia)

ที่มา : สถาบันการแพทย์แผนไทย (2551)

เป็นไม้ยืนต้นตระกูลถั่วเมืองร้อนที่ได้รับการกล่าวขวัญว่าเป็นพืชมหัศจรรย์พืชหนึ่งของโลก เนื่องจากว่าเป็นพืชที่สามารถนำไปใช้ทำประโยชน์ได้สารพัดอย่าง และที่เป็นประโยชน์มากคือใช้เป็นอาหารสัตว์ เพราะว่ากระถินให้ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารสัตว์สูง สัตว์ชอบกิน มีความทนทานต่อการตัด หรือแทะเล็มและเหยียบย่ำของสัตว์ นอกจากนี้ยังมีความทนทานต่อความแห้งแล้งอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามการใช้กระถินเป็นอาหารสัตว์ก็มีข้อจำกัดอยู่บ้างจากความเป็นพิษของสารมิโมซีน (mimosine) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 4 % ในใบและเมล็ดแห้ง ถ้าสัตว์กินกระถินมากเป็นเวลานานต่อเนื่องกัน และเมื่อไม่นานมานี้กระถินทั่วโลกได้รับความเสียหายอย่างมากจากการเข้าทำลายของเพลี้ยกระโดดไก่ฟ้า (*Heteropsyllacubana*) ยากแก่การควบคุมและป้องกันกำจัด จากปัญหาดังกล่าว จึงได้มีงานวิจัยทางด้านการปรับปรุงพันธุ์และแสวงหาพันธุ์ใหม่ ๆ เพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีมิโมซีนต่ำ หรือพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อเพลี้ยดังกล่าว

ความเป็นพิษของกระถิน

เนื่องจากกระถินสามารถสังเคราะห์สารพิษมิโมซีน (mimosine : β -N-(3-hydroxy 4-pyridone)- α -amino propionic acid) ซึ่งเป็นสารมีโครงสร้างคล้ายกรดอะมิโนไทโรซีนมีผลในการยับยั้งการสร้าง โปรตีน และลดการย่อยได้ของโปรตีน ใบกระถินมีมิโมซีนประมาณ 3 – 5 % ของน้ำหนักแห้ง โดยพบในใบอ่อนมากกว่าใบแก่ประมาณ 3 เท่า นอกจากนี้ยังมีสาร procyanidines สามารถจับกับโปรตีนเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ย่อยไม่ได้ และออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ proteases และ galactomannan gum พิษของมิโมซีน คือ มีอาการเบื่ออาหาร รับประทานอาหารได้น้อยลง เจริญเติบโตช้า ต่อมไทรอยด์ขยายใหญ่ มีอาการทางประสาท มีปัญหาของระบบสืบพันธุ์ ขนร่วงขนไม่ออก เพราะมิโมซีนเข้ายับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Cystathioninesynthetase และ Cystathionase ทำให้เมทไธโอนีนเปลี่ยนเป็นซิสเทอีนไม่ได้ผลจากสารมิโมซีนที่เป็นสาเหตุทำให้ขนร่วง เนื่องจากสารมิโมซีนสามารถเข้าทำลายเซลล์ที่เชื่อมระหว่าง hair follicle

ทำให้สารอาหารไม่สามารถส่งไปเลี้ยงเซลล์ขนได้จนเป็นเหตุทำให้ขนร่วงผล จากสารมิโมซินที่เป็นสาเหตุทำให้ต่อมไทรอยด์ขยายใหญ่ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจาก สารมิโมซินสามารถเปลี่ยนเป็น 3,4-dihydroxypyridine (DHP) ได้โดยจุลินทรีย์ สารนี้จะทำหน้าที่คล้าย goitrogen ที่ยับยั้งการสร้างฮอร์โมน Thyroxin ทำให้ต่อมไทรอยด์ขยายใหญ่ตามมาใน โค กระบือ และแพะ สามารถทนต่อมิโมซินได้ไม่เกิน 0.18 g/kgBW ส่วนแกะทนได้น้อยกว่าคือไม่เกิน 0.14 g/kgBW โดยสัตว์เคี้ยวเอื้องทนพิษของมิโมซินได้ดีกว่าสัตว์กระเพาะเดียว

วิธีลดสารพิษในใบกระถิน

1. การให้ความร้อนทั่วไป เช่น การต้ม และการผึ่งแดด ซึ่งพบว่า การผึ่งแดดประมาณ 11 ชั่วโมง สามารถลดสารมิโมซินในกระถินยักษ์ได้ 51.13 % และในกระถินพื้นเมืองลดได้ 33.8 % ดังนั้น การผึ่งแดดจึงเป็นวิธีการที่นิยมสำหรับนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ส่วนการนำมารับประทานมักใช้วิธีการต้มหรือลวกผ่านน้ำร้อนก่อนจึงจะลดสารมิโมซินได้ดี และสามารถช่วยปรับสภาวะดินให้ดีขึ้นได้
2. การอบ เป็นวิธีที่ใช้สำหรับนำใบกระถินเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ โดยพบว่า การอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง สามารถลดมิโมซินได้มากกว่า 50 %
3. การแช่น้ำ เป็นวิธีที่นำมาใช้ก่อนนำใบหรือฝักกระถินมารับประทาน รวมถึงใช้สำหรับการผสมในอาหารสัตว์ โดยพบว่า กระถินที่แช่นาน 12 – 24 ชั่วโมง สามารถลดมิโมซินได้ถึง 90 %
4. การนำกระถินไปให้อาหารสัตว์ โดยมีการลดสารมิโมซินก่อนอาจใช้วิธีการเสริม FeSO₄ 0.1 % ผสมใบกระถินด้วย หรือนำกระถินแช่ในสารละลาย 0.2 % FeSO₄ นาน 15 นาที แล้วนำมาตากแดดให้แห้งจะช่วยลดมิโมซินได้มากถึง 90 % เนื่องจาก FeSO₄ จะเข้าจับตัวกับมิโมซินแล้วตกตะกอน ทำให้สารมิโมซินไม่ดูดซึมในลำไส้
5. การหมัก มักใช้สำหรับเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ เนื่องจากการหมักทำให้เกิดการย่อยสลายมิโมซิน และเปลี่ยนแปลงโครงสร้างได้ในกระบวนการหมัก

2. พืชหมักหรือหญ้าหมัก (Silage)

หญ้าหมักหรือพืชอาหารสัตว์หมัก หมายถึง พืชอาหารสัตว์ต่างๆ เช่น ต้นข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง หญ้าและถั่วต่างๆ ที่เก็บเกี่ยวในขณะที่มีความชื้นพอเหมาะ นำมาเก็บไว้ในสภาพสุญญากาศในภาชนะปิดและเก็บถนอมไว้ในสภาพอวน้ำจนเกิดสภาพหมักดอง เมื่อพืชอาหารสัตว์สดๆ ได้เปลี่ยนสภาพเป็นหญ้าหมักได้โดย การรักษาเนื้อเยื่อพืชไม่ให้เน่าเปื่อยเกิดจากกระบวนการซึ่งอาศัยเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด เช่นแบคทีเรียในกลุ่มแล็กโตบาซิลลัส แบคทีเรียกลุ่มนี้จะย่อยแป้งในต้น ใบหรือเมล็ดพืชและเปลี่ยนให้เป็นกรดเรียกว่า กรดแล็กติก (lactic) กรดที่เกิดขึ้นนี้เป็นสารที่ช่วยรักษาเนื้อพืชไม่ให้เน่า การหมักแบบนี้เกิดขึ้นในที่ที่อับอากาศ โดยใช้หลุมหมักซึ่งเรียกว่า ไชโล การทำหญ้าหมักมี

กระบวนการตรงข้ามกับการทำหญาแห้งเพราะการทำหญาแห้งอาศัยกระบวนการไล่ความชื้นออกจากพืช แต่การทำหญาหมักต้องการรักษาความชื้นไว้การทำหญาหมักต่างจากปุ๋ยหมัก ตรงที่การทำปุ๋ยหมักนั้นเชื้อราจุลินทรีย์จะย่อยสลายเนื้อเยื่อของพืชจนเน่าเปื่อย ปลด-ปล่อยแร่ธาตุให้พืชดูดซึมเป็นปุ๋ยได้ ซึ่งหญาหมักจะช่วยทำให้คุณค่าทางอาหารของพืชเหล่านั้นคงอยู่ สามารถนอมไว้ใช้ได้ในช่วงที่ขาดแคลนหญาสด พืชอาหารสัตว์ที่นำมาใช้ในการหมักได้มาจากพืชอาหารสัตว์ที่มีอยู่มากมายในช่วงฤดูฝน ซึ่งเจริญงอกงามดี และมีปริมาณมากเกินไปสำหรับสัตว์เลี้ยง นอกจากนี้ยังไม่สามารถเก็บนอมโดยการการทำหญาแห้งได้

2.1 พืชที่เหมาะสมสำหรับการหมัก

2.1.1 พืชนั้นต้องมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในระดับที่เพียงพอต่อการหมักเปรี้ยว ต้องมีไม่ต่ำกว่า 18 % ถ้าระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้มีน้อยกว่า 10 % ของวัตถุดิบ อาจจะไม่สามารถทำหญาหมักได้

2.1.2. พืชนั้นต้องมีค่าของ buffering capacity ต่ำ หมายถึง ความต้านทานต่อการลดลงของ pH มีค่าน้อย จะทำให้หญาเป็นกรดเร็วขึ้น

2.1.3. เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบในหญาสดจะต้องมีมากกว่า 20 % ขึ้นไป โดยพบว่าระดับวัตถุดิบที่เหมาะสมในการทำพืชหมักคืออยู่ระหว่าง 30-35 % และถ้าสูงกว่านี้จะมีผลทำให้การอัดแน่นไม่ดีและก่อให้เกิดราได้ง่าย

2.1.4. ลักษณะทางกายภาพของพืชในด้านโครงสร้างจะต้องเหมาะสมต่อการอัดแน่น การสับให้มีชิ้นขนาด 1-5 ซม. จะทำให้การอัดแน่นได้ดี ซึ่งวัตถุดิบในพืชมีส่วนสัมพันธ์ด้วย

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของพืชอาหารหมัก

2.2.1 ชนิดของพืชอาหารสัตว์

พืชอาหารหมักสามารถทำได้จากพืชตระกูลหญ้า พืชตระกูลถั่วและผลพลอยได้ทางเกษตร เป็นต้น ซึ่งลักษณะของพืชอาหารสัตว์ที่นำมาทำเป็นพืชอาหารหมักควรมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (WSC) ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่ำ (BC) สามารถอัดแน่นได้อย่างรวดเร็วไซโลหลังการเก็บเกี่ยวและควรมีปริมาณน้ำหนักร้อยละอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมคืออยู่ในช่วง 30-40 % (ตารางที่ 1.1) (พรชัย, 2548; Jones, 1978; McDonald, 1981 และ Alberta Ag-Industries, 1986)

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของพืชที่เหมาะสม และไม่เหมาะสมในการทำเป็นพืชอาหารหมัก

คุณสมบัติของพืชอาหารสัตว์	เหมาะสม	ไม่เหมาะสม
ปริมาณของน้ำตาล	สูง	ต่ำ
น้ำหนักแห้ง	สูง (30-40%)	ต่ำ
โปรตีนหยาบ	ปานกลาง	สูง-สูงมาก
โภชนาที่ย่อยได้	สูง	ต่ำ(พืชแก่)
เยื่อใย	ต่ำ-ปานกลาง	สูง(พืชแก่)
ฤดูกาลที่ตัดพืช	อากาศเย็น	อากาศร้อน
การปนเปื้อน	น้อย	มาก
ขนาดชิ้นที่ตัด	สับให้มีขนาดเล็ก	ไม่สับ

ที่มา: Alberta Ag-Industries (1986)

2.2.2 อายุการตัดพืชอาหารสัตว์

อายุการตัดพืชอาหารสัตว์ที่เหมาะสม คือ ระยะที่พืชให้ผลผลิตสูงและมีคุณค่าทางอาหารอยู่ในเกณฑ์ดีซึ่งอายุของพืชอาหารสัตว์ที่จะตัดเพื่อนำมาทำเป็นพืชอาหารหมักนั้นมีความสำคัญเพราะสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพและปริมาณของพืชอาหารหมักได้ นอกจากนี้ วิรัชและคณะ (2542) ได้ศึกษาผลของระยะตัดที่มีต่อผลผลิตน้ำหนักแห้ง ผลผลิต โปรตีนหยาบ และส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์พบว่าเมื่อตัดหญ้าอายุที่ 40 วันผลผลิตน้ำหนักแห้งจะเพิ่ม ขึ้น แต่เมื่ออายุพืชมากขึ้นที่ 50 วันผลผลิตน้ำหนักแห้งจะลดลงสำหรับส่วนประกอบทางเคมี พบว่าเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำหนักแห้งและเยื่อใย (Neutral Detergent Fiber, NDF, Acid Detergent Fiber, ADF และ Acid Detergent Lignin, ADL) เพิ่มสูงขึ้นแต่มีปริมาณโปรตีนหยาบลดลง อย่างไรก็ตามอายุที่เหมาะสมนี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชและสภาพภูมิอากาศ โดยปกติพืชอาหารสัตว์ที่แก่จะมีปริมาณของน้ำหนักแห้งและพลังงานสูงแต่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบและการย่อยได้ต่ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาความเหมาะสมของอายุพืชอาหารสัตว์อีกด้วย (บุญล้อมและคณะ, 2543)

2.2.3 ขนาดของชิ้นพืชอาหารสัตว์ที่นำมาหมัก

การสับพืชอาหารสัตว์ก่อนนำมาทำการหมักมีความสำคัญต่อกระบวนการหมัก เนื่องจากการสับพืชทำให้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายในพืชอาหารสัตว์ถูกปล่อยออกมาอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดกรดแลคติกได้เร็วขึ้นอีกทั้งการสับพืชอาหารสัตว์ก่อนนำมาหมักให้มีขนาดเล็กนั้นเป็นการช่วยทำให้พืชสามารถอัดได้แน่นและยังสามารถผสมคลุกเคล้ากันได้ทั่วถึงอีกด้วย อย่างไรก็ตามการสับพืชอาจจะมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เช่น ถ้าสับพืชให้มีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องการ

สูญเสียความสามารถในการกระตุ้นกระเพาะรูเมนให้บีบตัวเพื่อให้ขยอกอาหารออกมาเคี้ยวเอื้องและทำให้มีการขับน้ำลายออกมาได้น้อย รูเมนมีสภาพเป็นกรดรุนแรง ทำให้อาหารไม่ย่อย สัตว์จะเบื่ออาหารและมีไขมันในนํ้านมลดลง แต่ถ้ามีการสับฟืชให้มีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้การอัดแน่นทำได้ยาก มีออกซิเจนภายในหลุมหมักมากทำให้เกิดความร้อนสูง นอกจากโปรตีนจะถูกทำลายแล้วยังทำให้จุลินทรีย์พวกที่ทนความร้อน เช่น ราและแบคทีเรียบางชนิดเจริญได้ดีทำให้พืชอาหารหมักมีคุณภาพลดลง ดังนั้นขนาดของชิ้นพืชอาหารสัตว์ที่นำมาหมักควรสับให้มีขนาดเกิน 2.5 เซนติเมตรทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชอาหารสัตว์ด้วย เช่น ข้าวโพดควรสับให้มีขนาด 1-2.5 เซนติเมตร และหญ้าควรมีขนาด 0.5-1.0 เซนติเมตร (ฉันทนา,2543)

ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาอิทธิพลของชิ้นพืชก่อนนำมาทำการหมักโดย วารุณี,(2548) ได้ทำการทดลองนำหญ้าแพงโกล่าอายุ 45 วันมาทำการสับและไม่สับแล้วนำมาทำการหมักพบว่า การสับฟืชให้มีขนาดเล็กเป็นการช่วยทำให้พืชสามารถอัดได้แน่นและสามารถไล่อากาศออกได้เกือบหมด ทำให้พืชอาหารหมักมีคุณภาพดีได้ แต่ถ้าไม่มีการสับฟืชจะทำให้การอัดแน่นทำได้ยากอีกทั้งอากาศที่หลงเหลืออยู่ในภาชนะส่งผลทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักแห้ง โปรตีนหายและมีค่า pH สูงกว่าการพืชอาหารหมักที่มีการสับตลอดจนปริมาณของกรดแลคติกต่ำกว่าพืชอาหารหมักที่มีการสับอีกด้วย ดังนั้นในการทำพืชอาหารหมักควรมีการสับฟืชก่อนนำมาทำการหมักเพื่อให้พืชอาหารหมักนั้นมีคุณภาพดีนั่นเอง

ตารางที่ 2.2 อิทธิพลของการอัดแน่นของหญ้าที่มีผลต่อคุณภาพของพืชอาหารหมัก

ลักษณะของการอัดแน่น			
	หลวม	ปานกลาง	อัดแน่น
ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	227	307	386
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	38	26	25
การสูญเสียน้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์)	37.2	28.4	17.4
การย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)	65.6	69.7	76.3
กรดแลคติก (เปอร์เซ็นต์)	1.43	5.19	10.12
Volatile fatty acid (เปอร์เซ็นต์)	8.5	6.5	3.1
ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	3.84	3.73	3.46

ที่มา: Lancaster and Mcnaughton(1961) อ้างจากสายัณห์ (2540)

กระบวนการหมักในพืชหมัก (Fermentation)

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงการหมักอาหารหยาบจะเกิดขึ้นเป็นช่วงๆแบ่งออกได้ดังนี้

ระยะที่ 1 นำพืชต้องการหมักตัดหรือสับให้มีชิ้นเล็ก แล้วใส่หลุมหมักหรือถังหมัก โดยเร็ว ย่ำและอัดให้แน่น ภายหลังปิดถังหรือหลุมหมักเซลล์พืชยังคงหายใจอย่างต่อเนื่องโดยใช้ก๊าซออกซิเจนที่ยังมีอยู่มากในหลุมหมัก เช่นเดียวกับแบคทีเรียที่ใช้ก๊าซออกซิเจนจะย่อยสลายพวกคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเซลล์พืชจนกระทั่งถึงระยะหนึ่งออกซิเจนจะหมดไป ผลผลิตที่เกิดจากกระบวนการหมักนี้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน ถ้าอุณหภูมิในหลุมหมักสูงเกิน 38° หย้าหมักจะคุณภาพเลวลงในระยะที่ 1 ใช้เวลา 1-2 วันหลังปิดหลุมหมัก โดยปกติก๊าซออกซิเจนจะถูกใช้หมดภายใน 4-5 ชั่วโมงดังนั้นถ้าสามารถลดช่วงระยะเวลานี้ให้สั้นลงได้เท่าไรความสูญเสียสารอาหารก็จะน้อยลง เพราะคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายง่ายจะถูกใช้หมดไปและเกิดเป็นความร้อนและน้ำ ซึ่งจะทำให้ความน่ากินของหย้าหมักลดลง โปรตีนบางส่วนซึ่งอาจสูงถึง 50 % จะถูกย่อยสลายไปเป็นก๊าซแอมโมเนีย การหมักที่สมบูรณ์จะทำให้ความเป็นกรดเพิ่มขึ้นและหยุดยั้งกระบวนการย่อยสลายโปรตีน (proteolysis) ในกระบวนการหมักถ้าอาหารหยาบแห้งเกินไป (มีความชื้นน้อย) ก็อาจเกิดผลเสียเช่นเดียวกัน เพราะจะทำให้เกิดความร้อนสูงเนื่องจากกระบวนการหมักเกิดไม่สมบูรณ์ ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) กับโปรตีน โปรตีนจะเปลี่ยนโครงสร้างโดยไปรวมกับคาร์โบไฮเดรตเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ย่อยสลาย สิ่งต่างๆ เหล่านี้ที่เกิดขึ้นจะทำให้อาหารหยาบหมักที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ของพลังงานและโปรตีนต่ำ

ระยะที่ 2 ระยะเกิดกรดอะซิติก (acetic acid) ระยะนี้จะเกิดขึ้นหลังจากก๊าซออกซิเจนถูกจำกัดหมดแล้วและเซลล์พืชตาย แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเริ่มย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำกับโปรตีนบางชนิดให้กลายเป็นกรดอะซิติก และกรดที่เกิดขึ้นจะทำให้ pH ลดลงจาก 6.0 ถึง 4.2 เมื่อค่าความเป็นกรดลดไปถึงระดับนี้แบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติกจะเริ่มถูกทำลาย ระยะนี้จะเกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 -4 หลังปิดหลุมหมัก ปกติจะใช้เวลาประมาณ 24 ถึง 72 ชั่วโมง

ระยะที่ 3 ระยะเริ่มผลิตกรดแลคติก เป็นระยะที่มีความสำคัญมากเพราะแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกจะเริ่มทำงานในวันที่ 3 หลังปิดหลุมหมัก ขณะที่กรดอะซิติกเริ่มลดลง แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกเพิ่มปริมาณขึ้นและกรดแลคติกก็เพิ่มขึ้น กรดแลคติกเป็นกรดที่มีประโยชน์ซึ่งโคนมสามารถนำไปสร้างเป็นพลังงานได้ แบคทีเรียอาจใช้สารอาหารในหย้าหมักมากถึง 10 % ในการสร้างกรดนี้ ถ้ากระบวนการหมักเกิดขึ้นสมบูรณ์กรดแลคติกจะทำให้ความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ค่า pH ลดลงไปถึง 4.2 หรือต่ำกว่า

ระยะที่ 4 ระยะผลิตกรดแลคติกอย่างต่อเนื่อง การผลิตกรดแลคติกจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปอีกประมาณ 2 สัปดาห์ หรือมากกว่า อุณหภูมิเริ่มลดลงเหลือประมาณ 26-27 °C และ pH ลดลงที่ระดับ 3.8 ซึ่งส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงและหยุดหรือสิ้นสุดลง

ระยะที่ 5 ระยะเก็บรักษา ถ้าทุกอย่างเป็นไปได้ พืชหมักจะยังคงเป็นพืชหมักที่เก็บไว้ในรูปหมักต่อไปได้นาน โดยอาศัยกรดแลคติกป้องกันไม่ให้เกิดการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตต่อไปอีก แต่ถ้ากรดแลคติกมีปริมาณน้อย กรดบิวทิริกก็จะถูกสร้างขึ้นมา และโปรตีนจะถูกเปลี่ยนแปลงไป ทำให้หญ้าหมักจะเกิดการสูญเสียขึ้น

3. จุลชีววิทยาของพืชหมัก (Silage microbiology)

แบคทีเรียและเชื้อราพวกใช้ออกซิเจนมีติดอยู่ตามพืชอาหารสัตว์เป็นส่วนใหญ่ แต่ในสภาพปราศจากออกซิเจนใน Silo จุลินทรีย์พวกอื่นจะมีการเจริญเติบโตขึ้นมาแทน คือ *Escherichia*, *Klebsiella*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* และ *Pediococcus* นอกจากนั้นก็มีพวก ยีสต์พวกที่สามารถอยู่ได้ทั้งสองสภาพ (*facultative anaerobes*) แบคทีเรียพวกผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) เป็นพวก *facultative* ซึ่งติดอยู่กับผิวนอกของพืชอาหารสดในปริมาณมาก แบคทีเรียพวกนี้แบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ พวก *Homofermentative* เป็นพวกที่มีประสิทธิภาพในการผลิตกรดแลคติก และพวก *Heterofermentative* เป็นพวกที่มีการผลิตกรดและกรดคาร์บอนไดออกไซด์ และเอทานอลชนิดต่างๆ ของแบคทีเรีย กลุ่ม *Homofermentative* จำพวก *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactice*, *Streptococcus durans*, *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus faecium* และ *Streptococcus lactis*. กลุ่ม *Heterofermentative* จำพวก *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus viridescens* และ *Leuconostoc mesenteroides*. หลังจากที่เราเริ่มมีการหมักแล้ว แบคทีเรียกลุ่มนี้จะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว และจะหมักสลายพวก คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate) ได้ กรดอินทรีย์ ส่วนใหญ่ คือ กรดแลคติก ความเป็นกรดต่าง (pH) ของพืชหมักจะลดลงทันที pH นับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก ใน ระดับ ความชื้นที่ไม่เหมาะสม pH จะแสดงความวิกฤตที่ T จุดๆ หนึ่งโดยกรดอินทรีย์จะชะงักการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ T pH 3.8 - 4.0 กิจกรรมของจุลินทรีย์จะหยุดทั้งหมด ทำให้ได้พืชหมักที่มีสภาพดีและลักษณะที่เหมาะสม

ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นานถ้ายังคงสภาพการปราศจากออกซิเจนขบวนการหมักเป็นวิธีหนึ่งในการรักษาคุณค่าทางอาหารของพืชอาหารสัตว์เอาไว้ โดยการหมัก มักจะมีการทำใน Silo หรือ Bunker ซึ่งขบวนการหมักที่ดีจะต้องไร้อากาศทั้งนี้เพราะอากาศมีออกซิเจน ถ้า ในขบวนการหมักมีอากาศ ยีสต์และราซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดการเน่าเสียในพืชหมัก ในสภาวะที่ T ไร้ออกซิเจนจะมีการสะสมของกรด lactic ทำให้ pH ลดลงส่งผลให้จุลินทรีย์หยุดการทำงานลง แต่อย่างไรก็ตาม จุลินทรีย์จะสามารถกลับมาทำงานได้อีกครั้งเมื่อมีการสัมผัสกับอากาศ โดยเมื่อมีการสัมผัสกับอากาศ

แล้วจุลินทรีย์จะสามารถใช้ประโยชน์ได้จากสารอาหารของพืชหมักและเป็นผลทำให้พืชหมักเกิดการเน่าเสียในเวลาต่อมา

ตารางที่ 2.3 ชนิดแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่พบในพืชอาหารหมักของ

Homofermentative	Heterofermentative
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>
<i>Streptococcus durans</i>	<i>Lactobacillus fermentum</i>
<i>Streptococcus faecalis</i>	<i>Lactobacillus viridescens</i>
<i>Streptococcus lactis</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
<i>Pediococcus acidilactice</i>	<i>Lactobacillus buchneri</i>

ที่มา: McDonald *et al.*, (1981)

หลังจากที่เริ่มมีน้ำหมักแล้วแบคทีเรียพวกโฮโมเฟอร์เมนเททีฟจะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว และเกิดจากการหมักสลายพวกแป้งที่ละลายน้ำได้ในพืช ซึ่งทำให้ได้กรดอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ คือ กรดแลคติก ส่งผลทำให้ pH ของพืชอาหารหมักลดลงอยู่ในระดับที่ 3.8-4.0 ซึ่งจะทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์หยุดทั้งหมดส่งผลให้พืชอาหารหมักมีคุณภาพดีและสามารถเก็บไว้ได้นานถ้าแต่ pH ไม่คงที่แบคทีเรียพวก Saccharolytic Clostridia และ Proteolytic clostridia ซึ่งติดมากับอาหารในรูปของสปอร์ตั้งแต่แรกจะทำการแบ่งตัวและใช้ประโยชน์จากกรดแลคติกและแป้งทำให้ pH สูงขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลทำให้พืชอาหารหมักเกิดการเน่าเสีย คุณภาพไม่ดีและเก็บรักษาได้ไม่นาน McDonald *et al.*, (1987)

4. การใช้สารเสริมในพืชหมัก

การทำหญ้าหมักให้ได้คุณภาพดีมีปัจจัยหลายอย่างมาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะด้านเทคนิคในการผลิตและคุณภาพของวัตถุดิบ ดังนั้นจึงต้องเติมสารลงไปหญ้าเพื่อช่วยให้หญ้าหมักมีคุณภาพตามที่ต้องการซึ่งแบ่งออกได้เป็นสามกลุ่มดังนี้

4.1. กลุ่มที่ใส่ไปเพื่อช่วยให้เกิดสภาพกรดที่พอเหมาะกับการหมักได้แก่ สารที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น กรด phosphoric acid, กรดเกลือ (HCl), Formic acid, Formaldehyde, Propionic acid, กรดกำมะถัน (H₂SO₄) อย่างไรก็ตามการใช้สารเสริมก็มีปัญหาที่ต้องระวัง เช่น อาจมีสารตกค้างที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ เช่น การใช้กรดชนิดต่างๆ

4.2 กลุ่มที่ใส่ไปเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร ได้แก่ เมล็ดธัญพืช มันเส้น เกลือ ยูเรีย กากน้ำตาลนอกจากจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารโดยเพิ่มปริมาณวัตถุแห้งในหญ้าหมักแล้ว ในกรณีของวัตถุดิบที่มีพลังงานสูง เช่น มันเส้น กากน้ำตาล หรือเมล็ดธัญพืช จะมีส่วนช่วยให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ในกรณีการเติมพวกเมล็ดธัญพืชอาจไม่คุ้มเพราะราคาอาจแพง

4.3 กลุ่มสารจุลชีพและเอนไซม์ มีจุดประสงค์เพื่อทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ ตัวอย่างของจุลชีพได้แก่ *Lactobacillus acidophilis*, *Streptococcus faecium*, *Lactobacillus plantarum* ตัวอย่างของเอนไซม์ เช่น cellulose, amylase, protease เป็นต้น

5. สารกระตุ้นในการหมัก



ภาพที่ 2.5 กากน้ำตาล (molasses)

ที่มา: จุไรรัตน์ (2543)

เป็นของเหลวที่มีลักษณะหนืดข้น มีสีดำอมน้ำตาล ซึ่งเป็นผลผลิตอย่างหนึ่งในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย โดยมีอ้อยเป็นวัตถุดิบ กากน้ำตาลนี้ จะแยกออกจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในขั้นตอนสุดท้าย ด้วยการแยกออกจากเกล็ดน้ำตาลโดยวิธีการปั่น (Centrifuge) ซึ่งไม่สามารถตกผลึกเป็นเกล็ดน้ำตาลได้ด้วยวิธีทั่วไป และไม่นำกลับมาใช้ผลิตน้ำตาลทรายอีก

5.1 ชนิดกากน้ำตาล

5.1.1. black-strap molasses กากน้ำตาลจากผลพลอยได้การผลิตน้ำตาลทรายขาว เรียกกากน้ำตาลชนิดนี้ว่า black-strap molasses เป็นกากน้ำตาลเหนียวข้นที่มีสีดำอมน้ำตาล จะมีปริมาณน้ำตาลประมาณ 50-60 %

5.1.2. refinery molasses กากน้ำตาลจากผลพลอยได้การผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ เรียกกากน้ำตาลชนิดนี้ว่า refinery molasses เป็นกากน้ำตาลที่เข้มข้นน้อยกว่า และมีสีจางกว่า ชนิด black-strap molasses จะมีปริมาณน้ำตาลอยู่ประมาณร้อยละ 48 %

5.1.3. invert molasses กากน้ำตาลจากการผลิตโดยตรง หรือที่เรียกว่า invert molasses เป็นกากน้ำตาลที่ผลิตได้จากการนำน้ำตาลอ้อยมาระเหยเข้มข้น มีน้ำตาลประมาณร้อยละ 77 %

5.2 ประโยชน์กากน้ำตาล

5.2.1. กากน้ำตาล ใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตเอทานอล เพื่อใช้เป็นส่วนผสมของน้ำมันเบนซิน 91 หรือ 95 หรือที่เรียกว่า แก๊สโซฮอล์ ทั้งนี้ กากน้ำตาลปริมาณ 1 ตัน จะผลิตเอทานอลได้ประมาณ 250 ลิตร

5.2.2. กากน้ำตาลถูกใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายประเภท

5.2.3. กากน้ำตาลใช้เป็นส่วนผสมของหญ้าหมัก หรือใช้ผสมในอาหารชั้น เพื่อเพิ่มแคาร์โบไฮเดรต และ เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยกระตุ้นการหมักให้เกิดรวดเร็วมากขึ้น เพราะช่วยเพิ่มปริมาณแบคทีเรียผลิตกรด นอกจากนั้น ยังช่วยปรับปรุงรสของอาหารหยาบ และส่งเสริมการเติบโตของแบคทีเรียในกระเพาะ

5.2.4. กากน้ำตาลใช้เป็นส่วนผสมของปุ๋ยหมักหรือสารปรับปรุงดิน เพราะในกากน้ำตาลมีธาตุอาหารที่ครบถ้วน

5.2.5. กากน้ำตาลใช้เป็นส่วนผสมของน้ำหมักชีวภาพ เป็นแหล่งอาหารสำคัญเพื่อให้จุลินทรีย์ผลิตกรดเตบิโต และช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางธาตุอาหาร และกลิ่นของน้ำหมัก

5.2.6. กากน้ำตาลเป็นผลพลอยได้ที่สร้างรายได้ให้แก่อุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล ด้วยการส่งจำหน่ายยังต่างประเทศเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ทั้งในอุตสาหกรรม และการเกษตร โดยส่งออกเป็นอันดับ 2 ของโลก รองจากประเทศบราซิล เพราะบราซิลเป็นประเทศผลิตน้ำตาลอันดับแรกของโลก



ภาพที่ 2.6 โซดาไฟ หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

ที่มา: Ichimaru Gin(2557)

มีสถานะเป็นของแข็งสีขาวหรืออาจอยู่ในรูปของเหลวที่เป็นสารละลาย ถือเป็นสารเคมีที่มีความสำคัญมากในภาคอุตสาหกรรม โดยปัจจุบันมีจำหน่ายทั้งในสถานะของแข็ง และของเหลว บางครั้งเรียกกันว่า ผงมัน ส่วนในรูปสารละลายมักพบความเข้มข้น 50 %



ภาพที่ 2.7 เกลือ (salt)

ที่มา : สมคิด (2548)

เป็นแร่ธาตุส่วนใหญ่ประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) สารประกอบในระดับสูงกว่าเกลือชนิดต่าง ๆ เกลือในธรรมชาติก่อตัวเป็นแร่ผลึก รู้จักกันว่า เกลือหิน หรือแฮไลต์ เกลือพบได้ในปริมาณมหาศาลในทะเลซึ่งเป็นองค์ประกอบของแร่ที่สำคัญ ในมหาสมุทร มีแร่ธาตุ 35 กรัมต่อลิตร ความเค็ม 3.5 % เกลือเป็นสิ่งจำเป็นต่อชีวิตสัตว์ ความเค็มเป็นรสชาติพื้นฐานของมนุษย์ เนื้อเยื่อสัตว์บรรจุเกลือปริมาณมากกว่าเนื้อเยื่อพืช ดังนั้นอาหารของชนเผ่าเร่ร่อนที่ดำรงชีวิตในฝูงต้องการเกลือเพียงเล็กน้อย หรือไม่ต้องการเกลือเลย ขณะอาหารประเภทซีเรียล จำเป็นต้องเพิ่มเกลือ เกลือเป็นหนึ่งในเครื่องปรุงรสที่เก่าแก่ที่สุดและหาได้ง่ายที่สุด และ การดองเค็มก็เป็นวิธีการถนอมอาหารที่สำคัญวิธีหนึ่ง

ตารางที่ 2.4 การจำแนกชนิดของสารเสริมในอาหารหมัก

Additive category	Selection of active ingredients	Intended mode of action	Examples
Direct acidifiers	Inorganic acid Organic acid	To give a low pH to silage at the Outside and induce qualitative changes in the microflora	Sulfuric acid Formic acid Acrylic acid
Fermentation inhibitor	Direct-acting sterilants Indirect-acting sterilants	To inhibit the microflora in general, either immediately or by sequential release of active agent	Formaldehyde Hexamine
Fermentation stimulants	Substrates Enzymes	To encourage fermentation by Provision of fermentable material. To increase reserves of fermentable material from otherwise non fermentable materials.	Molasses Cellulolytic Amylolytic
Specific antimicrobial	Microbial - cultures Antibiotic Synthetic Antimicrobial Other antimicrobial	To establish a dominance of efficient lactic acid bacteria To discourage the growth of spoilage microorganisms directly.	Lactobacill Bacitracin Bronopol Sodium nitrite
Nutrients	Energy Nitrogen, minerals	To improve the nutritional value of silage.	Starch Urea

ที่มา: Woolford (1984)

วิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิรันดร์ (2558) ผลของการหมักหญ้าซิกแนลเลียร์ร่วมกับกระถินต่อคุณภาพของพืชหมัก การศึกษาเพื่อประเมินคุณภาพของหญ้าซิกแนลเลียร์หมักร่วมกับกระถินที่ระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 21 วันโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) พบว่าลักษณะทางกายภาพของทุกทรีทเมนต์มีสีน้ำตาลเหลืองมีกลิ่นหอมคล้ายผลไม้ดองและลักษณะทางกายภาพโดยรวมดีมากไม่แตกต่างกัน ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของพืชหมักพบว่าค่าวัตถุแห้งมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) การหมักร่วมกับกระถินทำให้ระดับโปรตีนของพืชหมักมีค่าสูงขึ้น

อมรรัตน์ (2560) ผลของการใช้หญ้าหมักในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต การย่อยได้ของโภชนะ และคุณภาพซากในสุกรโดยศึกษาอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และเป็นต้นทุนหลักในการผลิตสุกร หญ้าหมักเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ตัวหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากมีราคาถูกหาได้ง่าย จากการรวบรวมเอกสารผลของการทดแทนหญ้าหมักในอาหารสำเร็จรูปที่ระดับร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ในสุกรพื้นเมืองพบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนํักตัว และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำนํักตัว 1 กิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณการกินได้และอัตราการเจริญเติบโต มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นค่าการย่อยได้ของไขมัน และเถ้า ซึ่งมีความการย่อยได้สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

บุญส่ง และคณะ (2555) การศึกษาคุณภาพของพืชหมักในถุงพลาสติกดำที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ โดยศึกษาทำการทดลองที่สถานีพัฒนาอาหารสัตว์สกลนคร ระหว่างเดือนมีนาคม 2552 ถึง ธันวาคม 2553 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของพืชที่หมักในถุงพลาสติกดำที่เก็บรักษาในระยะเวลาต่าง ๆ กันเพื่อประเมินศักยภาพอายุการเก็บรักษาของพืชหมัก 3 ชนิด ได้แก่ (1) หญ้ากีนีสีม่วงหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 % โดยน้ำหนั (2) หญ้าเนเปียร์ยักษ์หมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนั และ (3) ต้นข้าวโพดหมัก โดยพืชหมักแต่ละชนิดวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) มี 5 ซ้ำสิ่งทดลอง ได้แก่ อายุการเก็บรักษา 4 อายุ ได้แก่ 1, 3, 6 และ 12 เดือน ผลการทดลอง พบว่า หญ้าเนเปียร์ยักษ์หมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนั สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน โดยคุณค่าทางโภชนาและการใช้ประโยชน์ได้ไม่เปลี่ยนแปลง หญ้ากีนีสีม่วงหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนั สามารถเก็บได้นาน 3 เดือน มีคุณค่า

ทางโภชนาการและการใช้ประโยชน์ได้ไม่ต่ำกว่าก่อนหมัก แต่ถ้าเก็บไว้นาน 6 - 12 เดือน ลักษณะทางกายภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงชัดเจน ไม่เหมาะที่จะนำไปเลี้ยงสัตว์ ส่วนต้นข้าวโพดหมักมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีปานกลาง สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน โดยคุณค่าทางโภชนาการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. ตัวอย่างพืชอาหารสัตว์

- 1.1. หญ้าขน
- 1.2. หญ้าเนเปียร์
- 1.3. ปอเทือง
- 1.4. กระจับ

2. อุปกรณ์และสารเคมี

- 2.1. สารเคมีสำหรับการทำพืชอาหารสัตว์หมัก
- 2.2. เกลือเม็ด Sodium chloride
- 2.3. กากน้ำตาล Molasses
- 2.4. NaOH โซเดียมไฮดรอกไซด์

3. การเตรียมตัวอย่างและการหมักพืชอาหารสัตว์

3.1 นำพืชตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ หญ้าขน หญ้าเนเปียร์ ปอเทือง กระจับ มาทำการหั่นด้วยเครื่องหั่นหญ้าให้ได้ขนาดความยาวประมาณ 2-3 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ 4×4 Factor in Complete Randomized Design CRD

3.2 ทำการผสมตัวอย่างพืชตามสูตร 4 กลุ่มการทดลอง

การทดลองกลุ่มที่ 1 หญ้าขนกับสารเสริม

- หญ้าขน (ไม่เสริมสาร)
- หญ้าขน + เกลือ 1%
- หญ้าขน + กากน้ำตาล 2%
- หญ้าขน + NaOH 1%

การทดลองกลุ่มที่ 2 หญ้าเนเปียร์กับสารเสริม

- หญ้าเนเปียร์ (ไม่เสริมสาร)
- หญ้าเนเปียร์ + เกลือ 1%
- หญ้าเนเปียร์ + กากน้ำตาล 2%
- หญ้าเนเปียร์ + NaOH 1%

การทดลองกลุ่มที่ 3 ปอเทืองกับสารเสริม

ปอเทือง (ไม่เสริมสาร)

ปอเทือง + เกลือ 1%

ปอเทือง + กากน้ำตาล 2%

ปอเทือง + NaOH 1%

การทดลองกลุ่มที่ 4 กระถินกับสารเสริม

กระถิน (ไม่เสริมสาร)

กระถิน + เกลือ 1%

กระถิน + กากน้ำตาล 2%

กระถิน + NaOH 1%

3.3 หลังจากทำบรรจุครบทุกสูตรที่ได้ซังแล้ว ให้ทำการดูดอกอากาศที่เหลืออยู่ออกอีกครั้งแล้ว รมมัดปากถุงหมักให้แน่น ปิดฝาถังพลาสติก ทำการหมักเป็นเวลา 21 วัน หลังจากการหมักครบแล้วจึงนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาของพืชอาหารสัตว์หมัก

โดยทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของพืชอาหารสัตว์หมักทั้ง 4 สูตร วิเคราะห์ผลด้วยวิธี Analysis of variance และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพืชอาหารสัตว์หมักทั้ง 4 สูตร โดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (Statistical Analysis System SAS, 1988)

3.4.1 การให้คะแนนทางกายภาพของพืชอาหารสัตว์หมัก หลังจากทำการเปิดถุงหมักดำเนินการตามวิธีของ กรมปศุสัตว์ (2547) และ Muhammad et al. (2008)

3.4.2 การวิเคราะห์ทางเคมีหาความชื้น (Moisture) และวัตถุแห้ง (dry matter) ดำเนินการตามวิธีการของ AOAC (2000)

3.4.3 การวิเคราะห์หาเถ้า (Ash) ดำเนินการตามวิธีของ AOAC (2000)

3.4.4 การวิเคราะห์หาเยื่อใย ดำเนินการตามวิธีของ AOAC (2000)

3.4.5 การวิเคราะห์หาเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด และเป็นกลาง ดำเนินการของ van soet (2000)

3.4.6 การวิเคราะห์หาไขมัน (Ether extract) ดำเนินการตามวิธีของ AOAC (2000)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี analysis of Variance in CRD และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Little and Hills, 1975)

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่ม วันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึง วันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ.2561

สถานที่การทดลอง

สาขาวิชา เกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์) คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (ย่านมัทรี) มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของชนิดของอาหารหยาบต่อลักษณะกลิ่น พบว่า ลักษณะของกลิ่นพืชอาหารหมักทั้ง 16 สูตร พบว่า ลักษณะของพืชอาหารสัตว์หมักสูตรที่ 5, 7, 8, 12 และ 14 จะมีลักษณะของกลิ่นพืชอาหารสัตว์หมักที่ใกล้เคียงกันโดยมีลักษณะกลิ่นหอมคล้ายผลไม้ดองหรือน้ำส้มสายชู ซึ่งกลิ่นดังกล่าวเป็นกลิ่นที่ดีของพืชอาหารสัตว์หมัก ส่วนสูตรที่ 4, 6, 11, 13, และ 16 จะมีลักษณะของกลิ่นใกล้เคียงกัน คือไม่หอม มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย ส่วนสูตรที่เหลือคือ 1, 3, 9, 10 และ 15 จะมีกลิ่นฉุนมากและเหม็นเล็กน้อย ซึ่งกลิ่นดังกล่าวเป็นลักษณะไม่ค่อยดีนัก

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่ากายภาพของกลิ่นของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
Smell								
Para Grass	4.00	7.00	4.00	6.00	5.25			
Napier Pakchong	9.00	8.00	11.00	10.00	9.50			
Sun Hemp	5.00	4.00	6.00	11.00	6.50	**	**	**
<i>Leucaen</i>	6.00	9.00	4.00	7.00	6.50			
Average	6.00	7.00	6.25	8.50	6.94			

NS, *, **: NS= Not significant, *Significantly different at $P<0.05$, ** Significantly different at $P<0.01$, respectively

ลักษณะสี

ผลของชนิดของอาหารหยาบต่อลักษณะสี พบว่า ลักษณะของสีพืชอาหารหมักทั้ง 16 สูตร พบว่า ลักษณะของพืชอาหารสัตว์หมักสูตรที่ 4, 8 และ 12 จะมีลักษณะของสีอาหารหมักสีเหลืองอมเขียวหรือสีจางๆ ส่วนสูตรที่ 5 และ 11 ลักษณะสีของพืชอาหารสัตว์หมักสีเขียวอมเหลือง ซึ่งทั้ง 2 สีนี้จัดเป็นลักษณะที่ดีของพืชอาหารหมัก ขณะที่ลักษณะของสีในสูตรที่ 1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 13, 14, 15 และ 16 จะมีลักษณะสีน้ำตาลทอง ซึ่งมีลักษณะสีดังกล่าวจัดเป็นคุณภาพที่รองลงมา

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าทางกายภาพของสีของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
Color								
Para Grass	1.00	1.00	1.00	2.75	1.44			
Napier Pakchong	2.00	1.50	1.50	2.75	1.94			
Sun Hemp	1.25	1.50	2.00	2.75	1.88	**	**	**
<i>Leucaen</i>	1.00	1.00	1.25	1.75	1.25			
Average	1.31	1.25	1.44	2.50	1.63			

NS, *, **: NS= Not significant, *Significantly different at $P<0.05$, ** Significantly different at $P<0.01$, respectively

ลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลของชนิดของอาหารหยาบต่อลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของพืชอาหารสัตว์หมัก ทั้ง 16 สูตร ภายหลังจากการหมักเป็นเวลา 21 วัน เมื่อทำการเปิดถุงหมัก พบว่าพืชอาหารหมักจะมีการยุบตัวลงเล็กน้อย และยังคงมีลักษณะแน่นส่วนใบ และลำต้นยังคงสภาพเหมือนเดิม และไม่มีสิ่งเจือปน ซึ่งพบเจอในสูตร 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, และ 16 ซึ่งสูตรส่วนใหญ่จะพบเจอในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ส่วนสูตรที่ 6, 9 และ 14 มีลักษณะแน่น ลำต้นเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย ลิ่นเป็นเมือก ซึ่งเป็นลักษณะดังกล่าวเป็นคุณภาพที่รองลงมา

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าทางกายภาพของเนื้อสัมผัสของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
Texture								
Para Grass	4.00	3.50	3.00	4.00	3.63			
Napier Pakchong	4.00	2.50	4.00	3.50	3.50			
Sun Hemp	2.50	3.50	3.50	3.50	3.50	**	**	**
<i>Leucaen</i>	3.50	2.50	3.00	3.50	3.13			
Average	3.50	3.00	3.38	3.63	3.38			

NS, *, **: NS= Not significant, *Significantly different at $P<0.05$, ** Significantly different at $P<0.01$, respectively

คุณค่าทางโภชนาของพืชอาหารสัตว์หมัก

ความชื้น (Moisture %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อความชื้น พบว่า ปอเทืองมีความชื้นสูงสุดเท่ากับ 5.10 % รองลงมา ได้แก่ กระถิน, หญ้าขน, เนเปียร์, มีค่าเท่ากับ 5.07, 5.02 และ 3.88 % ตามลำดับ

ผลชนิดของสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อความชื้น พบว่าชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อความชื้นในอาหารหยาบหมัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมีกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) ความชื้นสูงที่สุด 5.14 % รองลงมา ได้แก่ โซดาไฟ ,กากน้ำตาล, และเกลือ มีค่าเท่ากับ 4.95, 4.70 และ 4.27 % ตามลำดับ

ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อความชื้น พบว่า ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมต่อความชื้นในอาหารหยาบหมัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดย กระถินกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) มีความชื้นสูงที่สุด 6.53 % รองลงมามีค่าเท่ากับ 5.45 และ 5.22 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบความชื้นของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
Moisture (%)								
Para Grass	5.23	4.38	5.45	5.03	5.02			
Napier Pakchong	3.38	3.16	4.08	4.90	3.88			
Sun Hemp	5.45	5.22	4.67	5.05	5.10	**	**	**
<i>Leucaen</i>	6.53	4.33	4.60	4.81	5.07			
Average	5.14	4.27	4.70	4.95	4.77			

NS, *, **: NS= Not significant, *Significantly different at $P<0.05$, ** Significantly different at $P<0.01$, respectively

เถ้า (Ash %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อเถ้า พบว่า ปอเทือง มีปริมาณเถ้าสูงสุดเท่ากับ 13.59 % รองลงมา ได้แก่ หญ้าขน, กระจับ, เนเปียร์ มีค่าเท่ากับ 13.59, 13.02, 9.69 % ตามลำดับ

ผลชนิดของสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อเถ้า พบว่าชนิดของอาหารหยาบ มีผลต่อเถ้าในอาหารหยาบหมัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมี เกลือ ค่าเถ้าสูงสุด 21.11 % รองลงมา ได้แก่ กลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร), กากน้ำตาล, และโซดาไฟ มีค่าเท่ากับ 10.86, 9.86 และ 9.80 % ตามลำดับ

ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อเถ้า พบว่า ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมต่อเถ้าในอาหารหยาบหมัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดย หญ้าขนหมักเกลือ มีเถ้าสูงสุด 26.99 % รองลงมาเนเปียร์หมักเกลือ มีค่า 19.57 % กระจับหมักเกลือ 19.09 % และ ปอเทืองหมักเกลือ มีค่าเท่ากับ 18.77 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าเถ้าของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
Ash (%)								
Para Grass	10.14	26.99	8.12	9.11	13.59			
Napier Pakchong	6.56	19.57	6.25	6.38	9.69			
Sun Hemp	14.40	18.77	15.92	12.16	15.31	**	**	**
<i>Leucaen</i>	12.34	19.09	9.13	11.54	13.02			
Average	10.86	21.11	9.86	9.80	12.90			

NS, *, **: NS= Not significant, *Significantly different at $P<0.05$, ** Significantly different at $P<0.01$, respectively

โปรตีน (Crude protein, CP %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อโปรตีน พบว่า กระจับมีปริมาณโปรตีนสูงสุดเท่ากับ 20.76 % รองลงมา ได้แก่ ปอเทือง, หญ้าขน มีค่าเท่ากับ 19.65, 5.96 % ตามลำดับ

ผลชนิดของสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อโปรตีน พบว่าชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อเถ้าในอาหารหยาบหมักแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมี กลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร)

ค่าเฉลี่ยสูงสุด 14.08 % รองลงมา ได้แก่ โซดาไฟ,กากน้ำตาล,มีค่า 13.40, 13.18 และน้อยที่สุด เกลือ มีค่าเท่ากับ 9.80 % ตามลำดับ

ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อโปรตีน พบว่า ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมต่อค่าโปรตีนในอาหารหยาบหมัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดย กระถินกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) มีโปรตีนสูงสุด 23.32 % รองลงมากระถินหมัก กากน้ำตาล มีค่า 23.11 % ปอเทืองกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) 19.09 % และ ปอเทืองหมักโซดาไฟ มีค่าเท่ากับ 21.58 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าโปรตีนของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
CP (%)								
Para Grass	6.05	5.75	5.99	6.04	5.96			
Napier Pakchong	3.99	4.10	3.53	4.44	4.01			
Sun Hemp	22.96	13.98	20.07	21.58	19.65	**	**	**
<i>Leucaen</i>	23.32	15.05	23.11	21.55	20.76			
Average	14.08	9.72	13.18	13.40	12.59			

NS, *, **: NS= Not significant, *Significantly different at $P<0.05$,** Significantly different at $P<0.01$, respectively

ไขมัน (Ether extract , EE %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อไขมัน พบว่า เนเปียร์ มีปริมาณไขมันสูงสุด เท่ากับ 1.93 % รองลงมา ได้แก่ หญ้าขน, กระถิน มีค่าเท่ากับ 0.52, 0.42 และค่าไขมันที่น้อยที่สุด ปอเทือง 0.34 % ตามลำดับ

ผลชนิดของสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อไขมัน พบว่าชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อไขมัน ในอาหารหยาบหมักแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมี กากน้ำตาล ค่าไขมันสูงสุด 0.88 % รองลงมา ได้แก่ โซดาไฟ,กลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร), มีค่าเท่ากับ 0.86, 0.82 และ โซดาไฟ มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.65 % ตามลำดับ

ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อไขมัน พบว่า ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมต่อไขมันในอาหารหยาบหมักแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดย เนเปียร์หมักโซดาไฟ มีไขมันสูงสุด 2.21 % รองลงมาเนเปียร์หมักกากน้ำตาล มีค่า

2.05 % เนเปียร์กลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) 1.82 % และเนเปียร์หมักเกลือ มีค่าเท่ากับ 1.66 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่าไขมันของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
EE (%)								
Para Grass	0.51	0.45	0.61	0.50	0.52			
Napier Pakchong	1.82	1.66	2.05	2.21	1.93			
Sun Hemp	0.43	0.13	0.46	0.35	0.34	**	**	**
<i>Leucaen</i>	0.51	0.35	0.42	0.38	0.42			
Average	0.82	0.65	0.88	0.86	0.80			

NS, *, **: NS= Not significant, *Significantly different at $P<0.05$, ** Significantly different at $P<0.01$, respectively

เยื่อใยหยาบ (Crude fiber ,CF %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อเยื่อใยหยาบ พบว่า เนเปียร์มีปริมาณเยื่อใยสูงสุดเท่ากับ 43.11 % รองลงมา ได้แก่ หญ้าขน, ปอเทือง, มีค่าเท่ากับ 37.75, 32.28 % ตามลำดับ และกระถินมีปริมาณเยื่อใยต่ำสุด เท่ากับ 31.48 %

ผลชนิดของสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อเยื่อใยหยาบ พบว่าชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อเยื่อใยในอาหารหยาบหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดย โซดาไฟ มีเยื่อใยสูงที่สุด 39.31 % รองลงมา ได้แก่ กลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร), กากน้ำตาล, มีค่าเท่ากับ 38.16, 37.48 และเกลือมีค่าน้อยที่สุด 29.66 % ตามลำดับ

ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อเยื่อใยหยาบ พบว่า ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมต่อเยื่อใยในอาหารหยาบหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยเนเปียร์หมักกากน้ำตาล มีเยื่อใยสูงที่สุด 47.84 % รองลงมาเนเปียร์หมักโซดาไฟมีค่า 44.36 % เนเปียร์กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) 45.01 % และ หญ้าขน กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) มีค่าเท่ากับ 39.82 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่าเยื่อใยหยาบของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
CF (%)								
Para Grass	39.82	29.08	39.38	42.72	37.75			
Napier Pakchong	45.01	35.24	47.84	44.36	43.11			
Sun Hemp	34.60	27.23	30.21	37.05	32.28	**	**	**
<i>Leucaen</i>	33.20	27.10	32.49	33.12	31.48			
Average	38.16	29.66	37.48	39.31	36.15			

NS, *, **: NS= Not significant, *Significantly different at $P<0.05$, ** Significantly different at $P<0.01$, respectively

เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (Acid Detergent Fiber ,ADF %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด พบว่า กระจินมีปริมาณเยื่อใยสูงสุดเท่ากับ 55.48 % รองลงมา ได้แก่ เนเปียร์, หญ้าขน มีค่าเท่ากับ 52.35, 46.71 % ตามลำดับ และปอเทือง มีปริมาณเยื่อใยต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 44.41 %

ผลชนิดของสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด พบว่า ชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อเยื่อใยในอาหารหยาบหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมี โซดาไฟ เยื่อใยสูงที่สุด 52.15 % รองลงมา ได้แก่ กากน้ำตาล, และกลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) มีค่าเท่ากับ 52.14, 51.84 และเกลือมีค่าน้อยที่สุด 9.80 % ตามลำดับ

ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด พบว่าผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมต่อเยื่อใยในอาหารหยาบหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยเนเปียร์หมักกากน้ำตาล มีเยื่อใยสูงที่สุด 59.02 % รองลงมากระจินหมักกากน้ำตาล มีค่า 59.01 % กระจินหมักโซดาไฟ 59.00 % และกระจินกลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) มีค่าเท่ากับ 55.45 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรดของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
ADF (%)								
Para Grass	48.20	35.89	48.93	53.81	46.71			
Napier Pakchong	55.36	41.94	59.02	53.09	52.35			
Sun Hemp	48.35	45.00	41.61	42.68	44.41	**	**	**
<i>Leucaen</i>	55.45	48.45	59.01	59.00	55.48			
Average	51.84	42.82	52.14	52.15	49.74			

NS, *, **: NS= Not significant, *Significantly different at $P<0.05$, ** Significantly different at $P<0.01$, respectively

เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Nitrogen Detergent Fiber, NDF %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง พบว่าปอเทือง มีปริมาณเยื่อใยสูงสุด เท่ากับ 84.02 % รองลงมา ได้แก่ เนเปียร์, หญ้าขน มีค่าเท่ากับ 79.01, 75.97 % ตามลำดับ และกระถิน มีปริมาณเยื่อใยต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 68.14 %

ผลชนิดของสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง พบว่าชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อเยื่อใยในอาหารหยาบหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมี กากน้ำตาลเยื่อใยสูงที่สุด 81.25 % รองลงมา ได้แก่ กลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) , โซดาไฟ มีค่าเท่ากับ 78.94, 78.60 และเกลือมีค่าน้อยที่สุด 68.35 % ตามลำดับ

ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง พบว่าผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมต่อเยื่อใยในอาหารหยาบหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยปอเทืองหมักกากน้ำตาล มีเยื่อใยสูงที่สุด 85.25 % รองลงมาปอเทืองกลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) มีค่า 85.22 % เนเปียร์หมักกากน้ำตาล มีค่า 85.21% และปอเทืองหมักเกลือ มีค่าเท่ากับ 84.21 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าเชื้อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
NDF (%)								
Para Grass	80.16	61.68	81.74	80.32	75.97			
Napier Pakchong	82.94	66.66	85.21	81.22	79.01			
Sun Hemp	85.22	84.17	85.25	81.42	84.02	**	**	**
<i>Leucaen</i>	67.43	60.88	72.80	71.43	68.14			
Average	78.94	68.35	81.25	78.60	76.78			

NS, *, **: NS= Not significant, *Significantly different at $P<0.05$, ** Significantly different at $P<0.01$, respectively

คาร์โบไฮเดรต (Nitrogen - Free Extract, NFE %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อคาร์โบไฮเดรต พบว่าชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อคาร์โบไฮเดรตในอาหารหยาบหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยปอเทืองมีค่าสูงที่สุด 72.68 % รองลงมาเป็นกระถิน, หญ้าขน มีค่าเท่ากับ 70.73, 62.84 และเนเปียร์ 62.63 % ตามลำดับ

ผลชนิดของสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อคาร์โบไฮเดรต พบว่าชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อคาร์โบไฮเดรตในอาหารหยาบหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมีกลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) มีค่าคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด 69.06 % รองลงมา ได้แก่ โซดาไฟ, กากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 68.32, 66.10 และเกลือมีค่าน้อยที่สุด 65.40 % ตามลำดับ

ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อคาร์โบไฮเดรต พบว่าผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมต่อคาร์โบไฮเดรตในอาหารหยาบหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดย ปอเทืองกลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) คาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด 77.84 % รองลงมาปอเทืองหมักโซดาไฟ มีค่า 76.19 % กระถินกลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) 75.90 % และปอเทืองหมักกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 71.33 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่าคาร์โบไฮเดรตของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
NFE (%)								
Para Grass	61.75	66.65	59.54	63.40	62.84			
Napier Pakchong	60.74	63.74	63.75	62.28	62.63			
Sun Hemp	77.84	65.34	71.33	76.19	72.68	**	**	**
<i>Leucaen</i>	75.90	65.88	69.76	71.40	70.73			
Average	69.06	65.40	66.10	68.32	67.22			

NS, *, **: NS= Not significant, *Significantly different at $P<0.05$, ** Significantly different at $P<0.01$, respectively

วัตถุดิบแห้ง (Dry matter, DM %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อวัตถุดิบแห้ง พบว่าชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อวัตถุดิบแห้งในอาหารหยาบหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยเนเปียร์ ค่าวัตถุดิบแห้งสูงสุด 73.15 % รองลงมา กระถิน, ปอเทือง มีค่าวัตถุดิบแห้ง 72.60, 72.58 และหญ้าขน มีค่าวัตถุดิบแห้งน้อยที่สุด 72.53 % ตามลำดับ

ผลชนิดของสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อวัตถุดิบแห้ง พบว่าชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อวัตถุดิบแห้งในอาหารหยาบหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยเกลือ มีค่าวัตถุดิบแห้งสูงสุด 72.88 % รองลงมา ได้แก่ กากน้ำตาล, โซดาไฟ มีค่าเท่ากับ 72.77, 72.63 และกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) มีค่าวัตถุดิบแห้งน้อยที่สุด 72.57 % ตามลำดับ

ผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อวัตถุดิบแห้ง พบว่าผลของชนิดของอาหารหยาบ และสารเสริมต่อวัตถุดิบแห้งในอาหารหยาบหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยเนเปียร์หมักเกลือ ค่าวัตถุดิบแห้งสูงสุด 73.48 % รองลงมาเนเปียร์กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) มีค่า 73.39 %, เนเปียร์หมักกากน้ำตาล 73.05 % และกระถินหมักเกลือ มีค่าเท่ากับ 72.93 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบค่าวัตถุดิบแห้งของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
DM (%)								
Para Grass	72.52	72.59	72.43	72.56	72.53			
Napier Pakchong	73.39	73.48	73.05	72.67	73.15			
Sun Hemp	72.42	72.52	72.79	72.59	72.58	**	**	**
<i>Leucaen</i>	71.94	72.93	72.81	72.71	72.60			
Average	72.57	72.88	72.77	72.63	72.21			

NS, *, **: NS= Not significant, *Significantly different at $P<0.05$, ** Significantly different at $P<0.01$, respectively

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. คุณค่าทางโภชนาของพืชอาหารสัตว์หลัก

ความชื้น (Moisture %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อความชื้น พบว่า ปอเทืองมีความชื้นสูงสุด รองลงมา ได้แก่ กระจิน, หญ้าขน, เนเปียร์

ชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อความชื้นในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) ความชื้นสูงสุด รองลงมา ได้แก่ โซดาไฟ ,กากน้ำตาล, และเกลือ

ผลของชนิดของอาหารหยาบและสารเสริมต่อความชื้นในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย กระจินกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) มีความชื้นสูงสุด รองลงปอเทืองกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) กับ หญ้าขนหมักกากน้ำตาล มีค่าเท่ากัน และหญ้าขนควบคุม (ไม่เสริมสาร)และปอเทืองหมักเกลือ

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อค่า พบว่า ปอเทือง มีปริมาณค่าสูงสุด รองลงมา ได้แก่ หญ้าขน,กระจิน, เนเปียร์

ผลชนิดของสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อค่า พบว่า ชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อค่าในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมี เกลือ ค่าค่าสูงสุด รองลงมา ได้แก่ กลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) ,กากน้ำตาล, และโซดาไฟ

ผลของชนิดของอาหารหยาบและสารเสริมต่อค่าในอาหารหยาบหมักโดย หญ้าขนหมักเกลือ มีค่าสูงสุด รองลงมาเนเปียร์หมักเกลือ กระจินหมักเกลือ และ ปอเทืองหมักเกลือ

โปรตีน (Crude Protein, CP %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อโปรตีน พบว่า กระจินมีปริมาณโปรตีนสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ปอเทือง,หญ้าขน

ชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อค่าในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมี กลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) ค่าค่าสูงสุด รองลงมา ได้แก่ โซดาไฟ,กากน้ำตาล และเกลือ

ผลของชนิดของอาหารหยาบและสารเสริมต่อค่าในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย กระจินกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) มีโปรตีนสูงสุด รองลงมากระจินหมักกากน้ำตาล ปอเทืองกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) และ ปอเทืองหมักโซดาไฟ

ไขมัน (Ether Extract, EE %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อไขมัน พบว่า เนเปียร์มีปริมาณไขมันสูงสุด รองลงมา ได้แก่ หญ้าขน, กระจิน และ ปอเทือง

ชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อไขมันในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีกากน้ำตาล ค่าไขมันสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ โซดาไฟ, กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) และ โซดาไฟ

ผลของชนิดของอาหารหยาบและสารเสริมต่อไขมันในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย เนเปียร์หมักโซดาไฟ มีไขมันสูงที่สุด รองลงมา เนเปียร์หมักกากน้ำตาล เนเปียร์กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) และ เนเปียร์หมักเกลือ

เยื่อใยหยาบ (Crude Fiber, CF %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อเยื่อใยหยาบ พบว่า เนเปียร์มีปริมาณเยื่อใยสูงสุดเท่ากับ รองลงมา ได้แก่ หญ้าขน, ปอเทือง และ กระจิน

ชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อเยื่อใยในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีโซดาไฟ เยื่อใยสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) , กากน้ำตาล และเกลือมีค่าน้อยที่สุด

ผลของชนิดของอาหารหยาบและสารเสริมในอาหารหยาบหมักต่อเยื่อใยหยาบ พบว่า ผลของชนิดของอาหารหยาบและสารเสริมต่อเยื่อใยในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเนเปียร์หมักกากน้ำตาล มีเยื่อใยสูงที่สุด รองลงมา เนเปียร์หมักโซดาไฟ เนเปียร์กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) และ หญ้าขน กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร)

เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (Acid Detergent Fiber, ADF %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด พบว่า กระจินมีปริมาณเยื่อใยสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ เนเปียร์, หญ้าขน และ ปอเทือง

ชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อเยื่อใยในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีโซดาไฟ เยื่อใยสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ กากน้ำตาล, และกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) มี และเกลือ

ผลของชนิดของอาหารหยาบและสารเสริมต่อเยื่อใยในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย เนเปียร์หมักกากน้ำตาล เยื่อใยสูงที่สุด รองลงมา กระจินหมักกากน้ำตาล กระจินหมักโซดาไฟ และ กระจินกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร)

เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Nitrogen Detergent Fiber, NDF %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง พบว่า ปอเทือง มีปริมาณเยื่อใยสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ เนเปียร์, หญ้า และ กระจิน

ชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อเยื่อใยในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีกากน้ำตาลเยื่อใยสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) ,โซดาไฟ และเกลือ

ผลของชนิดของอาหารหยาบและสารเสริมต่อเยื่อใยในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย ปอเทืองหมักกากน้ำตาล มีเยื่อใยสูงที่สุด รองลงมาปอเทืองกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) เนเปียร์หมักกากน้ำตาล และปอเทืองหมักเกลือ

คาร์โบไฮเดรต (Nitrogen-Free Extract, NFE %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อคาร์โบไฮเดรต พบว่า ชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อคาร์โบไฮเดรตในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปอเทือง มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นกระถิน,หญ้าขน และเนเปียร์

ชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อคาร์โบไฮเดรตในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมี กลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) ค่าคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ โซดาไฟ,กากน้ำตาล มีและเกลือ

ผลของชนิดของอาหารหยาบและสารเสริมต่อคาร์โบไฮเดรตในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย ปอเทืองกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) คาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด รองลงมา ปอเทืองหมักโซดาไฟ กระถินกลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) และปอเทืองหมักกากน้ำตาล

วัตถุแห้ง (Dry matter, DM %)

ผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อวัตถุแห้ง พบว่า ชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อวัตถุแห้งในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเนเปียร์ ค่าวัตถุแห้งสูงที่สุด รองลงมา กระถิน,ปอเทืองและหญ้าขน

ชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อวัตถุแห้งในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมี เกลือ ค่าวัตถุแห้งสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ กากน้ำตาล,โซดาไฟ และกลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) มีค่าวัตถุแห้งน้อยที่สุด

ผลของชนิดของอาหารหยาบและสารเสริมต่อวัตถุแห้งในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย เนเปียร์หมักเกลือ ค่าวัตถุแห้งสูงที่สุด รองลงมาเนเปียร์กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) และกระถินหมักเกลือ

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการวิจัยพบว่าผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อโปรตีน พบว่า กระถิน มีปริมาณโปรตีนสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ปอเทือง, กล้วยาชน สอดคล้องกับงานวิจัยของนิรันดร์หนักแดง (2558) ผลของการหมักหญ้าซิกแนลเลียร์ร่วมกับกระถินต่อคุณภาพของพืชหมักโดยพบว่าลักษณะทางกายภาพของทุกกลุ่มการทดลองมีสีน้ำตาลเหลืองมีกลิ่นหอมคล้ายผลไม้ดองและลักษณะทางกายภาพโดยรวมดีมากไม่แตกต่างกันส่วนองค์ประกอบทางเคมีของพืชหมักพบการหมักร่วมกับกระถินทำให้ระดับโปรตีนของพืชหมักมีค่าสูงขึ้น

2. ผลการวิจัยพบว่าชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อไขมันในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยมี กากน้ำตาล ค่าไขมันสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ โซดาไฟ, กลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) และโซดาไฟ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อมรรัตน์ ไชยชนะ (2560) ผลของการใช้หญ้าหมักในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต การย่อยได้ของโภชนะ และคุณภาพซากในสุกรพบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนํักตัว และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณการกินได้และอัตราการเจริญเติบโต มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นค่าการย่อยได้ของไขมัน และเถ้า ซึ่งมีค่าการย่อยได้สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

3. ผลการวิจัยพบว่าผลชนิดของพืชอาหารสัตว์ในอาหารหยาบหมักต่อคาร์โบไฮเดรต พบว่าชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อคาร์โบไฮเดรตในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยปอเทือง มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นกระถิน, กล้วยาชน และเนเปียร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของบุญส่ง เลิศรัตนพงษ์วิทยา สุมาลย์ วิโรจน์ ฤทธิ์ฤทัยไพโร นามสีล (2555) การศึกษาคุณภาพของพืชหมักในถุงพลาสติกดำที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่าหญ้าเนเปียร์ยักซ์หมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน โดยคุณค่าทางโภชนะและการใช้ประโยชน์ได้ไม่เปลี่ยนแปลงหญ้ากินนีสีม่วงหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สามารถเก็บได้นาน 3 เดือน มีคุณค่าทางโภชนะและการใช้ประโยชน์ได้ไม่ต่ำกว่าก่อนหมัก แต่ถ้าเก็บไว้นาน 6 - 12 เดือน ลักษณะทางกายภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงชัดเจน ไม่เหมาะที่จะนำไปเลี้ยงสัตว์ ส่วนต้นข้าวโพดหมักมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีปานกลาง สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน โดยคุณค่าทางโภชนะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

4. ผลการวิจัยพบว่าผลของชนิดของอาหารหยาบและสารเสริมต่อวัตถุดิบในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดย เนเปียร์หมักเกลือ ค่าวัตถุดิบสูงที่สุด รองลงมาเนเปียร์กลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) และกระถินหมักเกลือ สอดคล้องกับงานวิจัยของวิรัชและคณะ (2542) ได้ศึกษาผลของระยะตัดที่มีต่อผลผลิตน้ำนํักแห้ง ผลผลิต โปรตีนหยาบ และส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์พบว่าเมื่อตัดหญ้าอายุที่ 40 วันผลผลิตน้ำนํักแห้งจะเพิ่ม ขึ้นแต่เมื่ออายุพืชมากขึ้นที่ 50 วันผลผลิตน้ำนํักแห้งจะลดลงสำหรับส่วนประกอบทางเคมี พบว่าเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นจะทำให้

ปริมาณน้ำหนักรวมแห้งและเยื่อใย Neutral Detergent Fiber(NDF), Acid Detergent Fiber(ADF) และ Acid Detergent Lignin, (ADL) เพิ่มขึ้นแต่มีปริมาณโปรตีนหยาบลดลง

5. ผลการวิจัยพบว่าผลของชนิดของอาหารหยาบและสารเสริมต่อคาร์โบไฮเดรตในอาหารหยาบหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย ปอเทืองกลุ่มควบคุม (ไม่เสริมสาร) คาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด รองลงมาปอเทืองหมักโซดาไฟ กระถินกลุ่มควบคุม(ไม่เสริมสาร) และปอเทืองหมักกากน้ำตาลซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (พรชัย, 2548; Jones, 1978; McDonald, 1981 และ Alberta Ag-Industries, 1986)พบว่าพืชอาหารหมักสามารถทำได้จากพืชตระกูลหญ้า พืชตระกูลถั่วและผลพลอยได้ทางเกษตร เป็นต้น ซึ่งลักษณะของพืชอาหารสัตว์ที่นำมาทำเป็นพืชอาหารหมักควรมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (WSC) ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่ำ (BC) สามารถอัดแน่นได้อย่างรวดเร็วไซโลหลังการเก็บเกี่ยวและควรมีปริมาณน้ำหนักรวมแห้งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมคืออยู่ในช่วง 30-40 %

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมผลของหญ้าขนหญ้าเนเปียร์ปอเทืองที่หมักร่วมกับกระถินต่อปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักรวมแห้งและอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์รวมทั้งประสิทธิภาพการย่อยได้ของหญ้าขน, หญ้าเนเปียร์, ปอเทืองหมักสูตรต่างๆ
2. หญ้าอาหารสัตว์เป็นแหล่งอาหารหยาบหลักที่มีความสำคัญต่อการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยคุณภาพหญ้าอาหารสัตว์ หรือปริมาณโภชนาที่สัตว์ได้รับจากหญ้าอาหารสัตว์ มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ ตลอดจนการให้ผลผลิต
3. คุณภาพของหญ้าอาหารสัตว์มีความสำคัญต่อกระบวนการทางเคมี ขบวนการทางสรีรวิทยา ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และการดูดซึมโภชนาต่างๆ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ของร่างกายสัตว์ ซึ่งรวมถึงขบวนการขับถ่ายของเสีย ดังนั้น ผลผลิตของสัตว์ต่อตัวถือว่าเป็นตัวชี้วัดคุณภาพหญ้าอาหารสัตว์โดยตรง ซึ่งการวัดคุณภาพหญ้าอาหารสัตว์กระทำได้โดยการประเมินจากลักษณะคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ โดยที่คุณภาพหญ้าอาหารสัตว์อาจแปรผันเนื่องจากถูกควบคุมด้วยปัจจัยด้านพันธุกรรม และปัจจัยสภาพแวดล้อม และการจัดการดังนั้นการเพิ่มสมรรถภาพการให้ผลผลิตของสัตว์เคี้ยวเอื้อง สัตว์ต้องได้รับหญ้าอาหารสัตว์ทั้งปริมาณและคุณภาพที่ดีเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และการพัฒนาเพื่อผลผลิตและคุณภาพ

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2547ก. มาตรฐานพืชอาหารสัตว์แห้ง กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กรมปศุสัตว์. (2547). มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักของกองอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กรมปศุสัตว์. 2548. หญ้าหมัก. เอกสารคำแนะนำกรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- บุญล้อม และคณะ (2543). คู่มือวิเคราะห์อาหารสัตว์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. จังหวัดเชียงใหม่.
- นิรันดร์. (2558). ผลของการหมักหญ้าซิกแนลเล็กร่วมกับกระถินต่อคุณภาพของพืชหมัก แหล่งที่มา วารสาร มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ;7(2) หน้า 119
- บุญญา วิไลพล. 2539. พืชอาหารสัตว์เขตร้อนและการจัดการ. ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 4. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วีระพล ไกรลาส และคณะ (2541). ระยะเวลาการเก็บรักษาที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของหญ้าเนเปียร์หมักในถุงพลาสติก รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี 2541 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 272-282.
- บุญส่ง และคณะ(2555).การศึกษาคุณภาพของพืชหมักในถุงพลาสติกดำที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศรีสกุล วรจันทรา และคณะ (2551). การวิเคราะห์อาหารสัตว์ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ.
- พรชัย 2548, Jones 1978, McDonald 1981 และ Alberta Ag-Industries 1986). แหล่งที่มา: <http://digi.library.tu.ac.th/>
- Skerman P.J. and F. Riveros 1990. Tropical Grasses. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome Italy แหล่งที่มา: <http://kjna.ubru.ac.th>
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 16th Edn. AOAC International Washington USA. Pages: 1141.

McDonald P. Henderson N. and Herson S. (1991). The biochemistry of silage.

(2nd ed.) United Kingdom : Chalcombe

Van Soest P.J. Robertson J.B. Analysis of forages and fibrous foods. AS 613 Manual.

Dep. Anim. Sci. Cornell Univ. Ithaca NY 1985.

Woolford M.K. (1975a). “Microbiological screening of food preservatives cold sterilants and specific antimicrobial agent as potential silage additives.”

J. Sci. Food Agric., 26 : 229 – 237.

Muhammad et al. (2008). คุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนาการของหญ้ากินนีสีม่วง และถั่วอาหารสัตว์หมัก. แหล่งที่มา <https://ag2.kku.ac.th>

ภาคผนวก ก
ขั้นตอนการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตัวอย่าง ขั้นตอนการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความชื้นในอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
Moisture (%)								
Para Grass	5.23	4.38	5.45	5.03	5.02			
Napier Pakchong	3.38	3.16	4.08	4.90	3.88			
Sun Hemp	5.45	5.22	4.67	5.05	5.10	**	**	**
<i>Leucaen</i>	6.53	4.33	4.60	4.81	5.07			
Average	5.14	4.27	4.70	4.95	4.77 ^{GM}			

$$\begin{aligned}
 CF &= \frac{(\text{ผลรวมทั้งหมดในการทดลอง})^2}{\text{จำนวนทั้งหมดในการทดลอง}} \\
 &= \frac{163}{16} \\
 &= 10.1875
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{otal s.s} &= (\text{ผลบวกของแต่ละหน่วยการทดลอง}^2) - CF \\
 &= (5.23^2) + (3.36^2) + (5.45^2) + (6.53^2) + (4.38^2) + (3.16^2) + (5.22^2) + (4.33^2) + (5.4^2) + (4.08^2) + (4.67^2) + (4.60^2) + (5.03^2) + (4.90^2) + (5.05^2) + (4.81^2) - CF \\
 &= 147.94 - 10.1875 \\
 &= 137.7525
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Treatment s.s} &= \frac{\text{ผลบวกของแต่ละหน่วยการทดลอง} - C.F.}{\text{จำนวนซ้ำ}} \\
 &= \frac{(T_1)^2 + (T_2)^2 + (T_3)^2 + (T_4)^2}{R} - C.F. \\
 &= \frac{(5.02^2) + (3.88^2) + (5.10^2) + (5.07^2)}{4} - C.F. \\
 &= \frac{38.14 - 10.1875}{4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 10.1875 - 9.535 \\
 &= 0.65 \\
 \\
 \text{Error.s.s} &= \text{Total ss- Treatment s.s} \\
 &= 137.7525 - 0.65 \\
 &= 137.1025 \\
 \\
 \text{Treatment m.s} &= \frac{\text{Treatment s.s}}{T-1} \\
 &= \frac{0.65}{4-1} \\
 &= \frac{0.65}{3} \\
 &= 0.216 \\
 \\
 \text{Error m.s} &= \frac{\text{Error s.s}}{T(r-1)} \\
 &= \frac{137.1025}{4(4-1)} \\
 &= \frac{137.1025}{12} \\
 &= 11.425 \\
 \\
 F &= \frac{\text{Treatment m.s.}}{\text{Error m.s.}} \\
 &= \frac{0.216}{11.425} \\
 &= 0.018 \\
 \\
 \text{C.V. (\%)} &= \frac{\sqrt{\text{Error M.s} \times 100\%}}{\text{G.M.}} \\
 &= \frac{\sqrt{11.425 \times 100\%}}{4.7653}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{3.380}{4.7653} \times 100 \%$$

$$= 0.70 \times 100 \%$$

$$= 70.93 \%$$

ภาคผนวก ข
ตาราง ANOVA

ตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมักสูตรต่างๆ

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
Moisture (%)								
Para Grass	5.23	4.38	5.45	5.03	5.02			
Napier Pakchong	3.38	3.16	4.08	4.90	3.88			
Sun Hemp	5.45	5.22	4.67	5.05	5.10	**	**	**
Leucaen	6.53	4.33	4.60	4.81	5.07			
Average	5.14	4.27	4.70	4.95	4.77			
Ash (%)								
Para Grass	10.14	26.99	8.12	9.11	13.59			
Napier Pakchong	6.56	19.57	6.25	6.38	9.69			
Sun Hemp	14.40	18.77	15.92	12.16	15.31	**	**	**
Leucaen	12.34	19.09	9.13	11.54	13.02			
Average	10.86	21.11	9.86	9.80	12.90			
CP (%)								
Para Grass	6.05	5.75	5.99	6.04	5.96			
Napier Pakchong	3.99	4.10	3.53	4.44	4.01			
Sun Hemp	22.96	13.98	20.07	21.58	19.65	**	**	**
Leucaen	23.32	15.05	23.11	21.55	20.76			
Average	14.08	9.72	13.18	13.40	12.59			
EE (%)								
Para Grass	0.51	0.45	0.61	0.50	0.52			
Napier Pakchong	1.82	1.66	2.05	2.21	1.93			
Sun Hemp	0.43	0.13	0.46	0.35	0.34	**	**	**
Leucaen	0.51	0.35	0.42	0.38	0.42			
Average	0.82	0.65	0.88	0.86	0.80			

ตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมักสูตรต่างๆทั้งหมด (ต่อ)

CF (%)								
Para Grass	39.82	29.08	39.38	42.72	37.75			
Napier Pakchong	45.01	35.24	47.84	44.36	43.11			
Sun Hemp	34.60	27.23	30.21	37.05	32.28	**	**	**
<i>Leucaen</i>	33.20	27.10	32.49	33.12	31.48			
Average	38.16	29.66	37.48	39.31	36.15			
NFE (%)								
Para Grass	61.75	66.65	59.54	63.40	62.84			
Napier Pakchong	60.74	63.74	63.75	62.28	62.63			
Sun Hemp	77.84	65.34	71.33	76.19	72.68	**	**	**
<i>Leucaen</i>	75.90	65.88	69.76	71.40	70.73			
Average	69.06	65.40	66.10	68.32	67.22			
NDF (%)								
Para Grass	80.16	61.68	81.74	80.32	75.97			
Napier Pakchong	82.94	66.66	85.21	81.22	79.01			
Sun Hemp	85.22	84.17	85.25	81.42	84.02	**	**	**
<i>Leucaen</i>	67.43	60.88	72.80	71.43	68.14			
Average	78.94	68.35	81.25	78.60	76.78			
ADF (%)								
Para Grass	48.20	35.89	48.93	53.81	46.71			
Napier Pakchong	55.36	41.94	59.02	53.09	52.35			
Sun Hemp	48.35	45.00	41.61	42.68	44.41	**	**	**
<i>Leucaen</i>	55.45	48.45	59.01	59.00	55.48			
Average	51.84	42.82	52.14	52.15	49.74			

ตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมักสูตรต่างๆทั้งหมด (ต่อ)

DM (%)								
Para Grass	72.52	72.59	72.43	72.56	72.53			
Napier Pakchong	73.39	73.48	73.05	72.67	73.15			
Sun Hemp	72.42	72.52	72.79	72.59	72.58	**	**	**
<i>Leucaen</i>	71.94	72.93	72.81	72.71	72.60			
Average	72.57	72.88	72.77	72.63	72.21			
pH								
Para Grass	6.48	6.90	6.67	7.30	6.84			
Napier Pakchong	6.65	6.80	6.98	6.90	6.83			
Sun Hemp	6.43	6.98	7.15	7.07	6.91	**	**	**
<i>Leucaen</i>	6.83	6.77	6.65	6.90	6.79			
Average	6.59	6.86	6.86	7.04	6.84			
Color								
Para Grass	1.00	1.00	1.00	2.75	1.44			
Napier Pakchong	2.00	1.50	1.50	2.75	1.94			
Sun Hemp	1.25	1.50	2.00	2.75	1.88	**	**	**
<i>Leucaen</i>	1.00	1.00	1.25	1.75	1.25			
Average	1.31	1.25	1.44	2.50	1.63			
Smell								
Para Grass	4.00	7.00	4.00	6.00	5.25			
Napier Pakchong	9.00	8.00	11.00	10.00	9.50			
Sun Hemp	5.00	4.00	6.00	11.00	6.50	**	**	**
<i>Leucaen</i>	6.00	9.00	4.00	7.00	6.50			
Average	6.00	7.00	6.25	8.50	6.94			

ตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมักสูตรต่างๆทั้งหมด (ต่อ)

Texture								
Para Grass	4.00	3.50	3.00	4.00	3.63			
Napier Pakchong	4.00	2.50	4.00	3.50	3.50			
Sun Hemp	2.50	3.50	3.50	3.50	3.50	**	**	**
<i>Leucaen</i>	3.50	2.50	3.00	3.50	3.13			
Average	3.50	3.00	3.38	3.63	3.38			

หมายเหตุ : * หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ($P>0.01$)

** หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P>0.05$) ($P>0.01$)

ตารางภาคผนวกที่ 2 การเปรียบเทียบค่ากายภาพกลิ่นของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
smell								
Para Grass	4.00	7.00	4.00	6.00	5.25			
Napier Pakchong	9.00	8.00	11.00	10.00	9.50			
Sun Hemp	5.00	4.00	6.00	11.00	6.50	**	**	**
<i>Leucaen</i>	6.00	9.00	4.00	7.00	6.50			
Average	6.00	7.00	6.25	8.50	6.94			

ตารางภาคผนวกที่ 3 ตารางวิเคราะห์ค่ากายภาพกลิ่นของอาหารหยาบหมัก

source	df	ss	ms	F	F.05	F.01
Treatment	15	371.75	24.78	8.04	1.92	2.5
A	3	156.75	52.25	16.95	2.84	4.3
B	3	60.75	20.25	6.57	2.84	4.3
AxB	9	154.25	17.13	5.56	2.11	2.8
Error	48	148.00	3.08			
Total	63	519.75	8.25			

Grand Mean = 0.8025

CV = 4.7739

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 4 การเปรียบเทียบค่าทางกายภาพของสีของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
color								
Para Grass	1.00	1.00	1.00	2.75	1.44			
Napier Pakchong	2.00	1.50	1.50	2.75	1.94			
Sun Hemp	1.25	1.50	2.00	2.75	1.88	**	**	**
<i>Leucaen</i>	1.00	1.00	1.25	1.75	1.25			
Average	1.31	1.25	1.44	2.50	1.63			

ตารางภาคผนวกที่ 5 ตารางวิเคราะห์ค่าทางกายภาพสีของอาหารหยาบหมัก

source	df	ss	ms	F	F.05	F.01
Treatment	15	25.50	1.70	6.04	1.92	2.5
A	3	5.37	1.79	6.37	2.84	4.3
B	3	16.62	5.54	19.70	2.84	4.3
AxB	9	3.50	0.38	1.38	2.11	2.8
Error	48	13.50	0.28			
Total	63	39.00	0.61			

Grand Mean = 1.6520

CV = 32.6357

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 6 การเปรียบเทียบค่ากายภาพของเนื้อสัมผัสของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
Texture								
Para Grass	4.00	3.50	3.00	4.00	3.63			
Napier Pakchong	4.00	2.50	4.00	3.50	3.50			
Sun Hemp	2.50	3.50	3.50	3.50	3.50	**	**	**
<i>Leucaen</i>	3.50	2.50	3.00	3.50	3.13			
Average	3.50	3.00	3.38	3.63	3.38			

ตารางภาคผนวกที่ 7 ตารางวิเคราะห์ค่ากายภาพเนื้อสัมผัสของอาหารหยาบหมัก

source	df	ss	ms	F	F.05	F.01
Treatment	15	17.00	1.13	1.43	1.92	2.5
A	3	2.50	0.38	1.05	2.84	4.3
B	3	3.50	1.16	1.47	2.84	4.3
AxB	9	11.00	1.22	1.54	2.11	2.8
Error	48	38.00	0.79			

Grand Mean = 3.3750

CV = 26.3632

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 8 การเปรียบเทียบความชื้นของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
Moisture (%)								
Para Grass	5.23	4.38	5.45	5.03	5.02			
Napier Pakchong	3.38	3.16	4.08	4.90	3.88			
Sun Hemp	5.45	5.22	4.67	5.05	5.10	**	**	**
<i>Leucaen</i>	6.53	4.33	4.60	4.81	5.07			
Average	5.14	4.27	4.70	4.95	4.77			

ตารางภาคผนวกที่ 9 ตารางวิเคราะห์ความชื้นของอาหารหยาบหมัก

source	df	ss	ms	F	F.05	F.01
Treatment	15	39.95	2.66	578.40	1.92	2.52
A	3	16.88	5.62	1222.31	2.84	4.31
B	3	6.81	2.27	493.05	2.84	4.31
AxB	9	16.25	1.80	392.21	2.11	2.89
Error	48	0.22	0.0046			
Total	63	40.17	0.23			

Grand Mean = 4.7653

CV = 1.4241

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเถ้าของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
Ash (%)								
Para Grass	10.14	26.99	8.12	9.11	13.59			
Napier Pakchong	6.56	19.57	6.25	6.38	9.69			
Sun Hemp	14.40	18.77	15.92	12.16	15.31	**	**	**
<i>Leucaen</i>	12.34	19.09	9.13	11.54	13.02			
Average	10.86	21.11	9.86	9.80	12.90			

ตารางภาคผนวกที่ 11 ตารางวิเคราะห์ค่าเถ้าของอาหารหยาบหมัก

source	df	ss	ms	F	F.05	F.01
Treatment	15	2,063.58	137.57	6,824.30	1.92	2.52
A	3	265.61	88.53	7263.22	2.84	4.31
B	3	1,446.46	482.15	4,012.33	2.84	4.31
AxB	9	351.50	39.05	7,615.32	2.11	2.89
Error	48	0.24	0.0051			
Total	63	2,063.83	32.75			

Grand Mean = 12.9039

CV = 0.5550

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 12 การเปรียบเทียบค่าโปรตีนของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
CP (%)								
Para Grass	6.05	5.75	5.99	6.04	5.96			
Napier Pakchong	3.99	4.10	3.53	4.44	4.01			
Sun Hemp	22.96	13.98	20.07	21.58	19.65	**	**	**
<i>Leucaen</i>	23.32	15.05	23.11	21.55	20.76			
Average	14.08	9.72	13.18	13.40	12.59			

ตารางภาคผนวกที่ 13 ตารางวิเคราะห์ค่าโปรตีนของอาหารหยาบหมัก

source	df	ss	ms	F	F.05	F.01
Treatment	15	4,115.19	274.34	3,176.88	1.92	2.52
A	3	3,743.26	1,247.87	9,935.49	2.84	4.31
B	3	138.48	61.16	2,934.66	2.84	4.31
AxB	9	188.05	20.89	1,003.75	2.11	2.89
Error	48	0.99	0.25			
Total	63	4,116.19	65.33			

Grand Mean = 12.5942

CV = 1.1457

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 14 การเปรียบเทียบค่าไขมันของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
EE (%)								
Para Grass	0.51	0.45	0.61	0.50	0.52			
Napier Pakchong	1.82	1.66	2.05	2.21	1.93			
Sun Hemp	0.43	0.13	0.46	0.35	0.34	**	**	**
<i>Leucaen</i>	0.51	0.35	0.42	0.38	0.42			
Average	0.82	0.65	0.88	0.86	0.80			

ตารางภาคผนวกที่ 15 ตารางวิเคราะห์ค่าไขมันของอาหารหยาบหมัก

source	df	ss	ms	F	F.05	F.01
Treatment	15	28.59	1.90	1298.61	1.92	2.52
A	3	27.51	9.17	6248.09	2.84	4.31
B	3	0.54	0.18	123.79	2.84	4.31
AxB	9	0.53	0.05	40.48	2.11	2.89
Error	48	0.07	0.001			
Total	63	28.66	0.45			

Grand Mean = 0.8025

CV = 4.7739

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใยหยาบของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
CF (%)								
Para Grass	39.82	29.08	39.38	42.72	37.75			
Napier Pakchong	45.01	35.24	47.84	44.36	43.11			
Sun Hemp	34.60	27.23	30.21	37.05	32.28	**	**	**
<i>Leucaen</i>	33.20	27.10	32.49	33.12	31.48			
Average	38.16	29.66	37.48	39.31	36.15			

ตารางภาคผนวกที่ 17 ตารางวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยใยหยาบของอาหารหยาบหมัก

source	df	ss	ms	F	F.05	F.01
Treatment	15	2,525.80	168.38	519.87	1.92	2.52
A	3	1,405.66	468.55	1,446.60	2.84	4.31
B	3	926.13	308.71	953.10	2.84	4.31
AxB	9	194.00	21.55	66.55	2.11	2.89
Error	48	15.54	0.32			
Total	63	2,541.35	40.33			

Grand Mean = 36.1542

CV = 1.5742

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 18 การเปรียบเทียบค่าเชื้อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรดของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
ADF (%)								
Para Grass	48.20	35.89	48.93	53.81	46.71			
Napier Pakchong	55.36	41.94	59.02	53.09	52.35			
Sun Hemp	48.35	45.00	41.61	42.68	44.41	**	**	**
<i>Leucaen</i>	55.45	48.45	59.01	59.00	55.48			
Average	51.84	42.82	52.14	52.15	49.74			

ตารางภาคผนวกที่ 19 ตารางวิเคราะห์ค่าเชื้อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรดของอาหารหยาบหมัก

source	df	ss	ms	F	F.05	F.01
Treatment	15	2,988.80	199.25	1,829.33	1.92	2.52
A	3	1,236.43	412.14	3,783.85	2.84	4.31
B	3	1,021.92	340.64	3,127.39	2.84	4.31
AxB	9	730.45	81.16	745.13	2.11	2.89
Error	48	5.22	0.10			
Total	63	2,994.03	47.52			

Grand Mean = 49.7359

CV = 0.6636

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 20 การเปรียบเทียบค่าเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
NDF (%)								
Para Grass	80.16	61.68	81.74	80.32	75.97			
Napier Pakchong	82.94	66.66	85.21	81.22	79.01			
Sun Hemp	85.22	84.17	85.25	81.42	84.02	**	**	**
<i>Leucaen</i>	67.43	60.88	72.80	71.43	68.14			
Average	78.94	68.35	81.25	78.60	76.78			

ตารางภาคผนวกที่ 21 ตารางวิเคราะห์ค่าเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางของอาหารหยาบหมัก

source	df	ss	ms	F	F.05	F.01
Treatment	15	4,445.76	296.38	819.73	1.92	2.52
A	3	2,122.83	707.62	1,957.09	2.84	4.31
B	3	1,584.71	528.23	1,460.99	2.84	4.31
AxB	9	138.21	82.02	226.86	2.11	2.89
Error	48	17.35	0.36			
Total	63	4,463.11	70.84			

Grand Mean = 76.7827

CV = 0.7831

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 22 การเปรียบเทียบค่าคาร์โบไฮเดรตของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
NFE (%)								
Para Grass	61.75	66.65	59.54	63.40	62.84			
Napier Pakchong	60.74	63.74	63.75	62.28	62.63			
Sun Hemp	77.84	65.34	71.33	76.19	72.68	**	**	**
<i>Leucaen</i>	75.90	65.88	69.76	71.40	70.73			
Average	69.06	65.40	66.10	68.32	67.22			

ตารางภาคผนวกที่ 23 ตารางวิเคราะห์ค่าคาร์โบไฮเดรตของอาหารหยาบหมัก

source	df	ss	ms	F	F.05	F.01
Treatment	15	2,036.46	135.76	307.88	1.92	2.52
A	3	1,318.58	439.52	996.73	2.84	4.31
B	3	146.65	48.88	110.86	2.84	4.31
AxB	9	571.21	63.46	143.93	2.11	2.89
Error	48	21.16	0.44			
Total	63	2,057.63	32.66			

Grand Mean = 67.2181

CV = 0.9879

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 24 การเปรียบเทียบค่าวัตถุแห้งของอาหารหยาบหมัก

FACTOR A	FACTOR B				Average	P - value		
	Control	Salt	Molasses	NaOH		A	B	AxB
DM (%)								
Para Grass	72.52	72.59	72.43	72.56	72.53			
Napier Pakchong	73.39	73.48	73.05	72.67	73.15			
Sun Hemp	72.42	72.52	72.79	72.59	72.58	**	**	**
<i>Leucaen</i>	71.94	72.93	72.81	72.71	72.60			
Average	72.57	72.88	72.77	72.63	72.21			

ตารางภาคผนวกที่ 23 ตารางวิเคราะห์ค่าวัตถุแห้งของอาหารหยาบหมัก

source	df	ss	ms	F	F.05	F.01
Treatment	15	8.46	0.56	0.00	1.92	2.5
A	3	4.09	1.36	0.00	2.84	4.3
B	3	0.93	0.31	0.00	2.84	4.3
AxB	9	3.04	0.38	0.00	2.11	3.8
Error	48	99,075.51	2,064.07			
Total	63	99,083.98	1,572.76			

Grand Mean = 72.7131

CV = 62.4813

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ภาคผนวก ค
ภาพการทดลอง



ภาพผนวกที่ 1 ภาพการจัดการปอเทืองที่ทำการเก็บเกี่ยว



ภาพผนวกที่ 2 ภาพนำปอเทืองที่ผ่านการตัดบดนั้นใส่ถุง



ภาพผนวกที่ 3 นำปุ๋ยฯชนที่ทำการเก็บเกี่ยวมานั้นใส่เครื่องตัด



ภาพผนวกที่ 4 กากน้ำตาล สารเสริมที่ใช้ทำการหมัก



ภาพผนวกที่ 5 เกลือ สารเสริมที่ใช้ทำการหมัก



ภาพผนวกที่ 5 โซดาไฟที่ละลายน้ำสารเสริมที่ใช้ทำการหมัก



ภาพผนวกที่ 6 ถังพลาสติกที่ไว้ทำการชั่งตวงน้ำ



ภาพผนวกที่ 7 กระบะที่ใช้ในการผสมหญ้าหมักกับสารเสริม



ภาพผนวกที่ 8 เครื่องดูดฝุ่นไว้ในการไล่อากาศ



ภาพผนวกที่ 9 หล้าเนเปียร์ที่ทำการหมัก



ภาพผนวกที่ 10 กระถินสด ที่นำมาทำการหมัก



ภาพผนวกที่ 11 หญ้าขนที่ทำการหมัก 21 วัน



ภาพผนวกที่ 12 กระถินที่ทำการหมัก 21 วัน



ภาพผนวกที่ 13 หญ้าขนที่ทำการหมัก 21 วัน



ภาพผนวกที่ 14 หล้าที่ทำการหมักทั้งหมด



ภาพผนวกที่ 15 การเก็บตัวอย่างและชั่งตวง



ภาพผนวกที่ 16 การเก็บหญ้าหมักใส่ถุงและใส่อากาศ

ภาคผนวก ง
ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวทิฆัมพร ธรรมชีวัน
เกิดเมื่อ	29 กันยายน พ.ศ.2538
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 35 หมู่ 4 ตำบล เกาะเทโพ อำเภอ เมือง จังหวัด อุทัยธานี
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาปี 4-6 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม 2554-2557 มัธยมศึกษาปี 1-3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม 2551-2554 ประถมศึกษาปี 4-6 โรงเรียนอนุบาลเมืองอุทัยธานี 2548-2551 ประถมศึกษาปี 1-3 โรงเรียนอนุบาลเมืองอุทัยธานี 2545-2548
ชื่อ	นายศุภชัย นาควิสุทธิ
เกิดเมื่อ	19 มีนาคม พ.ศ.2539
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 9 หมู่ 5 ตำบล โนนเหล็ก อำเภอ เมือง จังหวัด อุทัยธานี
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาปี 4-6 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม 2554-2557 มัธยมศึกษาปี 1-3 โรงเรียนอุทัยวิทยาคม 2551-2554 ประถมศึกษาปี 4-6 โรงเรียนพิทักษ์วิทยา 2548-2551 ประถมศึกษาปี 1-3 โรงเรียนพิทักษ์วิทยา 2545-2548