



วิทยานิพนธ์

ผลของหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่อุก
นายรังสีต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนม

EFFECT OF PANGOLA SILAGE (*DIGITARIA ERIANTHA*)
ENSILED WITH IRRADIATED LACTIC ACID BACTERIA
INOCULANTS ON PRODUCTIVE PERFORMANCES OF
DAIRY CATTLE

นายนิรันดร์ หั่นแฉก

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

ปริญญา

โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์

สัตว์บาล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่ถูกฉายรังสี
ต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนม

Effect of Pangola Silage (*Digitaria eriantha*) Ensiled with Irradiated Lactic Acid

Bacteria Inoculants on Productive Performances of Dairy Cattle

นามผู้วิจัย นายนิรันดร์ หนักแดง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลอชาติ บุญเอก, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สมเกียรติ ประสานพานิช, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สมบัติ ยิ้มมงคล, วท.ม.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อาคมางกูร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อางคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 3 เดือน ๒๕๕๑ พ.ศ. ๒๕๕๑

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่ถูกฉายรังสีต่อสมรรถภาพ
การผลิตของโคนม

Effect of Pangola Silage (*Digitaria eriantha*) Ensiled with Irradiated Lactic Acid Bacteria
Inoculants on Productive Performances of Dairy Cattle

โดย

นายนิรันดร์ หนักแดง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)
พ.ศ. 2551

นิรันดร์ หนักแดง 2551: ผลของหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่ถูกฉายรังสีต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนม ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์) สาขาโภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลอชาติ บุญเอก, Ph.D. 138 หน้า

การศึกษารังนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของหญ้าแพงโกล่าหมักด้วยหัวเชื้อ *Lactobacillus spp.* ที่ได้รับการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักโดยการฉายรังสีแกมมาต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนม การทดลองที่ 1 เป็นการประเมินคุณภาพของหญ้าแพงโกล่าหมัก และผลของการใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนมรุ่นเพศเมีย โคนมสาวจำนวน 18 ตัว ถูกสุ่มเข้าในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มการทดลองคือ กลุ่มที่ 1 หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม กลุ่มที่ 2 หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล 4 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 3 หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม กลุ่มที่ 4 หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี กลุ่มที่ 5 หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และกลุ่มที่ 6 หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี ผลการทดลองพบว่าค่าวัตถุแห้ง ความเป็นกรด-ด่าง กรดอินทรีย์ และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของหญ้าแพงโกล่าทั้ง 6 ชนิด มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) การเติมกากน้ำตาลและหัวเชื้อแบคทีเรียทำให้ปริมาณกรดแลคติกมีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดในหญ้าหมักกลุ่มที่ 6 แต่ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ มีค่าใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) ปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้ง และการกินได้เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โคที่ได้รับหญ้าหมักชนิดที่ 4 มีปริมาณการกินได้สูงสุด ตามด้วยหญ้าหมักชนิดที่ 1 2 6 3 และ 5 โดยมีค่าเท่ากับ 7.76 7.63 7.57 6.85 5.73 และ 5.14 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวมีค่าใกล้เคียงกัน ปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจน กลูโคส และฮอร์โมนไคโรไคโทโรนินในกระแสเลือดของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าทั้ง 6 ชนิดมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีต่อสมรรถภาพการผลิตของโคระยะรีดนม โดยใช้แม่โครีคนมลูกผสมโฮลส์ไคส์ จำนวน 10 ตัว แบ่งออกเป็นกลุ่มละ 5 ตัว ในแผนการทดลอง Group Comparison พบว่า โคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดมีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบและการกินได้ทั้งหมดในรูปวัตถุแห้งมากกว่าโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีโดยปริมาณการกินได้เฉลี่ยทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 13.05 และ 10.85 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบของนม และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจมีความแตกต่างกัน ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจน กลูโคส และฮอร์โมนไคโรไคโทโรนินในกระแสเลือดมีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองกลุ่มการทดลอง

ปี ๒๕๕๑ ๕ ธันวาคม ๒๕๕๑

ลายมือชื่อนิสิต

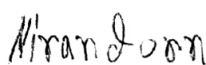
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

18 / ๑๑ / ๕๑

Nirandom Nakdang 2008: Effect of Pangola Silage (*Digitaria eriantha*) Ensiled with Irradiated Lactic Acid Bacteria Inoculants on Productive Performances of Dairy Cattle. Master of Science (Animal Nutrition and Feed Technology), Major Field: Animal Nutrition and Feed Technology, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Lerchat Boonek, Ph.D. 138 pages.

Two consecutive experiments were carried out to determine the effect of pangola silage (*Digitaria eriantha*) ensiled with bacterial inoculants which was irradiated by gamma ray to improve its efficiency of acid productivity for silage production on dairy cattle production performance. The first trial was to evaluate quality of the experimental silage and its effect on dairy heifer performance. Eighteen dairy heifers were randomly allocated into 6 experimental groups in a completely randomized design. Treatments were 1) pangola silage; 2) pangola silage with 4% molasses; 3) pangola silage with a bacterial inoculants; 4) pangola silage with an irradiated bacterial inoculants; 5) pangola silage with 4% molasses and a bacterial inoculants and 6) pangola silage with 4% molasses and an irradiated bacterial inoculants. The result showed that pH value, organic acids and water soluble carbohydrate level of silages differed significantly ($P < 0.01$) while ammonia-nitrogen level was not affected by treatment. The addition of molasses and bacterial inoculants increased lactic acid composition of silages with the highest value of silage 6. Dry matter intake differed significantly ($P < 0.01$) among treatments. The highest total dry matter intake was observed in heifers received silage 4 followed by those of silage 1, 2, 6, 3 and 5 respectively. However, weight change was not affected by treatment. Blood urea nitrogen (BUN), blood glucose (BG) and blood triiodothyronine (T3) were similar among treatments ($P > 0.05$)

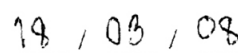
The second trial was aimed to compare the effect of fresh cut pangola grass and pangola silage ensiled with irradiated bacterial inoculants on performances of lactating cows. Ten crossbred Holstein cows were assigned in a Group Comparison design to 2 treatments ($n=5$). The results showed that both total and roughage intake of cows fed fresh pangola grass was higher ($P < 0.05$) than those fed pangola silage with the average total intake of 13.05 and 10.85 kd/d, respectively. However, milk yield, milk composition and economical return were not significant between groups. Blood urea nitrogen (BUN), blood glucose (BG) and blood triiodothyronine (T3) of two experimental groups were all similar.



Student's signature



Thesis Advisor's signature



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอชาติ บุญเอก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ประสานพานิช และ รองศาสตราจารย์สมิต ยิ้มมงคล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวเรศ เรืองพานิช ประธานการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษาทั้งด้านการศึกษา การทดลอง ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์อุทัย กัน โธ รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจันทร์ พารักษา และ อ.ดร.อมรรัตน์ โมฬี ที่กรุณาชี้แนะและให้คำปรึกษา

ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับคุณณัฐยาน์ เปี้ยแดง สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตนมทุกท่าน ที่กรุณาให้ใช้สถานที่และสัตว์ทดลอง ตลอดจนให้ความช่วยเหลือทุกอย่างในการทำวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์ผสมเทียมราชบุรี ที่อนุเคราะห์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล ทุกท่านที่กรุณาข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมา ขอขอบคุณ ป้าหวัน พี่นุ้ม พี่โย พี่อ้น พี่อ้อม พี่เจี๊ยบ พี่หรั่ง แตน ปีม เบียร์ เก่ง แอน อ้อม ก้อย วัฒน์ พัชร เพ็ญว แเป็ก เพชร และพี่น้องภาควิชาสัตวบาลทุกคน ที่คอยช่วยเหลือการวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ท้ายสุดข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณความจนที่ทำให้ครอบครัวของเราเห็นคุณค่าของการศึกษา และขอมอบความดีแห่งปริญญาฉบับนี้ แก่นายเจนต์ นางพิน นักแดง ผู้เป็นบิดามารดา อันประเสริฐของลูกๆ พี่จุก พี่จาบ ผู้ที่เสียสละเพื่อข้าพเจ้ามาโดยตลอด และน้องอ้อดี น้องสาวที่เป็นที่รักยิ่งของทุกคนในครอบครัว และข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนทำให้ข้าพเจ้าได้มีวันนี้

นิรันดร์ นักแดง

กุมภาพันธ์ 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	36
อุปกรณ์	36
วิธีการ	42
ผลและวิจารณ์	53
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	105
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	108
ภาคผนวก	125
ประวัติการศึกษา	138

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าที่ตัดที่อายุต่างกัน	6
2 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่า (กรัม/กิโลกรัมของวัตถุแห้ง) ตัดที่อายุต่างกัน	6
3 การย่อยได้ปรากฏของอินทรีย์วัตถุและผนังเซลล์ของหญ้าแพงโกล่า	8
4 ผลผลิตก๊าซสุดท้ายที่ได้จากกระบวนการหมักในพืชหมักที่ได้จากแบคทีเรียต่างๆ	11
5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในหญ้าเขตนาวและเขตร้อน	18
6 ลักษณะทางกายภาพและส่วนประกอบของหญ้าแพงโกล่าหมัก	22
7 เปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีของหญ้ารู้ชี้หมัก (control) และหญ้ารู้ชี้หมักผสม Formic acid	24
8 ค่ามาตรฐานของพืชหมักชนิดต่างๆ	26
9 ผลของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการหมักต่อคุณภาพของพืชหมัก	27
10 ค่าองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าแห้งกับการเติม Lactic acid bacteria และเอนไซม์ในหญ้าหมัก	29
11 ปริมาณการย่อยได้และปริมาณการกินได้ของหญ้าแพงโกล่าหมักและแห้งในแกะ	30
12 ผลของอาหารหยากกลุ่มต่างๆ ต่อปริมาณอาหารที่กินและการให้ผลผลิตน้ำนมของโค	33
13 ปริมาณการกินได้และการให้ผลผลิตของโคนมที่ได้รับหญ้าสดและหญ้าหมัก	34
14 ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ตลอดระยะเวลาการหมัก	35
15 ลักษณะทางกายภาพของพืชหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์	55
16 การประเมินคุณภาพของหญ้าแพงโกล่าหมัก จากปริมาณกรดแลกติก กรดบิวทีริก และกรดอะซิติก	78
17 ผลของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ต่อปริมาณการกินได้ของโคนมระยะรุ่น	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	ผลของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคนมระยะรุ่น	81
19	ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของหญ้าแพงโกล่าทั้ง 6 ทริทเมนต์	83
20	ค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสน้ำของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์	84
21	ค่ากลูโคสในกระแสน้ำของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์	85
22	ค่าฮอร์โมนไทรโอโดไทโรนินของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์	86
23	ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าสดและหมัก	88
24	ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของวัตถุแห้งที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ของหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุณายรังสี	90
25	องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าทั้ง 2 ทริทเมนต์	93
26	ปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว และอัตราการเจริญเติบโตของโคนมที่ได้รับอาหารทั้ง 2 ทริทเมนต์	95
27	ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำมันของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุณายรังสี	97
28	ค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสน้ำของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุณายรังสี	101
29	ค่ากลูโคสในกระแสน้ำของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุณายรังสี	102
30	ค่าฮอร์โมนไทรโอโดไทโรนิน (T_3) ในกระแสน้ำของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุณายรังสี	103
31	ผลของหญ้าแพงโกล่าหมักต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ	104

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของพืชหมัก	126
2 การประเมินคุณภาพพืชหมักจากปริมาณกรดแลกติก กรดอะซิติก และกรดบิวทีริก	127
3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	128
4 การเปลี่ยนแปลงวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	129
5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	130
6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลกติกของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	131
7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอะซิติกของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	132
8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดบิวทีริกของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	133
9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	134
10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	135
11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณผนังเซลล์ของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	136
12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกโนเซลลูโลสของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	137

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 จุลินทรีย์และองค์ประกอบทางเคมีหลักๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมัก	12
2 ระยะเวลาเปลี่ยนแปลงของพีชที่เกิดขึ้นระหว่างการหมัก	16
3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของหุญาแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	56
4 การเปลี่ยนแปลงวัตถุแห้งของหุญาแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	59
5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนของหุญาแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	61
6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลกติกของหุญาแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	63
7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอะซิติกของหุญาแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	66
8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดบิวทีริกของหุญาแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	69
9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของหุญาแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	70
10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของหุญาแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	73
11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณผนังเซลล์ของหุญาแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	74
12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกโนเซลลูโลสของหุญาแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	76
13 ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของหุญาแพงโกล่าหมัก	88

ผลของหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่อุณหภูมิต่ำต่อ สมรรถภาพการผลิตของโคนม

Effect of Pangola Silage (*Digitaria eriantha*) Ensiled with Irradiated Lactic Acid Bacteria Inoculants on Productive Performances of Dairy Cattle

คำนำ

ประเทศไทยได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงโคนม โคเนื้อ กระบือ แพะและแกะเพิ่มมากขึ้น และสิ่งที่ตามมาคือ การขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งเป็นช่วงที่พืชอาหารสัตว์มีคุณภาพต่ำและมีปริมาณน้อย จึงมีการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูงในช่วงฤดูฝนในรูปของหญ้าแห้งและหญ้าหมัก แต่การทำหญ้าแห้งมีปัญหาเกี่ยวกับความชื้นสูงอันเนื่องมาจากมีฝนตก แดดน้อย ทำให้ตากหญ้าไม่ได้ ดังนั้นการทำพืชหมักจึงเป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อทดแทนการทำหญ้าแห้ง

พืชอาหารสัตว์จัดเป็นแหล่งอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่สัตว์มีความต้องการตลอดทั้งปีและมีความสำคัญในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต ตลอดจนการให้ผลผลิต เช่น เนื้อมนม และขน เป็นต้น ถ้าสัตว์ได้รับหญ้าหรือพืชอาหารสัตว์ในปริมาณที่ไม่พอเพียง จะมีผลทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะทำงานได้ไม่เต็มที่ การย่อยอาหารและการใช้ประโยชน์จากอาหารที่สัตว์กินเข้าไปก็จะน้อยลง (บุญเหลือ, 2534) ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวคือ การศึกษาหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการผลิตพืชอาหารสัตว์หมักคุณภาพดี เพื่อใช้เป็นแหล่งสำรองไว้ให้สัตว์กินในช่วงที่ขาดแคลนหญ้าสดหรือพืชอาหารสัตว์ตามที่ต้องการในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องดังกล่าว

ปัจจุบันมีการนำเอาจุลินทรีย์ *Lactobacillus spp.* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) มาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชหมัก เพิ่มคุณค่าทางโภชนา และลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการผลิตหญ้าหมัก เช่น การเกิดกลิ่นน้ำส้ม การเกิดกลิ่นแอลกอฮอล์ เป็นต้น ปัญหาที่เกิดขึ้นเหล่านี้เกิดจากการมีปริมาณแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกในกระบวนการเริ่มต้นการหมักที่ต่ำเกินไป (Cecava, 1995) การเพิ่มการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกให้มากขึ้นจะช่วยลดระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในระดับที่จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของพืช

อาหารสัตว์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (อำนาจ, 2540) ซึ่งการเติมจุลินทรีย์จะช่วยเพิ่มปริมาณกรดแลคติก ทำให้พืชหมักมีความน่ากิน มีผลต่อการกินได้และปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น (Weinberg and Muck, 1996)

การฉายรังสีแกมมาเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเป็นอีกหนทางหรือโอกาสหนึ่งที่จะนำไปสู่การเกิดลักษณะใหม่ๆ หรือเชื้อสายพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างไปจากเดิม เช่น ให้ผลผลิตสูง ต้านทานต่อโรค ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวสามารถถ่ายทอดไปยังชั่วต่อไปได้ในประชากรของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นประโยชน์ในด้านการใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมเพื่อการปรับปรุงสายพันธุ์และเพื่อการใช้ในการพัฒนาการเกษตร

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของหญ้าหมักที่เสริมแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (*Lactobacillus spp.*) หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หรือหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีและการหมักด้วยวิธีอื่นๆ
2. ศึกษาประสิทธิภาพประสิทธิภาพการย่อยได้ของหญ้าหมักที่เสริมด้วยหัวเชื้อสายพันธุ์เดิมหรือที่ถูกฉายรังสีและผลต่อการกินได้และการเจริญเติบโตของโคนมเพศเมียระยะขุน
3. ศึกษาเปรียบเทียบการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักที่เติมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี
4. ศึกษาเปรียบเทียบผลของหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักที่เติมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีต่อปริมาณการกินได้และผลต่อการให้ผลผลิตในโคนม

การตรวจเอกสาร

อาหารหยาบเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เนื่องจากคุณภาพของอาหารหยาบมีความสำคัญในการกำหนดผลผลิตทั้งเนื้อและนมที่ได้ ปัญหาที่สำคัญคือการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพดีและมีปริมาณที่เพียงพอตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ดังนั้นพืชอาหารสัตว์ที่ดีจะต้องสามารถเจริญเติบโตได้ดี ให้ผลผลิตต่อไร่สูง การจัดการไม่ยุ่งยาก หญ้าแพงโกล่าจัดเป็นพืชอาหารสัตว์ที่กำลังได้รับการส่งเสริมให้มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในเขตภาคกลาง ซึ่งนิยมนำมาใช้ประโยชน์ในสภาพสดและแห้ง แต่มักประสบปัญหาในการผลิตในช่วงฤดูฝนที่ผลผลิตที่ได้มีมากเกินไปที่จะตัดมาใช้ประโยชน์ได้หมดทั้งในสภาพสดและทำหญ้าแห้ง การทำหญ้าแห้งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยในการแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ปัจจุบันการทำหญ้าแห้งมีขั้นตอนไม่ยุ่งยากและสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างต่อเนื่องตลอดปี ในการศึกษาการหมักหญ้าแพงโกล่าร่วมกับสารเสริมชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการ จึงมีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพื่อเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรที่ยั่งยืนต่อไป

หญ้าแพงโกล่า

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และการเกษตรของหญ้าแพงโกล่า

หญ้าแพงโกล่า (Pangola grass) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Digitaria eriantha* Steud มีถิ่นกำเนิดในประเทศแอฟริกาใต้ จัดเป็นหญ้าประเภทเลื้อย (Stoloniferous) มีอายุหลายปี ลำต้นทอดนอนไปตามพื้นดิน มีรากเจริญออกมาจากข้อและส่วนของหน่ออ่อนเจริญไปด้านบน ซึ่งอาจจะตั้งตรงหรือกึ่งตั้งมีใบมาก ลำต้นไม่มีขน มีข้อจำนวนมาก ช่อดอกแบบแยกแขนงออกจากจุดเดียวกัน ทนแล้งได้ดีมาก เจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูร้อน (สายัณห์, 2547) ตามปกติมักจะไม่มีดอกหรือมีดอกแต่ก็ไม่ติด เมล็ด นิยมขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนของลำต้น (วิระพล, 2537)

หญ้าแพงโกล่าเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีฝนตกเฉลี่ย 1,000 มิลลิเมตรต่อปี และสามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเช่นในแอฟริกาใต้ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 625-750 มิลลิเมตรต่อปี (Skerman and Riveros, 1990) อุณหภูมิอยู่ในช่วง 19-35 องศาเซลเซียส ขึ้นได้ดีในดินหลายชนิดตั้งแต่ดินทรายจนถึงดินเหนียว ทนแล้งได้ดีและสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ชื้น

และที่ชุ่มน้ำ หน่น้ำท่วมขัง เหมาะสำหรับปลูกในดินร่วนปนเหนียวจนถึงดินเหนียวที่มีความสมบูรณ์สูงและสามารถควบคุมน้ำได้ตลอดทั้งปี (กรมปศุสัตว์, 2546) หญ้าแพงโกล่าสามารถตอบสนองต่อปุ๋ยในโตรเจนได้ดี มีความสามารถทนแล้งและทนต่อการแทะเล็มของสัตว์ (สายัณห์, 2547)

ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของหญ้าแพงโกล่า

หญ้าแพงโกล่าที่ปลูกในประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตระหว่าง 600–800 กิโลกรัมต่อไร่จากการตัดทุกๆ 45–55 วัน โดยการใช้ปุ๋ยยูเรีย 45 กิโลกรัมต่อไร่ต่อการตัดหนึ่งครั้ง ตลอดระยะเวลาหนึ่งปี ให้ผลผลิตน้ำหนักรวม 3,236 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และในสภาพที่มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 70 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักรวม 4,060 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (สายัณห์, 2547) หญ้าแพงโกล่ามีความน่ากินและมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยในด้านคุณค่าทางอาหารของหญ้าชนิดนี้ เมื่อตัดที่อายุ 40 วัน มีโปรตีนหยาบ 10 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.3 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 29 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 8.15 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 46 เปอร์เซ็นต์ โภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) 56 เปอร์เซ็นต์ (กรมปศุสัตว์, 2546) ในขณะที่ยังอ่อนหญ้าแพงโกล่าจะมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่าหญ้าเขตร้อนหลายชนิด เหมาะที่จะนำมาทำเป็นหญ้าหมัก อย่างไรก็ตามหากพืชมีอายุมากขึ้น จะมีผลทำให้ค่าการย่อยได้ (Digestibility) และโปรตีนรวมลดลงอย่างรวดเร็ว และมีปริมาณของเยื่อใยเพิ่มมากขึ้นด้วย (นิพนธ์, 2540) Fukumoto and Lee. (2003) รายงานว่าการตัดหญ้าแพงโกล่าที่อายุ 4 8 และ 12 สัปดาห์ ทำให้ระดับโปรตีนหยาบลดลง และระดับเยื่อใยเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกันเมื่ออายุการตัดมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าการเพิ่มอายุการตัดนอกจากจะทำให้องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าลดลงแล้ว ในทางตรงกันข้ามวัตถุแห้งก็จะเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด ในขณะที่ Archimede *et al.* (2000) พบว่าอายุการตัดหญ้าที่อายุ 14 28 42 และ 56 วัน มีผลทำให้ระดับโปรตีนลดลงเมื่อหญ้ามีอายุมากขึ้น จึงเห็นได้ว่าการตัดหญ้าแพงโกล่าระหว่างอายุ 14 วัน และ 28 วัน ทำให้ระดับโปรตีนลดลงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) โดยที่อายุการตัดที่มากขึ้นทำให้ระดับอินทรีย์วัตถุผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าที่ตัดที่อายุต่างกัน

Items	Stage, Week		
	4	8	12
Dry mater (DM)	15.60 ± 0.90	20.70 ± 0.90	20.80 ± 0.90
Crude protein (CP), %DM	14.00 ± 0.70	5.30 ± 0.10	5.50 ± 0.70
Neutral detergent fiber (NDF), %DM	61.30 ± 1.10	68.70 ± 0.10	71.80 ± 0.80
Acid detergent fiber (ADF), %DM	32.30 ± 0.60	35.90 ± 0.90	37.6 ± 0.60
Phosphorus (P), %DM	0.20 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.13 ± 0.01
Potassium (K), %DM	2.38 ± 0.40	1.38 ± 0.30	1.6 ± 0.40
Calcium (Ca), %DM	0.52 ± 0.01	0.44 ± 00	0.5 ± 0.06

ที่มา: Fukumoto and Lee. (2003)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่า (กรัม/กิโลกรัมของวัตถุดิบแห้ง) ตัดที่อายุต่างกัน

Items	Stage, Day			
	14	28	42	56
Organic matter	840	887	896	879
Protein	130	79	72	57
Neutral detergent fiber	740	777	790	790
Acid detergent fiber	380	429	442	441
Lignin	71	74	78	78

ที่มา: Archimède *et al.* (2000)

การใช้ประโยชน์จากหญ้าแพงโกล่า

อาหารหยาบจัดเป็นอาหารหลักที่สำคัญของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากหาง่าย และราคาถูก จึงมีการให้อาหารหยาบกับสัตว์เคี้ยวเอื้องมากกว่าอาหารชนิดอื่นๆ หรือในบางขณะสัตว์ได้รับเฉพาะอาหารหยาบเพียงอย่างเดียวก็เพียงพอแล้ว สัตว์เคี้ยวเอื้องจะได้รับโภชนาครบถ้วนเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ถ้าอาหารหยาบนั้นมีคุณค่าทางโภชนาที่สูง (เทอดชัย, 2548) โดยทั่วไปแล้วพืชอาหารในเขตร้อนชื้นมักจะมีคุณภาพต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น พันธุ์พืชอาหารสัตว์ การจัดการเรื่องทุ่งหญ้า อายุที่ตัด สิ่งแวดล้อม เป็นต้น Hunter and Siebert (1986) ศึกษาการเลี้ยงโคสายพันธุ์เฮียร์ฟอร์ดและสายพันธุ์บราห์มันด้วยหญ้าแพงโกล่า ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นอินทรีย์วัตถุ (OM) 915 g/kg DM ไนโตรเจน (N) 9.6 g/kg OM ส่วนประกอบของผนังเซลล์ (CWC) 809 g/kg OM ลิกนิน 75 g/kg OM พบว่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและผนังเซลล์ของทั้ง 2 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 3) โดยค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุมีค่าเท่ากับ 0.59 และการย่อยได้ปรากฏในกระเพาะมีค่าประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ นพวรรณ และคณะ (2547) ได้ทดลองการใช้หญ้าแพงโกล่าแห้งมาเลี้ยงโคนม โดยเปรียบเทียบกับฟางข้าวราดกากน้ำตาลเสริมด้วยฟางผักบุ้ง ข้าวโพดหมัก รำละเอียด และมันเส้น ให้อาหารข้นเหมือนกัน พบว่า การนำหญ้าแพงโกล่าแห้งมาเลี้ยงทดแทนฟางข้าวตามที่เคยปฏิบัติกันมานั้น โคมีความชอบกินมากกว่าฟางข้าว ปริมาณน้ำนมที่ได้ไม่แตกต่างกัน และสามารถลดต้นทุนค่าอาหารได้วันละ 4.37 บาท/ตัว วีรพล (2547) ทำการทดสอบหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเลี้ยงโคพันธุ์ตากจำนวน 4 ตัว มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 280.5 กิโลกรัม และเสริมอาหารข้นที่มีระดับโปรตีนหยาบ 18.08 เปอร์เซ็นต์ ในปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นเวลา 127 วัน พบว่าน้ำหนักที่เพิ่มต่อวันเฉลี่ยของโคเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 1,005.50 กรัมต่อตัวต่อวัน ปริมาณการกินได้วัตถุแห้งเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 8 กิโลกรัมต่อตัว ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมเท่ากับ 8 ต้นทุนค่าอาหารเฉลี่ยเท่ากับ 26.72 บาทต่อน้ำหนักที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 3 การย่อยได้ปรากฏของอินทรีย์วัตถุและผนังเซลล์ของหญ้าแพงโกล่า

	Hereford	Brahman	S.E.M
Organic Matter			
Intake (kg/day)	3.98	3.93	0.061
Digestibility	0.59	0.59	0.011
Total digested (kg/day)	2.35	2.34	0.079
Leaving abomasum (kg/day)	1.88	1.82	0.122
Digested in stomach (kg/day)	2.1	2.11	0.098
Digested in intestines (kg/day)	0.25	0.23	0.122
Digestion in stomach (% of total)	89.4	90.2	5.37
Digestion in intestines (% of total)	10.6	9.8	5.37
Cell Wall Constituents			
Intake (kg/day)	3.22	3.18	0.037
Digestibility	0.65	0.66	0.008
Total digested (kg/day)	2.1	2.1	0.03
Leaving abomasum (kg/day)	1.08	1.07	0.076
Digested in stomach (kg/day)	2.14	2.11	0.074
Digestion in stomach (% of total)	102	100	3.5

ที่มา: Hunter and Siebert (1986)

หญ้าหมัก (Silage)

หญ้าหมักหรือพืชอาหารสัตว์หมัก หมายถึง พืชอาหารสัตว์ต่างๆ เช่น ต้นข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง หญ้าและถั่วต่างๆ ที่เก็บเกี่ยวในขณะที่มีความชื้นพอเหมาะ แล้วนำมาหมักไว้ในสภาพสุญญากาศ เก็บถนอมไว้ในสภาพหมักดอง สามารถอยู่ได้เป็นเวลานาน โดยคุณค่าทางอาหารไม่เปลี่ยนแปลง (สายัณห์, 2547) กระบวนการหมักเกิดขึ้นภายใต้สภาวะไร้อากาศของจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติก ซึ่งสามารถใช้น้ำตาลในวัตถุดิบได้ ทำให้เกิดกรดแลคติกในปริมาณสูง เป็น

ผลให้ค่าความเป็นกรดต่างลดลง ซึ่งจะไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อนต่างๆ ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของพืชอาหารสัตว์หมัก (Brookes and Buckle, 1992)

ในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทย ความต้องการพืชอาหารสัตว์เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารของสัตว์มีตลอดทั้งปี ดังนั้นการทำพืชอาหารสัตว์หมัก จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเก็บเกี่ยวมา และพยายามเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์ให้มีการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการให้น้อยที่สุด (กอบแก้ว, 2535) หญ้าหมักที่มีคุณภาพดีจะมี pH กรดแลคติก (Lactic acid) กรดบิวทีริก (Butyric acid) และแอมโมเนียในโตรเจนเท่ากับ 4.2-13 เปอร์เซ็นต์ < 0.2 เปอร์เซ็นต์ < 11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Catchpole and Henzell, 1971)

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมัก

กระบวนการหมักเกิดขึ้นโดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์จะติดมากับพืชในส่วนของใบมากกว่าลำต้น และติดอยู่บริเวณผิวของพืช จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นพวกใช้ออกซิเจน (aerobes) แต่จุลินทรีย์เหล่านี้ไม่มีประโยชน์ในกระบวนการหมัก และมีกิจกรรมในหลุมหมักไม่นาน ก่อนจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อออกซิเจนถูกใช้หมดไป

แบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria)

จุลินทรีย์ที่มีบทบาทต่อการหมักเป็นจุลินทรีย์ประเภทที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobes) มีอยู่หลายชนิด ชนิดที่เป็นประโยชน์ที่ต้องการให้มีในปริมาณมากในพืชหมัก คือ แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้ความเป็นกรดต่างลดต่ำลง ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสียในพืชหมักโดยเฉพาะ Clostridia ที่มักพบว่าเกิดจากการปนเปื้อนจากดิน (Weinberg *et al.*, 1993) นอกจากนั้นแบคทีเรียกรดแลคติกยังทำให้พืชหมักที่ได้มีคุณภาพดี กลิ่นหอม และกรดแลคติกที่ผลิตได้สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานที่ดีในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (McDonald *et al.*, 1991)

แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่พบในพืชหมัก สามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 5-50 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญที่ 25-40 องศาเซลเซียส (Elferink *et al.*, 2000) แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกมีความสามารถในการทนต่อสภาพความเป็นกรดต่าง (pH) ได้สูง ซึ่ง

pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญอยู่ที่ระหว่าง 5.0–6.0 และยังสามารถเจริญได้เมื่อระดับ pH เท่ากับ 3.5–4.0 (Knický, 2005) แบคทีเรียพวกนี้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 Obligate homofermentative เป็นพวกที่มีประสิทธิภาพในการผลิตกรดแลกติก เพียงอย่างเดียวผ่านวิถีไกลโคไลซิส ได้แก่ *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delrueckii* ผลผลิตหลักที่ได้จากการหมัก คือกรดแลกติก (Brooker and Buckle, 1992) กรดแลกติกที่ได้จากการหมักทำให้กระบวนการหมักดีขึ้น (Kung, 2000)

กลุ่มที่ 2 Facultative heterofermentative เป็นพวกที่ผลิตกรดแลกติก และมีกรดอื่นปนมา ด้วยเช่น กรดอะซิติก เอทานอล และกรดฟอร์มิก โดยกระบวนการหมักน้ำตาลเพนโตส จูลินทรีย์ แบบ heterofermentative ได้แก่ *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus coryniformis*

กลุ่มที่ 3 Obligate heterofermentative เป็นพวกที่ผลิตกรดแลกติก กรดอะซิติก และเอทานอล แบคทีเรียกลุ่มนี้มีรูปร่างยาว เป็นท่อน ส่วนใหญ่เคลื่อนที่ไม่ได้ ได้แก่ *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus cellobiosu* และ *Lactabacillus Brevis* (Holzer et al., 2003)

ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากกระบวนการหมักในพืชหมักที่ได้จากแบคทีเรียพวกต่างๆ แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลผลิตสุดท้ายที่ได้จากกระบวนการหมักในพืชหมักที่ได้จากแบคทีเรียชนิดต่างๆ

Type of fermentation	End-product	Theoretical DM recovery, %	Theoretical energy recovery, %
Homolactic (glucose)	Lactic acid	100	99
Heterolactic (glucose)	Lactic acid, ethanol, CO ₂	76	98
Heterolactic (fructose)	Lactic acid, acetate, mannitol, CO ₂	95	99
Yeast (glucose)	Ethanol, CO ₂	51	99
Clostridia (glucose and lactose)	Butyric acid, CO ₂	49	82

ที่มา: Kung (2000)

นอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์ที่มีบทบาทต่อกระบวนการหมัก แต่ไม่ต้องการให้มีมากในพืชหมัก ควรกำจัดให้เร็ว ได้แก่

เอนเทอโรแบคทีเรีย (Enterobacteria)

Enterobacteria เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีอยู่เป็นจำนวนน้อยในแหล่งวัตถุดิบที่เป็นหญ้า ในช่วงแรกของการหมักจะมีปริมาณที่มากกว่าแบคทีเรียกรดแลคติก แต่เมื่อแบคทีเรียกรดแลคติกเจริญมากขึ้น ระดับ pH ต่ำกว่า 4.5 จำนวน enterobacteria จะลดจำนวนน้อยลง (Pahlow *et al.*, 2003) enterobacteria สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในที่ที่มีและไม่มีออกซิเจน สามารถใช้น้ำตาลและผลิตกรดอะซิติก (acetic acid) เอทานอล (ethanol) 2,3 บิวตาไดออล (2,3-butadiol) enterobacteria เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดอะมิโนและสารอื่น และยังสลายกรดอะมิโนด้วย (McDonald *et al.*, 1991)

คลอสทริเดรีย (Clostridia)

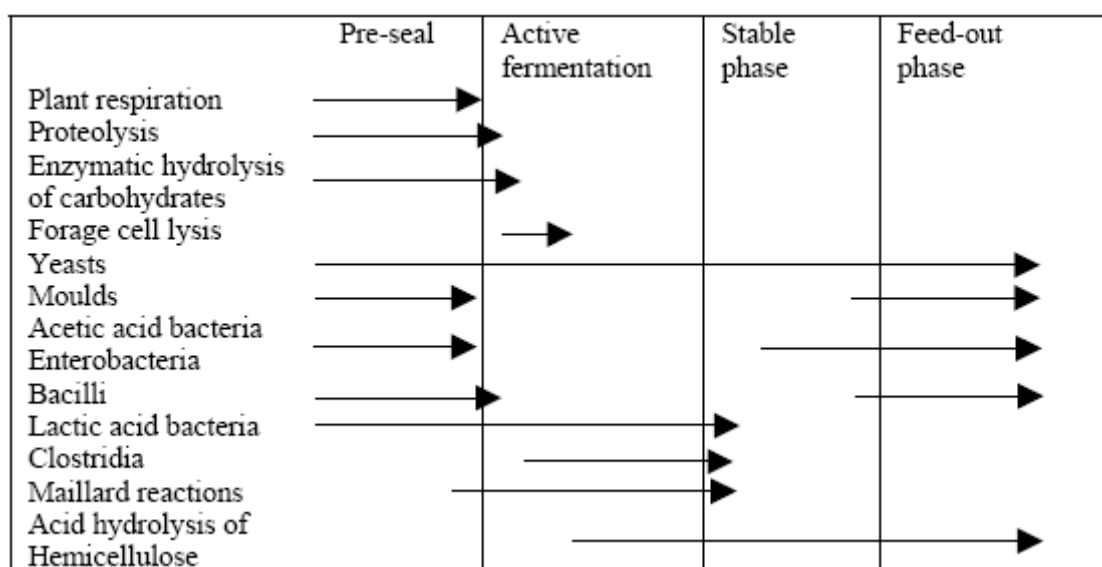
Clostridia เป็นแบคทีเรียที่เจริญในสภาพไร้อากาศเท่านั้น เจริญเติบโตได้ดีในช่วงระดับความเป็นกรดต่าง 7.0–7.4 ในกระบวนการหมักพืชจะพบ Clostridia ปะปนมากับแหล่งวัตถุดิบ เป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดปัญหา เพราะกระบวนการสลาย (catabolism) โดยเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนให้

กลายเป็นเอมีน (amines) และแอมโมเนีย นอกจากนั้นยังเปลี่ยนกรดอะซีติกให้กลายเป็นกรดบิวทีริก สารที่เกิดขึ้นทำให้พืชเกิดกลิ่นเหม็นที่ไม่พึงประสงค์ต่อสัตว์ แบคทีเรียพวก saccharolytic clostridia ที่ปะปนมากับพืชในรูปของสปอร์ตั้งแต่แรกจะทำการแบ่งตัว แล้วใช้ประโยชน์จากกรดแลคติกและแป้ง ทำให้ระดับความเป็นกรดต่ำลงขึ้น Clostridia สามารถเจริญได้ดีในสภาวะที่มีความชื้นสูง การนำพืชที่มีความชื้นสูงกว่า 85 เปอร์เซ็นต์มาหมัก และเมื่อหมักแล้วมีระดับความเป็นกรดต่ำกว่า 4.0 แล้วก็ตาม ยังไม่สามารถระงับกิจกรรมของจุลินทรีย์เหล่านี้ได้ (McDonald *et al.*, 1991)

เชื้อราและยีสต์ (Mold and yeast)

เชื้อราและยีสต์ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต มักติดมากับพืชโดยเฉพาะถ้ามีการปนเปื้อนกับดินมา เชื้อรามักใช้เส้นใย (filament) ขอนไช้ในผนังเซลล์พืชเพื่อหาอาหาร ยีสต์และราเป็นสาเหตุให้เกิดการเสื่อมสลายของพืชหมักที่สัมผัสกับอากาศ (McDonald *et al.*, 1991)

กิจกรรมของจุลินทรีย์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 จุลินทรีย์และองค์ประกอบทางเคมีหลักๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมัก
ที่มา: Muck (1993)

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าเมื่อปิดถุงหมักพืชถือเป็นช่วงต้นของกระบวนการหมักพืชยังหายใจอยู่ทำให้เกิดความร้อนและการสลายตัวของโปรตีน จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในการเจริญเติบโตได้แก่ เอนเทอโรแบคทีเรีย แบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก บาซิลไล และ เชื้อรา จะเกิดขึ้นในช่วงต้นของกระบวนการหมัก เมื่อถุงหมักปราศจากอากาศ แบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ และแบคทีเรียผลิตกรดแลกติกก็จะเพิ่มจำนวนมากขึ้น หลังจากนั้นพืชหมักก็จะอยู่ในสภาวะคงที่ แบคทีเรียที่สามารถทนกรดสามารถมีชีวิตอยู่ได้แต่ไม่มีกิจกรรมต่างๆ แต่ถ้าหากมีอากาศเข้ามาในถุงหมักในระยะนี้จุลินทรีย์พวก *clostridium* ยีสต์ และเชื้อรา สามารถเจริญเติบโตได้ และเมื่อถึงระยะที่มีการนำพืชหมักมาใช้ประโยชน์มีการเปิดถุงหมัก อากาศสามารถเข้าไปในถุงได้ ทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศเพื่อการเจริญเติบโตสามารถเพิ่มจำนวนขึ้นได้เช่น ยีสต์ เชื้อรา แบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก เอนเทอโรแบคทีเรีย และบาซิลไล ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้เป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสียของพืชหมัก

กระบวนการหมักเปรี้ยว (Silage Fermentation)

เมื่อทำการสับหญ้าให้มีขนาดที่เหมาะสมแล้วนำมาบรรจุในภาชนะสำหรับการหมักทำการหมักให้แน่น ภาชนะสำหรับการหมักที่ดีควรจะสามารถป้องกันไม่ให้อากาศเข้าไปภายในได้ ป้องกันฝน และแสงแดด (Cecava, 1995) กระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังการปิดหลุมหมักแล้ว แบ่งได้ 2 กระบวนการใหญ่ๆ คือ ขบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจนและกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน (อุษา, 2536)

1. กระบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจน (Aerobic phase)

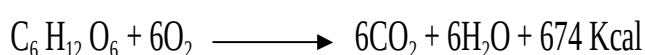
นำพืชที่ต้องการหมักตัดหรือสับให้มีชิ้นเล็ก แล้วใส่หลุมหมักโดยเร็วและอัดให้แน่น (สายัณห์, 2547) ภายหลังจากปิดหลุมหมักแล้ว อากาศที่เหลืออยู่ภายในหลุมหมักจะถูกเซลล์ของพืชอาหารสัตว์ใช้ออกซิเจนไปในการหายใจ จนกระทั่งหมดไปและสิ่งที่ได้จากการหายใจ คือ คาร์บอนไดออกไซด์, น้ำและความร้อนออกมา ในขณะที่ยังมีอากาศอยู่นั้นพวก aerobic bacteria จะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตไปเป็นพวกกรดต่างๆ เช่น acetic, propionic และ butyric acid เป็นต้น ซึ่งเมื่ออากาศหมดไป พวกจุลินทรีย์อื่น เช่น ยีสต์ เชื้อรา จะไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้อีกและตายลง (บุญฤตา, 2528)

2. กระบวนการที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic phase)

เมื่ออากาศหรือออกซิเจนถูกใช้หมดไป กระบวนการที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน (anaerobic) ก็จะเกิดขึ้นโดยการทำงานของ anaerobic bacteria เช่น *Lactobacilli* และ *Streptococci* ผลที่ได้ก็คือ กรดแลคติก (lactic acid) และมี pH ประมาณ 4.2 หรือน้อยกว่านั้น การทำงานของแบคทีเรียพวกนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล ซึ่งถ้ามีปริมาณน้ำตาลมากจะทำให้เกิดกรดแลคติกเร็วขึ้น (ส่ายันห์, 2547) Takano (1972) ได้รายงานว่า กระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของหญ้าหมักจะหยุดเมื่อ pH ประมาณ 3.0 และเมื่อ pH 4.3 จะไม่มีกรดบิวทีริกเกิดขึ้นเลย ในขณะที่เดียวกันก็จะมีแบคทีเรียอีกบางกลุ่มที่สร้างกรดบิวทีริก ขึ้นมาด้วยในจำนวนที่น้อยกว่า

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักหญ้า (stage of fermentation) แสดงในภาพที่ 2 สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระยะ ดังนี้ (Weinberg and Muck, 1996; Merry *et al.*, 1997; Elferink *et al.*, 2000; Kunkle *et al.*, 2002; Pahlow *et al.*, 2003)

ระยะที่ 1 ระยะที่ต้องใช้ออกซิเจน (Aerobic phase) เมื่อนำหญ้ามานับบรรจุลงในถุงหมัก จะเป็นระยะสุดท้ายของปฏิกิริยาการหายใจของเซลล์พืชที่นำมาหมัก (ภาพที่ 2) เซลล์พืชจะใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจอยู่จนกว่าอากาศในถุงหมักจะหมด ซึ่งผลที่เกิดขึ้นจะเป็นความร้อนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการ



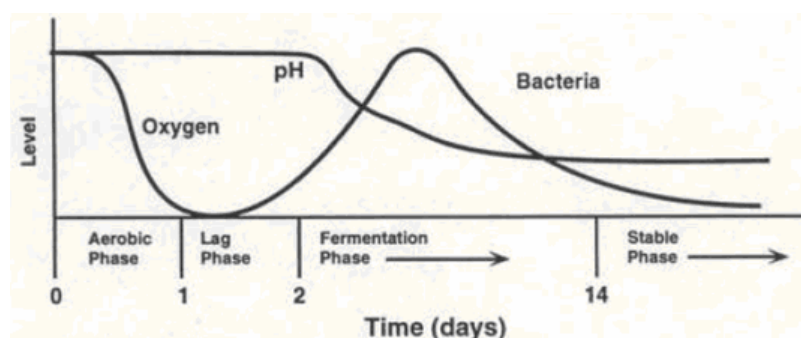
ในช่วงนี้เอนไซม์จากพืชอาหารสัตว์ยังทำงานอยู่ เช่น โปรติเอส (Protease) ทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนให้เปลี่ยนไปเป็น กรดอะมิโน แอมโมเนีย เอไมด์ และเอมีน (Elferink *et al.*, 2000) ส่วนคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) จะถูกย่อยได้โดยจุลินทรีย์ที่ปะปนมากับพืชอาหารสัตว์เช่น แบคทีเรีย รา และยีสต์ ที่ต้องการอากาศในการเจริญเติบโต โดยจะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำไปเป็นกรดต่างๆ และเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอากาศถูกใช้หมด ทำให้จุลินทรีย์ดังกล่าวไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้อีก และตายลง ระยะเวลาที่เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมแบบใช้ออกซิเจนประมาณ 4-5 ชั่วโมง (Cecava, 1995) และระยะนี้มีผลต่อคุณภาพของหญ้าหมักเป็นอย่างมาก ถ้าความร้อนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผลิตออกมามากกว่าปกติ แสดงว่ามีการบดอัดหญ้าไม่แน่นเพียงพอ

(วิโรจน์, 2546) ความร้อนที่เกิดขึ้นในระยะนี้ประมาณ 42-44 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของพืชสดเป็นสีเหลืองและลดการย่อยได้ของโปรตีนและเยื่อใย

ระยะที่ 2 ระยะไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic phase) เป็นระยะสิ้นสุดปฏิกิริยาหายใจของพืช และเริ่มต้นมีการผลิตกรดออกมา (ภาพที่ 2) กรดอะซิติกจะเป็นกรดชนิดแรกที่ผลิตออกมาเพื่อทำให้สภาพในอุ้งหมักเป็นกรด ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดต่ำลงจนถึงระดับที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเอง เพราะแบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติกไม่สามารถเจริญได้ในสภาพที่มีความเป็นกรดต่าง่มาก ทำให้แบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติกลดจำนวนลง (วิโรจน์, 2546) กระบวนการที่เกิดขึ้นในระยะนี้แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะเจริญเติบโตขึ้นมาทดแทน โดยจะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ในน้ำไปเป็นกรดแลคติกและกรดอื่นๆ ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของอุ้งหมักลดลงประมาณ 3.8-5.0 (Elferink *et al.*, 2000) นอกจากนี้การทำงานของจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกยังให้สารยับยั้งอื่นๆ อีก เช่น สารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แบคทีเรียโอซิน เป็นต้น ในระยะการหมักนี้ยังมีจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหมัก เช่น เอนเทอโรแบคทีเรีย (enterobacteria) คลอสทริเดียม (clostridia) ยีสต์ และรา ซึ่งจะให้ผลในเชิงลบกับคุณภาพของพืชหมัก โดยที่จุลินทรีย์เหล่านี้จะไปแย่งใช้คาร์โบไฮเดรตกับจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกและให้ผลผลิตที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อการหมัก ในส่วนของ enterobacteria จะเจริญได้ในสภาพความเป็นกรดต่างประมาณ 6.7 และมีหลายสายพันธุ์ (strains) จะไม่เจริญในสภาพความเป็นกรดต่างต่ำกว่า 5 การเจริญของ clostridia สามารถที่จะใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของพืชหมักได้ โดยที่ clostridia จะสามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดบิวทิริกซึ่งจะมีผลต่อการสูญเสียวัตถุแห้ง การย่อยได้พลังงาน และการย่อยสลายโปรตีนได้เช่นเดียวกับ enterobacteria อย่างไรก็ตาม clostridia จะหยุดเจริญเติบโตเมื่อมีระดับความเป็นกรดต่างต่ำกว่า 4.6 และมีความชื้นต่ำกว่า 65 เปอร์เซ็นต์

ระยะที่ 3 ระยะคงสภาพของพืชหมัก (stable phase) เป็นระยะที่กระบวนการหมักเริ่มคงสภาพ แบคทีเรียที่เกิดขึ้นในระยะที่ 2 จะมีปริมาณลดลงอย่างช้าๆ แบคทีเรียที่ทนกรดสามารถมีชีวิตอยู่ต่อไปได้ แต่ไม่มีกิจกรรม (Elferink *et al.*, 2000) ปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของพืชหมักในระยะนี้ คือ อากาศภายในหลุมหมัก ซึ่งถ้ามีอากาศเข้าสู่หลุมหมักจะเป็นสาเหตุที่ทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่มที่ใช้ออกซิเจน เช่น enterobacteria, clostridium, ยีสต์ และรา มีการเจริญเติบโตขึ้นส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักแห้ง และความน่ากิน (ภาพที่ 2)

ระยะที่ 4 ระยะที่มีการนำพืชหมักมาใช้ประโยชน์ (feed out phase) พืชหมักถูกสัมผัสกับอากาศอีกครั้งหนึ่งในขณะนำมาใช้ประโยชน์ เมื่อพืชหมักสัมผัสอากาศทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศเจริญและเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วเป็นสาเหตุให้พืชหมักเกิดการเน่าเสีย ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่ากระบวนการหมักครั้งที่ 2 (McDonald *et al.*, 1991)



ภาพที่ 2 ระยะการเปลี่ยนแปลงของพืชที่เกิดขึ้นระหว่างการหมัก
ที่มา: Pitt (1990)

พืชที่เหมาะสมต่อการทำหญ้าหมัก

1. มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในระดับที่เพียงพอต่อการหมักเปรี้ยว

ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการหมักคือระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ พืชที่นำมาหมักมีระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบแห้ง จะมีผลกระทบต่อการทำงานของเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacilli* เนื่องจากถูกจำกัดโดยพลังงานถ้าคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบแห้ง อาจจะไม่สามารถทำหญ้าหมักได้ (Dougherty, 1977) ถ้าพืชหมักไม่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากเพียงพอ ปริมาณกรดแลคติกจะมีไม่มาก ทำให้ยีสต์ และราทำการย่อยอาหารจำพวกโปรตีน และไนโตรเจน เปลี่ยนเป็นสารแอมโมเนีย กรดอะมิโน เอมีน และ เอไมด์ เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้มีรสฝืด กลิ่นเหม็นและเป็นเมือก Hunter *et al.* (1970) รายงานว่า ในหญ้าเขตร้อนหญ้าแพงโกล่ามีปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้สูงกว่าหญ้าซีดาเรีย หญ้าไรด์ และหญ้าบัฟเฟิล โดยมีค่าระหว่าง 6.5-12.2 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่หญ้า 3 ชนิดหลังมีค่าระหว่าง 3.0-8.5 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งน้ำตาลส่วนใหญ่จะสะสมในต้นมากกว่าใบ และจะเพิ่มขึ้นตามอายุของหญ้า

2. พืชนั้นจะต้องมีค่าของ buffering capacity ต่ำ

ความต้านทานการลดลงของ pH มีค่าน้อยจะทำให้หญ้าเป็นกรดเร็วขึ้น ส่งผลทำให้การสูญเสียทั้งในด้านอาหารสัตว์ในด้านวัตถุแห้งและคุณภาพเกิดขึ้นน้อย ทั้งนี้เนื่องจากระดับ pH 4 เป็นระดับที่สามารถเก็บถนอมอาหารสัตว์ ในรูปการหมักคงได้นาน โดยหญ้าแต่ละชนิดจะมีค่า buffering capacity แตกต่างกัน (สายัณห์, 2547)

3. เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งในหญ้าสดจะต้องมีมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

พืชที่ใช้หมักโดยทั่วไปควรมีน้ำหนักระหว่าง 25 - 35 เปอร์เซ็นต์ ถ้าหากพืชมีน้ำหนักระหว่างน้อยกว่านี้จะเกิดน้ำไหลซึมออกมามากในช่วงที่หมัก และถ้าน้ำหนักแห้งต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ จะได้พืชอาหารสัตว์หมักคุณภาพเลว ในทางตรงกันข้ามหากใช้พืชที่มีน้ำหนักระหว่างมากกว่านี้จะทำให้อัดแน่นได้ยากและไล่อากาศออกไม่หมด

4. ลักษณะทางกายภาพของพืชในด้านโครงสร้างจะต้องเหมาะสมต่อการอัดแน่น

การเลือกควรเลือกพืชอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง อวบน้ำ และให้ผลผลิตสูง(บุญเหลือ, 2534) ความชื้นควรมีประมาณ 60-75 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเพิ่ม osmotic pressure ซึ่งจะขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยโปรตีน (เมธา, 2529) สำหรับพวกพืชตระกูลถั่วชนิดต่างๆ ถ้านำมาทำหญ้าหมัก ควรจะปล่อยให้มีการระเหยของน้ำเสียก่อน หรือมีเช่นนั้นจะต้องผสมหญ้าแห้งลงไปประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่พืชอาหารสัตว์ที่ตัดมามีอายุน้อย แม้จะมีโปรตีนสูง แต่จะขาดแป้งที่จะก่อให้เกิดกระบวนการหมัก จำเป็นต้องเสริมด้วยกากน้ำตาล (บุญเหลือ, 2534)

ตารางที่ 5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในหญ้าเขตหนาวและเขตร้อน

ชนิดหญ้า	ปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ (%)
หญ้าเขตหนาว	
อิตาเลียนไรน์	7.4-31.4
พีเรนเนียนไรน์	4.6-31.5
ทิมมอที	5.3-19.9
เฟสกีว	5.3-26.3
ค็อคสฟุต	0.5-19.1
หญ้าเขตร้อน	
ซีดาเรีย พันธุ์นาคี	4.5-6.1
ไวต์ พันธุ์แซมฟอร์ด	3.0-3.5
พาสพาลัม	2.7-3.4
แพงโกล่า (ต้น)	6.5-12.2
แพงโกล่า (ใบ)	2.3-4.1
ซีดาเรีย (ต้น)	2.9-8.5
ซีดาเรีย (ใบ)	3.2-4.9
บัพเฟล (ต้น)	3.4-4.8
บัพเฟล (ใบ)	2.0-4.2

ที่มา: Hunter *et al.* (1970)

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของหญ้าหมัก

การผลิตหญ้าหมักเพื่อให้มีคุณภาพดี มีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องคือ

1. ชนิดและอายุพืชขณะตัด

พืชอาหารสัตว์แต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมในการทำหญ้าหมักแตกต่างกัน ชนิดและอายุของพืชขณะตัด ก็จะมีปัจจัยต่อลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของพืชอาหาร

สัตว์ที่แตกต่างกัน สายันห์ (2547) กล่าวว่า เมื่อหญ้ามียู่มากขึ้นระดับโปรตีนในหญ้าจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มสัดส่วนของลำต้นมากขึ้น ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักในการจำกัดคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ ในขณะที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ระดับของโปรตีนในใบจะลดลงช้ากว่าในลำต้น อายุการตัดที่เหมาะสม คือ ระยะที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณค่าทางโภชนาการอยู่ในเกณฑ์ดี อายุที่เหมาะสมในการตัดจะแตกต่างกันไปแล้วแต่วิธีการตัดและสภาพภูมิอากาศ (บุญล้อมและสมคิด, 2543) วิรัชและคณะ (2542) ทำการศึกษาผลของอายุการตัดที่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักรวม และองค์ประกอบทางเคมีของหญ้านาเปียร์ ผลการทดลองพบว่าเมื่อตัดหญ้าที่มีอายุ 40 วัน ผลผลิตน้ำหนักรวมจะเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่ง แต่เมื่อตัดที่อายุ 50 วัน ผลผลิตน้ำหนักรวมลดลง ส่วนองค์ประกอบทางเคมีพบว่าหญ้ามียู่มากขึ้นจะมีผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน เพิ่มขึ้น แต่ระดับโปรตีนลดลง และในขณะเดียวกันการตัดเมื่ออายุมากเกินไปจะทำให้มีเยื่อใยสูง มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่ายปริมาณน้อย คุณภาพของหญ้าหมักจะต่ำลง การกินได้ของสัตว์ก็จะลดลง (Humphreys, 1991)

2. ขนาดของชิ้นพืชที่หมัก

ขนาดชิ้นของพืชที่จะนำมาหมักมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อกระบวนการอัดแน่นและการเกิดสภาพไร้ออกซิเจน สายันห์ (2547) กล่าวว่า การทำให้ชิ้นของพืชที่นำมาหมักให้ขนาดเล็กลง เพื่อให้ น้ำตาลถูกปล่อยออกมา จะช่วยทำให้เกิดกรดแลคติกเร็วขึ้นและช่วยให้สามารถอัดได้แน่นและชิ้นส่วนของพืชยังผสมคลุกเคล้ากันได้ดีทั่วถึง การหั่นที่ชิ้นเล็กเกินไปจะมีผลต่อความสามารถในการกระตุ้นกระเพาะหมักให้มีการบีบตัวขับอาหารออกมาเร็วเกินไปทำให้มีการขับน้ำลายออกมาน้อย กระเพาะหมักมีสภาพความเป็นกรดอย่างรุนแรง อาหารไม่ย่อย สัตว์จะเบื่ออาหารและไขมันนมจะลดลง แต่การหั่นชิ้นใหญ่เกินไปจะทำให้อัดแน่นได้ยาก มีออกซิเจนในหลุมหมักมากทำให้เกิดความร้อนสูง โปรตีนจะถูกทำลายและทำให้จุลินทรีย์พวกที่ทนความร้อน เช่น รา และแบคทีเรียบางชนิดเจริญได้ดี ทำให้คุณภาพของพืชหมักลดลง พืชที่จะนำมาหมักควรหั่นให้มีขนาดไม่เกิน 2.5 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชด้วย เช่น ข้าวโพด ควรหั่นให้มีขนาด 1.0-2.5 เซนติเมตร หญ้าควรหั่นขนาด 0.5-1.0 เซนติเมตร (บุญเสริม, 2539)

3. การปรับระดับความชื้นในพืช

บุญฤา (2526) กล่าวว่า ความชื้นของพืชที่ใช้ทำพืชหมักมีผลเกี่ยวข้องกับระดับของ pH และปริมาณของพวก Volatile Fatty Acid (VFA) การใช้พืชอาหารสัตว์ที่มีความชื้นที่เหมาะสมจะ

ทำให้พืชหมักมีคุณภาพดี สายัณห์ (2522) รายงานว่า ความชื้นที่เหมาะสมกับการทำหญ้าหมัก อยู่ระหว่าง 65-70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถ้ามีความชื้นต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์แล้ว การอัดแน่นของหญ้าหมักจะไม่ดีและทำให้ราขึ้นได้ง่าย แต่ถ้าพืชที่นำมาหมักมีความชื้นมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์แล้ว โอกาสที่จะได้หญ้าหมักที่มีคุณภาพแล้วก็มีมากขึ้น เพราะของเหลวที่ไหลออกมาจากพืชที่กำลังหมักอยู่จะทำให้สูญเสียกรดและอาหารธาตุที่มีประโยชน์ต่อสัตว์ บุญเสริม (2539) กล่าวว่า ระดับความชื้นที่สูงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ทำให้จุลินทรีย์ประเภทคลอสตริเดียมขยายจำนวนมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่รีกเพิ่มมากขึ้น เกิดกลิ่นที่ไม่ต้องการ และพืชหมักเน่าเสียได้ง่าย แต่ถ้าพืชหมักมีความชื้นต่ำเกินไปทำให้การอัดแน่นทำได้ยากเนื่องจากลำต้นของพืชจะแข็ง มีอากาศแทรกเข้าไป การหายใจของเซลล์เกิดมากขึ้น ทำให้อุณหภูมิภายในหลุมหมักสูงขึ้น ถ้าเกิน 40 องศาเซลเซียส จะทำให้โปรตีนเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไปอยู่ภายในสภาพที่สัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ พืชหมักจะกลายเป็นสีน้ำตาลจนถึงดำ มีกลิ่นคล้ายกลิ่นน้ำตาลไหม้ พืชที่มีความชื้นต่ำยังทำให้การลดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชหมักเป็นไปได้ยาก พืชหมักมีสภาพไม่ค่อยคงอยู่ตัว คือ ยังสามารถเปลี่ยนแปลงต่อไปได้ พืชหมักที่มีความชื้นต่ำนอกจากจะทำให้จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนเจริญได้ดีแล้ว อาจมีบางชนิดที่สร้างสารพิษเป็นอันตรายต่อสัตว์ และทำให้คุณภาพพืชหมักลดลง

วิธีประมาณค่าความชื้นในพืชอย่างหยาบๆ สามารถทำได้โดยกำชิ้นส่วนพืชสับและบีบให้แน่น ถ้ามีน้ำไหลออกมาแสดงว่า มีความชื้นมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าไม่มีน้ำไหลออกและชิ้นของพืชคลายออกเมื่อแบมือจะมีความชื้นประมาณน้อยกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้นในกรณีที่จำเป็นต้องนำพืช เมื่ออายุน้อยหรือมีความชื้นมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์มาหมัก จึงจำเป็นต้องทำให้พืชสูญเสียความชื้นไปบ้าง (อุษา, 2536)

4. การควบคุมอุณหภูมิและการเกิดกรด

เมื่อตัดพืชสดเพื่อนำมาทำการหมักนั้น ในระยะแรกเซลล์ของพืชยังคงหายใจอยู่ โดยอาศัยออกซิเจนที่ยังมีอยู่ในหลุมหมัก ผลของการหายใจจะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และความร้อน ซึ่งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ถ้ายังมีอากาศอยู่ พวกเชื้อราและยีสต์จะเจริญขึ้นทำให้หญ้าหมักมีคุณภาพเลวลง แบคทีเรียมีอิทธิพลต่อกระบวนการหมักของซึ่งกระบวนการนี้ถูกควบคุมโดยอุณหภูมิ ถ้ามีอากาศมากอุณหภูมิก็จะสูงตามไปด้วย (สายัณห์, 2547) อุณหภูมิที่เหมาะสมของการหมักอยู่ที่ระหว่าง 27-38 องศาเซลเซียส การหมักที่อุณหภูมิต่ำมากๆ พืชจะมีสีเขียวคล้ำ มีกลิ่นฉุน มีลักษณะเป็นเมือกและไม่มีรสชาติ ค่า pH จะสูงกว่า 5.0 ส่วนหญ้าที่หมักภายใต้อุณหภูมิที่เหมาะสมพืชหมัก

จะมีสีเหลือง มีกลิ่นน้ำส้มสายชู ไม่มีเมือก ระดับ pH ต่ำกว่า 4.5 สำหรับพืชที่หมักภายใต้อุณหภูมิสูง จะมีสีน้ำตาลแก่ถึงดำ กลิ่นคล้ายน้ำตาลไหม้ อุณหภูมิของการหมักขึ้นอยู่กับความร้อนที่ได้จากการหายใจของพืชเป็นสำคัญ การหมักที่มีการแทรกของอากาศอยู่มาก การหายใจของพืชเกิดขึ้นมาก ทำให้อุณหภูมิภายในหลุมหมักสูงขึ้น (บุญเสริม, 2539)

5. การอัด และการปิดหลุมหมัก

พืชที่หั่นเรียบร้อยแล้วควรบรรจุหลุมหมักให้เสร็จสิ้นภายในระยะเวลา 2-7 วัน ขึ้นอยู่กับขนาดของหลุมหมัก การปิดหลุมหมักที่ล่าช้าทำให้มีการสูญเสียโภชนาการจากการหายใจของพืชที่มีปริมาณมาก การปิดหลุมหมักให้สนิท และอัดให้แน่นทำให้ได้พืชหมักคุณภาพดี (บุญเสริม, 2539)

แนวทางการเพิ่มคุณค่าทางอาหารและคุณภาพของพืชหมัก

กระบวนการหมักพืชนั้น ผลผลิตของพืชที่ได้ในแต่ละฤดูกาลอาจจะมีคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกัน ดังนั้นในกระบวนการทำพืชหมักอาจจะมีการเติมสารหรือวัตถุดิบบางชนิด เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารและคุณค่าของพืชหมัก ในปัจจุบัน สารเสริมแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ตามลักษณะการทำงานดังนี้ (สายัณห์, 2547)

1. สารกระตุ้นหรือเร่งกระบวนการหมัก (fermentation stimulants)

เป็นการช่วยให้เกิดกระบวนการหมักดองที่เร็วขึ้น โดยอาจจะมีการเติมแบคทีเรียจำพวกที่ผลิตกรดแลคติกลงไป หรืออาจจะมีการเติมพวกเอนไซม์ต่างๆ เพื่อช่วยในการหมัก เช่น cellulolytic หรือ amylolytic นอกจากนี้ อาจจะมีการเสริมกากน้ำตาล (molasses) ข้าวโพดบด มันสำปะหลัง เป็นต้น (สายัณห์, 2547) สารเสริมที่ใส่เข้าไปในพืชหมักของกลุ่มนี้มักใส่เพื่อเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต เพื่อผลิตกรดแลคติก หรืออาจจะใส่เพื่อลดความชื้น เพิ่มคุณค่าทางอาหารหรือปรับปรุงรสชาติพืชหมัก (วิโรจน์, 2546)

Dibb *et al.* (1970) รายงานว่า การเติมวัสดุช่วยหมักจำเป็นอย่างยิ่งต่อการทำพืชหมักที่มีความชื้นก่อนหมักสูง ปริมาณน้ำตาลต่ำ ปริมาณโปรตีนรวมสูง แต่ถ้าพืชมีปริมาณน้ำตาลสูงอยู่แล้ว แม้จะมีความชื้นมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ก็ยังคงให้พืชหมักคุณภาพดีได้ เมื่อมีการเติมข้าวโพดหรือ

คาร์โบไฮเดรตอื่นๆ เช่น รำ หรือมันสำปะหลัง ลงไปร่วมในการหมัก จะทำให้มีคาร์โบไฮเดรตพอเพียงสำหรับแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก และหลังจากเกิดกระบวนการหมักเต็มที่แล้วก็ยังคงมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำเหลืออยู่ในพืชหมัก ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่สัตว์ต่อไปได้ (ชูศักดิ์, 2533)

กากน้ำตาล (Molasses) จัดเป็นสารช่วยการหมักประเภทกระตุ้นการสร้างกรด กากน้ำตาลประกอบด้วยน้ำ 20 เปอร์เซ็นต์ ซูโคส 35 เปอร์เซ็นต์ กลูโคสและฟรุคโตสรวมกันเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 5 เปอร์เซ็นต์ สารอินทรีย์ 10 เปอร์เซ็นต์ (อำนาจ, 2528) การใส่กากน้ำตาลเป็นวิธีหนึ่งที่จะเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (water soluble carbohydrate, WSC) ให้สูงขึ้น จากการศึกษาของวีระพล (2547) ในการผลิตหญ้าแพงโกล่าหมักโดยใช้หญ้าอายุ 45 วัน นำมาผสมคลุกเคล้ากับกากน้ำตาลในอัตรา 8 เปอร์เซ็นต์ จะให้หญ้าหมักคุณภาพดีดังแสดงในตารางที่ 6 เป็นหญ้าหมักที่มีมาตรฐานใกล้เคียงกับของยุโรป

ตารางที่ 6 ลักษณะทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าหมัก

รายการ	ลักษณะ
ลักษณะทางกายภาพ	
สี	สีเขียวอมเหลือง
กลิ่น	หอม คล้ายผลไม้ดอง
รส	เปรี้ยว
เนื้อของพืชหมัก	เนื้อแน่น, ไม่มีเมือก, ไม่ลื่น
ส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าหมัก (% วัตถุแห้ง)	
สภาพกรด-ด่าง(pH)	4.22
วัตถุแห้ง(DM %)	34.12
โปรตีน(CP)	13.37
กรดไขมันระเหยได้(VFA)	
กรดอะซิติก (Acetic acid) (% DM)	2.38
กรดแลคติก (Lactic acid) (% DM)	5.83
กรดบิวทีริก (Butyric acid) (% DM)	0.01

ที่มา: วีระพล (2545)

สารเสริมพวกเชื้อจุลินทรีย์ เชื้อยีสต์และเอนไซม์ จะเป็นการใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่มีความเฉพาะเจาะจงในการผลิตกรดแลกติกในกระบวนการหมัก เพื่อเร่งกระบวนการหมักให้เร็วขึ้น ทำให้คุณภาพของพืชหมักดีขึ้นและลดการสูญเสียได้ (วิโรจน์, 2546)

2. เพิ่มความเป็นกรดให้กับหญ้าหมักโดยตรง (direct acidification)

กรดที่นำมาใช้ในการหมักพืชมีทั้งกรดอินทรีย์และ กรดอนินทรีย์ โดยกรดอินทรีย์จะมีผลลด pH ลงทันที กรดที่อยู่ในกลุ่มนี้ คือ ไฮโดรคลอริก ซัลฟูริก เป็นอันตรายทั้งต่อคนสัตว์ ส่วนกรดอินทรีย์ (organic acid) ได้แก่กรดโพรพิโอนิก กรดอะซีติก และกรดฟอร์มิก ใช้ลด pH ของพืชหมัก เป็นอันตรายน้อยกว่าอย่างแรกมาก (วิโรจน์, 2546) การเติมกรด เช่น กรดซัลฟูริก กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดฟอร์มิก จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดให้ดีขึ้น โดยเฉพาะการใส่กรดฟอร์มิกในอัตรา 2-5 ลิตร/ตัน (Ørskov, 1988) ในปัจจุบันประเทศต่างๆ หลายประเทศนิยมใช้กรดฟอร์มิกในการทำพืชหมัก (บุญฤา, 2526) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ Clostridium และ Coliform bacteria ซึ่งจะสร้างกรดบิวทีริกและกรดอะซีติก (Wilkinson, 1990) Takano (1972) ได้รายงาน ว่าสามารถใช้ formic acid ผสมกับหญ้าพืชอาหารสัตว์ที่จะใช้ทำพืชหมักได้เป็นอย่างดี จากการศึกษาของศรีธนา และจันทกานต์ (2537) ในการผลิตหญ้ารูลี่หมักโดยใช้กรดฟอร์มิก 85 เปอร์เซ็นต์ในอัตรา 5 มิลลิลิตร/กิโลกรัม โดยใช้ระยะเวลาในการหมัก 30 วัน พบว่าหญ้ารูลี่หมักที่ได้ มีค่า pH กรดแลกติก กรดอะซีติก และกรดบิวทีริก คือ 4.93 1.25 0.37 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งการลดลงของกรดบิวทีริก ในกลุ่มหญ้ารูลี่ที่เสริมกรดฟอร์มิกน้อยกว่าหญ้ารูลี่ (control) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าธัญหมัก (control) และหญ้าธัญหมักผสม formic acid

ลักษณะที่ศึกษา	หญ้าธัญหมัก(control)	หญ้าธัญหมัก+formic
วัตถุแห้ง (%)	30.44	30.36
ความเป็นกรด-ด่าง	5.35	4.93
กรดไขมันระเหยง่าย(VFA) (%DM)		
กรดแลคติก	0.72	1.25
กรดอะซิติก	0.41	0.37
กรดบิวทีริก	0.27 ^b	0.06 ^a
คุณภาพโดยรวมของ VFA	ค่อนข้างใช้ได้	ดี

หมายเหตุ ^{ab} อักษรกำกับที่ต่างกันในแต่ละแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ที่มา: คัดแปลงจากศรีธนา และ จันทกานต์ (2537)

บุญเหลือ (2534) กล่าวว่า การเติมกรดฟอร์มิกลงไปในพื้นที่หมัก สัตว์จะกินพืชหมักได้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสภาพการเป็นกรดของพืชหมักจะต่ำกว่าพืชหมักที่ไม่ได้เสริมกรดฟอร์มิกและยังทำหน้าที่ไปลดหรือป้องกันมิให้เกิดการสลายตัวของโปรตีน

3. สารชะงักหรือยับยั้งกระบวนการหมัก (fermentation inhibitor)

ได้แก่ฟอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde) และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (metabisulphite) ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์พวกที่ใช้ออกซิเจนไม่ให้งาน ลดการสูญเสียในการหมัก และลดการย่อยสลายโปรตีนของพืชหมัก (สาขันธ์, 2547) และนอกจากนั้นยังช่วยในการลดกระบวนการหมักและสามารถป้องกันโปรตีนในอาหารให้ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก ทำให้โปรตีนไหลผ่านไปยังลำไส้เล็กมากขึ้น (Siddones et al., 1979) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีลักษณะ

เป็นฝุ่น ถ้ามีการ hydrolyze จะได้ sulfur dioxide และกรดเกลือ ดังนั้นหากใช้ในพืชหมักจะมีผลให้ เป็นต่าง การมีผลต่อต้านกิจกรรมของจุลินทรีย์ของโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ จะเป็นผลมาจากฤทธิ์ ของไบซัลไฟด์ไอออนมากกว่าไฮโดรเจนไอออน โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์มีผลต่อแบคทีเรียที่ไม่ได้ ผลิตรกรดแลกติกเพียงอย่างเดียวน้อยกว่ากลุ่มที่สร้างกรดแลกติกเพียงอย่างเดียว โดยการเสริม โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ที่ระดับ 12.5 มิลลิโมลต่อลิตร (2 กรัมต่อกิโลกรัม) pH เท่ากับ 6 จะสามารถ ยับยั้งแบคทีเรียทุกชนิด การใช้มากกว่า 10 กรัมต่อกิโลกรัมไม่มีผลต่อ pH แต่เพิ่มกรดแลกติกและ บิวทิริกในพืชหมัก การใช้ในปริมาณมากจะมีผลต่อความน่ากินของพืชหมัก (Woolford, 1978)

4. สารเคมีที่ต่อต้านจุลินทรีย์โดยเฉพาะ (specific antimicrobial)

ได้แก่สารเคมีที่ยับยั้งคลอสทริเดียมโดยตรง เช่น โซเดียมไนไตร (sodium nitrite) และ พวกแอนติไบโอติก (antibiotic) เป็นต้น (สายัณห์, 2547) โซเดียมไนไตรเป็นสารที่นิยมใช้กันมาก ในการถนอมอาหาร โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เนื้อและอาหารกระป๋อง นอกจากนั้นยังทำให้เกิดสีด้วยการ ใช้เป็นสารเสริมนั้นจะใช้ร่วมกับ calcium formate โดยที่โซเดียมไนไตรจะออกฤทธิ์กว้างต่อ จุลินทรีย์ ระดับความเข้มข้น 50 มิลลิโมลต่อลิตร (3.2 กรัมต่อกิโลกรัม) สามารถยับยั้งการเจริญของ แบคทีเรียทุกชนิดและพวกเชื้อรา โซเดียมไนไตรจะละลายตัวระหว่างการหมัก จึงมีผลต่อพืช พืชหมักในระยะไม่นาน แต่ก็สามารถยับยั้งพวก clostridia ได้ และทำให้เกิดการหมักได้กรดแลกติกเร็ว โดยจะทำให้พืชหมักที่มีน้ำตาลต่ำสามารถใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น แต่โซเดียมไนไตรอาจ ก่อให้เกิดการสะสมสารก่อมะเร็ง เมื่อใช้เป็นเวลานาน (วิศิษฐ์พร, 2544)

5. สารดูดซับความชื้น

การใช้ธัญพืชเพื่อช่วยซับความชื้นจากหญ้าที่มีความชื้นสูงเกินไป นอกจากนั้นยังช่วยเร่ง ให้เกิดกรดแลกติกเร็วขึ้น (สายัณห์, 2547) เพ็ญศรี และคณะ (2538) รายงานว่า หญ้าหมักจากหญ้า ไข่มุกระยะเก็บเมล็ดพันธุ์ใส่ข้าวโพดบด 5 เปอร์เซ็นต์จะทำให้หญ้าหมักที่ดี โดยพิจารณาจาก pH (4.0) ปริมาณกรดแลกติก (1.18 เปอร์เซ็นต์) กรดอะซิติก (0.46 เปอร์เซ็นต์) และกรดบิวทิริก (0.06 เปอร์เซ็นต์)

คุณภาพของพืชหมัก

พืชหมักคุณภาพดีควรมีคุณสมบัติดังนี้ (บุญเสริม, 2539)

1. กลิ่นของพืชหมักที่ดีควรมีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆ คล้ายกลิ่นผลไม้ดอง ไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า และไม่มีกลิ่นของแอมโมเนีย

2. เนื้อของพืชหมักจะต้องไม่เมื่อย ไม่เละ ไม่มีเชื้อรา

3. รสชาติดี ไม่ขมหรือรสจัดจนเกินไป

4. พืชหมักที่ดีควรมีสีเขียวหรือน้ำตาลอ่อน ถ้ามีสีน้ำตาลเข้มหรือสีไหม้เกรียม แสดงว่ามีความร้อนมากเกินไป และถ้าพืชหมักมีสีดำก็แสดงว่าพืชหมักเน่า ซึ่งไม่ควรนำมาเลี้ยงสัตว์

5. ระดับความเป็นกรดต่ำอยู่ระหว่างช่วง 3.8 – 4.1

ค่ามาตรฐานของพืชหมักชนิดต่างๆ แสดงในตารางที่ 8 และผลของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการหมักต่อคุณภาพของพืชหมัก แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ค่ามาตรฐานของพืชหมักชนิดต่างๆ

Item	Normal Corn Silage	Normal Alfalfa Silage	Normal Grass Silage	Normal HMC*
Moisture (%)	67-72	63-68	55-65	60-68
Ammonia Nitrogen, %TN**	< 10%	< 15%	< 15%	< 10%
pH	< 4.0	< 4.5	< 4.2	< 4.2
Lactic Acid, %DM	> 3.0	> 2.0	> 3.0	>1.0
Acetic Acid, %DM	< 3.0	< 2.0	< 3.0	<1.0
Propionic Acid, % DM	< 1.0	<1.0	< 1.0	< 1.0
Butyric Acid, %DM	< 0.1	<0.1	<0.1	< 0.1
Alcohol, %DM	< 0.5	0	0	< 0.5

หมายเหตุ * Forage high moisture, ** Total nitrogen

ที่มา: Segla (2003)

จากตารางที่ 8 สามารถสรุปได้ว่าหญ้าหมักคุณภาพดีควรมีระดับความชื้นประมาณ 55-65 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนน้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ pH น้อยกว่า 4.2 กรดแลกติกมากกว่า 3.0 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติกน้อยกว่า 3.0 เปอร์เซ็นต์ กรดโพรพิโอนิกน้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ กรดบิวทิริกน้อยกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ และต้องไม่มีแอลกอฮอล์

ตารางที่ 9 ผลของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการหมักต่อคุณภาพของพืชหมัก

Item	Positive or Negative	Action(s)
pH	+	Low pH inhibits bacterial activity
Lactic acid	+	Inhibits bacterial activity by lowering pH
Acetic acid	-	Associated with undesirable fermentations.
	+	Inhibits yeasts responsible for aerobic spoilage.
Butyric acid	-	Associated with protein degradation, toxin formation and large losses of DM and energy.
Ethanol	-	Indicator of undesirable yeast fermentation and high DM losses.
Ammonia	-	High levels indicate excessive protein breakdown.
Acid detergent insoluble nitrogen (ADIN)	-	High levels indicate heat-damaged protein and low energy content.

ที่มา: Kung (2000)

จากตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่า pH และกรดแลกติกจะมีผลในด้านบวกต่อคุณภาพหญ้าหมักคือ pH ที่ต่ำมีผลต่อการยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ ในขณะที่กรดแลกติกจะหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยการทำให้ pH ต่ำลง กรดอะซิติกมีผลทั้งในทางบวกและลบต่อกระบวนการหมัก ผลในทางบวกคือยับยั้งยีสต์ในขณะที่มีอากาศและผลในทางลบคือเป็นตัวช่วยในกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ที่

ไม่พึงปรารถนา ส่วนกรดบิวทีริก เอทานอล แอมโมเนีย และกรดที่ไม่ละลายในไนโตรเจนนั้น ส่งผลในทางด้านลบต่อคุณภาพของหญ้าหมักคือกรดบิวทีริกมีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนการสร้างสารพิษ ทำให้สูญเสียวัตถุแห้งและพลังงาน เอทานอลเป็นตัวบ่งบอกถึงการหมักของยีสต์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย แอมโมเนียระดับสูงบ่งชี้ถึงการแตกตัวของโปรตีนที่มากเกินไป และกรดที่ไม่ละลายในไนโตรเจนหากมีระดับสูงแสดงถึงการเกิดความร้อนที่มีผลต่อโปรตีนและมีระดับพลังงานต่ำ (Kung, 2000)

การใช้จุลินทรีย์ในการผลิตหญ้าหมัก

เชื้อ *Lactobacillus spp.* มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักของพืช ซึ่งจัดเป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่ให้ผลิตภัณฑ์หลักตัวเดียว คือ กรดแลคติก (Homofermentative lactic acid bacteria) เจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic condition) ผลิตกรดแลคติกได้ในปริมาณ 90 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำตาลกลูโคส และมีความเป็นกรดสูงเมื่อใช้กลูโคส ฟรุกโตส และซูโครสเป็นแหล่งคาร์บอน (อำนาจ, 2540) Frank *et al.* (2000) ทำการเติม *L. bachneri* ปริมาณ 3×10^5 cfu/g ของพืชสด ในการหมักหญ้าไรย์ (Ryegrass) การเติมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าไรย์หมักที่ไม่มีการเติม และปริมาณของกรดแลคติกสูงขึ้น ปริมาณของกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และเอทานอล จะมีค่าต่ำลง เป็นผลทำให้พืชหมักมีค่าความเป็นกรดต่างลดลง ในทางตรงกันข้ามเมื่อปริมาณกรดแลคติกต่ำ ส่วนปริมาณกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และเอทานอลจะสูงขึ้น และทำให้ค่าความเป็นกรดต่างสูงขึ้น Aksu *et al.* (2004) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างข้าวโพดที่หมักโดยไม่มีการเติมสารเสริมและข้าวโพดที่หมักร่วมกับแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ผลการทดลองพบว่าค่าความเป็นกรดต่าง (pH) มีค่าเท่ากับ 3.90 และ 3.63 ($P < 0.05$) ปริมาณกรดแลคติก 16.75 และ 22.45 g kg⁻¹ DM ($P < 0.05$) กรดอะซิติก 49.48 และ 51.65 g kg⁻¹ DM และกรดบิวทีริก 7.12 และ 5.44 g kg⁻¹ DM ตามลำดับ และการศึกษาค่าการย่อยได้ของข้าวโพดที่หมักโดยไม่มีการเติมสารเสริมและข้าวโพดที่หมักร่วมกับแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก โดยใช้แกะเพศผู้อายุ 2 ปี จำนวน 8 ตัว สรุปได้ว่าข้าวโพดที่หมักร่วมกับแบคทีเรียกรดแลคติกทำให้กระบวนการหมักดีขึ้น และค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและส่วนของผนังเซลล์ (NDF) เพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) และ Meeske *et al.* (1999) ได้ศึกษาการใช้ Lactic acid bacteria (*Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici*) ร่วมกับเอนไซม์ ในการทำหญ้าแพงโกล่าหมักที่ใช้เลี้ยงแกะ และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีหลังจากการเก็บ พบว่าค่า pH มีการลดลงอย่างรวดเร็วระดับของกรดแลคติกและ Lactic acid

bacteria เพิ่มขึ้น โปรตีนถูกทำลายน้อย ดังแสดงในตารางที่ 10 และเมื่อนำไปใช้เลี้ยงแกะพบว่า มีปริมาณการกินได้เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมและกลุ่มของหญ้าแห้ง ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 10 ค่าองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าแห้งกับการเติมแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก และเอนไซม์ ในหญ้าหมัก

Item	Silage		Hay
	control	inoculant	
Dry matter (g/kg)	382±12	432±14	915±8
Organic matter (g/kg DM)	905±12	917±12	916±11
NDF ^a , %DM	713±14	716±6	717±5
IVOMD ^b , %DM	570±7	583±4	563±3
Crude protein, %DM	61±2	59±4	51±5
NH ₃ -N (g kg ⁻¹ TN ^c)	80±12	36±5	
pH	4.63±0.3	4.14±0.1	
WSC ^d , %DM	16.50±1.1	22.0±1.5	
Lactic acid, %DM	21.70±1.3	28.6±2.1	
Acetic acid, %DM	15.20±0.6	5.9±0.8	
Butyric acid, %DM	7.50±3.2	1.6±0.9	
Propionic acid, %DM	0.50±0.2	0	

หมายเหตุ ^a Neutral detergent fibre

^b In vitro organic matter digestibility

^c Total nitrogen

^d Water soluble carbohydrate

ที่มา: Meeske *et al.* (1999)

ตารางที่ 11 ปริมาณการย่อยได้และปริมาณการกินได้ของหญ้าแพงโกล่าหมักและแห้งในแกะ

Item	Silage control	inoculants	Hay	SEM
Digestibility				
Organic matter(g/kg DM)	546.0 ^a	574.0 ^b	561.0 ^b	7
Intake				
g DM day ⁻¹	1540.0 ^b	1848.0 ^c	1395.0 ^a	56
g DOMI g ⁻¹ W ^{0.75} day ⁻¹	38.1 ^b	42.6 ^c	32.1 ^a	1.1
DMI g kg ⁻¹ live weight	25.0 ^b	30.0 ^c	22.0 ^a	1

หมายเหตุ DOMI=Digestible organic matter intake, DMI=Dry matter intake

ที่มา: Meeske *et al.* (1999)

Muck and Kung (1997) ได้สรุปจากการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้จุลินทรีย์ในการหมักหญ้าตั้งแต่ปี 1990 ถึง 1995 ว่าการใช้จุลินทรีย์ทำให้หญ้าหมักมีความเป็นกรดต่ำและระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของการศึกษา และยังสามารถเพิ่มอัตราส่วนระหว่างกรดแลคติกต่อกรดอะซิติก นอกจากนั้นการใช้จุลินทรีย์ร่วมในการหมักยังสามารถทำให้การย่อยได้เพิ่มขึ้น โดยทั่วไปแล้วจุลินทรีย์ที่ใช้นั้นมีผลเล็กน้อยหรือไม่มีผลเลยต่อปริมาณเชื้อใยของพืชหมักเพราะแบคทีเรียที่ผลิตกรดส่วนใหญ่จะย่อยส่วนของผนังเซลล์พืชได้เล็กน้อยหรือไม่สามารถย่อยสลายได้เลย ปริมาณเชื้อใยที่น้อยลงนี้อาจมีผลมาจากกรดบางส่วนทำปฏิกิริยากับผนังเซลล์ส่วนเฮมิเซลลูโลส

การตอบสนองในทางบวกของการใช้จุลินทรีย์ในการหมักต่อปริมาณการกินได้ การเจริญเติบโต และผลผลิตน้ำนม พบว่าเมื่อใช้จุลินทรีย์หมักร่วมกับพืชอาหารสัตว์ทำให้สัตว์มีปริมาณการกินได้ การเจริญเติบโต และผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น 28 53 และ 47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Kung and Muck, 1997)

การใช้หญ้าหมักเป็นแหล่งอาหารหยابในโคนม

อาหารหยาบถือเป็นหัวใจสำคัญสำหรับการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยเฉพาะการเลี้ยงโคนมที่ต้องการอาหารหยาบคุณภาพดีที่สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย และเพื่อสร้างผลผลิตน้ำนม

อังคณา และคณะ (2549) ทำการศึกษาการเลี้ยงโคนมด้วยหญ้าเนเปียร์สดเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์หมักต่อการให้ผลผลิตน้ำนม พบว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าเนเปียร์สดมีปริมาณการกินอาหารหยาบและอาหารทั้งหมดในรูปวัตถุแห้งได้มากกว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าเนเปียร์หมัก การที่โคกินหญ้าหมักชนิดต่างๆ ได้ค่อนข้างน้อยมีสาเหตุมาจากหญ้าหมักมีวัตถุแห้งต่ำ นอกจากนี้ปริมาณกรดอินทรีย์ในหญ้าหมักก็เป็นปัจจัยในการกินได้ของสัตว์ด้วย แต่ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 12) และบุญญฤทธิ (2544) ได้ศึกษาผลของการให้หญ้าหมักเปรียบเทียบกับหญ้าสดต่อการให้ผลผลิตน้ำนมในโคนมระยะต้นของการให้น้ำนม ผลการทดลองพบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของโคนมที่ได้รับหญ้าหมักสูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าสด ($P<0.01$) ค่าการย่อยได้ของโปรตีนและไขมันของโคนมที่ได้รับหญ้าหมักมีค่าสูงกว่าโคนมที่ได้รับหญ้าสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งนี้เนื่องมาจากในส่วนของหญ้าหมักนั้นจะมีขนาดชิ้นของอาหารที่เล็กกว่าหญ้าสด จึงมีผลทำให้อัตราการไหลผ่านกระเพาะหมักและการย่อยสลายในรูเมนในอัตราเร็วขึ้น ส่งผลทำให้กระเพาะหมักว่างลงและโคนมสามารถกินอาหารได้มากขึ้น (วิศิษฐ์พร, 2538; 2539) และหญ้าหมักมีความน่ากินสูง (เมธา, 2533) นอกจากนี้การกินได้ที่เพิ่มขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากสัตว์ได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักในระดับสูง จากหญ้าหมักทำให้มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมักมีอัตราที่สูงเป็นผลให้มีการย่อยสลายอาหารได้ในอัตราที่เร็ว ทำให้การไหลผ่านสู่การกินได้จึงสูงตามไปด้วย (ARC, 1984) อย่างไรก็ตามถึงแม้โคนมทั้งสองกลุ่มจะได้รับอาหารแตกต่างกัน แต่ในการให้ผลผลิตน้ำนมและส่วนประกอบของน้ำนมของโคนมทั้ง 2 กลุ่มนั้นไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ในส่วนของน้ำหนักตัวก็ไม่มี ความแตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าข้อจำกัดในด้านลักษณะของสายพันธุ์และความเครียดที่เกิดจากการจัดการเลี้ยงดูในสภาพขังคอกในระหว่างการทดลอง ปริมาณการกินได้และผลผลิตน้ำนมแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 12 ผลของอาหารหยาบกลุ่มต่างๆ ต่อปริมาณอาหารที่กินและการให้ผลผลิตน้ำนมของโค

ลักษณะที่ศึกษา	ชนิดของอาหารหยาบ			
	หญ้าสด	S-1	S-2	S-3
น้ำหนักเริ่มการทดลอง (กก.)	451.58	450.53	449	456.15
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	450.7	451.15	448.15	450.28
น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง (กก.)	-0.88	0.62	-0.85	-5.87
ปริมาณอาหารที่กิน (กก./ตัว/วัน)				
อาหารหยาบแห้ง	8.16 ^a	5.75 ^b	6.45 ^{ab}	5.30 ^b
อาหารข้น (DM basis)	3.11	2.85	3.02	3.11
อาหารทั้งหมด (DM basis)	11.28 ^a	8.60 ^b	9.47 ^b	8.40 ^b
ผลผลิตน้ำนมที่แท้จริง (กก./ตัว/วัน)	8.69	7.28	7.59	7.54
ผลผลิตน้ำนมที่ปรับไขมัน 4 % (กก./ตัว/วัน)	9.66	7.93	8.54	8.28
องค์ประกอบของน้ำนม (%)				
โปรตีน	3.24	3.31	3.3	3.18
ไขมัน	4.9	4.61	4.84	4.75
แลคโตส	4.5	4.59	4.12	4.85
ของแข็งทั้งหมด	13.48	13.23	13.07	13.14
ของแข็งไม่รวมไขมัน	8.62	8.58	8.23	8.38

หมายเหตุ S-1=หญ้าหมักโดยไม่เติมสารเสริม

S-2=หญ้าหมักร่วมกับกากน้ำตาล

S-3=หญ้าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสำเร็จ

^{ab} อักษรกำกับที่ต่างกันในแต่ละแถวบน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ที่มา: สมจิตร (2549)

ตารางที่ 13 ปริมาณการกินได้และการให้ผลผลิตของโคนมที่ได้รับหญ้าสดและหญ้าหมัก

ลักษณะที่ศึกษา	ชนิดของอาหารหยาบ	
	หญ้าหมัก	หญ้าสด
ปริมาณอาหารที่กิน (กก./ตัว/วัน)		
อาหารหยาบแห้ง	8.0±0.73 ^a	5.8±0.59 ^b
อาหารขุ่น (DM basis)	7.1	7.1
อาหารทั้งหมด (DM basis)	15.1±0.7 ^a	12.8±0.7 ^b
ผลผลิตน้ำนมที่แท้จริง (กก./ตัว/วัน)	14.2±3.1	13.7±3.2
ผลผลิตน้ำนมที่ปรับไขมัน 4 % (กก./ตัว/วัน)	14.1±4.4	13.9±3.0
องค์ประกอบของน้ำนม (เปอร์เซ็นต์)		
โปรตีน	3.01±0.63	2.93±0.23
ไขมัน	3.90±0.34	4.19±0.96
แลคโตส	5.03±1.67	6.81±3.80
ของแข็งทั้งหมด	13.13±1.94	14.67±4.65
ของแข็งไม่รวมไขมัน	9.28±1.67	10.51±3.93

หมายเหตุ ^{ab} อักษรกำกับที่ต่างกันในแต่ละแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ที่มา: บุญญฤทธิ์ (2544)

แนวทางการใช้รังสีแกมมาในการปรับปรุงประสิทธิภาพของจุลินทรีย์เพื่อการพัฒนาการเกษตร

การศึกษาการใช้รังสีแกมมาเพื่อการพัฒนาการเกษตร ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาการใช้จุลินทรีย์ที่คัดเลือกแล้วมาทำการฉายรังสีแกมมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ได้ดียิ่งขึ้น

งามนิจ และ ณัฐธยาน์ (2549) ทำการศึกษาการใช้รังสีแกมมาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพเชื้อ *Saccharomyces* Sp. KKU. 1 เพื่อให้สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงและผลิตไลซีนได้ในปริมาณสูง

พบว่า เมื่อนำเชื้อ *Saccharomyces* Sp. KKU. 1 ที่รอดตายจากการฉายรังสีแกมมาที่ 4 kGy ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ใช้แป้งมันสำปะหลังดิบและเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มาใช้ในการหมักมันสำปะหลัง ในรูปมันดิบบดละเอียด 5 วัน จะได้ปริมาณไลซีน 0.22 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และเมื่อนำไปหมักมันเส้นเป็นเวลา 3 วัน ได้ปริมาณของไลซีน 0.16 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 8.72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่ามันเส้นที่ไม่ได้หมักที่มีค่าเพียง 0.07 และ 6.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เทอดศักดิ์ และคณะ (2549) ได้ศึกษาผลของการใช้มันสำปะหลังหมักยีสต์ในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตสุกร โดยใช้ยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces* Sp. KKU. 1 ที่ผ่านการฉายรังสีทำให้มีประสิทธิภาพในการผลิตสูงกว่าสายพันธุ์เดิม หมักร่วมกับมันสำปะหลัง และใช้เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหารสุกรในระดับ 0, 3, 6 และ 9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเป็นอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรลูกผสมสามสายเลือด (ลาร์ทไวท์ X แลนด์เรซ X ครอก) ที่มีอายุ 32 สัปดาห์ จำนวน 32 ตัว พบว่าการใช้มันสำปะหลังหมักยีสต์ที่ถูกฉายรังสีทุกระดับทั้งในสุกรเล็ก และสุกรระยะขุน มีผลให้สมรรถภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหาร การใช้มันสำปะหลังหมักยีสต์พันธุ์กลายนี้สามารถทดแทนข้าวโพด และแหล่งพลังงานอื่นๆ ในสูตรอาหารสุกรเล็ก-รุ่น โดยไม่ต้องเสริมแหล่งโปรตีนได้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกร อารมณ์ และคณะ (2549) ศึกษาการใช้รังสีแกมมาในการปรับปรุงประสิทธิภาพของหัวเชื้อหมัก โดยการคัดแยกหัวเชื้อมาจากแบคทีเรียที่สร้างกรดจากตัวอย่างหัวและหัวหมัก ได้เชื้อทั้งหมด 117 ไอโซเลท โดย 115 ไอโซเลทเป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่สร้างกรดในช่วงร้อยละ 0.36-2.05 และเมื่อนำเชื้อเหล่านี้ไปทดสอบการหมักน้ำตาลกลูโคสพบว่าเชื้อทุกหัวมีการหมักแบบ Homofermentative จากผลการทดสอบการสร้างกรดได้คัดเลือกเชื้อรูปร่างกลมรหัส T3-2-02 และเชื้อรูปร่างแท่งรหัส T3-0-01 ไว้เป็นหัวเชื้อผสมสายพันธุ์พ่อแม่ในการหมักหัว และเมื่อนำเชื้อสายพันธุ์พ่อแม่ทั้งสองรหัสไปฉายรังสีแกมมาได้เชื้อที่รอดชีวิตหลังจากการฉายรังสีรหัส T3-2-02 จำนวน 51 ไอโซเลท และเชื้อรหัส T3-0-01 ทั้งหมด 58 ไอโซเลท จากนั้นนำไปทดสอบการเจริญและการสร้างกรดแล้วคัดเลือกเชื้อรูปร่างกลมรหัส MC08 และเชื้อรูปร่างแท่งรหัส MR04 ที่มีประสิทธิภาพการผลิตกรดแลคติกสูงไว้ใช้เป็นหัวเชื้อผสมสายพันธุ์ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาเพื่อใช้ทำหัวหมัก นำเชื้อที่ได้มาทำการหมักหัวเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการหมัก โดยใช้หัวแ่งโกล่าตัดที่อายุ 50 วัน ผลการทดลองพบว่าการเติมหัวเชื้อทำให้ได้หัวหมักที่มีคุณภาพดี โดยเฉพาะหัวหมักที่มีการเติมหัวเชื้อที่ผ่านการฉายรังสีทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นเร็วและมีปริมาณกรดแลคติกมากกว่าเมื่อเทียบกับหัวหมักที่หมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์พ่อแม่ ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ ตลอดระยะเวลาการหมัก

Treatments	Item				
	Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid	NH ₃ -N	WSC
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
T1	0.98 ^a ±0.47	1.14 ^c ±0.19	0.44 ^b ±0.04	0.01 ^a ±0.01	3.30 ^a ±0.35
T2	3.58 ^b ±0.74	0.40 ^a ±0.10	0.13 ^a ±0.11	0.01 ^a ±0.00	4.96 ^{bc} ±1.59
T3	1.32 ^a ±0.41	1.04 ^c ±0.10	0.37 ^b ±0.05	0.02 ^a ±0.01	5.59 ^{bc} ±2.26
T4	1.42 ^a ±0.70	0.96 ^{bc} ±0.45	0.22 ^a ±0.06	0.02 ^a ±0.01	5.15 ^{bc} ±1.16
T5	3.56 ^b ±0.69	0.58 ^{ab} ±0.22	0.11 ^a ±0.07	0.01 ^a ±0.01	5.43 ^{bc} ±1.62
T6	3.96 ^b ±2.42	0.62 ^{ab} ±0.28	0.16 ^a ±0.09	0.02 ^a ±0.01	6.92 ^b ±2.78

หมายเหตุ T1=หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม

T2=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล

T3=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อผสมสายพันธุ์พ่อแม่

T4= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อผสมที่ได้จากการฉายรังสี

T5= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อผสมสายพันธุ์พ่อแม่

T6=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อผสมที่ได้จากการฉายรังสี

± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{ab} อักษรกำกับที่ต่างกันในแต่ละแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(P<0.05)

ที่มา: อารณ์ และคณะ (2549)

ดังนั้นการใช้หัวเชื้อที่ผ่านการฉายรังสีเพื่อการทำหญ้าหมักจึงน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีอีกทางในการเพิ่มคุณภาพของหญ้าหมักให้เป็นแหล่งอาหารหยาบคุณภาพดีที่เก็บไว้ใช้ได้ตลอดทั้งปีที่สำคัญเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

การทดลองที่ 1

การศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาของหญ้าแพงโกล่าหมักและผลการใช้เป็นแหล่ง
อาหารหยাবในโคนมรุ่นเพศเมีย

สัตว์ทดลอง

โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรียเซียน (Holstein Friesian Crossbred) ระดับสายเลือด 87.5 เปอร์เซนต์ จากฟาร์มทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน เพศเมีย อายุ 6 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 275.33 ± 11.74 กิโลกรัม จำนวน 18 ตัว เลี้ยงในคอก ขังเดี่ยวขนาดกว้าง 2.5 เมตร ยาว 5 เมตร สูง 1.5 เมตร สภาพโรงเรือนเป็นโรงเรือนโปร่ง หลังคา กระเบื้อง และพื้นคอนกรีต มีรางอาหารอยู่ด้านหน้าคอก มีน้ำสะอาด สามารถกินน้ำและอาหารได้อย่างเต็มที่ และมีแร่ธาตุก้อนให้กินตลอดเวลา

อาหารที่ใช้ในการทดลอง

อาหารที่ใช้ทดลองได้แก่หญ้าแพงโกล่าหมัก มี 6 กลุ่มการทดลองดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 หญ้าแพงโกล่าหมัก

กลุ่มการทดลองที่ 2 หญ้าแพงโกล่าหมักโดยเติมกากน้ำตาล 4 เปอร์เซนต์

กลุ่มการทดลองที่ 3 หญ้าแพงโกล่าหมักโดยเติมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

กลุ่มการทดลองที่ 4 หญ้าแพงโกล่าหมักโดยเติมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

กลุ่มการทดลองที่ 5 หญ้าแพงโกล่าหมักโดยเติมกากน้ำตาล 4 เปอร์เซนต์+หัวเชื้อสาย
พันธุ์เดิม

กลุ่มการทดลองที่ 6 หญ้าแพงโกล่าหมักโดยเติมกากน้ำตาล 4 เปอร์เซนต์+หัวเชื้อที่ถูก
ฉายรังสี

อุปกรณ์ในการเตรียมอาหารทดลอง

1. ถูหมักที่เป็นถู 2 ชั้น ขนาดบรรจุ 20 กิโลกรัม โดยที่ถูงชั้นในเป็นถูงพลาสติกหนา ส่วนถูงชั้นนอกเป็นถูงกระสอบโพลีเอสเตอร์

2. ส่วนประกอบที่ใช้ทำพีชหมัก ได้แก่ หนุ้าแพงโกล่าอายุ 60 วัน กากน้ำตาล หัวเชื้อแบคทีเรียสำหรับทำหนุ้าหมักเป็นเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกสายพันธุ์เดิม ที่ได้รับการสนับสนุนจากโครงการการใช้รังสีปรับปรุงหัวเชื้อหนุ้าหมัก เป็นเชื้อที่คัดแยกจากแบคทีเรียที่สร้างกรดจากตัวอย่างหนุ้าที่มีขบวนการหมักน้ำตาลกลูโคสแบบ Homofermentative รูปร่างกลมรหัส T3-2-02 และรูปร่างแท่งรหัส T3-0-01 แล้วนำเชื้อสายพันธุ์พ่อแม่ทั้งสองรหัสนี้ไปฉายรังสีแกมมาได้เชื้อที่รอดชีวิต รูปร่างกลมรหัส MC08 และเชื้อรูปร่างแท่งรหัส MR04 (อาภรณ์ และคณะ, 2549)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลอง

1. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความชื้น วัตถุแห้ง เถ้า และโปรตีน ด้วยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990) และวิเคราะห์ผนังเซลล์ (Neutral detergent fiber, NDF) ลิกโนเซลลูโลส (Acid detergent fiber, ADF) ด้วยวิธี Detergent method (Goering and Van Soest, 1970)

2. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดแลกติก กรดอะซิติก และกรดบิวทิริก ด้วย Gas Chromatography ตามวิธีของบุญล้อมและบุญเสริม (2525)

3. เครื่องวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ ตามวิธีของเยาวมาลย์ (2523)

4. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate, WSC) โดยวิธี phenol sulfuric acid ตามวิธีการของ Dubois *et al.* (1956)

5. เครื่องวัดความเป็นกรดค่า (pH meter) ตามวิธีของ Bolsen *et al.* (1990)

6. เครื่องชั่งสารเคมี

อุปกรณ์อื่นๆ

1. อุปกรณ์การเจาะเลือดและสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood urea nitrogen, BUN) ด้วยวิธีของ Tiffany *et al.* (1972) วิเคราะห์น้ำตาลในกระแสเลือด (Blood glucose, BG) ด้วยวิธีของ Slein (1963) และตรวจหาความเข้มข้นของ Triiodothyronine (T_3) ด้วย T_3 Diagnostic kit (Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, CA, USA)

2. เครื่องชั่งน้ำหนักอาหาร และน้ำหนักสัตว์ทดลอง

การทดลองที่ 2

การศึกษาผลของหญ้าแพงโกล่าหมักที่เสริมหัวเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่ถุกนายรังสี
ต่อสมรรถภาพการผลิตของแม่โคระยะรีดนม

การทดลองที่ 2 แบ่งเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

2.1 การย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าหมักภายในกระเพาะหมักโดยวิธีใช้ถุงไนลอน
(*in situ* rumen degradability of dry matter of pangola silage using nylon bag technique)

สัตว์ทดลอง

โคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียนเพศผู้ ที่ได้ทำการเจาะกระเพาะหมักไว้แล้ว อายุประมาณ 2 ปี 6 เดือน น้ำหนักประมาณ 450 กิโลกรัม จำนวน 2 ตัว เลี้ยงในคอกเลี้ยงเดี่ยวขนาด กว้าง 2.5 เมตร ยาว 5 เมตร สูง 1.5 เมตร หลังคากระเบื้อง และพื้นคอนกรีต มีรางอาหารหยาบ และอ่างน้ำซีเมนต์อยู่ด้านหน้าคอก มีหญ้าให้โคกินตลอดเวลา

การเตรียมถุงไนลอน

ประกอบด้วยถุงไนลอนขนาดรู 40 ไมครอน ขนาดของถุง 7 x 14 เซนติเมตร ก้านสายยางยาว 25-40 เซนติเมตร สำหรับผูกเส้นเอ็น และเส้นเอ็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร ยาว 50 เซนติเมตรสำหรับผูกถุงไนลอน ก่อนบรรจุตัวอย่างอาหารทดลอง อบถุงไนลอนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อให้ให้น้ำหนักคงที่ จากนั้นนำมาใส่ในโถดูดความชื้น รอจนเย็นแล้วนำมาชั่ง จดบันทึกน้ำหนักของแต่ละถุง

การเตรียมอาหารที่ใช้ในการทดลอง

นำตัวอย่างอาหารทดลองมาบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ซึ่งตัวอย่าง 5 กรัม นำใส่ถุงไนลอนโดยอาหารทดลองแบ่งเป็น 2 สูตร คือ

สูตรที่ 1 หญ้าแพงโกล่าสดอายุ 60 วัน

สูตรที่ 2 หญ้าแพงโกล่าหมักโดยเติมหัวเชื้อที่อุทยานวิจัย

อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความชื้นและวัตถุแห้ง ด้วยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990)

2.2 การศึกษาผลของหญ้าแพงโกล่าหมักที่เสริมหัวเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่อุทยานวิจัย

ต่อสมรรถภาพการผลิตของแม่โคนมระยะรีดนม

สัตว์ทดลอง

แม่โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรียเซียน (Holstein Friesian Crossbred) ที่มีระดับสายเลือดมากกว่า 93 เปอร์เซ็นต์ จากฟาร์มทดลองของศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 424.20 ± 6.22 กิโลกรัม เป็นแม่โคที่ให้นมมาแล้ว (day in milk, DIM) 60 วัน มีผลผลิตนมก่อนการทดลอง 11.75 ± 0.35 กิโลกรัม จำนวน 10 ตัว เลี้ยงในคอกขังเดี่ยวขนาดกว้าง 2.5 เมตร ยาว 5 เมตร สูง 1.5 เมตร สภาพโรงเรือนเป็นโรงเรือนโปร่ง หลังคากระเบื้อง และพื้นคอนกรีต มีรางอาหารอยู่ด้านหน้าคอก มีน้ำสะอาด สามารถกินน้ำ และ อาหารได้อย่างเต็มที่ และมีแร่ธาตุก้อนให้กินตลอดเวลา

อาหารทดลอง

อาหารชั้นใช้อาหารอัดเม็ดสำเร็จรูปสำหรับโครีคนมของบริษัทเอกชน มีปริมาณวัตถุดิบแห้ง โปรตีนรวม ไขมัน และเยื่อใยเท่ากับ 88.04 16.50 3.50 และ 10.36 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบแห้งตามลำดับ

อาหารหยابที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย 2 กลุ่มการทดลองดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 หนูแพงโกล่าสดอายุ 60 วัน

กลุ่มการทดลองที่ 2 หนูแพงโกล่าหมักเสริมหัวเชื้อที่ถุกขายรังสี

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์การเจาะเลือดและสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood urea nitrogen, BUN) ด้วยวิธีของ Tiffany *et al.* (1972) น้ำตาลในกระแสเลือด (Blood glucose, BG) ตามวิธีของ Slein (1963) และตรวจหาความเข้มข้นของ Triiodothyronine (T_3) ด้วย T_3 Diagnostic kit (Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, CA, USA)

2. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความชื้น วัตถุดิบแห้ง และโปรตีน ด้วยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990) และวิเคราะห์ผนังเซลล์ (NDF) ลิกโนเซลลูโลส (ADF) ด้วยวิธี Detergent method (Goering and Van Soest, 1970)

3. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบ ตามวิธีของ นิธิมา และคณะ (2546) และเครื่อง Milkoscan Tester เพื่อวิเคราะห์โปรตีน (protein) ไขมัน (fat) ของแข็งไม่รวมไขมัน (solid not fat, SNF) และน้ำตาลแลคโตส (lactose)

4. เครื่องชั่งน้ำหนักอาหาร และน้ำหนักสัตว์ทดลอง

วิธีการ

การทดลองที่ 1

การศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาของหญ้าแพงโกล่าหมักและผลการใช้เป็นแหล่ง อาหารหยาบในโคนมรุ่นเพศเมีย

แผนการทดลอง

1.1 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาและคุณภาพของหญ้าแพงโกล่าหมักชนิดต่างๆ

ใช้แผนการทดลองที่มีการวัดซ้ำในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Repeated Measurements in Completely Randomized Design) โดยแบ่งหญ้าแพงโกล่าหมักออกเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์

1.2 การศึกษาผลของการใช้หญ้าแพงโกล่าหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคนมรุ่นเพศเมีย

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) ใช้โคจำนวน 18 ตัวโดยสุ่มโคออกเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 3 ตัว เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 6 ทรีทเมนต์

การเตรียมอาหารทดลอง

หญ้าหมักใช้หญ้าแพงโกล่า (*Pangola, Digitaria eriantha*) อายุ 60 วัน สับให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตร หมักในถุงหมักขนาด 1 กิโลกรัม เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาและคุณภาพของหญ้าหมัก และหมักในถุงหมักขนาดบรรจุ 20 กิโลกรัม เพื่อใช้ศึกษาในสัตว์ทดลอง โดยใช้หัวเชื้อ 2 เปอร์เซ็นต์ (v/w) ของปริมาณเชื้อแบคทีเรีย 10^6 cfu/ml และอัดให้แน่นโดยใช้แรงงานคน โดยหมักหญ้าตามกลุ่มการทดลองดังแสดงไว้ในหัวข้ออาหารทดลองหน้า 36

การให้อาหารสัตว์ทดลอง

การให้อาหารสัตว์ทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

1. ระยะเตรียมการทดลอง นำสัตว์เข้าคอกทดลองและให้หญ้าสดตามปกติเป็นเวลา 2 วัน เพื่อให้สัตว์คุ้นเคยกับคอกทดลอง หลังจากนั้นในวันที่ 3 จึงให้อาหารทดลอง 20 เปอร์เซ็นต์โดยผสมกับหญ้าสด คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วค่อยๆ เพิ่มอัตราส่วนของอาหารทดลองวันละ 20 เปอร์เซ็นต์ จนครบ 100 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 7 เพื่อให้สัตว์ได้คุ้นเคยกับอาหารทดลอง

2. ระยะทดลอง ทำการเลี้ยงสัตว์ทดลองเป็นระยะเวลา 30 วัน โดยให้สัตว์กินอาหารทดลองได้อย่างเต็มที่ (*ad libitum*) การให้อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ 07.00น. 11.00น. 14.00น. และ 19.00น. ปริมาณอาหารที่ให้แต่ละครั้งจะชั่งน้ำหนักก่อนและอาหารที่เหลือจะชั่งออกทุกวัน ก่อนให้อาหารใหม่ในเช้าวันถัดไป และทำการเพิ่มปริมาณอาหารขึ้นหากอาหารในรางเหลือน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์

การเก็บตัวอย่าง

1. เก็บตัวอย่างหญ้าแพงโกล่าก่อนหมัก โดยทำการสุ่มใส่ถุงพลาสติกและเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และทำการวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ (Proximate Analysis และ Detergent method)

2. เก็บตัวอย่างหญ้าแพงโกล่าหมักแต่ละสูตรทุกสัปดาห์ และเสร็จสิ้นที่ 4 สัปดาห์ เพื่อการวิเคราะห์ความชื้น วัตถุแห้ง เถ้า และโปรตีน ด้วยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990) และวิเคราะห์ผนังเซลล์ (NDF) ลิกโนเซลลูโลส (ADF) ด้วยวิธี Detergent method (Goering and Van Soest, 1970) วิเคราะห์หาปริมาณกรดอินทรีย์ ด้วย Gas Chromatography ตามวิธีของบุญล้อมและบุญเสริม (2525) วิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ ตามวิธีของเขาวมาลย์ (2523) วิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ (WSC) โดยวิธี phenol sulfuric acid ตามวิธีการของ Dubois *et al.* (1956) และวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter) ตามวิธีของ Bolsen *et al.* (1990)

3. การเจาะเลือดเพื่อวิเคราะห์สภาวะโภชนาที่สัตว์ได้รับตามวิธีของ Blowey *et al.* (1973) สุ่มเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำที่คอ (jugular vein) ของโคทดลองแต่ละตัวในวันสุดท้ายของการทดลอง โดยเจาะที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมง ภายหลังการให้อาหารในตอนเช้า ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ซึ่งตัวอย่างเลือดจะถูกเก็บรักษาด้วย Heparin ก่อนนำไปปั่นแยกส่วนของพลาสมา เพื่อวิเคราะห์หา ยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood urea nitrogen, BUN) ด้วยวิธีของ Tiffany *et al.*, (1972) และวิเคราะห์น้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือด (Blood glucose, BG) ด้วยวิธีของ Slein (1963) รวมทั้งการตรวจหาความเข้มข้นของ Triiodothyronine (T_3) ด้วย T_3 Diagnostic kit (Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, CA, USA)

การบันทึกข้อมูล

1. คุณค่าทางโภชนาของหญ้าหมักทั้งก่อนและระหว่างการหมักทุกสัปดาห์ และเมื่อหมักเสร็จสิ้นที่ 4 สัปดาห์
2. องค์ประกอบทางโครงสร้างของเซลล์ของหญื่าก่อนการหมัก ระหว่างการหมักทุกสัปดาห์ และหลังการหมักที่ 4 สัปดาห์
3. คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ (WSC) ของหญื่าและหญื่าหมักทุกสัปดาห์ และหลังการหมักที่ 4 สัปดาห์
4. ความเป็นกรด-ด่างของหญื่าและหญื่าหมักทุกระยะของการทดลองด้วย pH-meter
5. แอมโมเนีย-ไนโตรเจนของพืชหมักแต่ละสูตรทุกสัปดาห์ และเสร็จสิ้นการหมักที่ 4 สัปดาห์
6. กรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดแลคติก กรดอะซีติก และกรดบิวทีริกของพืชหมักแต่ละสูตรทุกสัปดาห์ และเสร็จสิ้นการหมักที่ 4 สัปดาห์
7. น้ำหนักโคสองครั้ง คือครั้งแรกก่อนเริ่มการทดลองช่วงเช้าก่อนให้อาหาร (07.30 น) และครั้งที่สองเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่เวลาเดียวกัน เพื่อกำหนดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว และนำ

ค่าน้ำหนักตัวที่ได้มาคำนวณหา ปริมาณการกินได้ในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน (kg/d) เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก (% BW) และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว^{0.75} (g/kgW^{0.75})

8. บันทึกปริมาณการให้อาหารทุกวัน ด้วยการชั่งน้ำหนักอาหารก่อนให้ และปริมาณที่เหลือทุกครั้งในแต่ละวัน จดบันทึกปริมาณอาหารที่เหลือ และคำนวณปริมาณอาหารที่กินได้ในแต่ละวัน

9. ค่าชีวเคมีในกระแสเลือด ได้แก่ ปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจน กลูโคส และไตรโกลไลโรนิน ในกระแสเลือดของโคที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 6 ทรีทเมนต์ ก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังการให้อาหารที่ 4 ชั่วโมง ในวันสุดท้ายของการทดลอง

10. สุ่มเก็บมูลโคทดลองทุกตัว โดยสุ่มเก็บเป็นเวลา 5 วัน ติดต่อกัน สุ่มเก็บในช่วงเช้าของการทดลอง ด้วยวิธีส้วงผ่านทวารหนัก (rectum collection) เก็บมูล 300 กรัมต่อครั้ง แยกใส่ถุงเป็นรายตัว นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้ง เมื่อครบ 5 วัน นำตัวอย่างไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำมูลของทั้งหมดมาคลุกเคล้ากันทั้ง 5 วันของโคแต่ละตัว จากนั้นสุ่มประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาส่วนประกอบของโภชนะ ได้แก่ DM, CP, NDF, ADF, ADL และ Ash ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างอาหาร และวิเคราะห์หาธาตุที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA) ตามวิธีการของ อังคณา และ ดวงสมร (2532) คำนวณหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ตามวิธีของ Schnieder and Flatt (1975) โดยสูตรที่ใช้ในการคำนวณคือ

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (\%)} = 100 - \frac{[100 \times (\% \text{ AIA ในอาหาร})]}{\% \text{ AIA ในมูล}}$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - \frac{[100 \times (\% \text{ AIA ในอาหาร} \times \% \text{ โภชนะในมูล})]}{\% \text{ AIA ในมูล} \times \% \text{ โภชนะในอาหาร}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาของหญ้าแพงโกล่าหมักมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยมีแบบหุ่นจำลองทางสถิติดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + d_{k(i)} + t_j + a t_{ij} + f t_{ijk}$$

เมื่อ Y_{ijk} = ค่าสังเกตที่ได้จากหน่วยทดลองที่ i และช่วงเวลาที่ระดับ j (ตัวอย่างที่ $k=1, 2, 3$)
 μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง
 a_i = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัยของหน่วยทดลองที่ระดับ i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$)
 t_j = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัยของเวลาที่ระดับ j ($j = 1, 2, 3, 4$)
 $a t_{ij}$ = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัยหน่วยทดลองที่ระดับ i และเวลาที่ระดับ j
 $d_{k(i)}$ = อิทธิพลเนื่องจากหน่วยทดลองที่ระดับ k
 $f t_{ijk}$ = ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองผลการใช้หญ้าแพงโกล่าหมักชนิดต่างๆ เป็นแหล่งอาหารหยาบในโคนมรุ่นเพศเมียนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998) มีแบบหุ่นจำลองทางสถิติดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

โดยที่ $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

$J = 1, 2, 3$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตที่ได้จากการทดลองที่ i ซ้ำที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

T_i = อิทธิพลของอาหารทดลองที่ i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$)

e_{ij} = ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

การทดลองที่ 2

การศึกษาผลของหญ้าแพงโกล่าหมักที่เสริมหัวเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่ถูกฉายรังสี
ต่อสมรรถภาพการผลิตของแม่โคระยะรีดนม

2.1 การย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าหมักภายในกระเพาะหมักโดยวิธีใช้ถุงไนลอน

แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองที่มีการวัดซ้ำในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Repeated Measurements in Completely Randomized Design) โดยใช้โคเจาะกระเพาะจำนวน 2 ตัว นำอาหารทดลองทั้ง 2 ทริทเมนต์ คือหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักไปย่อยในกระเพาะหมักของโคที่เจาะกระเพาะไว้แล้ว ให้มีระยะเวลาในการแช่อยู่นานต่างๆ กัน คือ 0 4 8 16 24 48 และ 72 ชั่วโมง

การบันทึกข้อมูล

อาหารที่เหลืออยู่ในถุงไนลอนถูกนำมาเพื่อวิเคราะห์ความชื้นและวัตถุแห้ง ด้วยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990)

การเก็บตัวอย่างทดลอง

สุ่มตัวอย่างอาหารทดลองทั้ง 2 ทริทเมนต์ เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการวิธีของ AOAC (1990) และ Goering and Van Soest (1970) และนำไปย่อยสลายในกระเพาะหมัก โดยแช่ที่ชั่วโมงต่างๆ กันคือ 0 4 8 16 24 48 และ 72 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดแล้วนำถุงไนลอนออกมาจากกระเพาะหมัก สิ่งที่เหลืออยู่คือส่วนของอาหารทดลองที่ยังไม่ถูกย่อย นำถุงไนลอนไปล้างด้วยน้ำประปาจนสะอาด เพื่อขจัดอาหารหรือจุลินทรีย์ที่ติดมากับถุงและเป็นการยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ เมื่อดำถุงจนสะอาดแล้วนำไปอบแห้งในตู้อบแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (Ørskov et al., 1983) ตัวอย่างการละลายได้ที่ 0 ชั่วโมง ที่อยู่ในถุง

ไนลอน นำไปล้างด้วยน้ำประปาจนสะอาด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

การคำนวณค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของอาหารทดลอง

นำค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งที่สลายในกระเพาะหมักของโคนมที่ชั่งโม่งบ่มต่างๆ มาคำนวณหาปริมาณโภชนะที่สลายตัวในกระเพาะหมัก จากสมการ

$$\%DM \text{ disappearance} = \frac{(W_1 + W_2) - W_3}{W_2} \times 100$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักถุง (กรัม)
 W_2 = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่เริ่มต้น (กรัม)
 W_3 = น้ำหนักถุง และอาหารตัวอย่างที่เหลือในถุงหลังอบ (กรัม)

ประเมินค่าจลนศาสตร์การย่อยได้ของวัตถุแห้งในกระเพาะหมัก (Ørskov and McDonald, 1979) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen, 2006)

$$P = a + b(1 - e^{-ct})$$

เมื่อ P = ค่าศักยภาพในการย่อยสลายตัว (%)
 a = ส่วนของวัตถุแห้งที่ละลายได้ง่าย (%)
 b = ส่วนที่ไม่ละลายแต่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (%)
 l = ระยะเวลาที่รอให้จุลินทรีย์เข้าสัมผัสและเข้าทำการย่อยสลาย (lag phase)
 e = ค่าคงที่ของ $\log_{10}$
 c = อัตราการย่อยสลายตัวคงที่
 t = ช่วงระยะเวลาต่างๆ

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาในหึ่งปฏิบัติการ

วิเคราะห์ปริมาณวัตถุแห้ง (Dry Matter) ในตัวอย่างอาหารทดลองตามวิธีของ AOAC (1990) และวิเคราะห์องค์ประกอบโครงสร้างพืชในอาหารซึ่งได้แก่ ผนังเซลล์ (NDF) ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยมีแบบหุ่นจำลองทางสถิติดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + d_{k(i)} + t_j + a t_{ij} + f t_{ijk}$$

เมื่อ Y_{ijk} = ค่าสังเกตที่ได้หน่วยทดลองที่ i และช่วงเวลาในระดับ j ซ้ำที่ k ($k = 1, 2$)

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

a_i = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัยของหน่วยทดลองที่ระดับ i ($i = 1, 2$)

t_j = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัยของเวลาที่ระดับ j ($j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$)

$a t_{ij}$ = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัยหน่วยทดลองที่ระดับ i และเวลาที่ระดับ j

$d_{k(i)}$ = อิทธิพลเนื่องจากหน่วยทดลองที่ระดับ k

$f t_{ijk}$ = ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

2.2 การศึกษาผลของหญ้าแพงโกล่าหมักที่เสริมหัวเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่ถุกฉายรังสี

ต่อสมรรถภาพการผลิตของแม่โคนมระยะรีดนม

แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลอง Group Comparison ด้วยวิธี T-Test โดยใช้โคนมระยะรีดนมจำนวน 10 ตัว สุ่มออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 5 ตัว เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 ทรีทเมนต์

การให้อาหารสัตว์ทดลอง

การให้อาหารสัตว์ทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

1. ระยะเตรียมการทดลอง นำสัตว์เข้าคอกทดลองและให้หญ้าสดตามปกติเป็นเวลา 5 วัน เพื่อให้สัตว์คุ้นเคยกับคอกทดลองและคนเลี้ยง ในวันที่ 6 สัตว์ทดลองที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักเป็นอาหารทดลองจะทำการผสมอาหารทดลองกับหญ้าสด คลุกเคล้าให้เข้ากัน ครั้งแรกให้อาหารทดลองเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นวันละ 20 เปอร์เซ็นต์ จนครบ 100 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 10 เพื่อให้สัตว์ได้คุ้นเคยกับอาหารทดลอง

2. ระยะทดลอง ทำการเลี้ยงสัตว์ทดลองเป็นระยะเวลา 60 วัน โดยให้สัตว์กินอาหารทดลองได้อย่างเต็มที่ (*ad libitum*) การให้อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ 08.00น. 11.00น. 14.00น. และ 19.00น. ปริมาณอาหารที่ให้แต่ละครั้งจะชั่งน้ำหนักก่อนและอาหารที่เหลือจะชั่งออกทุกวัน ก่อนให้อาหารใหม่ในเช้าวันถัดไป และทำการเพิ่มปริมาณอาหารขึ้นหากอาหารในรางเหลือน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์

การเลี้ยงและการจัดการสัตว์ทดลอง

1. การให้อาหารหยาบ ให้กินแบบเต็มที่
2. การให้อาหารข้น ให้ตามปริมาณน้ำนมที่แม่โคผลิตได้ในอัตรา 1:3 โดยน้ำหนัก (อาหารข้น: น้ำนม) โดยแบ่งให้ 2 ครั้ง คือ ก่อนการรีดนมตอนเช้า และตอนเย็น ทำการปรับปริมาณการให้ทุก 7 วัน
3. การรีดนม ทำการรีดวันละ 2 ครั้ง ด้วยเครื่องรีดนมแบบ Bucket type system ในช่วงเช้าระหว่างเวลา 06.00-07.00 น. และช่วงเย็นเวลา 15.00-16.00 น.

การบันทึกข้อมูล

1. คุณค่าทางโภชนาการ บันทึกผลการวิเคราะห์ของอาหารทดลองทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง เพื่อวิเคราะห์ความชื้น วัตถุแห้ง และโปรตีน ด้วยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990) และวิเคราะห์ผนังเซลล์ (NDF) ลิกโนเซลลูโลส (ADF) ด้วยวิธี Detergent method (Goering and Van Soest, 1970)

2. ก่อนการทดลองแม่โคแต่ละตัวถูกชั่งน้ำหนักและดำเนินการชั่งต่อไปทุกๆ 2 สัปดาห์ เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว และนำค่าน้ำหนักตัวที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน (kg/d) เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก (% BW) และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว^{0.75} (g/kgW^{0.75})

3. บันทึกปริมาณการให้อาหารทุกวัน ด้วยการชั่งน้ำหนักอาหารก่อนให้ และปริมาณที่เหลือทุกครั้งในแต่ละวัน จดบันทึกปริมาณอาหารที่เหลือ และคำนวณปริมาณอาหารที่กินได้ในแต่ละวัน

4. บันทึกปริมาณผลผลิตน้ำนม ทุกวันตลอดช่วงการทดลองในตอนเช้าและตอนเย็น เพื่อศึกษาผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยต่อวัน

5. บันทึกระดับยูเรีย-ไนโตรเจน กลูโคส และฮอร์โมนไทรไธโรนินในกระแสเลือด ก่อนให้อาหารที่ 0 ชั่วโมงและหลังจากการให้อาหาร 4 ชั่วโมง ในวันสุดท้ายของการทดลอง

6. สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนม ทำการเก็บตัวอย่างน้ำนมทุกสัปดาห์ๆ ละครั้ง โดยเก็บในตอนเย็นและตอนเช้า นำมาผสมกัน เก็บตัวอย่างปริมาณ 50 มิลลิลิตร โดยเติมสารโพตัสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate, KMn_2O_4) 500 มิลลิกรัม และเก็บที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส ตามวิธีของ นิธิมา และคณะ (2546) เพื่อวิเคราะห์โปรตีน (protein) ไขมัน (fat) ของแข็งไม่รวมไขมัน (solid not fat) และน้ำตาลแลคโตส (lactose) โดยเครื่อง Milkoscan Tester นอกจากนั้นผลผลิตนมของแม่โคแต่ละตัวถูกคำนวณเป็นน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ (4% Fat Corrected Milk; FCM) ตามวิธีการของชวนิศนดากร (2534)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะต่างๆ โดยทดสอบแบบ Group Comparison ด้วยวิธี T-Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1998)

สถานที่ทำการทดลอง

1. คอกทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม
2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม
3. โรงพยาบาลสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม
4. ห้องวิเคราะห์คุณภาพน้ำนม ศูนย์วิจัยการผสมเทียมและเทคโนโลยีชีวภาพราชบุรี อ.หนองโพ จ.ราชบุรี

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มการทดลองตั้งแต่สิงหาคม 2549 และ สิ้นสุดการทดลองเมษายน 2550

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1

การศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาของหญ้าแพงโกล่าหมัก และผลของการใช้เป็นแหล่งอาหาร
หยาบในโคนมรุ่นเพศเมีย

1.1 คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาของหญ้าแพงโกล่าหมักชนิดต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าสด

หญ้าแพงโกล่าที่นำมาหมักอายุ 60 วัน มีวัตถุแห้ง 42.66 เปอร์เซ็นต์ ระดับโปรตีน 10.38 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 41.8 เปอร์เซ็นต์ และผนังเซลล์ 71.68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบวัตถุแห้งที่ค่อนข้างสูงสำหรับการทำหญ้าหมักที่ดี ถ้าวัตถุดิบที่ใช้หมักมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งมากจะทำให้อัดลำบากและถ้ามีความชื้นมากก็จะทำให้สูญเสียโภชนาและเกิดกรดได้น้อย นอกจากนี้ถ้าความชื้นที่มีในระดับสูงยังมีส่วนต่อการชะล้างโภชนาต่างๆ การลดลงของระดับความเป็นกรด-ด่างและปริมาณของกรดชนิดต่างๆ ดังนั้นการนำวัตถุดิบมาใช้ควรให้มีความชื้นที่เหมาะสม คือประมาณ 65-75 เปอร์เซ็นต์ (บุญญา, 2536)

ลักษณะทางกายภาพของหญ้าแพงโกล่าหมัก

เมื่อประเมินคุณภาพของหญ้าแพงโกล่าหมักที่อายุการหมัก 21 วัน พบว่าลักษณะทางกายภาพของหญ้าแพงโกล่าหมักทุกทริทเมนต์มีสีน้ำตาลเหลือง พืชหมักที่ได้มีเชื้อราและยีสต์อยู่บ้างบริเวณปากถุง เนื้อพืชหมักไม่จับเป็นก้อน ไม่เป็นเมือก การทดสอบกลิ่นพบว่าหญ้าแพงโกล่าหมักมีกลิ่นหอมคล้ายผลไม้ดอง และเมื่อประเมินลักษณะทางกายภาพของพืชหมักตามเกณฑ์มาตรฐานของกองอาหารสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2547) ที่แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1 พบว่าหญ้าแพงโกล่าหมักทุกทริทเมนต์มีลักษณะทางกายภาพดี ดัง แสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ทั้ง 6 ทรัพย์สิน

หญ้าแฝงโกล่าหมัก	สี	กลิ่น	ลักษณะเนื้อพืช	pH	คะแนนรวม	ลักษณะทางกายภาพ
ไม่เติมสารเสริม	น้ำตาลเหลือง	หอมเปรี้ยวคล้ายผลไม้	แน่น มีส่วนใบและลำต้นคงสภาพเดิม	4.95	21	ดีมาก
	(3 คะแนน)	(12 คะแนน)	(4 คะแนน)	(2 คะแนน)		
กากน้ำตาล	น้ำตาลเหลือง	หอมเปรี้ยวคล้ายผลไม้	แน่น มีส่วนใบและลำต้นคงสภาพเดิม	4.01	25	ดีมาก
	(3 คะแนน)	(12 คะแนน)	(4 คะแนน)	(6 คะแนน)		
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	น้ำตาลเหลือง	หอมเปรี้ยวคล้ายผลไม้	แน่น มีส่วนใบและลำต้นคงสภาพเดิม	4.91	21	ดีมาก
	(3 คะแนน)	(12 คะแนน)	(4 คะแนน)	(2 คะแนน)		

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

ตารางที่ 15 ลักษณะทางกายภาพของพืชหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ (ต่อ)

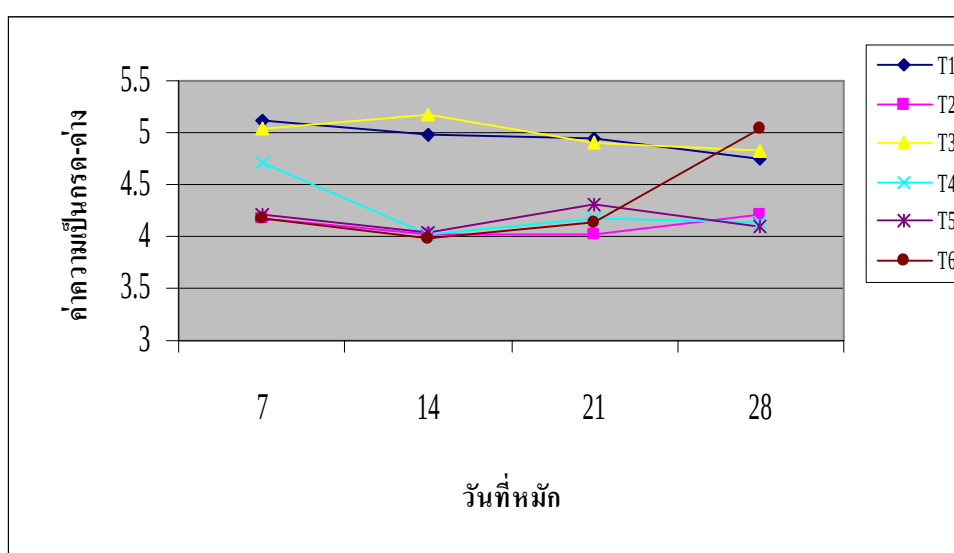
หญ้าแพงโกล่าหมัก	สี	กลิ่น	ลักษณะเนื้อพืช	pH	คะแนนรวม	ลักษณะทางกายภาพ
หัวเชื้อที่ถูกลายรังสี	น้ำตาลเหลือง (3 คะแนน)	หอมเปรี้ยวคล้ายผลไม้ดอง (12 คะแนน)	แน่น มีส่วนใบและลำต้นคงสภาพเดิม (4 คะแนน)	4.18 (6 คะแนน)	25	ดีมาก
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	น้ำตาลเหลือง (3 คะแนน)	หอมเปรี้ยวคล้ายผลไม้ดอง (12 คะแนน)	แน่น มีส่วนใบและลำต้นคงสภาพเดิม (4 คะแนน)	4.3 (6 คะแนน)	25	ดีมาก
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกลายรังสี	น้ำตาลเหลือง (3 คะแนน)	หอมเปรี้ยวคล้ายผลไม้ดอง (12 คะแนน)	แน่น มีส่วนใบและลำต้นคงสภาพเดิม (4 คะแนน)	4.13 (6 คะแนน)	25	ดีมาก

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

ส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าหมัก

ความเป็นกรด-ด่างของหญ้าแพงโกล่าหมัก (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ แสดงในภาพที่ 3



หมายเหตุ T1=หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม

T2=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล

T3=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T4= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

T5= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T6=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

โดยหลังจากการหมักที่ 7 วัน พบว่าระดับ pH ของหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาล หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี กากน้ำตาลหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และกากน้ำตาลหมักร่วมกับหัวเชื้อ

ที่ถูกฉายรังสี มีค่าเท่ากับ 4.17 4.72 4.22 และ 4.17 ตามลำดับ โดยมีค่าที่ต่ำกว่า ($P < 0.01$) หย้าแพงโกล่าที่หมักโดยไม่เติมสารเสริมและหย้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม (5.11 และ 5.03 ตามลำดับ)

อายุการหมักที่ 14 วัน ทำให้ pH ของหย้าแพงโกล่าหมักทุกทรีทเมนต์ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ยกเว้นหย้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิมที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น (5.17) หย้าแพงโกล่าที่หมักโดยไม่เติมสารเสริมมีค่าเท่ากับ 4.98 และของหย้าแพงโกล่าหมักที่หมักกับกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี กากน้ำตาล กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม มีค่าเท่ากับ 3.99 4.01 4.02 และ 4.04 ตามลำดับ ซึ่งจัดเป็นระดับที่มีความเหมาะสมและทำให้หย้าแพงโกล่าหมักมีคุณภาพดี ระดับ pH ที่เหมาะสมของพืชหมักอยู่ระหว่าง 3.8-4.2 (สาขันธ์, 2547) พืชหมักที่มีค่า pH มากกว่า 5.1 จัดเป็นพืชหมักที่มีคุณภาพเลว (เมธา, 2530) การเติมกากน้ำตาลในหย้าแพงโกล่าหมักเป็นการเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ซึ่งถือเป็นแหล่งอาหารสำหรับแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกทำให้กระบวนการหมักสมบูรณ์ เพราะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงจึงทำให้จุลินทรีย์ต่างๆ ไม่สามารถเจริญได้ รวมทั้งเอนไซม์ต่างๆ ของพืชหยุดกิจกรรมด้วย ทำให้หย้าหมักมีคุณภาพคงที่ตลอดไป (Skerman and Riveres, 1990) การเติมหัวเชื้อทำให้ได้หย้าหมักที่มีคุณภาพดี โดยเฉพาะหย้าหมักที่มีการเติมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นเร็ว (อาภรณ์ และคณะ 2549) และการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียในระยะต้นของการหมักทำให้ค่าความเป็นกรดต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีธรรมชาติ (อำนาจ, 2540) การเสริมแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกมีผลในทางบวกต่อกระบวนการหมักของพืชหมักโดยจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของพืชหมักลดลงเร็วขึ้น (Aksu *et al.*, 2004; Kennedy, 1994; Rooke *et al.*, 1998)

อายุการหมักที่ 21 วัน pH ของหย้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม มีค่าเท่ากับ 4.01 4.13 4.18 และ 4.3 ส่วนหย้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิมและที่หมักโดยไม่เติมสารเสริม มีค่าเท่ากับ 4.91 และ 4.95

อายุการหมักที่ 28 วัน พบว่าระดับ pH ของหย้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมด้วยหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 5.04 และหย้าแพงโกล่าที่หมักโดยไม่เติมสารเสริมและที่หมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิมมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยคือ 4.75 และ 4.82 ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่า

ระดับที่เหมาะสมของพืชหมัก ส่วนหญ้าแพงโกล่าที่หมักกับกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี และกากน้ำตาล มีค่าเท่ากับ 4.10 4.14 และ 4.22 ตามลำดับ ในส่วนของการเพิ่มขึ้นของระดับ pH ในหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมด้วยหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีนั้น อาจมีสาเหตุมาจากถุงที่ใช้ในการหมักรั่วทำให้อากาศเข้าไป จุลินทรีย์กลุ่มที่ต้องการอากาศเกิดการเจริญและเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ pH เพิ่มขึ้น (McDonald *et al.*, 1991)

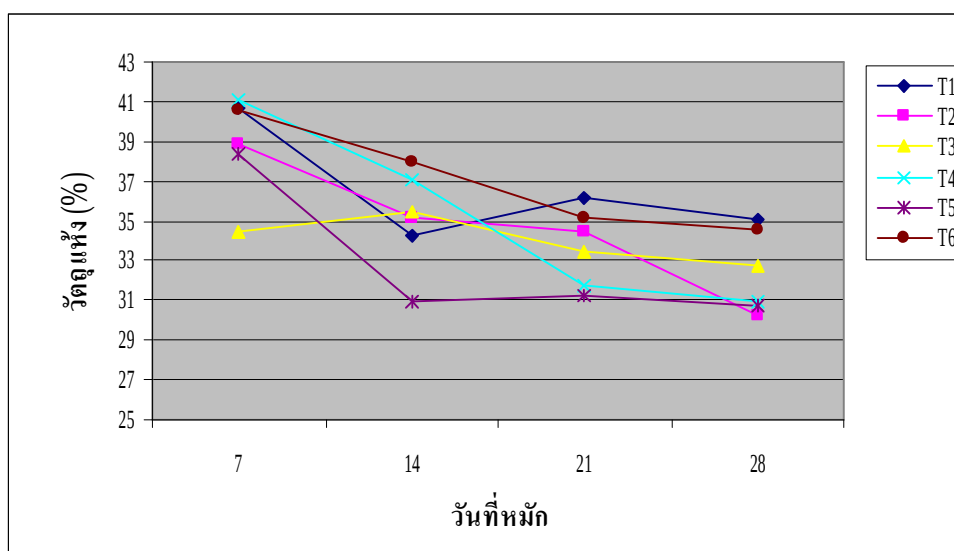
หลังจากที่เริ่มมีการหมักแล้ว แบคทีเรียจะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็วและจะหมักสลายพวกแป้งที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate, WSC) ได้กรดอินทรีย์ ส่วนใหญ่เป็นกรดแลคติก ส่งผลทำให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชหมักลดลงทันที เมื่อระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าอยู่ในช่วง 3.8-4.0 แบคทีเรียจะหมักสลายพวกแป้งที่ละลายน้ำได้จนหมด ส่งผลทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไม่ลดลง แต่จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น (เมธา, 2533) pH ในพืชหมักที่ลดลงจะยับยั้งการหมักของแบคทีเรียผลิตกรดบิวทีริก ซึ่งเป็นกรดไขมันระเหยง่ายที่ไม่ต้องการ เป็นสาเหตุทำให้ความน่ากินและปริมาณการกินได้ของพืชหมักของสัตว์ลดลง อัตราการลดลงของ pH ขึ้นอยู่กับระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้และและแบคทีเรียที่มีในขณะหมัก (McDonald *et al.*, 1990; Rooke, 1990)

วัตถุแห้งของพืชหมัก (Dry matter, DM)

หญ้าแพงโกล่าสดก่อนที่จะนำมาหมักมีค่าวัตถุแห้งเท่ากับ 42.66 เปอร์เซ็นต์ จัดว่ามีวัตถุแห้งค่อนข้างสูง ซึ่งระดับความชื้นของพืชที่เหมาะสมต่อการนำมาทำหมักคือ 65-70 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความชื้นต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ การอัดแน่นของหญ้าหมักจะไม่ดีก่อให้เกิดการขึ้นราได้ง่าย แต่ถ้าพืชที่นำมาหมักมีความชื้นมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้สูญเสียโภชนะของพืชหมักไปกับน้ำหมัก (วิโรจน์, 2546) เมื่อนำหญ้าแพงโกล่ามาหมักตามวิธีที่แตกต่างๆ และวิเคราะห์ปริมาณวัตถุแห้งของหญ้าหมักแต่ละวิธีที่หมักที่ 7 14 21 และ 28 วัน ดังแสดงในภาพที่ 4

พบว่าที่อายุการหมัก 7 วัน ค่าวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าลดลงและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยหญ้าแพงโกล่าหมักที่ไม่เสริมสาร หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหญ้าแพงโกล่า

หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีค่าวัตถุแห้งค่าเท่ากับ 40.68 38.89 34.41 41.08 38.39 และ 40.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



หมายเหตุ T1=หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม

T2=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล

T3=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T4= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

T5= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T6=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

อายุการหมักที่ 14 วัน ทำให้ค่าวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีค่าลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 34.26 35.12 37.05 30.89 และ 38.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิมมีค่าวัตถุแห้งเท่ากับ 34.72 เปอร์เซ็นต์

อายุการหมักที่ 21 วัน ค่าวัตถุแห้งของเหี่ยวแห้งโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม หมักร่วมกับกากน้ำตาล หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี กากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าเท่ากับ 36.18 45.49 33.46 41.73 31.26 และ 35.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

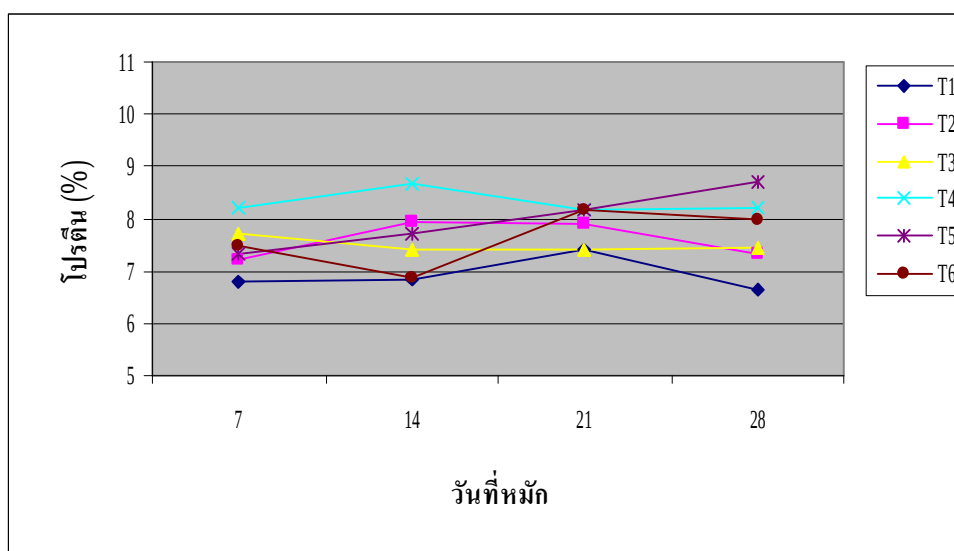
อายุการหมักที่ 28 วัน ค่าวัตถุแห้งของเหี่ยวแห้งโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม หมักร่วมกับกากน้ำตาล หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี กากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าเท่ากับ 47.04 38.21 34.21 30.91 และ 38.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าวัตถุแห้งของเหี่ยวแห้งโกล่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น การสูญเสียวัตถุแห้งภายใต้การจัดการที่เหมาะสมพืชหมักจะมีการสูญเสียวัตถุแห้งประมาณ 10–15 เปอร์เซ็นต์ (Weiss, 1996) การลดลงของวัตถุแห้งอาจมีสาเหตุมาจากกระบวนการหมัก ในระยะเริ่มต้นยังมีอากาศอยู่ในถุงหมัก จุลินทรีย์ที่ใช้อากาศในการเจริญเติบโตและพืชยังหายใจอยู่ทำให้เกิดการใช้สารอาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในพืช ให้ผลผลิตสุดท้ายเป็นคาร์โบไฮเดรตและน้ำ และทำให้เหี่ยวแห้งหมักมีความชื้นเพิ่มขึ้น Frame (1994) ทำการศึกษาปริมาณวัตถุแห้งที่หายไปของการทำเหี่ยวแห้งหมัก พบว่ากระบวนการหมักที่ดีจะต้องใช้วัตถุแห้งไปประมาณ 3–5 เปอร์เซ็นต์ และวัตถุแห้งที่หายไปประมาณ 1–2 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากกระบวนการต่างๆ ภายในในช่วงเริ่มการหมัก และวัตถุแห้งของเหี่ยวแห้งหมักจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น Ranjit and Kung (2000) ทำการศึกษาค้นคว้าของการเสริมเชื้อ *L. plantarum* ในข้าวโพดหมักพบว่าวัตถุแห้งของข้าวโพดหมักที่ไม่เสริมมีค่าต่ำกว่าข้าวโพดหมักกลุ่มที่เสริมเชื้อ *L. plantarum* คือมีวัตถุแห้ง เป็น 28.6 และ 30.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากการเสริมเชื้อทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้สมบูรณ์ มีผลต่อการยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะราเส้นใย และแบคทีเรียจำพวก Heterofermentation ซึ่งจะเปลี่ยนน้ำตาลและผลิตภัณฑ์จากการหมักในเหี่ยวแห้งให้เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุแห้ง (Elferink et al., 2000)

โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP)

เปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบในพืชหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการพิจารณาคุณภาพของพืชหมัก ปริมาณโปรตีนในเหี่ยวแห้งโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทาง

สถิติ ($P<0.01$) โดยระดับโปรตีนของหญ้าแพงโกล่าก่อนที่จะนำมาหมักมีค่าเท่ากับ 10.38 เปอร์เซ็นต์ ผลของการหมักหญ้าแพงโกล่าทั้ง 6 ทริทเมนต์ ที่ระยะเวลาต่างๆ แสดงในภาพที่ 5



หมายเหตุ T1=หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม

T2=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล

T3=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T4= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

T5= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T6=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

อายุการหมักที่ 7 วัน ปริมาณโปรตีนลดลงเมื่อเปรียบเทียบโปรตีนของหญ้าก่อนหมัก ระดับโปรตีนของหญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม หมักร่วมกับกากน้ำตาล หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี กากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าเท่ากับ 6.80 7.23 7.73 8.21 7.32 และ 7.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อายุการหมักที่ 14 วัน ระดับโปรตีนของหญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม หมักร่วมกับกากน้ำตาล หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี กากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

และกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าเท่ากับ 6.83 7.94 7.42 8.68 7.70 และ 6.89 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

อายุการหมักที่ 21 วัน ระดับโปรตีนของหญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม หมักร่วมกับกากน้ำตาล หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี กากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าเท่ากับ 7.42 7.90 7.41 7.73 8.18 และ 8.18 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

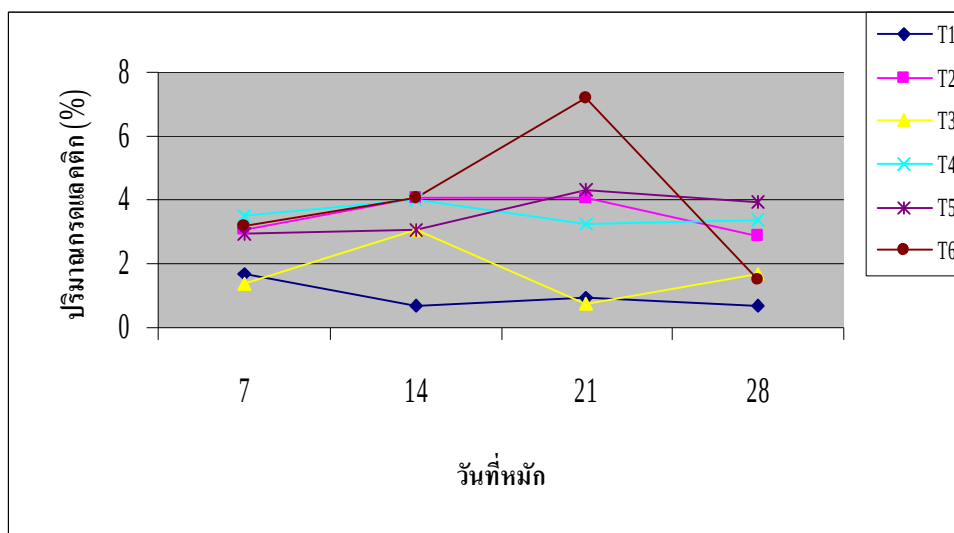
อายุการหมักที่ 28 วัน ระดับโปรตีนของหญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม หมักร่วมกับกากน้ำตาล หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี กากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าเท่ากับ 6.66 7.33 7.45 8.21 8.70 และ 7.99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระดับโปรตีนของหญ้าแพงโกล่าที่มีการเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีและสายพันธุ์เดิมและที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลมีระดับสูงกว่าหญ้าแพงโกล่าหมักที่ไม่เติมสารเสริมตลอดระยะเวลาของการหมัก ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากหัวเชื้อที่เดิมมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่สูงถึง 12–15 เปอร์เซ็นต์ (Norton, 1994) และกากน้ำตาลที่มีองค์ประกอบของโปรตีนอยู่ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ สมจิตร์ (2549) พบว่าหญ้าหมักที่หมักโดยใช้กากน้ำตาล และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกเป็นสารเสริมมีองค์ประกอบโปรตีนสูงกว่าหญ้าหมักที่หมักโดยไม่เติมสารเสริม ($P < 0.05$)

การลดลงของระดับโปรตีนในพืชหมักเกิดขึ้นจากในระยะแรกของการหมักเมื่อมีการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลกติกได้ต่ำทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจนมีสูง เช่น พวก *Clostridium* sp. และ *Enterobacteria* sp. ซึ่งจะมีการสลายน้ำตาลและให้ผลผลิตเป็นน้ำคาร์โบไฮเดรตและความร้อนในระดับที่สูง มีผลทำให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอสให้มีการย่อยสลายโปรตีนในอัตราที่สูง (Bolsen et al., 1995; Woolford, 1984) ในกระบวนการหมักจะเกิดการย่อยสลายโปรตีนเกิดขึ้นด้วย มีผลทำให้โปรตีนถูกย่อยสลายเพิ่มมากขึ้น และให้ผลผลิตในรูปของไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non protein nitrogen, NPN) โดยพบว่าหลังจากการหมักหญ้า 12–24 ชั่วโมง ปริมาณ NPN เพิ่มขึ้นจาก 200 กรัม/กิโลกรัม เป็น 400 กรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีผลให้ Protein solubility เพิ่มขึ้นด้วย (McDonald et al., 1981)

กรดแลคติก (Lactic acid)

ปริมาณของกรดแลคติกของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 6



หมายเหตุ T1=หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม

T2=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล

T3=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T4=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

T5=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T6=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หลังจากการหมักที่ 7 วัน ปริมาณกรดแลคติกอยู่ในช่วง 1.40-3.53 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ โดยหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อแบคทีเรียที่ถูกฉายรังสี หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม และหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิมมีค่าเท่ากับ 3.53 3.17 3.07 2.95 1.67 และ 1.40 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ

ที่อายุการหมัก 14 วัน ระดับกรดแลกติกมีค่าเพิ่มขึ้นในหญาแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาล หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี กากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีโดยมีค่าเท่ากับ 4.04 3.07 4.01 3.05 และ 4.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนหญาแพงโกล่าที่หมักโดยไม่เติมสารเสริมมีระดับลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 0.67 เปอร์เซ็นต์ จุลินทรีย์ที่สร้างหรือผลิตกรดแลกติก มีบทบาทที่สำคัญในการทำให้พืชหมักมีคุณภาพดี การทำให้มีการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ให้มากและเร็วเท่าใดก็จะมีผลดีต่อการทำพืชหมัก ปริมาณของกรดแลกติกจะทำหน้าที่ในการยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียชนิดผลิตกรดที่ไม่ต้องการออกมา (บุญเหลือ, 2529)

ที่อายุการหมัก 21 วัน ปริมาณกรดแลกติกของหญาแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าสูงสุดคือ 7.21 เปอร์เซ็นต์ หญาแพงโกล่าที่หมักโดยไม่เติมสารเสริมหมักร่วมกับกากน้ำตาล หมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิมมีค่าเท่ากับ 0.92 4.04 0.76 3.28 และ 4.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ที่อายุการหมัก 28 วัน ปริมาณกรดแลกติกของหญาแพงโกล่าทั้ง 6 ทริทเมนต์ มีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะหญาแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าลดลงเป็นอย่างมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลทำให้ระดับ pH ปริมาณกรดอะซิติก กรดบิวทิริก เพิ่มขึ้น และระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ก็ลดลง ส่วนหญาแพงโกล่าที่หมักโดยไม่เติมสารเสริม หญาแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาล หญาแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หญาแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม ปริมาณกรดแลกติกเท่ากับ 0.70 2.90 1.71 3.38 และ 3.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

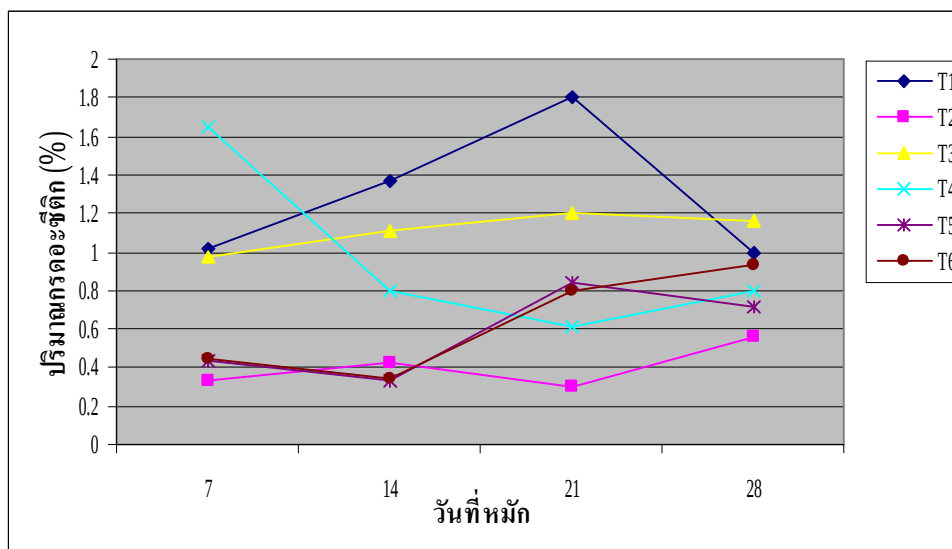
จากการทดลองพบว่าหญาแพงโกล่าที่มีการเสริมสารเสริมทุกทริทเมนต์มีปริมาณกรดแลกติกที่สูงกว่าหญาแพงโกล่าหมักที่ไม่มีการเติมสารเสริม โดยพืชหมักที่มีความชื้นอยู่ระหว่าง 30-35 เปอร์เซ็นต์ ควรมีปริมาณกรดแลกติกอยู่ระหว่าง 2.3-8.2 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ และพืชหมักที่มีวัตถุดิบมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ควรมีปริมาณกรดแลกติกอยู่ระหว่าง 2.0-6.9 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ (Jonase *et al.*, 2004) การเสริมกากน้ำตาลเป็นการเพิ่มน้ำตาลในพืชหมัก ซึ่งมีผลในทางที่ดีต่อกระบวนการหมัก แบคทีเรียผลิตกรดแลกติกสามารถใช้ประโยชน์ได้ดี โดยจะเร่งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผลิตกรดแลกติกและสามารถผลิตกรดแลกติกได้เร็วขึ้น (Keady, 1998) Yimin *et al.* (1999) ทำการศึกษาผลของการเสริมหัวเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลกติก (*L. casei* และ *L. plantarum*)

ในการผลิตข้าวฟ่างหมักเพื่อศึกษาองค์ประกอบของข้าวฟ่างหมักเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริม ผลการทดลองพบว่า กลุ่มที่มีการเสริมหัวเชื้อทำให้ปริมาณกรดแลกติกมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 43.5 เป็น 52.1 และ 55.5 กรัมต่อกิโลกรัมของวัตถุดิบ การเสริมเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus* sp. เป็นการกระตุ้นกระบวนการหมักให้ได้กรดแลกติกได้รวดเร็วขึ้น ส่งผลต่อการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น *Clostridium* sp. และ *Enterobacteria* sp. ซึ่งจะเกิดกระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจนในระยะแรกๆ ของการหมักและจะใช้โภชนาต่างๆ ในพืชหมักเป็นแหล่งพลังงานและให้น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา (Bolsen et al., 1999)

กรดอะซิติก (Acetic acid)

ปริมาณกรดอะซิติกของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 7

อายุการหมักในวันที่ 7 ระดับของกรดอะซิติกมีค่าอยู่ในช่วง 0.33-1.65 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบแห้ง โดยหญ้าแพงโกล่าที่หมักโดยไม่เติมสารเสริม หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีค่าเท่ากับ 1.02 0.33 0.97 1.65 0.44 และ 0.45 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยกลุ่มที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลมีค่าต่ำสุดคือ 0.33 เปอร์เซ็นต์ และสูงสุดในกลุ่มที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีคือ 1.65 เปอร์เซ็นต์



หมายเหตุ T1=หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม

T2=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล

T3=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T4= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

T5= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T6=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการคอดะซิดิกของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

อายุการหมักที่ 14 วัน ปริมาณการคอดะซิดิกของหญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าเท่ากับ 1.37 0.43 1.11 0.80 0.33 และ 0.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยในหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีและหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อพันธุ์เดิม หรือเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีระดับลดลง

อายุการหมักที่ 21 วัน ปริมาณการคอดะซิดิกของหญ้าแพงโกล่าที่หมักโดยไม่เติมสารเสริม หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หญ้าแพง

โกล่าหมักร่วมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หย้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหย้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีค่าเท่ากับ 1.80 0.30 1.20 0.84 0.80 และ 0.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยกลุ่มที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีเป็นกลุ่มเดียวที่ปริมาณยังคงลดระดับลงไปอีก

อายุการหมักที่ 28 วัน ปริมาณกรดอะซิติกของหย้าแพงโกล่าที่หมักหย้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม หย้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล หย้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หย้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หย้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หย้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าเท่ากับ 1.00 0.56 1.16 0.80 0.72 และ 0.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงระดับที่อยู่ในทิศทางที่ไม่แน่นอน แต่ก็ยังคงรักษาระดับอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปกติทั่วไป

กรดอะซิติกจะพบอยู่เสมอในหย้าหมัก ซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากการหมักของกรดแลคติกและบิวทิริก กรดชนิดนี้ในหย้าหมักส่วนใหญ่ถูกผลิตขึ้นโดยจุลินทรีย์จำพวก *Acetobacter* spp. ซึ่งเพิ่มขึ้นมากในช่วง 2-3 วันแรกของการหมัก และเกิดจากแบคทีเรียพวก *Coliform* bacteria แบคทีเรียพวกนี้จะเจริญได้ดีในระยะแรกของการหมัก ซึ่งยังคงมีออกซิเจนหลงเหลืออยู่ในถุงหมักเล็กน้อย และสภาพ pH เป็นกลาง โดยการหมักทำให้เกิดกรดอะซิติก และนอกจากนี้แบคทีเรียพวก *Clostridia* ที่เป็น *Proteolytic Clostridia* เมื่อเกิดการย่อยสลายโปรตีนก็จะทำให้เกิดกรดอะซิติกด้วย (McDonald et al., 1991) พืชที่มีความชื้นสูงประกอบกับการหมักที่ไม่ถูกต้องจะเป็นเหตุให้มีปริมาณกรดอะซิติกสูง ทำให้มีการสูญเสียวัตถุดิบและพลังงานในหย้าหมัก นอกจากนี้ยังทำให้ความน่ากินของหย้าหมักลดลง (สมจิตร, 2549)

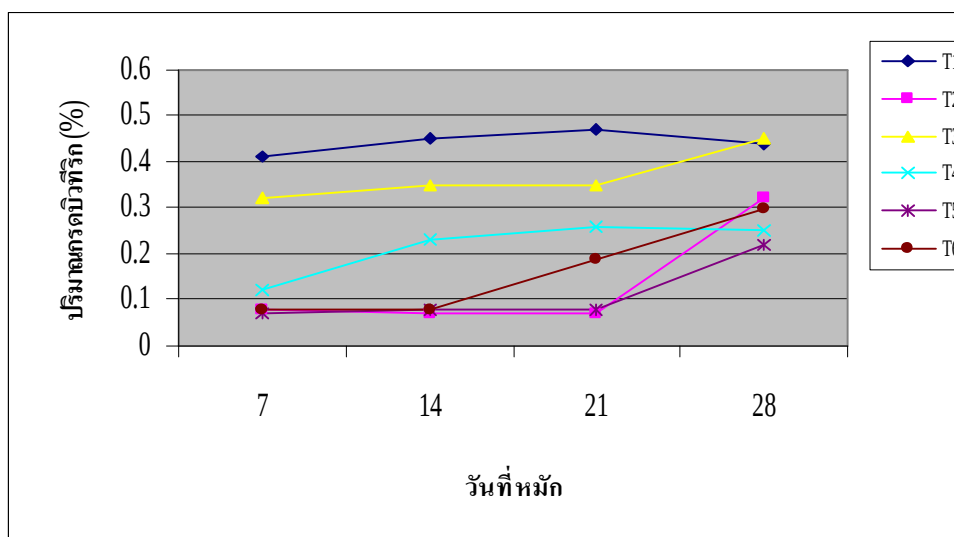
ปริมาณกรดอะซิติกของหย้าแพง โกล่าทั้ง 6 ทริทเมนต์ และทุกช่วงของการเก็บตัวอย่าง มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ที่รายงานว่ามีค่าวัตถุแห้งระหว่าง 30-35 เปอร์เซ็นต์ ควรมีปริมาณกรดอะซิติกอยู่ระหว่าง 1.5-4.3 เปอร์เซ็นต์ และพืชหมักที่มีวัตถุแห้งมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ควรมีปริมาณกรดอะซิติก 0.6-2.7 เปอร์เซ็นต์ (Jones et al., 2004)

กรดบิวทีริก (Butyric acid)

ปริมาณของกรดบิวทีริกของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 8 โดยการหมักที่ 7 วัน ปริมาณกรดของหญ้าแพงโกล่าทั้ง 6 ทริทเมนต์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.07-0.41 เปอร์เซ็นต์ การหมักที่ 14 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.07-0.45 เปอร์เซ็นต์ การหมักที่ 21 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.07-0.47 เปอร์เซ็นต์ และการหมักที่ 28 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.45 เปอร์เซ็นต์ การควบคุมไม่ให้แบคทีเรียที่ผลิตกรดบิวทีริกสามารถทำงานได้นั้นทำได้โดยการทำให้อาหารหมักมีสภาพเป็นกรดให้มากขึ้น กล่าวคืออาหารหมักต้องมี pH ต่ำ สภาพการเป็นกรดมากทำให้การสร้างกรดบิวทีริกน้อยลง โดยเฉพาะระดับ pH 4.2 แบคทีเรียที่ผลิตกรดบิวทีริกไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (บุญเหลือ, 2529)

โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกและแบคทีเรียที่สร้างกรดบิวทีริก จะมีกระจายอยู่ทั่วไปในหญ้าสดที่นำมาทำอาหารหมัก การที่แบคทีเรียชนิดใดจะมีมากน้อยกว่ากันนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย แต่ถ้ามีการสร้างกรดแลคติกได้เร็วเท่าใด ก็จะเป็นตัวสำคัญในการควบคุมไม่ให้มีการสร้างกรดบิวทีริก พืชหมักที่มีปริมาณกรดบิวทีริกสูงแสดงถึงกระบวนการหมักที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งจะส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการและความน่ากินลดลง (Kung and Shaver, 1997) หญ้าหมักที่มีกรดบิวทีริกในระดับสูงจัดว่าเป็นหญ้าหมักที่มีคุณภาพต่ำ การเกิดกรดบิวทีริกมีสาเหตุมาจากการทำงานของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ แบคทีเรียที่ทำให้เกิดการหมักและผลิตกรดบิวทีริกจัดอยู่ในกลุ่ม *Clostridium* พบอยู่ในดินและมูลสัตว์ (บุญเหลือ, 2529) และปัจจัยที่มาจากพืชที่นำมาหมักนั้นอ่อนเกินไป มีโปรตีนสูงเกินไป มีความชื้นมากเกินไปให้อัดแน่นเกินไป ส่งผลให้แบคทีเรียดังกล่าวทำงานได้ หญ้าหมักจะเน่า กรดบิวทีริกและกรดโพรพิโอนิกเกิดจากการหมักของจุลินทรีย์จำพวกคลอสตริเดียม ซึ่งใช้ผลิตภัณฑ์จากการหมักเป็นสับสเตรท (Woolford and Pahlow, 1998)

ปริมาณของกรดบิวทีริกที่มีอยู่ในหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในทุกระยะของการเก็บตัวอย่างมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดยหญ้าหมักที่มีวัตถุแห้งอยู่ระหว่าง 30-35 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรดบิวทีริกควรอยู่ในช่วง 0.0-0.8 เปอร์เซ็นต์ และหญ้าหมักที่มีวัตถุแห้งมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ปริมาณกรดบิวทีริกควรอยู่ในช่วง 0.0-1.8 เปอร์เซ็นต์ (Jones et al., 2004)



หมายเหตุ T1=หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม

T2=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล

T3=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T4=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

T5=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

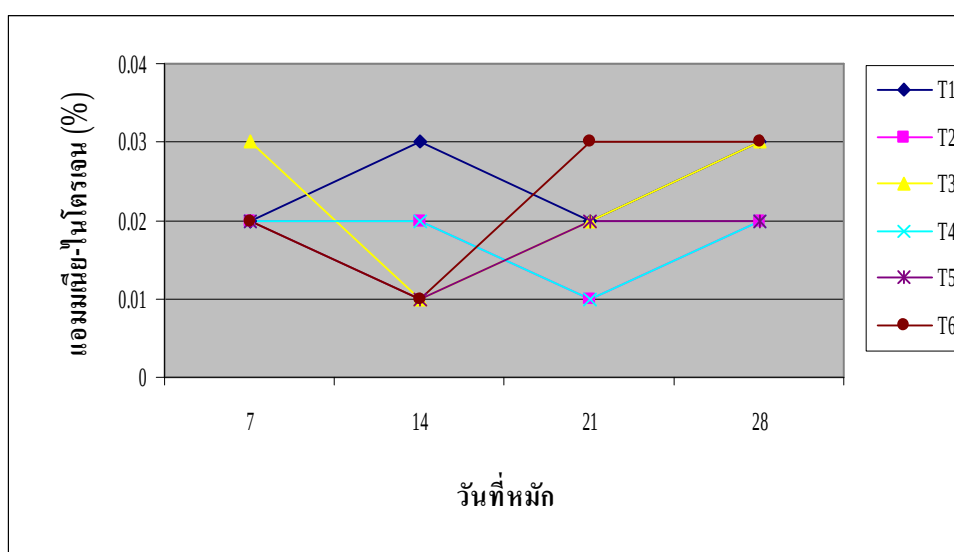
T6=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดบิวทริกของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-Nitrogen, $\text{NH}_3\text{-N}$)

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงไว้ในภาพที่ 9 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.01-0.03 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด ตั้งแต่ระยะการหมักที่ 7 วัน ถึง 28 วัน McDonald *et al.* (1991) รายงานว่าค่า pH ระดับต่ำสามารถยับยั้งการย่อยสลายของโปรตีนของหญ้าหมัก ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในหญ้าหมักเป็นผลมาจากการย่อยสลายโปรตีน ซึ่งจะมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Van Vuuren *et al.*, 1999) การย่อยสลายโปรตีนในหญ้าหมักที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ระดับ pH เพิ่มขึ้นด้วยในช่วงระหว่าง 3-7 (Heron *et al.*, 1989) ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของหญ้าหมักควรมีไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจนทั้งหมด (Seglar, 2003)

แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในหญ้าหมักที่มีปริมาณน้อยบ่งบอกถึงการย่อยสลายของโปรตีนในหญ้าหมักเกิดขึ้นน้อย โดยระดับ pH ที่ลดลงอย่างรวดเร็วก็จะมีผลยับยั้งการย่อยสลายโปรตีน แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในหญ้าหมักที่สูงเกินไปบ่งบอกถึงกระบวนการหมักที่ไม่มีประสิทธิภาพ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ต่ำนั้นแสดงว่าหญ้าหมักเกิดการสูญเสียโปรตีนน้อย (บุญล้อม และ สมคิด, 2543) ซึ่งปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ต่ำนั้นถือเป็นการดี เนื่องจากแอมโมเนียเกิดจากจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการในกระบวนการหมักโดยเฉพาะ *Clostridium* ซึ่งสลายกรดอะมิโนให้เป็นแอมโมเนียและสลายกรดแลกติกให้เป็นบิวทิริกทำให้ได้กรดบิวทิริกที่ทำให้หญ้าหมักเน่าเสียและเกิดกลิ่นเหม็น (McDonald *et al*, 1991)



หมายเหตุ T1=หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม

T2=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล

T3=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T4= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

T5= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T6=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate, WSC)

หญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ มีระดับของ WSC ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) แสดงไว้ในภาพที่ 10

โดยอายุการหมักที่ 7 วัน หญ้าแพงโกล่าหมักหมักกลุ่มที่มีการเติมสารเสริมทุกทรีทเมนต์มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่หมักโดยไม่เติมสารเสริม ซึ่งกลุ่มที่มีปริมาณสูงสุดคือ หญ้าแพงโกล่าหมักที่เสริมกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี โดยมีค่าเท่ากับ 9.20 8.82 8.77 6.94 และ 6.75 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งตามลำดับ ส่วนหญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่มีการเสริมสารมีค่าเท่ากับ 3.29 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง

อายุการหมักที่ 14 วัน ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของหญ้าแพงโกล่าที่หมักโดยไม่เติมสารเสริม หญ้าแพงโกล่าหมักเสริมกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หญ้าแพงโกล่าหมักเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีค่าเท่ากับ 4.11 6.11 6.52 4.90 5.59 และ 7.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มการทดลองยกเว้นกลุ่มที่ไม่ใส่สารเสริมมีค่าที่ลดลงเมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้น

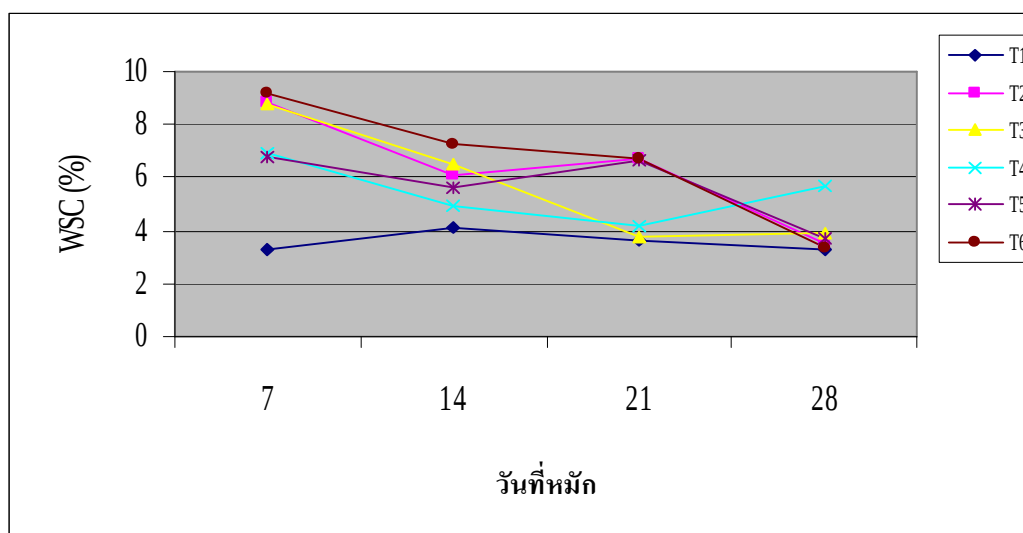
อายุการหมักที่ 21 วัน ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของหญ้าแพงโกล่าที่หมักโดยไม่เติมสารเสริม หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีค่าเท่ากับ 3.66 6.69 3.75 4.16 6.65 และ 6.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มมีระดับที่เปลี่ยนแปลงไม่มากหรือมีระดับที่ลดลงไปอีกเมื่อเทียบกับที่อายุการหมัก 14 วัน

การหมักที่ 28 วัน ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของหญ้าแพงโกล่าโดยไม่เติมสารเสริม หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีปริมาณลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 3.28 3.46 3.68 และ 3.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัว

เชื้อสายพันธุ์เดิมและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างหญ้าแพงโกล่าหมักที่ 21 วัน

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ลดลงเนื่องจากแบคทีเรียกรดแลคติกนำไปใช้ในกระบวนการหมักเพื่อสร้างกรดแลคติกและส่งผลให้ pH ของหญ้าหมักลดลง ระยะเวลาในกระบวนการหมักที่นานขึ้นมีความต้องการใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในกระบวนการหมักเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้แบคทีเรียดังกล่าวสามารถสร้างกรดแลคติกในปริมาณที่มากเพียงพอ จนทำให้ความเป็นกรด-ด่างลดลงในระดับที่เหมาะสม (Russel, 2003) ในกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกจะใช้ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในการผลิตกรดแลคติก ส่งผลทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่างลดลงมีผลยับยั้งการเจริญ จุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ (McDonald *et al.*, 1991; 1995) ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการหมักที่ไม่ใช้ออกซิเจนแบคทีเรียกรดแลคติกจะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ไปเป็นกรดแลคติก ซึ่งการทำงานของแบคทีเรียพวกนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล ถ้ามีปริมาณน้ำตาลมากและอยู่ในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน จะทำให้เกิดกรดแลคติกเร็วขึ้น (สายพันธ์, 2547) การทำให้แบคทีเรียผลิตกรดแลคติกมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและเพื่อผลิตกรดแลคติกได้มากนั้นจะต้องมีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้สูง ทั้งนี้เนื่องจากพืชมีจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ โดยเฉพาะในกลุ่ม Enterobacteria ที่มีมากและมีความสามารถสูง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เริ่มต้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งบอกถึงคุณภาพของหญ้าหมัก หญ้าหมักต้องมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ไม่น้อยกว่า 37 กรัมต่อกิโลกรัมของพืชในสภาพวัตถุดิบ เพราะเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ Clostridium ในหญ้าหมัก (Haigh, 1990) ถ้ากระบวนการหมักหยุดเพราะการขาดคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ จุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกจะมีการเจริญเติบโตขึ้นได้ใหม่ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง (Bolsen *et al.*, 1995) จากการศึกษาในหญ้าที่อายุ 55 วัน ซึ่งมีระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ต่ำจึงทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ทำให้ระดับความเป็น กรด-ด่างของหญ้าหมักสูงมากกว่า 4.2 ซึ่งเป็นระดับที่สามารถทำให้จุลินทรีย์อื่นๆ สามารถแย่งอาหารในการเจริญเติบโต (Bolsen *et al.*, 1995) ทำให้มีการลดลงของระดับความเป็นกรด-ด่างช้าลง ดังรายงานของ Davies *et al.* (1998) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่ระดับ 66 และ 250 กรัมต่อกิโลกรัมของหญ้าหมัก พบว่า หญ้าหมักที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในปริมาณที่สูงจะมีระดับความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่าและปริมาณกรดแลคติกสูงกว่าหญ้าหมักที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในปริมาณที่ต่ำ โดยมี pH เท่ากับ 3.66 และ

5.04 ตามลำดับ และปริมาณกรดแลกติกเท่ากับ 103.56 และ 55.55 กรัมต่อกิโลกรัมของหญ้าหมักตามลำดับ



หมายเหตุ T1=หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม

T2=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล

T3=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T4= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

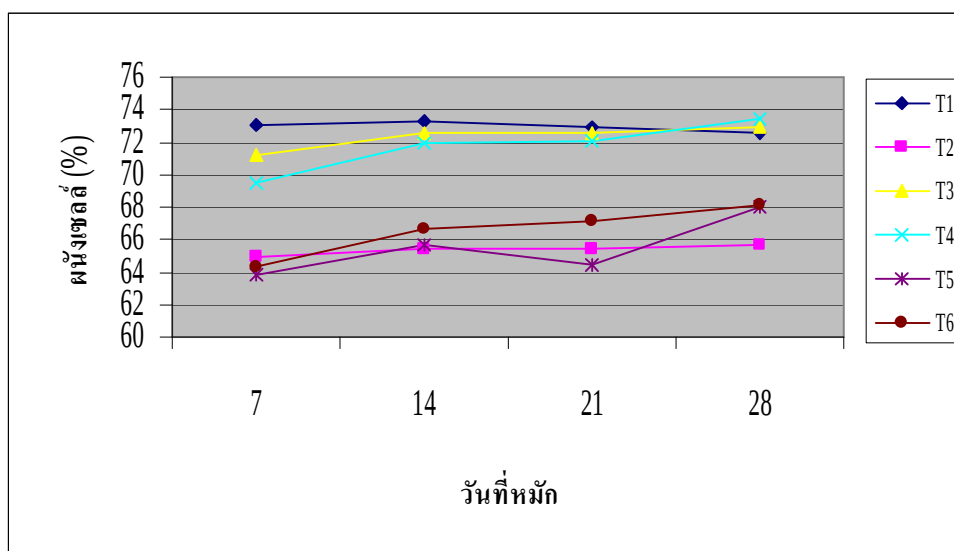
T5= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T6=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

ปริมาณผนังเซลล์ (Neutral detergent fiber; NDF)

ปริมาณผนังเซลล์ ประกอบไปด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน ซิลิกา คิวติน และโปรตีนที่ติดอยู่กับผนังเซลล์ (อังคณา และ ดวงสมร, 2532) ผลการทดลองพบว่าหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณผนังเซลล์ในการหมักระยะต่างๆ แสดงไว้ในภาพที่ 11



หมายเหตุ T1=หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม

T2=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล

T3=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T4= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

T5= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T6=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

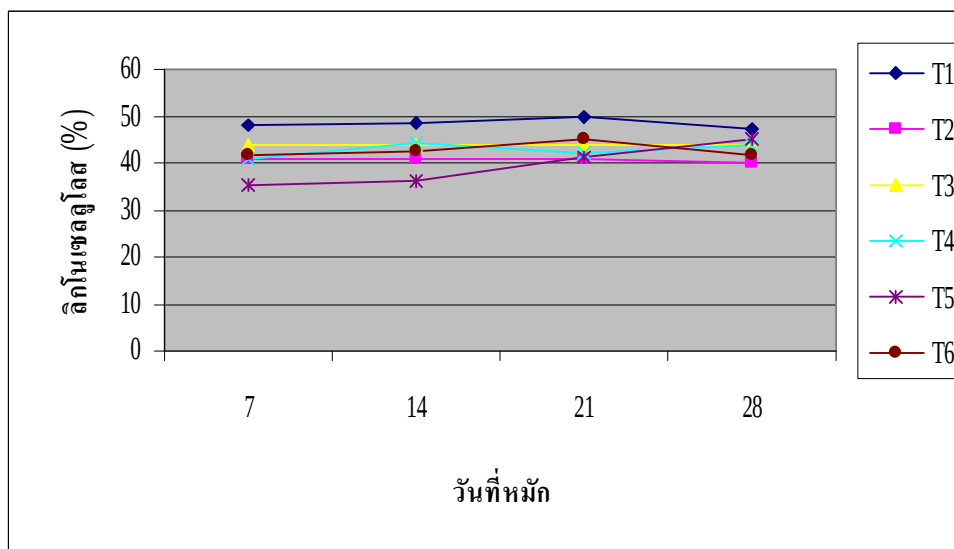
ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณผนังเซลล์ของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

โดยปริมาณผนังเซลล์ของหญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริมและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิมมีค่าที่ใกล้เคียงกันตั้งแต่วันที่ 14 ของการหมัก Meeske *et al.* (2002) พบว่า ปริมาณ NDF ในหญ้าหมักกลุ่มที่เสริมหัวเชื้อไม่แตกต่างไปจากหญ้าหมักโดยไม่เติมสารเสริม ซึ่งแสดงถึงเชื้อไม่ถูกย่อย การที่ระดับผนังเซลล์ของหญ้าหมักที่มีการเสริมหัวเชื้อมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงนั้นอาจมีสาเหตุจากปริมาณของหัวเชื้อที่เสริมในการหมักมีปริมาณน้อยหรือไม่มีความสามารถที่จะย่อยสลายส่วนของผนังเซลล์ของหญ้าหมักได้ (Kung, 2000) ส่วนหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าปริมาณผนังเซลล์ที่ลดลง ผนังเซลล์ที่ถูกย่อยสลายในระหว่างกระบวนการหมักนั้นเกิดจากเอนไซม์เฮมิเซลลูเลส ซึ่งเอนไซม์เฮมิเซลลูเลสนี้จะเกิดขึ้นในหญ้าหมักเท่านั้น (Jones *et al.*, 1992) และสามารถที่จะทำให้ปริมาณผนังเซลล์

ในหญ้าหมักลดลงประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ สภาวะเหล่านี้จะเกิดขึ้นกับหญ้าหมักที่ pH ต่ำ (Dewar *et al.*, 1963) การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเฮมิเซลลูโลสคือการแตกตัวทางเคมีของเฮมิเซลลูโลสที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในผนังเซลล์ของพืชเพื่อให้ได้น้ำตาลเพนโตส เป็นผลมาจากการทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออนที่เกิดจาก pH ของหญ้าหมัก pH ที่ลดลงจะทำให้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนเพิ่มขึ้นและเกิดปฏิกิริยาไฮโดรเจนไอออนเร็ว อย่างไรก็ตาม pH ของพืชหมักที่ระดับปกติ ปริมาณผนังเซลล์จะลดลงอย่างช้าๆ ซึ่งน้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ (Muck, 1996)

ปริมาณลิกโนเซลลูโลส (Acid detergent fiber; ADF)

ปริมาณลิกโนเซลลูโลสประกอบไปด้วยเซลลูโลส ลิกนิน เคราติน ซิลิกา และสารประกอบไนโตรเจนที่มีลิกนินแทรกอยู่ (อังคณา และ ดวงสมร, 2532) ผลการทดลองพบว่าในการหมักที่ 7 14 21 และ 28 วัน ปริมาณลิกโนเซลลูโลสของหญ้าแพงโกล่าที่หมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณลิกโนเซลลูโลสของหญ้าแพงโกล่าทั้ง 6 ทริทเมนต์ แสดงไว้ในภาพที่ 12 โดยหญ้าแพงโกล่าหมักที่เติมสารเสริมชนิดต่างๆ มีปริมาณที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าแพงโกล่าหมักที่ไม่เติมสารเสริม และ Aksu *et al.* (2004) ทำการศึกษาผลของการเสริมแบคทีเรียในการผลิตหญ้าหมักโดยเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริม พบว่าในการเสริมหัวเชื้อแบคทีเรียทำให้ปริมาณของลิกโนเซลลูโลสลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริม โดยมีค่าเท่ากับ 35.03 และ 36.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่ลดลงของหญ้าที่หมักโดยใช้สารเสริม เนื่องจากระดับ pH ลดลงกว่าหญ้าหมักที่ไม่เติมสารเสริมทำให้ส่วนของลิกโนเซลลูโลสถูกย่อยสลาย และกากน้ำตาลและหัวเชื้อไม่มีองค์ประกอบของ ADF จึงทำให้ส่วนประกอบนี้ในหญ้าหมักที่หมักโดยใช้สารเสริมมีค่าต่ำ (สมจิตร, 2549)



หมายเหตุ T1=หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม

T2=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล

T3=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T4= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

T5= หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T6=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณลิแกโนเซลลูโลสของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

การประเมินคุณภาพของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์

การประเมินคุณภาพจากเปอร์เซ็นต์การเกิดกรดแลกติก กรดอะซิติก และกรดบิวทีริกของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในการหมักที่ 7 14 21 และ 28 วัน แสดงในตารางที่ 16 เกณฑ์การประเมินคุณภาพของพืชหมักตามมาตรฐานพืชหมักกองอาหารสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2547) แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 2 ผลการประเมินพบว่า

การหมักที่ 7 หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมด้วยหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี จัดเป็นหญ้าหมักคุณภาพดี ส่วนหญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริมและหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม มีคุณภาพปานกลาง

การหมักที่ 14 วัน หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม มีคุณภาพไม่ดี หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม มีคุณภาพปานกลาง หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีคุณภาพดี และหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาล จัดเป็นหญ้าหมักคุณภาพดี

การหมักที่ 21 วัน หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริมและหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม จัดเป็นหญ้าหมักคุณภาพไม่ดี หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี และหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี จัดเป็นหญ้าหมักคุณภาพดี ส่วนหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลและหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม จัดเป็นหญ้าหมักคุณภาพดี

การหมักที่ 28 วัน หญ้าแพงโกล่าที่หมักโดยไม่เติมสารเสริมยังคงจัดเป็นหญ้าหมักที่มีคุณภาพไม่ดี หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิมและหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีคุณภาพพอใช้ หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาล จัดเป็นหญ้าหมักคุณภาพปานกลาง หญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีและหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม จัดเป็นหญ้าหมักคุณภาพดี

ตารางที่ 16 การประเมินคุณภาพของหญ้าแพงโกล่าหมัก จากปริมาณกรดแลกติก กรดบิวทีริก และกรดอะซีติก

หญ้า หมัก	วันที่ หมัก	กรดไขมันระเหยได้ (% ของกรดทั้งหมด)			คะแนนรวม	คุณภาพ
		แลกติก	อะซีติก	บิวทีริก		
T1	7	53.87	32.9	13.23	28	พอใช้
T2		88.22	9.48	2.3	80	ดี
T3		52.04	36.06	11.9	26	พอใช้
T4		66.6	31.13	2.26	64	ดี
T5		85.26	12.72	2.02	80	ดี
T6		85.68	12.16	2.16	80	ดี
T1	14	26.91	55.02	18.07	4	ไม่ดี
T2		88.99	9.47	1.54	100	ดีมาก
T3		67.77	24.5	7.73	47	ปานกลาง
T4		79.56	15.87	4.56	63	ดี
T5		79.56	15.87	4.56	63	ดี
T6		90.69	7.54	1.77	80	ดี
T1	21	28.84	56.43	14.73	8	ไม่ดี
T2		92.21	6.32	1.47	100	ดีมาก
T3		32.9	51.95	15.15	10	ไม่ดี
T4		79.04	14.7	6.27	65	ดี
T5		82.51	15.97	1.52	98	ดีมาก
T6		87.93	9.76	2.32	80	ดี
T1	28	32.71	46.73	20.56	4	ไม่ดี
T2		76.72	14.81	8.47	59	ปานกลาง
T3		51.51	34.94	13.55	28	พอใช้
T4		76.3	18.06	5.64	63	ดี
T5		80.66	14.81	4.53	65	ดี
T6		54.78	34.19	11.03	31	พอใช้

ตารางที่ 16 (ต่อ)

หมายเหตุ คะแนนรวม 0-20=ต่ำ; 21-40=พอใช้; 41-60=ปานกลาง; 61-80=ดี; 81-100=ดีมาก

T1=หญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม

T2=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล

T3=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T4=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

T5=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม

T6=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

1.2 ผลของการใช้หญ้าแพงโกล่าเป็นแหล่งอาหารหยাবในโคนมรุ่นเพศเมีย

ปริมาณการกินได้และประสิทธิภาพการเจริญเติบโต

ปริมาณการกินได้ของโคแสดงในตารางที่ 17 ผลการทดลองพบว่า ปริมาณการกินได้ของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักในสูตรต่างๆ เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งปริมาณการกินได้เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักเมทาบอлик มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งสูงสุด ตามด้วยหญ้าแพงโกล่าหมักโดยไม่เติมสารเสริม หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริม หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี และหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม โดยมีค่าเท่ากับ 7.76 7.63 7.57 6.85 5.73 และ 5.14 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ปริมาณการกินได้เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวมีค่าสูงสุดในโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล และหญ้าแพงโกล่าหมักธรรมดา โดยมีค่าเท่ากับ 2.84 และ 2.73 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ตามลำดับ และปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักเมทาบอликมีค่าสูงสุดเมื่อโคได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักเสริมด้วยกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าหมักธรรมดา หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี และตามด้วยหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม โดยมีค่าเท่ากับ 114.31 111.09 107.42 93.64 83.47 และ 74.39 ตามลำดับ

โคนมรุ่นเพศเมียมีความต้องการอาหารหยาบในรูปวัตถุแห้งประมาณ 2.0-2.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (วิโรจน์, 2546) ในการทดลองครั้งนี้มีปริมาณการกินได้ที่สูงเป็นผลมาจากคุณภาพของอาหารหยาบที่ดีทำให้โคสามารถที่จะมีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบที่มากขึ้นไปด้วย อาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำโคจะมีปริมาณการกินได้เพียงประมาณ 1.0 – 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ในขณะที่อาหารหยาบมีคุณภาพดีโคจะมีปริมาณการกินได้ประมาณ 1.5 – 3.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (ฉลอง, 2541) ถึงแม้ว่าโคกลุ่มที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิมจะมีปริมาณกินได้ที่ต่ำ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสภาพร่างกายของโคเอง ความเคยชินและการกินได้ของหญ้าหมักที่ลดลงจะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางกายภาพ การย่อยสลายของโปรตีน การลดลงของระดับกรด-ด่าง และผลผลิตของกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก (Minson, 1990)

ตารางที่ 17 ผลหญ้าของแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ต่อปริมาณการกินได้ของโคนมระยะรุ่น

หญ้าแพงโกล่าหมัก	ปริมาณการกินได้ (กิโลกรัม/วัน)		
	วัตถุแห้ง	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ^{0.75}
ไม่เติมสารเสริม	7.63 ± 1.05 ^a	2.73 ± 0.12 ^a	111.09 ± 1.60 ^a
กากน้ำตาล	7.57 ± 0.28 ^a	2.84 ± 0.24 ^a	114.31 ± 7.91 ^e
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	5.73 ± 0.35 ^{bc}	2.05 ± 0.19 ^{bc}	83.47 ± 5.96 ^b
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	7.76 ± 0.06 ^a	2.59 ± 0.20 ^{ab}	107.42 ± 6.37 ^a
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	5.14 ± 0.04 ^c	1.81 ± 0.22 ^c	74.39 ± 7.39 ^b
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	6.85 ± 0.13 ^{bc}	2.05 ± 0.11 ^{bc}	93.64 ± 3.10 ^{ab}

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{ab} อักษรกำกับที่ต่างกันในแต่ละแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักสูตรต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 18) โคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักธรรมดา หญ้าแพงโกล่า

หมักเสริมด้วยกากน้ำตาล หย้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หย้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหย้าแพงโกล่าหมักร่วมกับน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นกิโลกรัมต่อวันเท่ากับ 0.78 0.56 0.65 0.81 0.84 และ 0.68 ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตของโคนมระยะรุ่นควรเติบโตเฉลี่ย 0.7-0.8 กิโลกรัมต่อวัน (NRC, 2001) ถ้าเป็นโคลูกผสมจะควรเติบโตเฉลี่ย 0.6-0.8 กิโลกรัมต่อวันและโคสาวควรเพิ่มน้ำหนักตัวตั้งแต่หย่านมจนถึงท้องแก่ใกล้คลอดเฉลี่ย 0.5 กิโลกรัมต่อวัน หากโคมีน้ำหนักน้อยเกินไปก็จะมีผลต่อการผสมติดและการให้ผลผลิตในปีแรก (วิโรจน์, 2546) Winter *et al.* (2001) รายงานว่าการเสริมหัวเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกทำให้โคมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีการเสริม ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มที่มีการเสริมหัวเชื้อมีปริมาณการกินของวัตถุดิบและการย่อยได้ของโภชนะที่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีการเสริม ในการทดลองครั้งนี้ใช้ระยะเวลา 30 วัน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของโคอาจเป็นการเจริญเติบโตชดเชย (compensatory growth) โดยก่อนการทดลองโคมีความสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำเนื่องจากถูกเลี้ยงแบบปล่อยปะเล็มทั่วไปในแปลงหญ้าคุณภาพต่ำก่อนนำมาทดลองในคอกขังเดี่ยว แต่อย่างไรก็ตามโคทุกกลุ่มได้รับหย้าแพงโกล่าหมักอย่างเดียว การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักจึงเป็นไปได้ในทิศทางที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

ตารางที่ 18 ผลของหย้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของโคนมระยะรุ่น

หย้าแพงโกล่าหมัก	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (กิโลกรัม)			
	น้ำหนักตัวเริ่มต้น	น้ำหนักตัวเมื่อ	น้ำหนักตัว	อัตราการ
	การทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง	เปลี่ยนแปลง	เปลี่ยนแปลง น้ำหนักตัว
ไม่เติมสารเสริม	266.67 ± 42.62	283.00 ± 44.29	16.33 ± 1.76	0.78 ± 0.08
กากน้ำตาล	265.33 ± 36.20	277.00 ± 35.34	11.67 ± 4.41	0.56 ± 0.21
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	270.67 ± 38.19	284.33 ± 35.60	13.67 ± 2.96	0.65 ± 0.14
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	286.33 ± 26.28	303.33 ± 26.59	17.00 ± 0.58	0.81 ± 0.03
กากน้ำตาลร่วมกับหัว เชื้อสายพันธุ์เดิม	269.33 ± 22.26	287.00 ± 20.55	17.67 ± 1.76	0.84 ± 0.08
กากน้ำตาลร่วมกับหัว เชื้อที่ถูกฉายรังสี	293.67 ± 24.22	308.00 ± 19.55	14.33 ± 5.21	0.68 ± 0.25

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของหญ้าแพงโกล่าหมักสูตรต่างๆ

จากการประเมินสัมประสิทธิ์การย่อยได้โดยใช้เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Acid insoluble ash, AIA) เป็นตัวบ่งชี้ แสดงในตารางที่ 19 ผลการทดลองพบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง (93.86 92.21 93.83 93.94 93.59 และ 93.91 เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง) อินทรีย์วัตถุ (85.74 85.53 86.20 86.94 86.21 และ 86.75 เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง) โปรตีน (51.51 56.04 57.11 53.60 55.75 และ 57.25 เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง) และลิกโนเซลลูโลส (35.20 33.20 36.55 39.19 36.56 และ 40.06 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในทุกกลุ่มการทดลอง ขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ (52.05 56.41 56.49 61.55 50.82 และ 52.44 เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าการย่อยได้สูงสุดคือ 61.55 เปอร์เซ็นต์ Aksu *et al.* (2004) ทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อยได้ของข้าวโพดหมักที่ไม่เติมสารเสริมและเสริมจุลินทรีย์ผลิตกรดแลกติก ผลการทดลองพบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและผนังเซลล์ของข้าวโพดที่หมักร่วมกับเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกมีค่าสูงกว่าข้าวโพดหมักธรรมดา สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นผลมาจากในระหว่างการหมักทำให้เกิดความเป็นกรด และทำให้ผนังเซลล์ถูกย่อยสลายไปบางส่วนโดยสภาวะความเป็นกรดที่เกิดขึ้น หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีปริมาณกรดแลกติกสูงกว่ากลุ่มอื่นตั้งแต่วันที่ 7 ของการหมัก ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพการผลิตกรดของหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีที่ผลิตได้เร็วกว่าและมากกว่า และเมื่อเวลาผ่านไประดับของกรดแลกติกยังคงอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ จนถึงวันที่ 28 ของการหมัก ส่งผลให้ผนังเซลล์ที่อยู่ในสภาพเป็นกรดอย่างสม่ำเสมอมีการถูกย่อยสลายได้บางส่วนได้มากกว่า แต่อย่างไรก็ตามการเสริมจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลกติกในหญ้าหมักอาจจะทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบไม่เพิ่มขึ้นหรืออาจเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เพราะแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกที่เสริมลงไปมีปริมาณน้อยและไม่มีความสามารถที่จะย่อยสลายเซลล์พืช การลดลงของเชื้อใยของหญ้าหมักอาจเป็นผลมาจากการบางส่วนที่สามารถย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสได้ (Muck and Kung, 1997)

ตารางที่ 19 ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของหญ้าแพงโกล่าทั้ง 6 ทริทเมนต์

หญ้าแพงโกล่าหมัก	ลักษณะที่ศึกษา				
	วัตถุแห้ง	อินทรีย์วัตถุ	โปรตีน	ผนังเซลล์	ลิกโนเซลลูโลส
ไม่เติมสารเสริม	93.86±0.68	85.74±0.80	51.51±5.13	52.05±3.71 ^b	35.20±3.76
กากน้ำตาล	93.21±1.05	85.53±1.64	56.04±4.28	56.41±1.88 ^b	33.68±2.63
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	93.83±0.42	86.20±1.67	57.11±4.82	56.49±1.08 ^b	36.55±7.72
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	93.94±1.08	86.94±0.98	53.60±4.12	61.55±4.43 ^a	39.19±8.17
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	93.59±0.51	86.21±0.21	55.75±1.67	50.82±2.40 ^b	36.56±0.74
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	93.91±0.09	86.75±0.42	57.25±5.07	52.44±5.08 ^b	40.06±4.03

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{ab} อักษรกำกับที่ต่างกันในแต่ละแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood urea nitrogen, BUN)

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าระดับความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในระยะก่อนการให้อาหารทดลองทั้ง 6 ทริทเมนต์ที่ 0 ชั่วโมง และหลังจากได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักที่ 4 ชั่วโมง แสดงในตารางที่ 20 ก่อนที่โคจะได้รับหญ้าแพงโกล่าทั้ง 6 ทริทเมนต์ คือ หญ้าแพงโกล่าหมักธรรมดา หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีค่าระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดเฉลี่ยอยู่ช่วงระหว่าง 4.01-6.53 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ และหลัง 4 ชั่วโมงจากได้รับหญ้าแพงโกล่าทั้ง 6 ทริทเมนต์ ระดับยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นโดยมีค่าอยู่ช่วงระหว่าง 6.25-8.05 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ โคนมระยะรุ่นควรมีค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดเฉลี่ย 7-8 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Preson *et al.*, 1978) ระดับยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือดขึ้นอยู่กับปริมาณและการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารที่สัตว์ได้รับ

(Higginobothum, 1989) ซึ่งระดับของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดจะมีความผันแปรกับอายุ อาหาร ตัวสัตว์ สิ่งแวดล้อม และอื่นๆ (เมธา, 2533) หากมีปริมาณที่สูงเกินไปจะเป็นตัวบ่งบอกถึงการใช้ประโยชน์จากอาหารที่ไม่มีประสิทธิภาพ (Nousiainen *et al.*, 2004)

ตารางที่ 20 ค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริเมนต์

หญ้าแพงโกล่าหมัก	BUN, mg%	
	0 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง
ไม่เติมสารเสริม	6.53 ± 1.12	8.05 ± 1.68
กากน้ำตาล	4.01 ± 0.31	7.89 ± 1.86
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	4.70 ± 1.60	6.31 ± 2.28
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	5.82 ± 1.17	6.99 ± 1.76
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	5.69 ± 2.12	7.94 ± 1.42
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	5.45 ± 1.56	6.25 ± 1.10

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือด (Blood glucose, BG)

ระดับความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริเมนต์ แสดงในตารางที่ 21 ผลการทดลองพบว่า ระดับกลูโคสในกระแสเลือดของโคในระยะก่อนได้รับอาหารทดลองที่ 0 ชั่วโมง และหลังจากให้อาหาร 4 ชั่วโมง มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหลังจากโคได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริเมนต์ 4 ชั่วโมง ระดับความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 53.33-69.60 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ระดับปกติของกลูโคสในกระแสเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องคือ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ และร่างกายจะรักษาให้อยู่ในระดับ 40-60 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เนื้อเยื่อทำงานได้ตามปกติ ปริมาณกลูโคสจะถูกควบคุมโดยฮอร์โมนอินซูลินและกลูคาгонที่สร้างจากตับ (เมธา, 2530) ซึ่งจะช่วยให้ระดับกลูโคสในกระแสเลือดอยู่ในระดับปกติ (Dawson *et al.*, 1998)

ตารางที่ 21 ค่ากลูโคสในกระแสเลือดของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์

หญ้าแพงโกล่าหมัก	BG, mg%	
	0 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง
ไม่เติมสารเสริม	58.77 ± 0.90	67.87 ± 2.83
กากน้ำตาล	53.23 ± 2.21	63.83 ± 2.39
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	60.17 ± 0.50	69.60 ± 1.94
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	52.77 ± 2.19	61.47 ± 3.90
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	57.07 ± 5.10	64.23 ± 5.14
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	49.70 ± 8.34	53.33 ± 6.65

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ปริมาณฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (Triiodothyronine hormone, T_3)

ระดับความเข้มข้นของ T_3 ในกระแสเลือดของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ แสดงในตารางที่ 22 ผลการทดลองพบว่าก่อนที่โคจะได้รับอาหารที่ 0 ชั่วโมง และหลังจากโคได้รับอาหารทั้ง 6 ทริทเมนต์ ที่ 4 ชั่วโมง ระดับของ T_3 มีค่าแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในระยะก่อนการให้อาหารที่ 0 ชั่วโมง ระดับ T_3 มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 71.66-88.67 นาโนกรัมเดซิลิตร และหลังจากโคได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ระดับ T_3 มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 106.33-124.33 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ T_3 เป็นฮอร์โมนที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกายทั่วไปเป็นตัวกระตุ้นการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อ ควบคุมการเผาผลาญสารอาหารต่างๆ ในร่างกาย เช่น คาร์โบไฮเดรต โดยมีผลต่อการกระตุ้นการสร้างกลูโคส (gluconeogenesis) ไขมัน และมีผลต่อเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และวิตามิน (นทีทิพย์, 2538) ระดับปกติของ T_3 ในร่างกายของโคจะอยู่ระหว่าง 40-170 นาโนกรัมเดซิลิตร (Dunlop, 1991) หากมีปริมาณที่มากเกินไปก็จะมีผลต่อการกระตุ้นการสลายโปรตีนทำให้กล้ามเนื้ออ่อนแรง การเจริญเติบโตชะงัก (นทีทิพย์, 2538)

ตารางที่ 22 ค่าฮอร์โมนไทรโอไอโดไทโรนีนในกระแสเลือดของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์

หญ้าแพงโกล่าหมัก	T ₃ , ng%	
	0 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง
ไม่เติมสารเสริม	74.33 ± 2.33	106.33 ± 1.85
กากน้ำตาล	78.33 ± 2.02	124.33 ± 2.91
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	71.66 ± 6.35	113.00 ± 7.67
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	72.67 ± 6.33	116.33 ± 3.38
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	81.33 ± 1.76	116.67 ± 4.18
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	88.67 ± 2.04	122.67 ± 1.76

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

จากการผลิตหญ้าแพงโกล่าหมักโดยใช้สารเสริมชนิดต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพและเคมีที่อายุการหมักต่างกัน ได้ผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าลักษณะทางกายภาพของหญ้าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ จัดเป็นหญ้าหมักคุณภาพดี และเมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางเคมี พบว่าหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับสารเสริมมีการเปลี่ยนแปลงของ pH รวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ได้อย่างรวดเร็วกว่าหญ้าที่หมักโดยไม่เติมสารเสริม ในการหมักหญ้าร่วมกับกากน้ำตาล กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และกากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี ทำให้ต้นทุนและขั้นตอนการทำเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงคุณภาพก็ไม่ได้แตกต่างไปจากการหมักร่วมกับหัวเชื้อเพียงอย่างเดียวแต่อย่างใด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างหญ้าหมักที่เติมเชื้อพันธุ์เดิมและเชื้อที่ถูกฉายรังสีพบว่าข้อดีเด่นของเชื้อที่ถูกฉายรังสีคือทำให้หญ้าหมักมีความเป็นกรด-ด่าง และกรดบิวทีริกต่ำกว่าและที่สำคัญคือ สัตว์มีแนวโน้มการเพิ่มน้ำหนักที่ดีกว่า ตลอดจนการเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีผลทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์และปริมาณกินได้ในรูปวัตถุแห้งมีค่าสูงสุด ดังนั้นในการทดลองที่ 2 จึงได้เลือกทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลของหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีกับผลของหญ้าแพงโกล่าสดที่มีใช้กันโดยทั่วไปต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนมในระยะรีดนม

การทดลองที่ 2

การศึกษาผลของหญ้าแพงโกล่าหมักต่อสมรรถภาพการผลิตของโคระยะรีดนม

2.1 การย่อยสลายของวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าหมักภายในกระเพาะหมักโดยวิธีใช้ถุงไนลอน

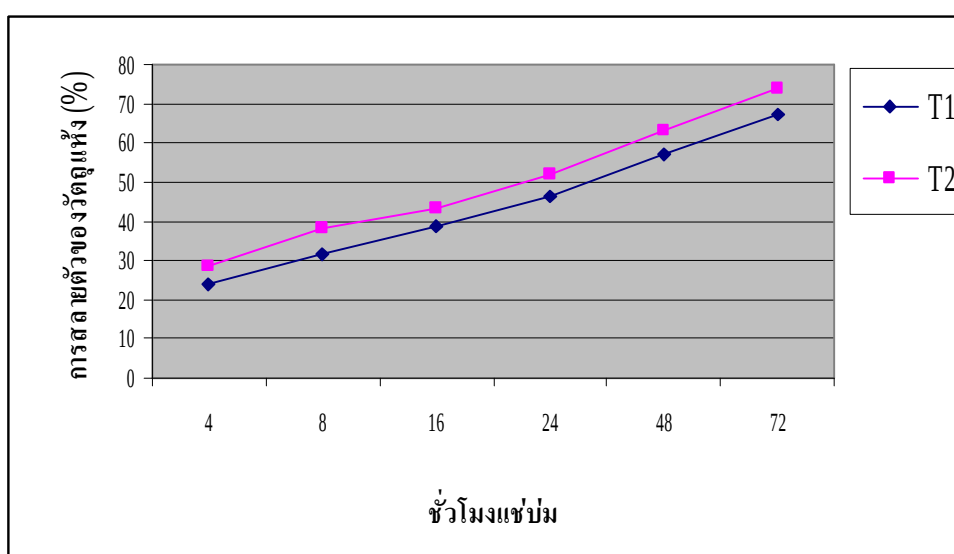
ผลจากการนำตัวอย่างหญ้าแพงโกล่าทั้ง 2 ชนิดใส่ในถุงไนลอนและนำไปแช่ในกระเพาะหมักเป็นเวลา 0 2 4 8 16 24 และ 72 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำถุงไนลอนออกมาล้างอบ ชั่ง หาค่าวัตถุแห้งที่เหลืออยู่ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งที่หายไป (Dry matter disappearance) ที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่าค่าการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงบ่มนานขึ้น โดยค่าเฉลี่ยการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าสดชั่วโมงที่ 0 2 4 8 16 24 และ 72 มีค่าเท่ากับ 17.38 23.74 31.39 38.74 46.42 56.84 และ 67.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าหมักมีค่าเท่ากับ 18.08 28.58 38.47 43.20 51.93 63.40 และ 74.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งได้ดีกว่าหญ้าสดตั้งแต่ชั่วโมงที่ 4 ของการแช่ในกระเพาะหมัก แต่จะเริ่มเห็นความแตกต่างหลังจากชั่วโมงที่ 16 ของการแช่ แสดงในตารางที่ 23 และภาพที่ 13

ตารางที่ 23 ค่าการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าสดและหมัก

ชั่วโมง	หญ้าแพงโกล่าสด	หญ้าแพงโกล่าหมัก
0	17.38 ¹	18.08 ¹
4	23.74±0.05 ^b	28.58±0.16 ^a
8	31.39±0.18 ^b	38.47±0.47 ^a
16	38.74±0.62 ^b	43.20±0.66 ^a
24	46.42±0.06 ^b	51.93±0.33 ^a
48	56.84±0.79 ^b	63.40±0.48 ^a
72	67.32±0.22 ^b	74.06±0.43 ^a

หมายเหตุ ¹ค่าของวัตถุแห้งที่ละลายน้ำได้, ±: ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{ab}อักษรกำกับที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



หมายเหตุ T1=หญ้าแพงโกล่าสด, T2=หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

ภาพที่ 13 ค่าการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าสดและหมัก

ค่าการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมัก

ค่าพารามิเตอร์ของการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้ง จากการนำค่าการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งที่ชั่วโม่งต่างๆ ไปคำนวณด้วยสมการ $P=a+b(1-e^{-ct})$ ที่นำเสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 24

ส่วนของวัตถุแห้งที่ละลายน้ำได้ง่าย (Water Soluble fraction: a)

ค่าการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักในรูปค่า a ของหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 19.40 และ 25.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ด้วยสภาพความเป็นกรดที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักทำให้ผนังเซลล์ของหญ้าแพงโกล่าหมักถูกย่อยสลายไปบางส่วน ค่า a ของหญ้าแพงโกล่าหมักจึงสูงกว่าหญ้าแพงโกล่าสด (สมจิตร, 2549)

ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (degradability of insoluble fraction, b)

ส่วนของวัตถุแห้งของอาหารที่สามารถถูกย่อยสลายได้ในระยะเวลา 't' หรือค่า b ส่วนใหญ่เป็นส่วนของเยื่อใย การย่อยในกระเพาะหมักนั้นจำเป็นต้องอาศัยจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมัก ซึ่งจุลินทรีย์มีความสามารถในการย่อยสลายได้ต่างกันในแต่ละสภาพแวดล้อมภายในกระเพาะหมัก โดยเป็นผลมาจากการให้อาหารและการจัดการเป็นหลัก นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารนั้นๆ (เมธา, 2533) ค่า b ของหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 54.55 และ 57.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การที่หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่า b ที่สูงกว่าหญ้าแพงโกล่าสดนั้นอาจเนื่องมาจากหญ้าหมักมีโครงสร้างของเซลล์ที่เกาะกันหนาแน่นน้อยกว่าหญ้าสด ซึ่งทำให้ง่ายต่อการเข้าย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (สมจิตร, 2549)

อัตราการย่อยสลายตัวคงที่ (The rate constant for the degradation of 'b': c)

อัตราการย่อยสลายตัว (degradation rate, c) ของหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมัก ร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.03 และ 0.02 เปอร์เซ็นต์ สมจิตร์ (2549) พบว่าหญ้าเนเปียร์สด และหญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับกากน้ำตาลและหัวเชื้อสำเสร็จรูป มีค่าอัตราการสลายตัวอยู่ในช่วง 0.02-0.04 และมีค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ งาม (2545) พบว่าหญ้าเนเปียร์ซึ่งหมักโดยกรรมวิธีต่างๆ มีค่า c ไม่ต่างจากหญ้าเนเปียร์ที่ไม่ได้ทำการหมัก ($P>0.05$) อัตราการย่อยของอาหารเป็นตัวบ่งชี้ถึงความเร็วของส่วนอนุภาคอาหารที่ถูกปลดปล่อยออกจากอาหาร ซึ่งจะทำให้อาหารไม่ถูกอัดแน่นในกระเพาะหมักนานเกินไปและมีผลต่อการกินได้ในที่สุด (เมธา, 2533) หญ้าแพงโกล่าเป็นพืชอาหารที่มีสัดส่วนของใบมากกว่าลำต้นและมีความอ่อนนุ่มจึงทำให้ค่าการย่อยได้สูง ค่า c ในการทดลองครั้งนี้จึงมีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 24 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของวัตถุแห้งที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ของหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี

ลักษณะที่ศึกษา	หญ้าแพงโกล่าสด	หญ้าแพงโกล่าหมัก
a (%)	19.40±1.65 ²	25.35±2.00 ¹
b (%)	54.55±1.6 ²	57.75±1.6 ¹
c (Fraction/hr)	0.03±0.01	0.02±0.01
a+b (%)	74.10±0.77 ^b	83.10±5.80 ^a
Lag phase (hr)	0.00	0.00
ed1 (%)	50.80±2.90 ²	57.10±3.45 ¹
ed2 (%)	38.55±2.20 ^b	42.30±4.25 ^a
ed3 (%)	33.20±1.65 ²	38.85±3.85 ¹

หมายเหตุ a = ส่วนที่ละลายน้ำได้ทันที

b = ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์

c = อัตราการย่อยสลายตัวคงที่

ตารางที่ 24 (ต่อ)

หมายเหตุ a+b = ค่าศักยภาพในการย่อยสลายตัว

ed = ประสิทธิภาพการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งภายในกระเพาะหมักที่อัตราการไหลผ่าน 2 (ed 1) 5 (ed 2) และ 8 (ed 3) เปอร์เซ็นต์/ชั่วโมง ตามลำดับ

± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

¹² ตัวเลขกำกับที่ต่างกันในแต่ละแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

^{ab} อักษรกำกับที่ต่างกันในแต่ละแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ค่าศักยภาพในการย่อยสลายตัว ((Potential degradability, a+b)

ค่าศักยภาพในการย่อยสลายตัวเป็นผลรวมของค่า a และ b ถ้าค่านี้สูง แสดงถึงอาหารถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักได้มาก แต่การที่อาหารชนิดใดจะมีค่า a+b สูงนั้นน่าจะเป็นผลมาจากค่า b มากกว่า a เพราะค่า b คือส่วนที่ไม่สลายในทันที แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะถูกหมักย่อยสลายไปเรื่อยๆ อย่างไม่มีจำกัดในกระเพาะหมัก ค่า b จะเป็นส่วนของเยื่อใยเป็นส่วนใหญ่ การย่อยสลายเยื่อใยในกระเพาะหมักนั้นจำเป็นต้องอาศัยจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะหมัก ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความสามารถในการย่อยสลายเยื่อใยได้แตกต่างกัน (เมธา, 2533) ในการทดลองครั้งนี้พบว่าหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าศักยภาพการย่อยสลายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 74.10 และ 83.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งในการทดลองของสมจิตร (2549) ที่พบว่าค่าศักยภาพการย่อยสลายของหญ้าเนเปียร์หมักร่วมกับหัวเชื้อสำเร็จรูปมีค่าสูงกว่าหญ้าเนเปียร์สด โดยมีค่าเท่ากับ 80.20 และ 65.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การที่ค่า a+b ของหญ้าที่ผ่านกระบวนการหมักนั้นมีค่าสูงกว่าหญ้าสดเป็นผลลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีที่มีเปลี่ยนแปลง (เมธา, 2533) จากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าหญ้าแพงโกล่าหมักมีองค์ประกอบของเยื่อใยที่ต่ำกว่าหญ้าแพงโกล่าสด (ตารางที่ 25) จากการถูกหมักย่อยไปบางส่วนในกระบวนการหมัก จึงทำให้จุลินทรีย์เข้าย่อยสลายได้ง่ายขึ้น

ค่า Log phase (LP)

ค่า Log phase (LP) หมายถึงค่าที่เกิดจากช่วงเวลาที่ย่อยสลายอาหารหลังจากที่อาหารผ่านเข้าไปในกระเพาะหมักแล้ว หรือระยะพักตัวก่อนที่จะเกิดการย่อยสลาย การที่หญ้าแต่ละชนิดมีค่า LP ไม่เท่ากันมีสาเหตุจากหลายปัจจัย ได้แก่ ความหนาแน่นของประชากรจุลินทรีย์ที่เข้าจับกับอาหาร โดยจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร ปริมาณจุลินทรีย์จะต้องมีอย่างเพียงพอและคงที่ (เมธา, 2533) ถ้าหากอาหารนั้นมีส่วนประกอบของเซลลูโลสบริสุทธิ์ในระดับสูงก็จะทำให้ค่า LP ยาวนานขึ้น (เอกสิทธิ์, 2541) ขนาดของรูงในลอนก็มีผลต่อค่า LP ถ้าหากรูงในลอนมีขนาดเล็กค่า LP ก็จะเพิ่มขึ้น รูงขนาดเล็กทำให้จุลินทรีย์เข้าไปย่อยอาหารที่อยู่ภายในรูงได้ไม่ดีเท่าที่ควร (Vincent *et al.*, 1997) จากการทดลองนี้พบว่าหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าเหมือนกันคือ 0 ชั่วโมง แสดงว่าอาหารเริ่มย่อยทันทีเมื่อเข้าสู่กระเพาะหมัก ทั้งนี้เนื่องจากหญ้าแพงโกล่าเป็นหญ้าที่มีปริมาณไบโมาลต่ำ อ่อนนุ่ม จึงทำให้จุลินทรีย์ที่เข้าย่อยสลายเชื้อเอนไซม์สามารถเข้าย่อยได้เร็ว

ประสิทธิภาพการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งภายในกระเพาะหมัก (Effective degradation of dry matter in rumen: ed)

เมื่อคำนวณค่าอัตราการไหลผ่านของอาหารที่ออกจากกระเพาะหมัก (fraction outflow rate, K) ที่ 2 (ed1) และ 8 (ed3) เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง พบว่าหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งภายในกระเพาะหมักที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าแพงโกล่าสด โดยที่ ed1 มีค่าเท่ากับ 57.10 และ 50.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ ed3 มีค่าเท่ากับ 38.85 และ 33.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อแทนค่า K ที่ 5 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง (ed2) พบว่าหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้งสูงกว่าหญ้าแพงโกล่าสด ($P < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 42.30 และ 38.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ค่าศักยภาพการย่อยสลายที่สูงกว่าของหญ้าแพงโกล่าหมัก การที่กำหนดค่า K ที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ ต่อชั่วโมงนั้น เนื่องจากค่าในการคำนวณค่า ed นั้น จะมีอัตราการไหลผ่านเข้าออกมาเกี่ยวข้องด้วย เพราะปริมาณอาหารและขนาดของอาหารที่สัตว์กินเข้าไปจะมีผลทำให้เกิดอัตราการไหลผ่านออกจากกระเพาะหมัก นั่นคือถ้าสัตว์กินอาหารเข้าไปมากจะมีผลทำให้อัตราการไหลผ่านเร็วมากขึ้น โดยทั่วไปอาหารหยาบจะมีอัตราการไหลผ่านที่ 0.08 เปอร์เซ็นต์ (เอกสิทธิ์, 2541) ขนาดของอาหารก็มีผลต่ออัตราการไหลผ่านเช่นการสับฟัซ

อาหารสัตว์ให้ขนาดสั้นลง จะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของอนุภาคอาหาร มีผลทำให้อัตราการไหลผ่านของอนุภาคอาหารนั้นเร็วขึ้น ปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพการย่อยได้จะลดลงเพราะอาหารมีเวลาอยู่ในกระเพาะหมักน้อย (เมธา, 2533) การวัดค่าอัตราการไหลผ่านของอาหารออกจากกระเพาะหมักมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2 ถึง 8 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง (AFRC, 1993) ค่าอัตราการไหลผ่านจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณอาหารที่สัตว์ได้รับ ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณอาหารที่จะถูกย่อยได้จริงในกระเพาะหมัก (เอกสิทธิ์, 2541)

2.2 การศึกษาผลของหญ้าแพงโกล่าหมักที่เสริมหัวเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่ถูกลายรังสี

ต่อสมรรถภาพการผลิตของแม่โคนมระยะรีดนม

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกลายรังสีแสดงในตารางที่ 25 วัดค่าแห้งของหญ้าแพงโกล่าสดมีค่าสูงกว่าหญ้าแพงโกล่าหมัก โดยมีค่าเท่ากับ 24.93 และ 22.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ระดับโปรตีนของหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกลายรังสีและหญ้าแพงโกล่าสดมีค่าใกล้เคียงกันคือ 7.82 และ 7.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบของผนังเซลล์และลิกนินของหญ้าแพงโกล่าสดมีค่าสูงกว่าหญ้าแพงโกล่าหมัก โดยมีค่าเท่ากับ 77.80 และ 48.31 เปอร์เซ็นต์ และ 73.30 และ 43.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 25 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 2 ทรีทเมนต์

ลักษณะที่ศึกษา (%)	หญ้าแพงโกล่าสด	หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกลายรังสี
วัตถุแห้ง	24.93	22.37
โปรตีน	7.94	7.82
ผนังเซลล์	77.80	73.30
ลิกนินเซลลูโลส	48.31	43.11

ปริมาณการกินได้

ปริมาณการกินได้เฉลี่ยของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกลายรังสี แสดงในตารางที่ 26 ปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 8.58 และ 6.26 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ปริมาณการกินได้ของอาหารชั้นทั้ง 2 ทริทเมนต์มีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้แม่โคที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้รับอาหารชั้นในอัตรา 1 กิโลกรัม ต่อผลผลิตน้ำนม 3 กิโลกรัม ซึ่งเป็นการให้อาหารชั้นในปริมาณต่ำ อาหารชั้นที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีระดับโปรตีน 16.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง NRC (2001) ได้นแนะนำระดับโปรตีนที่โคควรจะได้รับคือ โคที่ให้นมประมาณ 15 กิโลกรัมต่อวัน ระดับโปรตีนในอาหารชั้น 16.60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการกินได้ทั้งหมดในรูปวัตถุแห้ง และการกินได้เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดมีค่ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมัก ทั้งนี้เพราะหญ้าหมักมีวัตถุแห้งที่ต่ำกว่าหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าสดมีความน่ากินกว่าหญ้าหมัก (Humphrey, 1991) และปริมาณกรดอินทรีย์ในหญ้าหมักก็เป็นปัจจัยจำกัดในการกินได้ของโค (เมธา, 2533) โคนมที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 400 กิโลกรัม ให้ผลผลิตน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 10-15 กิโลกรัมต่อวัน มีปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งประมาณ 2.73-3.20 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (NRC, 2001) ปริมาณการกินได้ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนม โดยปริมาณการกินได้ของอาหารมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง เนื่องจากมีปัจจัยมาเกี่ยวข้องมาก เช่น ระยะของการให้นม ชนิดและคุณภาพของอาหารหยาบ คุณภาพของอาหารชั้น สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารชั้น เป็นต้น (เมธา, 2533) ในโคนมที่ให้ผลผลิตสูงๆ สามารถกินอาหารได้สูงถึง 3.6-4.0 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวต่อวัน (น้ำหนักแห้ง) และอาจถึง 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ถ้าโคนมกินอาหารได้ต่ำกว่า 3.6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว อาจมีผลกระทบต่อผลผลิตน้ำนมและของแข็งทั้งหมดในน้ำนม (ฉลอง, 2541) ปริมาณการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้องขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย มีทั้งปัจจัยทางกายภาพและทางเคมี (เมธา, 2533) ความชื้นในหญ้าหมักมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้ของโคเป็นอย่างมาก ถ้าหญ้าหมักมีความชื้นสูง ปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งของโคก็จะลดลง (สมชาย, 2541) ปริมาณอาหารในรูปวัตถุแห้งมีบทบาทค่อนข้างมากต่อการให้ผลผลิตน้ำนมของโคทดลอง การทดลองนี้นอกจากโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสดจะกินอาหารในรูปวัตถุแห้งได้มากกว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าหมัก แล้วคุณค่าทางโภชนา โดยเฉพาะค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนของหญ้าสดยังมีค่าสูงกว่าหญ้าหมักอีกด้วย

ตารางที่ 26 ปริมาณการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว และอัตราการเจริญเติบโตของโคนมที่ได้รับอาหารทั้ง 2 ทริทเมนต์

ลักษณะที่ศึกษา	หญ้าแพงโกล่าสด	หญ้าแพงโกล่าหมัก
จำนวนโคทดลอง (ตัว)	5	5
ระยะเวลาทดลอง (วัน)	60	60
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กิโลกรัม)	419.80 ± 31.01	428.60 ± 24.49
น้ำหนักสิ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กิโลกรัม)	424.40 ± 30.88	436.40 ± 24.64
น้ำหนักตัวเปลี่ยนแปลง (กิโลกรัม)	4.60 ± 5.22	7.80 ± 9.60
อัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (กิโลกรัม/วัน)	0.10 ± 0.12	0.17 ± 0.21
ปริมาณการกินได้ (กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน)		
วัตถุดิบ	8.58 ± 0.74 ^a	6.26 ± 0.60 ^b
อาหารข้น (วัตถุดิบ)	4.47 ± 0.70	4.59 ± 0.57
ปริมาณการกินได้ทั้งหมด (วัตถุดิบ)	13.05 ± 3.22 ^a	10.85 ± 2.61 ^b
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	3.08 ± 0.24 ^a	2.49 ± 0.16 ^b

หมายเหตุ ±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{ab}อักษรกำกับที่ต่างกันในแต่ละแถวบน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของโคนมที่ทำการทดลองเมื่อคิดเป็นกิโลกรัม/วัน/ตัว ของโคกลุ่มที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.10 และ 0.17 ตามลำดับ (ตารางที่ 26) แม้โคทั้งสองกลุ่มอยู่ในช่วงกลางของการให้น้ำนม อาหารส่วนที่ใช้ในการสร้างน้ำนมจะถูกนำไปใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัว จึงทำให้แม่โคทั้งสองกลุ่มมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น (Chilliard, 1989)

ผลผลิตน้ำนม

ปริมาณน้ำนมดิบและปริมาณน้ำนมที่ปรับไขมันนม 4 เปอร์เซนต์ ของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่ามากกว่าโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดแต่มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 27 โดยปริมาณน้ำนมดิบของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าเท่ากับ 15.73 และ 16.09 กิโลกรัมต่อวัน และปริมาณน้ำนมที่ปรับไขมันนม 4 เปอร์เซนต์ มีค่าเท่ากับ 15.69 และ 16.42 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ การหมักหญ้าโดยใช้หัวเชื้อจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะ (Leahy *et al.*, 1981) ฉะนั้นแม้โคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักจึงสามารถนำโภชนะต่างๆ ที่ย่อยได้เพิ่มขึ้นไปใช้ในการสร้างผลผลิตได้มากขึ้น Meeks *et al.* (2002) ได้ศึกษาผลของการเสริมเอนไซม์ร่วมกับแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกในการผลิตข้าวโอ๊ตหมักต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนม พบว่า โคนมที่รับข้าวโอ๊ตหมักที่มีการเสริมเอนไซม์ร่วมกับแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกมีปริมาณน้ำนมที่มากกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และการทดลองของ Kung *et al.* (1993) ที่ทำการศึกษาผลของการเสริมแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (*Lactobacillus plantarum*) ในการผลิตข้าวโพดหมัก โดยทำการคัดเลือกแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่ใช้สามารถเพิ่มปริมาณกรดแลคติกในกระบวนการหมัก แล้วนำข้าวโพดหมักที่ได้มาผสมในสูตรอาหารผสมเสร็จ แล้วทำการเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริมเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ผลการทดลองพบว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีข้าวโพดหมักเสริมเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริม โดยให้ปริมาณน้ำนมเท่ากับ 37.5 และ 36.5 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ เนื่องจากในทั้ง 2 การทดลอง โคที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกมีปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งที่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีการเสริม จึงทำให้โคได้รับสารอาหารที่เพียงพอต่อการดำรงชีพและสามารถสร้างผลผลิตน้ำนมที่เพิ่มขึ้นได้ (McDonald *et al.*, 1995)

ตารางที่ 27 ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าตัดและหญ้าแพงโกล่าหมัก
ร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกลายรังสี

ลักษณะที่ศึกษา	หญ้าแพงโกล่า สด	หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัว เชื้อที่ถูกลายรังสี
ปริมาณผลผลิตน้ำนม, กิโลกรัม /วัน	15.73±1.71	16.09±1.26
ผลผลิตน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซนต์, กิโลกรัม /วัน	15.69±1.63	16.42±1.24
องค์ประกอบน้ำนม, เปอร์เซนต์		
ไขมัน	4.00±0.14	4.14±0.22
โปรตีน	3.09±0.12	3.18±0.15
แลคโตส	5.13±0.15	5.36±0.03
ของแข็งไม่รวมไขมัน	8.95±0.16	9.28±0.13
ไขมัน : โปรตีน	1.30±0.04	1.30±0.06

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

องค์ประกอบน้ำนม

องค์ประกอบน้ำนมของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกลายรังสี มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 27)

ไขมันนม (Milk fat)

ปริมาณไขมันนม (Milk fat) ในน้ำนมจะมีผลโดยตรงต่อการกำหนดราคาน้ำนม การจัดการด้านอาหารและการให้อาหารที่เปลี่ยนแปลงจะมีผลกระทบต่อองค์ประกอบน้ำนม โดยเปอร์เซนต์ไขมันนมและองค์ประกอบของกรดไขมันมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (ฉลอง, 2546) ปริมาณไขมันจะมีความแปรปรวนสูง ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธุ์ อาหาร อายุ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซนต์ไขมันนมเกิดจากชนิดและปริมาณของอาหารที่โคได้รับ โดยจะทำให้กระบวนการหมักในกระเพาะหมักให้ผลผลิตที่จะนำไปใช้ในการสังเคราะห์ไขมันที่แตกต่างกัน

นอกจากนี้สภาพแวดล้อมบางประการก็มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วย (เทอดชัย, 2548) จากผลการทดลองพบว่าโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกลายรังสีมีระดับไขมันนมใกล้เคียงกันคือมีค่าเท่ากับ 4.00 และ 4.14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 27) ไขมันนมในโคนมโดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 3.5-4.0 เปอร์เซ็นต์ (วิโรจน์และวชิระ, 2545) โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือ มอก.738-2547 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2547) ได้กำหนดมาตรฐานนมสด มีไขมันร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า 3.4 ขณะที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2545) และสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2547) ได้กำหนดให้มาตรฐานของนมโคควรมีไขมัน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.2 ในการทดลองครั้งนี้ระดับไขมันนมมีค่าสูงกว่าระดับมาตรฐานที่กำหนดเป็นอย่างมาก ด้วยเหตุที่ในการจัดการด้านอาหารเน้นให้อาหารหยาบมากที่สุดและให้อาหารข้นในระดับที่ต่ำ โดยมีสัดส่วนของอาหารหยาบและอาหารข้นเฉลี่ย 60:40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อโคได้รับอาหารหยาบในปริมาณที่สูงส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ไขมันนมเพิ่มมากขึ้น (Firkins *et al.*, 2001) Davis (1979) พบการหมักย่อยเชื้อใยในกระเพาะหมักโดยจุลินทรีย์มีผลต่อทำให้เกิดการสะสมปริมาณกรดอะซิติกในกระเพาะหมักเพิ่มมากขึ้น โคนมจะนำไปใช้ในการสร้างไขมันในนม ซึ่งส่งผลต่อระดับไขมันในน้ำนม โคนมที่ได้รับอาหารหยาบที่มีเชื้อใยสูงกระบวนการหมักในกระเพาะหมักทำให้ได้กรดอะซิติก ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์โมลาร์ เมื่อสัดส่วนของอาหารข้นเพิ่มขึ้นกรดอะซิติกจะลดลงและกรดโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้น การบดและการอัดเม็ดอาหารหยาบอาจมีผลทำให้สัดส่วนของกรดทั้งสองเปลี่ยนไปกรดอะซิติก นอกจากจะถูกเผาผลาญในร่างกายเพื่อใช้เป็นพลังงานแล้ว ยังใช้เป็นสารตั้งต้นเพื่อสร้างไขมันในนมและไขมันในเนื้อด้วย (บุญญฤทธิ, 2544)

โปรตีนนม (Milk protein)

จากผลการทดลองพบว่าโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกลายรังสีมีระดับโปรตีนใกล้เคียงกันคือมีค่าเท่ากับ 3.09 และ 3.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 27) โปรตีนนมผลิตมาจากกรดอะมิโนในกระแสเลือด ปริมาณของโปรตีนในน้ำนมจะขึ้นอยู่กับปริมาณของไนโตรเจนจากอาหารที่สัตว์ได้รับ (วิโรจน์, 2546) ความผันแปรขององค์ประกอบน้ำนมในส่วนไขมัน และโปรตีนนมแต่ละระยะการให้นมมีส่วนเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำนม เนื่องจากปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนนมมีสหสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณน้ำนม ดังนั้น ในช่วงการให้นมสูงสุด ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมัน และโปรตีนนมจึงต่ำกว่าในระยะปลายของการให้นม ส่วนปริมาณแลคโตสที่ลดลงในช่วงระยะปลายการให้นมเกิดจากการเสื่อมลง

ของเซลล์กลั่นสร้างน้ำมันรวมทั้งการเกิดโรคเต้านมอักเสบ (Whittemore, 1980) การที่ปริมาณโปรตีนนมของโคนมทั้ง 2 กลุ่มการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าโคนมที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีจะมีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบในรูปวัตถุแห้งที่ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสด แต่ปริมาณน้ำมันของโคทั้ง 2 กลุ่ม นั้นมีปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน โคจึงได้รับอาหารชั้นในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ทำให้โคได้รับสารอาหารที่เพียงพอต่อการสังเคราะห์โปรตีนนมในระดับเดียวกัน

ของแข็งไม่รวมไขมัน (Solid not fat, SNF)

SNF เป็นผลมาจากเปอร์เซ็นต์โปรตีน น้ำตาลแลคโตส และเถ้า ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ของแลคโตสและแร่ธาตุมีความผันแปรน้อย ฉะนั้นความผันแปรของ SNF จึงเป็นผลมาจากระดับของโปรตีนนม โดยโปรตีนนมจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 0.1-0.7 เปอร์เซ็นต์ (Sutton, 1989) จากผลการทดลองพบว่าโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีระดับ SNF เท่ากับ 8.95 และ 9.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 27) โดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2547) และสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2545) ได้กำหนดมาตรฐานนมสดมีเนื้อมันไม่รวมไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.25 ของน้ำหนัก ในขณะที่มาตรฐานฟาร์ม พ.ศ. 2542 ของกรมปศุสัตว์ได้กำหนดให้องค์ประกอบดังกล่าวในน้ำนมมีไม่ต่ำกว่า 8.40 ของน้ำหนัก จะเห็นได้ว่าการทดลองครั้งนี้ระดับ SNF มีค่าสูงกว่ามาตรฐานโดยทั่วไป แต่เมื่อพิจารณาค่าองค์ประกอบโปรตีนพบว่ามีความใกล้เคียงที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นค่า SNF ที่สูงจึงเป็นผลมาจากค่าน้ำตาลแลคโตสที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยโดยทั่วไป (4.5 เปอร์เซ็นต์) ที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันดิบจากทั่วประเทศ (ประวีร์ และคณะ, 2545)

น้ำตาลแลคโตส (Lactose)

ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีในน้ำนมมีระดับน้ำตาลแลคโตสเท่ากับ 5.13 และ 5.36 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 27) มาตรฐานนมสดมีน้ำตาลแลคโตส ไม่น้อยกว่าร้อยละ 4.5 ของน้ำหนัก สารตั้งต้นของน้ำตาลนมคือ กลูโคส จากเลือด เซลล์น้ำนมจะสังเคราะห์น้ำตาลได้มากและเร็วกว่าการสังเคราะห์อย่างอื่น (เทอดชัย, 2548) น้ำตาลแลคโตสเป็นสารประกอบน้ำมันที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า

องค์ประกอบอื่นๆ และมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการสังเคราะห์น้ำนม จึงมีผลทำให้ระดับของแลคโตสในน้ำนมเปลี่ยนแปลงน้อยภายใต้อิทธิพลของปัจจัยต่างๆ น้ำตาลแลคโตสที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตเปลี่ยนเป็นกรดโพรพิโอนิก แล้วถูกนำไปเปลี่ยนเป็นกลูโคสที่ตับ และสุดท้ายนำไปสังเคราะห์เป็นน้ำตาลแลคโตส เนื่องจากน้ำตาลแลคโตส เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการรักษาความดันออสโมซิสของน้ำนม ดังนั้น ถ้ามีการสังเคราะห์น้ำตาลแลคโตสมากทำให้มีการหลั่งน้ำเข้ามาในน้ำนมมากขึ้น เพื่อรักษาระดับความดันออสโมซิส ในทางตรงกันข้าม ถ้ามีการสังเคราะห์น้ำตาลแลคโตสน้อยการหลั่งน้ำเข้ามาในน้ำมนน้อย ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การสังเคราะห์น้ำตาลแลคโตสเป็นตัวจำกัดการผลิตน้ำนม (Kennelly, 2000)

สัดส่วนระหว่างไขมันและโปรตีน (Fat: Protein)

สัดส่วนระหว่างไขมันและโปรตีนของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมัก ร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าเท่ากันคือ 1.30 (ตารางที่ 27)ค่าที่เหมาะสมของสัดส่วนระหว่างไขมันและโปรตีนประมาณ 1.30 ซึ่งบ่งชี้ถึงความสมดุลระหว่างระดับพลังงานและโปรตีน หากสัดส่วนไขมันต่อโปรตีนมีค่ามากกว่า 1.30 แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.50 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโคขาดพลังงาน และถ้าน้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ไขมันนมของโคนมในฝูงมีปัญหาแสดงว่ามีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายสูงเกินไป อาจทำให้เกิดภาวะความกรดในกระเพาะหมัก (ประวีร์, 2546) สัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ไขมันนมกับโปรตีนนมที่ต่ำกว่า 0.8 ในโคนมโฮลสไตน์ฟรีเชียน แสดงว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนนมของโคนมในฝูงมีปัญหาจากการให้อาหาร (ฉลอง, 2546)

ปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือด (Blood urea nitrogen, BUN)

สมดุลของสารอาหารนั้นแสดงได้จากปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดที่เป็นตัวสะท้อนถึงปริมาณโปรตีนในอาหารที่ได้รับ สัดส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักและเมตาบอลิซึมของโปรตีนในลำไส้เล็ก BUN จึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมักและในลำไส้เล็ก (เมธา, 2533) โคนมที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อแบคทีเรียที่ถูกฉายรังสีมีค่า BUN ที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในระยะก่อนที่โคจะได้รับอาหารทดลองที่ 0 ชั่วโมง และหลังจากได้รับ

อาหารทดลองที่ 4 ชั่วโมงโดย BUN ของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักที่ระยะ 0 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.68 และ 13.06 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และหลังจากได้รับอาหาร 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 14.89 และ 15.88 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่สัตว์ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนในระดับที่เหมาะสม ระดับของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของโคนมในระยะรีดควรอยู่ในช่วงระหว่าง 12.3-17.8 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Rowlands *et al.*, 1977) ค่าที่เหมาะสมคือ 15 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ หากมีค่าต่ำกว่า 15 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์แสดงว่าโปรตีนในอาหารต่ำ และถ้ามีค่าสูงเกินกว่า 25 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ แสดงว่าที่กระเพาะหมักมีการสูญเสียโปรตีนอันเนื่องมาจากสัตว์ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงและจุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ได้เกินพอ ร่างกายต้องขับแอมโมเนียออกทางเลือด นานนม และปัสสาวะ (Roseler *et al.*, 1993) นอกจากนั้นยังมีผลต่อระบบสืบพันธุ์และอัตราการผสมติด (Ferguson *et al.*, 1993) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณยูเรีย-ไนโตรเจนแสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสี

BUN, mg%	หญ้าแพงโกล่าสด	หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสี
0 ชั่วโมง	13.06 ± 0.81	11.68 ± 1.52
4 ชั่วโมง	14.89 ± 0.48	15.88 ± 1.81

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือด (Blood glucose, BG)

ค่ากลูโคสในกระแสเลือดของงานทดลองครั้งนี้ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสี ทั้งที่ 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหาร โดยที่ 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 62.40 และ 62.88 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 29 ซึ่งระดับของกลูโคสในกระแสเลือดสามารถใช้เป็นปัจจัยที่บ่งบอกสถานะการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงานในตัวสัตว์ได้ ระดับกลูโคสในกระแสเลือดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกินได้ของแม่โคและจากพลังงานในร่างกายที่สมดุลขึ้น (Vazquez-anoh *et al.*, 1994) ในโคนมพบว่าระดับกลูโคส 60 เปอร์เซ็นต์ มาจากการ

โพรพีนิกและสาร glucogenic amino acid โดยเฉพาะกรดอะมิโนอะลานีนมีค่าเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ของกลูโคสที่ผลิตได้ทั้งหมด (เมธา, 2533) ระดับกลูโคสที่เหมาะสมในเลือดขึ้นอยู่กับสภาพสรีรวิทยาของสัตว์โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 40-60 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Van Soest *et al.*, 1994)

ตารางที่ 29 ค่ากลูโคสในกระแสเลือดของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสี

BG, mg%	หญ้าแพงโกล่าสด	หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสี
0 ชั่วโมง	52.64 ± 2.40	54.50 ± 3.36
4 ชั่วโมง	62.40 ± 2.24	62.88 ± 0.70

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ปริมาณฮอร์โมนไทรไอดไทโรนีน

การทดลองครั้งนี้พบว่าระดับ T_3 ในกระแสเลือดของโคหลังจากได้รับอาหาร 0 และ 4 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสี โดยที่ 4 ชั่วโมงหลังจากได้รับอาหารมีค่าเท่ากับ 71.82 และ 64.60 นาโนกรัมเดซิลิตร ตามลำดับ ระดับของ T_3 มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณการกินได้ของสัตว์ โดย ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นเมตาบอลิซึมพื้นฐาน มีผลต่อการใช้ออกซิเจนของร่างกายโดยรวม ส่งผลต่อเมตาบอลิซึมของสารอาหารต่างๆ และควบคุมการทำงานของร่างกายในทุกระบบ (Dunlop, 1991) ในการทดลองนี้พบว่าโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดเป็นอาหารมีปริมาณกินได้ในรูปวัตถุแห้งที่สูงกว่าโคกลุ่มที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสีเป็นอาหาร ปริมาณการกินได้ที่ต่างกันจึงส่งผลให้ระดับของ T_3 สูงตามไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ค่าฮอร์โมนไทรไอด์ไทรอนีน (T_3) ในกระแสเลือดของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสด และหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสี

$T_3, \text{ng\%}$	หญ้าแพงโกล่าสด	หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสี
0 ชั่วโมง	63.52 ± 3.81	61.47 ± 3.73
4 ชั่วโมง	71.82 ± 5.66	64.60 ± 3.47

หมายเหตุ $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจโดยคำนวณจากผลผลิตน้ำนมที่ได้รับแต่ละวัน แล้วหักต้นทุนค่าใช้จ่ายในส่วนของการอาหารหยาบและอาหารสำเร็จรูป ซึ่งไม่รวมต้นทุนอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อประเมินราคาต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดในแต่ละวัน และผลตอบแทนจากการจำหน่ายน้ำนมต่อวัน นอกเหนือจากค่าอาหาร พบว่า ต้นทุนค่าอาหารและรายได้จากผลผลิตน้ำนมต่อวันของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสด แต่มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ต้นทุนการผลิตของหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสีที่สูงกว่าเพราะในการทำหญ้าแพงโกล่าหมักต้องใช้หัวเชื้อ อุปกรณ์และแรงงาน ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงตามไปด้วย รายได้จากผลผลิตน้ำนมและรายได้จากการผลผลิตน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละวันของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสีมีค่ามากกว่าโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสด ทั้งนี้เนื่องจากโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสีให้ผลผลิตน้ำนมมากกว่า แต่เมื่อพิจารณาถึงรายได้เมื่อหักค่าใช้จ่ายแล้วโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดให้ผลตอบแทนที่มากกว่ากลุ่มที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสี ด้วยเหตุที่ต้นทุนค่าอาหารของโคที่กินหญ้าแพงโกล่าสดต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสี แสดงในตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ผลของหญ้าแพงโกล่าหมักต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ลักษณะที่ศึกษา	หญ้าแพงโกล่าสด	หญ้าแพงโกล่าหมัก
ค่าอาหาร, บาท/วัน	70.09±8.72	93.17±8.12
รายได้จากผลผลิตน้ำนม, บาท/วัน	180.89±19.59	185.13±14.58
รายได้จากผลผลิตน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซนต์, บาท/วัน	180.48±18.79	188.62±14.26
รายได้เมื่อหักค่าอาหาร, บาท/วัน	110.81±13.26	91.95±13.11
รายได้จากผลผลิตน้ำนมปรับไขมัน 4 เปอร์เซนต์เมื่อหักค่าอาหาร, บาท/วัน	110.45±11.53	95.45±11.63

หมายเหตุ หญ้าแพงโกล่าสด กิโลกรัมละ 1 บาท (ราคาขายของศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตนม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถุกฉายรังสี กิโลกรัมละ 2 บาท

อาหารชั้น 16 เปอร์เซนต์โปรตีน กิโลกรัมละ 8.26 บาท (ราคาเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2550)

ราคาน้ำมันดิบ กิโลกรัมละ 11.50 บาท (ราคาขายที่ศูนย์รับนมดิบสหกรณ์โคนม

กำแพงแสน จ.นครปฐม เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2550)

± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาของหญ้าแพงโกล่าหมักและผลของหญ้าแพงโกล่าหมักชนิดต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการผลิตของโคนมเพศเมียระยะรุ่น ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. การหมักหญ้าแพงโกล่าร่วมกับหัวเชื้อแบคทีเรียทั้งสายพันธุ์เดิมและที่ถูกฉายรังสีทั้งที่มีการเติมกากน้ำตาลหรือไม่เติมกากน้ำตาล 4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้หญ้าแพงโกล่าหมักที่ได้มีคุณภาพที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหมักโดยไม่เติมสารเสริม โดยหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลและหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีระดับกรดแลคติกเมื่อการหมักที่ 21 วัน สูงสุด

2. โคทดลองที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ชนิด มีปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุแห้งที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าสูงสุดคือ 7.76 กิโลกรัมต่อวัน ถึงแม้ว่าปริมาณการกินได้ของโคจะมีค่าแตกต่างกันแต่เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวกลับพบว่าไม่มีค่าที่ไม่แตกต่างกัน

3. ประสิทธิภาพการย่อยได้ของผนังเซลล์ในโคทดลองที่รับหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P < 0.05$) แต่การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีน และลิกโนเซลลูโลส มีค่าใกล้เคียงกัน

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนม ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. โคทดลองที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดมีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบในรูปวัตถุแห้งและปริมาณการกินได้ทั้งหมดมากกว่าโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี ($P < 0.05$)

2. ค่าศักยภาพในการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมีค่าการสลายตัวที่สูงกว่าหญ้าแพงโกล่าสด

3. ผลผลิตน้ำนม ผลผลิตน้ำนมปรับไขมันนม 4 เปอร์เซนต์ ไขมันนม โปรตีน น้ำตาลแลคโตส และของแข็งไม่รวมไขมัน ของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าสดและหญ้าแพงโกล่าหมักมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

4. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าหมักและหญ้าแพงโกล่าสดมีค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากผลการทดลองทั้ง 2 การทดลองในครั้งนี้พบว่าการใช้หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีในการหมักหญ้าแพงโกล่าทำให้หญ้าหมักมีคุณภาพดีและทำให้ประสิทธิภาพการย่อยได้ของผนังเซลล์มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และเมื่อนำหญ้าแพงโกล่าที่หมักร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีมาเลี้ยงโคนมการให้ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนมไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มที่เลี้ยงด้วยหญ้าแพงโกล่าสด ดังนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเก็บรักษาหญ้าสดที่มีเหลือใช้ในฤดูฝนเพื่อเก็บไว้ใช้ตลอดทั้งปี การทำหญ้าหมักจึงเป็นทางเลือกที่ดีในการเก็บรักษาคุณภาพของหญ้าเอาไว้และเมื่อพิจารณาการเลือกใช้วิธีการทำหญ้าหมักในแง่ต้นทุนและขั้นตอนในการผลิต หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาล หญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม และหญ้าแพงโกล่าหมักร่วมกับกากน้ำตาลเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี มีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าและมีขั้นตอนการผลิตที่ยืดยาวมากกว่าในแง่ของการปฏิบัติจริงในฟาร์มที่ต้องมีการใช้แรงงานเพิ่มขึ้นเพื่อการผสมคลุกเคล้ากากน้ำตาลให้มีการกระจายอย่างทั่วถึงระหว่างขั้นตอนการผลิต ดังนั้นการผลิตหญ้าหมักร่วมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสีจึงน่าจะมีความเหมาะสมที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาผลของการเสริมหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี ในพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง หรือพืชที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้สูง เพื่อทดแทนการใช้กากน้ำตาล ที่สามารถลดต้นทุนและขั้นตอนการผลิตของเกษตรกร

2. ควรศึกษาผลของการเสริมหัวเชื้อทั้งสายพันธุ์เดิมและที่ถูกฉายรังสีที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อสภาวะภายในกระเพาะหมัก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2546. หย้าแพงโกล่า. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 27น.

กรมปศุสัตว์. 2547. มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมัก. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 23 น.

กอบแก้ว ตรงคงสิน. 2535. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 259น.

งามนิจ นนทโส ญัฐยาน์ เปี้ยแดง. 2549. การใช้รังสีแกมมาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพเชื้อ *Saccharomyces* sp. KKU.1 ให้สามารถเจริญที่อุณหภูมิสูงและผลิตไลซีนได้มาก. เอกสารประกอบการประชุม เรื่อง การใช้รังสีพัฒนาเกษตรอินทรีย์เพื่ออาหารปลอดภัย. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ.

ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ฉลอง วชิราภากร. 2546. การจัดการด้านอาหารโคนมต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ โคนม เรื่อง น้ำนมโคคุณภาพสู่ผู้บริโภค. หน้า 14-32. วันที่ 23-24 มกราคม 2546 ณ โรงแรมเจริญธานี ปรีณเซส จังหวัดขอนแก่น.

ชวนิศนดากร วรวรรณ. 2534. การเลี้ยงโคนม. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 365 น.

ชูศักดิ์ แสงสินธุ์. 2533. การเปรียบเทียบต้นข้าวโพดหวานหลังเก็บฝักหมักกับหญ้ารัฐหรือฟางหมักยวรีเป็นอาหารฐานสำหรับโครุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ณัฐมา เกลิมแสน ประวีร์ วิชชุดาพรศรี ชัยรัตนายุทธ์ สมจิตร สุรพัฒน์ สิริรินทร์พร ลินฐวนิชย์ และ อรุณี อิงคากุล. 2546. อิทธิพลของวัตถุดิบเสียต่อการวิเคราะห์องค์ประกอบและจำนวนโซมาติคเซลล์ในนมดิบ. ในการประชุมทางวิชาการ สาขาสัตว ครั้งที่ 41 หน้า 127-135. สัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2548. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เทอดศักดิ์ คำเม้ง พิชญ์รัตน์ แสนไชยสุริยา งามนิจ นนทโส และณัฐยานัน เปี้ยแดง. 2549. ผลการใช้มันสำปะหลังหมักยีสต์ที่ผ่านการฉายรังสีในสูตรอาหารที่มีต่อสมรรถนะการผลิตสุกรเล็ก-รุ่น. เอกสารประกอบการประชุม เรื่อง การใช้รังสีพัฒนาเกษตรอินทรีย์เพื่ออาหารปลอดภัย. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ.

นทีทิพย์ กฤษณามระ. 2538. ฮอร์โมน: กลไกและการออกฤทธิ์ร่วม. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ. 321 น.

นพวรรณ ชมชัย แพรพรรณ ชูช่วย และธวัช มีสุข. 2547. การใช้หญ้าแพงโกล่าแห้งเลี้ยงโคนมในฟาร์มเกษตรจังหวัดชัยนาท. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2547. กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์.

นิพนธ์ ภาชนะวรรณ. 2540. การศึกษาผลผลิตและคุณภาพของหญ้าแพงโกล่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

บุญญา วิไลพล. 2526. พืชอาหารสัตว์เขตร้อนและการจัดการ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 274น.

บุญญฤทธิ์ มุ่งจงกลาง. 2544. การศึกษาการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารหยابหมักเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และบุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2525. คู่มือวิเคราะห์อาหารสัตว์. คณะ
เกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2539. พืชหมัก. ภาควิชาเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และสมคิด พรหมมา. 2543. การปรับปรุงคุณภาพและการเก็บถนอมอาหาร
หยาบ. เอกสารสอนชุดวิชาหลักโภชนศาสตร์และอาหารสัตว์.
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.

บุญเหลือ เร่งศิริกุล. 2529. การทำหญ้าหมัก. ในเอกสารประกอบการอบรมคุณนารีเกี่ยวกับการพัฒนา
การเกษตร. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

บุญเหลือ เร่งศิริกุล. 2534. พืชหญ้าพืชอาหารสำหรับโคเนื้อและโคนม. ภาควิชาสัตวบาล คณะ
เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 91น.

ประวีร์ วิชชุดา พรศรี ชัยรัตนายุทธ สิริจันทร์พร สันธูณิชย์ ณีธูมา เกลิมแสน และสุทธศักดิ์
แก้วแกมจันทร์. 2545. ความผันแปรและมาตรฐานองค์ประกอบน้ำนมดิบในประเทศไทย.
การเสนองานภาคโปสเตอร์ในงานวันพืชมงคล โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา
9 พฤษภาคม 2545.

ประวีร์ วิชชุดา. 2546. สถานภาพองค์ประกอบน้ำนมดิบในประเทศไทย. หน้า 7-13. เอกสาร
ประกอบการประชุมวิชาการ โคนมน้ำนมโคคุณภาพสู่ผู้บริโภค. หจก. ขอนแก่นการพิมพ์,
ขอนแก่น.

เพ็ญศรี ศรีสิทธิ์ พูลศรี สุกระรุจิ และ ชบา จำปาทอง. 2538. อิทธิพลของระยะการเจริญเติบโต
และสารช่วยหมักที่มีผลต่อคุณภาพของหญ้าไข่มุกหมัก. รายงานประจำปี 2538. กอง
อาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์.

เมธา วรรณพัฒน์. 2529. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 386น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 473น.

เขวมาลัย คำเจริญ. 2523. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

วิรัช สุขสำราญ ประเสริฐ นนทจีน และจิรพัฒน์ วงศ์พัฒน์. 2542. ผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ต่างๆ 2. อิทธิพลของระยะตัดที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์. รายงานประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. โคนม. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 435น

วิโรจน์ ภัทรจินดา. และวชิระ ศรีคำมี. 2545. คู่มือปฏิบัติการทดสอบคุณภาพน้ำนม. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. 2538. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการผลิตโคนม. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. 2539. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. 2544. การศึกษากิจกรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักและอาหารสำเร็จรูปหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับโคนม. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

วีระพล แจ่มสวัสดิ์. 2537. พืชอาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 206น.

วีระพล พูนพิพัฒน์. 2547. การใช้หญ้าแพงโกล่าหมักเลี้ยงโคเนื้อ. รายงานวิจัยประจำปี 2547. กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์.

ศรัณยา วิทยานุกาญจน์ และจันทกานต์ อรณันท์. 2540. คุณภาพของพืชหมักในถุงพลาสติกที่เติมสารชนิดต่างๆ. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2540. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 149-157.

สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒนะ . 2549. การศึกษาคุณภาพของไซเลจต่อโครีดนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมชาย จันทรพ้องแสง. 2541. การเลี้ยงโคนม. คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สายันท์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 336 น.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2545. กำหนดนมโคเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 265 กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานอุตสาหกรรมนมสด มอก. 738-2547. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

องอาจ อินทร์สังข์. 2545. อิทธิพลของชนิดสารเสริมและกรรมวิธีการหมักต่อค่าองค์ประกอบทางเคมีและค่าการสลายตัวในกระเพาะรูเมนของหญ้าเนเปียร์ 6 สายพันธุ์: โครงการย่อยที่ 4. รายงานการวิจัย. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช, นครศรีธรรมราช.

อังคณา หาญบรรจง และ ดวงสมร สีนเจิมศิริ. 2532. การวิเคราะห์ และการประเมินคุณภาพอาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 159 น.

อุษา พรพงษ์. 2536. การศึกษาอิทธิพลของหญ้าหมักที่ทำจากพืชอาหารสัตว์ต่างชนิดกันต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของแกะขุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกสิทธิ์ สมคุณา. 2541. การใช้เทคนิคถุงไนลอนเพื่อประเมินค่าการย่อยสลายตัวของอาหารหยาบและอาหารข้นในกระเพาะหมักของโคนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์ นงพงา คุณจักร และณัฐรยาน์ เปียแดง. 2549. การใช้รังสีปรับปรุงหัวเชื้อหญ้าหมัก. เอกสารประกอบการประชุม เรื่อง การใช้รังสีพัฒนาเกษตรอินทรีย์เพื่ออาหารปลอดภัย. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ.

อานาจ เจริรัตน์. 2540. การแยกและคัดเลือกแบคทีเรียกรดแลคติกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมักไซเลจ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อานาจ อุณนันทน์. 2528. คุณค่าทางโภชนาและการย่อยได้ของยอดอ้อยหมักที่เติมสารช่วยการหมักชนิดต่างๆ ในแกะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- AFRC. 1993. Energy and Protein Requirement of Ruminants. An advisory manual prepared by AFRC Technical on Responses to Nutrients. CAB INTERNATIONAL, Wallingford, UK.
- Agricultural Research Council. 1984. The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock. (Supplement). Commonwealth Agricultural Bureaux. The Gresham Press: Surrey.
- Aksu, T., E. Baytok and D. Bolat. 2004. Effect of a bacterial silage inoculant on corn silage fermentation and nutrient digestibility. *Small Ruminant Research*. 55: 249-252.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington. DC.
- Archimède, H., M. Boval, G. Alexandre, A. Xandè, G. Aumont and C. Poncet. 2000. Effect of regrowth age on intake and digestion of *Digitaria decumbens* consumed by Black-belly sheep. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 87:153-162 .
- Blowey, R.W., D.W. Wood and J.R. Davies. 1973. A national monitoring system for dairy herds based on blood glucose, urea and albumin levels. *Veterinary Record*. 92:691-696.
- Bolsen, K.K., J.L. Curtis, C.J. Lin and J.L. Dickerson. 1990. Silage inoculant and indigenous micro flora with emphasis on alfafa. pp 431-443. In *Biotechnology in the in feed industry proceeding of Altech's sixth annual symposium*. Kentucky: Altech Technology Publication.
- Bolsen, K.K, G.Ashbell and J. M. Wilkinson. 1995. Silage additive. In *Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding*. By Wallee, R. J. and Chesson, A. Weinheim:VCH, Verlagsgesellschaft mbH.

- Bolsen, K.K, A.Laytimi, L. Nuzback and R. Hart. 1999. Effect of environmental temperature and inoculants on the fermentation of alfalfa and forage sorghum silage. Available Source: http://oznet.ksu.edu/pr_forage/silg.htm. 15/11/2005.
- Brookes, R.M. and A.E. Buckle. 1992. Lactic acid bacteria in plant silage. In the lactic acid bacteria, Vol.1: The lactic acid bacteria in health and disease. Ed. Wood BJB. Elsevier Science Publisher Ltd.
- Catchpoole, V.R. and E.F. Henzell. 1971. Silage and silage making from tropical herbage species. Herb. Abstract. 41: 213-21.
- Cecava, M.J. 1995. Silage and crop for silage, pp. 117-137. In P.W. Tilden and M.J. Cecava (eds). Beef Cattle Feeding and nutrition. Academic Press, Inc., London.
- Chen, X. B. 2006. Neway excel. An excel application program for processing feed degradability data. User Manual. Available Source: <http://www.mluri.sari.ac.uk/IFRU/indel.html>. 15/11/2005.
- Chillard, Y. 1989. Physiological constraints to milk production: Factors which determine nutrient partitioning, lactation persistency and mobilization of body reserves. pp. 22-35. In A. Speedy and R. Sansoucy (eds), Feeding Dairy Cows in the Tropics. Proceeding of the FAO Expert Consultation, Thailand.
- Davies, D.R., R.J. Merry, A.P. Williams, E.L. Bakewell, D.K. Leemans and J.K.S. Tweed. 1998. Protolysis during ensilage of forage varying in soluble sugar content. J. Dairy. Sci. 81: 444-453.
- Davis, C. L. 1979. The use of buffers in the rations of lactating dairy cows. In Regulation of Acid Base Balance. Hale W. H. and Meinhardt P. eds. Piscataway, N.J.: Church and Dwight.

- Dawson, J.M., G, M.R. Grathead, J. Craigon, D.L. Hachey, P.J. Reeds, Pell and P.J. Buttery. 1998. The interaction between nutrition status and growth hormone in young cattle: differential responsiveness of fat and protein metabolism. *British J. Nutri.* 79: 275-286
- Dewar, W.A., P. McDonald and R. Whittenbury. 1963. The hydrolysis of grass hemicelluloses during ensilage. *J. Sci. Food Agric.* 14: 414-417.
- Dibb, C., J.I. Payne, J.R. Griffiths, W.R. Raymond and R.R. Sayee. 1970. Silage. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Bulletin, U.S.A. 37 p.
- Dougherty, C.T. 1977. Conservation. In *Pastures and Pasture Plants*. Ed. R.H.M. Langer. A.H. & A.W. Reed. Wellington – Sydney-London.
- Dubois, M, K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F.Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *J.Anal. Chen.* 28(3): 350-356
- Dunlop, R.P. 1991. Thyroid metabolic hormone, pp. 513-520. In R.P. Dunlop, ed. *Physiology of Small and Large Animals*. National Academic Press, Washington D.C.
- Elferink, S.J., F. Driehuis, J.C. Gottschal and S.F. Spoelstra. 2000. Silage fermentation processes and their manipulation. Available Source: <http://www.fao.org/waicent/fao/agricult/agpc/gp/silage/paper2.htm>, 2000.15/11/2005.
- Ferguson, J.D., D.T. Galligen, T. Blanchard and M. Reeves. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: The usefulness of test information. *J.Dairy Sci.* 76: 3742-3746.
- Firkins, J.L., M.L. Eastridge, N.R. St-Pierre and S.M. Nofstger. 2001. Effects of grain variability and processing on starch by lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci. (E. Suppl.):* E218.
- Frame, J. 1994. *Improve Grassland Management*. Farming press books: United Kingdom

- Frank, D., S.J.W.H. Oude Elferink and P.G. Van Wikselaar. 2000. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. With or without homofermentative lactic acid bacteria. Grass and Forage Sci. 56: 330-343.
- Fukumoto, K.G. and C.H. Lee. 2003. Pangolagrass for forage. Available
Source:<http://www.2.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/LM-4.pdf>. 15/07/2005
- Georing, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis. USDA, Agricultural Research Service. Agricultural Handbook No.379. Washington DC.
- Haigh, P.M. 1990. Effect of herbage water soluble carbohydrate content and weather conditions of ensilage on the fermentation of grass silage made on commercial farms. Grass and Forage Sci. 45: 263-271.
- Heron, S.J.E., R.A. Edwards and P. Philips. 1989. Effect of pH on the activity of ryegrass *Lolium multiflorum* proteases. J.Sci.Food Agric. 46: 267-277.
- Higginbotham, G.E., M. Torabi and J.T. Huber. 1989. Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of lactating cows during hot environmental temperatures. J. Dairy Sci. 72: 2554-2564.
- Holzer, M., E. Mayrhuber., H. Danner and R. Braun. 2003. The role of *Lactobacillus buchneri* in forage preservation. TRENDS in Biotechnology. 21(6): 282-286.
- Humphreys, L. R. 1991. Tropical Pasture Utilisation. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hunter, R.A., B.L. McIntyre and R.J. McIlroy. 1970. Water soluble carbohydrates of tropical pasture grasses and legumes. J. Sci. Fd. Agric. 21: 400.

- Hunter, R.A. and B.D. Siebert. 1986. Digestion of Mature Pangola Grass (*Digitaria decumbens*) by *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. Aust. J. Agric. Res. 37: 665-671.
- Jones, C.M., A.J.Heinrichs, G.W.Roth. and V.A.Ishler. 2004. From harvest to feed: Understanding silage management. Available Source: <http://www.cas.psu.edu>. 15/2/2005.
- Keady, T. W. J. 1998. The production of high feed value grass silage and the choice of compound feed type to maximize animal performance. In Biotechnology in the feed industry. Proceeding of Altech's 14th Annual Symposium. By Lyons, T. P. and Jacques,K. A. Nottingham University press: Nottingham.
- Keady, T. W. J. and R. W. J. Steen. 1994. Effects of treating low drymatter grass with a bacterial inoculant on the intake and performance of beef cattle and studies on its mode of action. Grass and Forage Sci. 44: 438-446.
- Keady, T. W. J. and R. W. J. Steen. 1995. The effects of treating low dry matter low digestibility grass with a bacterial inoculant on the intake and performance of beef cattle and studies on its mode of action. Grass and Forage Sci. 50: 217-225.
- Kennedy, S.J. 1994. An evaluation of three bacterial inoculants and formic acid as additive for harvest grass. Grass Forage Sci. 47: 75-87.
- Knický, M. 2005. Possibilities to improve silage conservation – effects of crop, ensiling technology and additives. Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. of Animal nutrition and Management, Doctoral Thesis, Uppsala.
- Kung, L. Jr. 2000. Silage fermentation and additives. Available Source: <http://foragesoftexas.tamu.edu/pdf/silagemngt.pdf>, 15/11/2005.

- Kung, L. Jr., J.H. Chen, E.M. Kreck and K. Knutsen. 1993. Effect of microbial inoculants on the nutritive value of corn silage for lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76: 3763-3770.
- Kung, L. Jr., and R.E. Muck. 1997. Animal response to silage additive. *Proc. From the silage: Field to Feedbunk North America Conference. NRAES-99.* Pages 200-210.
- Kung, L.Jr. and R. Shaver. 1997. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. Available Source: <http://ag.udel.edu/departments/anfs/faculty/kung/articles>, 3/5/2006.
- Leahy, K.T., K.M. Barth, V.L. Fulgoni and D.D. Howard. 1981. Effect of corn silage additives on digestibility and dry matter recovery. *J. Anim Sci.* 53(Suppl.1): 24.
- Kunkle, W. E. and C. G. Chambliss. 2002. *Silage harvesting, Storing, and Feeding.* Institute of Food and Agricultural Sciences, Florida.
- McDonald, P. 1981. *The Biochemistry of Silage.* John Wilky and Sons. Ltd. New York U.S.A. 226p.
- McDonald, P., A.R. Henderson, and S.J.E. Heron. 1991. *The Biochemistry of Silage.* Chalcombe Publications, 13 Highwoods Drive, Marlow Bottom, Marlow, Bucks, UK.
- McDonald, P., R. A. Edward, J. F. D. Greenhalgh and C. A. Morgan. 1995. *Animal Nutrition.* 5^{ed}. Longman Singapore Publishers (Pte)Ltd. Singapore.
- Meeske, R., H.M. Basson and C.W. Cruywagen,. 1999. The effect of a lactic acid bacterial inoculant with enzymes on the fermentation dynamics, intake and digestibility of *Digitaria eriantha* silage. *J. Anim. Feed Sci. and Technol.* 81: 237-248.

- Meeske, R., G. D. Van der Merwe, J. F. Greyling and C. W. Cruywagen. 2002. The effect of adding an enzyme containing lactic acid bacterial inoculant to big round bale oat silage on intake, milk production and milk composition of Jersey cows. *J. Anim. Feed Sci. and Technol.* 97:159-167.
- Merry, R.J., K.F. Lowes and A. Winters. 1997. Current and future approaches to biocontrol in silage. P. 17-27. *Proc. 8th Int. Symposium Forage Conservation*, Brno, Czech
- Minson, D.J. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press, San Diego, CA
- Muck, R. E. 1993. Ensiling and its effect on crop quality. *Proc. National Silage Production Conference*, Syracuse, New York, pp. 57-66.
- Muck, R. E. 1996. Inoculation of silage and its effects on silage quality. Available Source: http://www.dfrc.ars.usda.gov/Research_Summaries/ind_meet/dfrc7.pdf, 8/3/2006.
- Muck, R.E. and L.Jr. Kung. 1997. Effects of feeding additives on ensiling. *Proc. From the silage: Field to Feedbunk North America Conference. NRAES-99*. Pages 187-199.
- Norton, B.W. 1994. Tree legume as dietary supplements for ruminants. In *Forage Tree legumes in Tropical Agriculture*. CAB international. UK.
- Nousiainen, J., K.J. Shingfield, and P. Huntanen. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as diagnostic of protein feeding. *J. Dairy Sci.* 87: 386.
- Ørskov, E.R. 1988. *Feed Science*, Elsevier Science Pub. B.V. Amsterdam.

- Ørskov, E. R., and I. McDonald. 1979. The estimate of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92: 499-503.
- Ørskov, E. R., M. Hughes-Jone and M. E. Elimem. 1983. Studies on degradation and outflow rate of protein supplements in the rumen of sheep and cattle. *Livest. Prod. Sci.* 10: 17-24.
- Pahlow, G., R.E.Muck, F. Driehuis and S.J.W.H. Oude Elferink. 2003. Microbiology of ensiling. *Silage Sci. Tech., Agronomy monograph no.* 42.
- Pitt, R.E. 1990. Silage and hay presevation. Cornell University Cooperation Extension Bulletin No NRAES-5, Ithaca, NY.
- Preston, R. L., F. Byers and K. R. Stevens. 1978. Estrogenic activity and growth stimulation in steers fed varying protein levels. *J. Anim. Sci.* 46:541-546.
- Ranjit, N. K. and L.Jr. Kung. 2000. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum* or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.* 44(3): 438-446.
- Rawlands, G.J., W. Little and B.A. Kitchenham. 1977. Relationships between composition and fertility in dairy cows – a field study. *J.Dairy Res.* 44: 1-7.
- Rooke, J.A. 1990. The numbers of epiphytic bacteria on grass at ensilage on commercial farms. *J. Sci. Food. Agric.* 51: 525-533.

- Rooke, J.A., F.M. Maya, J.A. Arnold and D.G. Armstrong. 1998. The chemical composition and nutritive value of grass silage prepared with no additive or with the application of additive containing either *Lactobacillus plantarum* or formic acid. Grass and Forage Sci. 43: 87-95.
- Roseler, D.K., J.D. Ferguson, C.J. Sniffen and J. Herrema. 1993. Dietary protein degradability effect on plasma and milk urea nitrogen and milk non protein nitrogen in Holstein cows. J. Dairy Sci. 76: 525.
- Russel, H. 2003. Making good silage-frequently asked question. Available Source: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/faq7051?opendocument](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/faq7051?opendocument), 25/4/2006.
- SAS. 1998. SAS/STAT User' Guide. SAS Instiute Inc., Cary, North Carolina.
- Schnieder, B.H. and W.P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feed through Digestibility Experiment Athens. The Univ. of Georgia Press. Georgia, U.S.A.
- Seglar, B. 2003. Fermentation analysis and silage quality testing. In Proceeding of the Minnessota dairy health conference college of Veterinary Medicine, University of Minnesota.
- Siddonas, R.C., R.T. Evars and D.E. Beever. 1979. The effect of formaldehyde treatment before ensiling on the digestion of wilted grass silage. Br. J. Nutr. 42: 535-545.
- Sinclair, L.A., R.G. Wilkinson and D.M.R. Ferguson. 2002. Effects of crop maturity and cutting height on the nutritive value of fermented whole crop wheat and milk production in dairy cows. Livest. Prod. Sci. 1: In press.

- Skerman, P.J. and F.Riveros. 1990. Tropical grasses. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 832 p.
- Slein, M.W. 1963. Methods of Enzymatic Analysis. Academic Press: New York..
- Streeter, C.L., Conway, G.W. Horn and T.L. madder. 1982. Nutritional evaluation of wheat straw incubated with the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*. J. Anim. Sci. 54: 183-188.
- Sutton, J.D. 1989. Altering milk composition by feeding. J. Dairy Sci. 72: 2801-2814.
- Takano, N. 1972. Grassland farming. Part 4. Silage. ASPAC Fd. Fertil. Tech. Cent. Ext. Bull. No23.
- Tiffany, T.O., J.M. Jansen, C.A. Burtis, J.B. Overton and C.D. Scott. 1972. Enzymatic kinetic rate and end point analyses of substrate by the use of a GeMSAEC fast analyzer . Clinical Chemistry. 18: 829-840.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of The Ruminant. Second Edition. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Van Soest, P.J., D.R. Mertens and D. Deinom. 1978. Reharvest factors influencing quality of conserved forage. J. Anim.Sci. 47: 712.
- Van Vuuren, A.M., K. Bergsma, F. Frol-Kramer and J.A.C. van Beers. 1999. Effects of addition of cell wall degrading enzyme on the chemical and the in sacco degradation of grass silage. Grass and Forage Sci. 44: 223-231.

- Vazquez-anon, M., S. Bertics, M. Luck, R.R. Grummer and J. Pinheiro. 1994. Peripartum liver triglyceride and plasma metabolism in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77(6): 1521-1528.
- Weinberg, Z.G. and R.E. Muck. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Review.* 19(1): 53.
- Weinberg, Z.G., G. Ashbell, Y. Hen and A. Azrieli. 1993. The effect of applying lactic acid bacteria at ensiling on the aerobic stability of silage. *J. Applied Bacteriol.* 75: 512-518.
- Weiss, B. 1996. When to consider silage addition. In Tri-State Dairy Nutrition Conference. Ohio State Univ., Ohio.
- Whittemore, T.C. 1980. *Lactation of the Dairy Cow.* Longman Inc., New York.
- Winter, A. L., P. Fychan and P. Jone. 2001. Effect of formic acid and bacterial inoculant on the amino acid composition of grass silage and on animal performance. *Grass and Forage Sci.* 56: 181.
- Wilkinson. 1990. *Silage UK Cambrian Prister Aberystwyth Ltd UK.* 185 P.
- Woolford, M. K. 1984. *The Silage Fermentation.* Mercel dekker, INC: NewYork.
- Woolford, M. K and G. Pahlow. 1998. The silage fermentation, pp. 75-102.
In B. J. B. Wood (ed.). 2nd ed., *Microbiology of Fermented Foods.* T. J International Ltd., Padstow Cornwall, UK.
- Yimin, C., Y. Benno, M. Ogawa and S. Kumal. 1999. Effect of applying lactic acid bacteria isolated from forage crop on fermentation characteristics and aerobic deterioration of silage. *J. Dairy Sci.* 82: 520-526.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของพืชหมัก

ลักษณะทางกายภาพ	
1. กลิ่น	- หอมคล้ายกลิ่นผลไม้ดอง หรือน้ำส้มสายชู (12 คะแนน) - ไม่หอม มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย (8 คะแนน) - มีกลิ่นฉุนมาก และเหม็นเล็กน้อย (4 คะแนน) - เหม็นเน่า หรือมีกลิ่นรา (0 คะแนน)
2. เนื้อพืชหมัก	- แน่น มีส่วนใบและลำต้นที่ยังคงสภาพเดิม และไม่มีสิ่งเจือปน (4 คะแนน) - แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย ลิ่นเป็นเมือก (2 คะแนน) - แน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยมาก มีสิ่งเจือปน (1 คะแนน) - เละเป็นเมือก และสกปรกมาก (0 คะแนน)
3. สี	- เหลืองอมเขียว หรือสีจาง (3 คะแนน) - เขียวอมเหลือง หรือเขียวเข้ม (2 คะแนน) - น้ำตาลทอง (1 คะแนน) - น้ำตาลเข้ม หรือดำ (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)

หมายเหตุ คะแนนรวม 20-25 = ดีมาก 15-19 = ดี 6-14 = ปานกลาง 0-5 = ต่ำ

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2547)

ตารางภาคผนวกที่ 2 การประเมินคุณภาพของพืชหมักจากปริมาณของกรดแลกติก กรดอะซีติก และกรดบิวทีริก

กรดแลกติก (% ของกรด ทั้งหมด)	คะแนน	กรดอะซีติก (% ของกรด ทั้งหมด)	คะแนน	กรดบิวทีริก (% ของกรด ทั้งหมด)	คะแนน
0.0 – 25.0	0	0.0 – 15.0	20	0.0 - 1.5	50
25.1 – 30.0	2	15.1 – 20.0	18	1.6 - 3.0	30
30.1 – 34.0	4	20.1 – 24.0	16	3.1 - 4.0	20
34.1 – 38.0	6	24.1 – 28.0	13	4.1 - 6.0	15
38.1 – 42.0	8	28.1 – 32.0	10	6.1 - 8.0	10
42.1 – 46.0	10	32.1 – 36.0	7	8.1 - 10.0	9
46.1 – 50.0	12	36.1 – 40.0	4	10.1 - 12.0	8
50.1 – 54.0	14	40.1 – 45.0	2	12.1 - 14.0	7
54.1 – 58.0	16	45.1 – 50.0	0	14.1 - 16.0	6
58.1 – 62.0	18			16.1 - 18.0	4
62.1 – 66.0	20			18.1 - 20.0	2
66.1 – 70.0	24			20.1 - 30.0	0
7.01 – 75.0	28			30.1 - 40.0	-5
> 75.0	30			> 40.0	-10

หมายเหตุ ระดับคะแนน 81-100 อยู่ในเกณฑ์คุณภาพดีมาก

ระดับคะแนน 61-80 อยู่ในเกณฑ์คุณภาพดี

ระดับคะแนน 41-60 อยู่ในเกณฑ์คุณภาพปานกลาง

ระดับคะแนน 21-40 อยู่ในเกณฑ์คุณภาพพอใช้

ระดับคะแนน 0-20 อยู่ในเกณฑ์คุณภาพเลว

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2547)

ตารางภาคผนวกที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6
ทรีทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หญ้าแพงโกล่าหมัก	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)			
	ระยะเวลาในการหมัก			
	7	14	21	28
ไม่เติมสารเสริม	5.11±0.01 ^b	4.98±0.01 ^d	4.95±0.03 ^d	4.75±0.01 ^g
กากน้ำตาล	4.17±0.02 ^j	4.02±0.03 ^{lm}	4.01±0.01 ^{lm}	4.22±0.04 ⁱ
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	5.03±0.01 ^c	5.17±0.01 ^a	4.91±0.02 ^e	4.82±0.01 ^f
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	4.72±0.02 ^g	4.01±0.01 ^{lm}	4.18±0.01 ^j	4.14±0.01 ^{jk}
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	4.22±0.01 ⁱ	4.04±0.02 ^l	4.30±0.01 ^h	4.10±0.01 ^k
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	4.17±0.02 ^j	3.99±0.04 ^m	4.13±0.02 ^k	5.04±0.01 ^c

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลงวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละ
ระยะเวลาของการหมัก

หญ้าแพงโกล่าหมัก	วัตถุแห้ง (%)			
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)			
	7	14	21	28
ไม่เติมสารเสริม	30.68±0.05 ^k	34.26±0.71 ^{hij}	36.18±0.97 ^{fghi}	47.04±1.28 ^{bc}
กากน้ำตาล	43.89±0.13 ^{cd}	45.12±0.37 ^{bc}	45.49±2.00 ^{efg}	38.21±1.80 ^{efg}
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	34.41±0.73 ^{hij}	35.46±0.99 ^{hij}	33.46±2.01 ^{ijk}	34.72±1.25 ^{hi}
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	41.08±0.76 ^{de}	37.05±0.22 ^{fgh}	41.73±1.41 ^d	30.91±0.20 ^k
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	46.39±0.54 ^{bc}	50.89±0.56 ^a	31.26±1.82 ^{ik}	33.77±0.21 ^{hijk}
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	45.55±0.57 ^{bc}	48.02±0.18 ^{ab}	35.17±0.05 ^{ghi}	38.54±0.56 ^{ef}

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abcdefghijk} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์ ในแต่ละระยะ เวลาของการหมัก

หญ้าแพงโกล่าหมัก	โปรตีน (%)			
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)			
	7	14	21	28
ไม่เติมสารเสริม	6.80±0.05 ^f	6.83±0.15 ^f	7.42±0.10 ^{de}	6.66±0.10 ^f
กากน้ำตาล	7.23±0.03 ^e	7.94±0.07 ^{bc}	7.90±0.03 ^{bc}	7.33±0.20 ^e
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	7.73±0.13 ^{cd}	7.42±0.12 ^{de}	7.41±0.11 ^{de}	7.45±0.03 ^e
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	8.21±0.02 ^b	8.68±0.15 ^a	7.73±0.08 ^{cd}	8.21±0.10 ^b
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	7.32±0.17 ^e	7.70±0.05 ^{de}	8.18±0.06 ^b	8.70±0.56 ^a
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	7.48±0.28 ^{de}	6.89±0.01 ^f	8.18±0.16 ^b	7.99±0.02 ^{bc}

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abcdef} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลกติกของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์
ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หญ้าแพงโกล่าหมัก	กรดแลกติก (%)			
	ระยะเวลาในการหมัก			
	7	14	21	28
ไม่เติมสารเสริม	1.67±0.01 ^h	0.67±0.01 ^k	0.92±0.01 ^j	0.7±0.03 ^k
กากน้ำตาล	3.07±0.02 ^{fg}	4.04±0.01 ^c	4.04±0.01 ^c	2.90±0.04 ^g
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	1.40±0.10 ⁱ	3.07±0.02 ^{jk}	0.76±0.02 ^{jk}	1.71±0.02 ^h
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	3.53±0.01 ^d	4.01±0.11 ^c	3.28±0.07 ^e	3.38±0.23 ^e
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	2.95±0.05 ^g	3.05±0.05 ^{fg}	4.34±0.02 ^b	3.92±0.05 ^c
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	3.17±0.01 ^{ef}	4.09±0.01 ^c	7.21±0.02 ^a	1.49±0.07 ⁱ

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abcdefghijk} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอะซีติกของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์
ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หญ้าแพงโกล่าหมัก	กรดอะซีติก (%)			
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)			
	7	14	21	28
ไม่เติมสารเสริม	1.02±0.01 ^e	1.37±0.03 ^b	1.80±0.01 ^c	1.00±0.01 ^e
กากน้ำตาล	0.33±0.01 ^m	0.43±0.01 ^l	0.43±0.01 ^l	0.56±0.02 ^k
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	0.97±0.01 ^g	1.11±0.07 ^d	1.2±0.02 ^d	1.16±0.01 ^c
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	1.65±0.03 ^a	0.80±0.04 ^h	0.61±0.10 ⁱ	0.80±0.01 ^h
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	0.44±0.02 ^l	0.33±0.01 ^m	0.84±0.02 ^h	0.72±0.02 ⁱ
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	0.45±0.01 ^l	0.34±0.03 ^m	0.80±0.05 ^h	0.93±0.02 ^g

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

abcdefghijklm อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดบิวทีริกของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์
ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หญ้าแพงโกล่าหมัก	กรดบิวทีริก (%)			
	ระยะเวลาในการหมัก			
	7	14	21	28
ไม่เติมสารเสริม	0.41±0.01 ^c	0.45±0.01 ^{ab}	0.47±0.02 ^a	0.44±0.01 ^b
กากน้ำตาล	0.08±0.01 ^l	0.07±0.01 ^l	0.07±0.01 ^l	0.32±0.02 ^f
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	0.32±0.01 ^{ef}	0.35±0.01 ^d	0.35±0.01 ^{de}	0.45±0.01 ^a
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	0.12±0.01 ^k	0.23±0.01 ⁱ	0.26±0.01 ^g	0.25±0.01 ^g
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	0.07±0.01 ^l	0.08±0.01 ^l	0.08±0.01 ^l	0.22±0.01 ⁱ
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	0.08±0.01 ^l	0.08±0.01 ^l	0.19±0.02 ^j	0.30±0.01 ^f

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abcdefghijkl} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6
พรีทเมนต์ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หญ้าแพงโกล่าหมัก	แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (%)			
	ระยะเวลาในการหมัก			
	7	14	21	28
ไม่เติมสารเสริม	0.02±0.00	0.03±0.01	0.02±0.01	0.03±0.02
กากน้ำตาล	0.02±0.01	0.02±0.01	0.01±0.01	0.02±0.01
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	0.03±0.01	0.01±0.01	0.02±0.01	0.03±0.01
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	0.02±0.01	0.02±0.01	0.01±0.00	0.02±0.01
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	0.02±0.01	0.01±0.00	0.02±0.01	0.02±0.01
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	0.02±0.01	0.01±0.01	0.03±0.01	0.03±0.02

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ตารางภาคผนวกที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของหญ้าแพงโกล่า
หมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หญ้าแพงโกล่าหมัก	คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (%)			
	ระยะเวลาในการหมัก			
	7	14	21	28
ไม่เติมสารเสริม	3.29±0.13 ^g	4.11±0.30 ^{fg}	3.66±0.45 ^g	3.28±0.26 ^g
กากน้ำตาล	8.82±0.03 ^a	6.11±0.12 ^{cd}	6.69±0.05 ^{bc}	3.46±0.11 ^g
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	8.77±0.26 ^a	6.52±0.24 ^{bc}	3.75±0.27 ^g	3.88±0.12 ^g
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	6.94±0.40 ^{bc}	4.9±0.12 ^{ef}	4.16±0.38 ^{fg}	5.68±0.17 ^{de}
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	6.75±0.21 ^{bc}	5.59±0.16 ^{de}	6.65±0.02 ^{bc}	3.68±0.18 ^g
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	9.20±0.75 ^a	7.27±0.29 ^b	6.74±0.04 ^{bc}	3.36±0.08 ^g

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abcdefg}อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณผนังเซลล์ของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทรีทเมนต์
ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หญ้าแพงโกล่าหมัก	ปริมาณผนังเซลล์ (%)			
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)			
	7	14	21	28
ไม่เติมสารเสริม	73.03±0.21 ^{ab}	73.25±0.11 ^a	72.93±0.02 ^{ab}	72.54±0.09 ^{abc}
กากน้ำตาล	64.97±0.30 ^{hij}	65.36±0.34 ^{hi}	65.43±0.41 ^h	65.67±0.11 ^h
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	71.22±0.11 ^d	72.56±0.12 ^{abc}	72.58±0.14 ^{abc}	72.95±0.48 ^{ab}
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	69.48±0.17 ^e	71.91±0.15 ^{cd}	72.09±0.20 ^{bcd}	73.47±0.29 ^a
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	63.77±0.01 ^k	65.71±0.26 ^h	64.48±0.84 ^{ijk}	68.03±0.08 ^f
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	64.29±0.23 ^{jk}	66.64±0.22 ^g	67.10±0.45 ^g	68.07±0.09 ^f

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abcdefghijk} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกโนเซลลูโลสของหญ้าแพงโกล่าหมักทั้ง 6 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หญ้าแพงโกล่าหมัก	ปริมาณลิกโนเซลลูโลส (%)			
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)			
	7	14	21	28
ไม่เติมสารเสริม	48.21±0.15 ^b	48.57±0.06 ^b	49.80±0.21 ^a	47.16±0.40 ^c
กากน้ำตาล	40.83±0.22 ^{hi}	40.86±0.27 ^{hi}	40.67±0.08 ⁱ	39.97±0.11 ^j
หัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	43.79±0.05 ^e	43.65±0.05 ^e	43.88±0.14 ^e	43.97±0.05 ^e
หัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	40.83±0.71 ^{hi}	44.23±0.08 ^{de}	41.93±0.15 ^{fg}	43.95±0.11 ^e
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อสายพันธุ์เดิม	35.23±0.32 ^l	36.35±0.47 ^k	41.11±0.57 ^{ghi}	44.92±0.19 ^d
กากน้ำตาลร่วมกับหัวเชื้อที่ถูกฉายรังสี	41.83±0.64 ^{fgh}	42.48±0.15 ^f	45.00±0.22 ^d	41.68±0.36 ^{fgh}

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

abcdefghijkl อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ประวัติการศึกษา

ชื่อ -นามสกุล

นายนิรันดร์ หนักแดง

วัน เดือน ปี ที่เกิด

วันที่ 02 ธันวาคม 2525

สถานที่เกิด

อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา

ประวัติการศึกษา

วท.บ.(สัตวศาสตร์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช (พ.ศ.2547)

