รายงานผลงานวิจัย
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การศึกษาคุณค่าทางอาหารของหญ้าหมักที่ผลิตจากเครื่องผลิตหญ้าหมักต้นแบบสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม

NUTRITIVE VALUE OF SILAGES PRODUCED FROM SILAGE MACHINE SET

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ: การผลิตและถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องผลิตหญ้าหมักสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2549

จำนวน 360,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นางสมปอง สรวมศิริ

ผู้ร่วมโครงการ นายไพโรจน์ ศิลมั่น

นายอำพล วริทธิธรรม

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

สิงหาคม 2550

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณโดยทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2549

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และลูกจ้างทุกคนของสาขาโคนมโคเนื้อ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ และนักศึกษาที่เกี่ยวข้องทุกคน ในสังกัดภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญภาพ	ข
บทคัดย่อ	ค
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ	2
สถานที่ทำการทดลอง	7
ผลการทดลองและวิจารณ์	7
สรุปผลการทดลอง	25
เอกสารอ้างอิง	25
ภาคผนวก	28

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าคะแนนลักษณะทางกายภาพของพืชหมัก	10
2	คุณค่าทางอาหารของพืชหมัก(4 สัปดาห์)	11
3	คุณค่าทางอาหารของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก	12
4	ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งในพืชหมัก(%)	13
5	ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของวัตถุแห้ง	14
6	ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในพืชหมัก (%)	15
7	ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ	16
8	ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนในพืชหมัก (%)	17
9	ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของโปรตีน	18
10	ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใย CF ในพืชหมัก(%)	19
11	ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของเยื่อใย CF	20
12	ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะโดยวิธีการชั่งน้ำหนักทั้งหมด	21
13	ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลองจากการวิเคราะห์ (% วัตถุแห้ง)	22
14	สมรรถภาพในการผลิตของโครีดนม	23
15	ส่วนประกอบของน้ำนม(%)	24

เรื่อง การศึกษาคุณค่าทางอาหารของหญ้าหมักที่ผลิตจากเครื่องผลิตหญ้าหมักต้นแบบสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม

NUTRITIVE VALUE OF SILAGES PRODUCED FROM SILAGE MACHINE SET

สมปอง สรวมศิริ [1] ไพโรจน์ ศิลมั่น [1] อำพล วริทธิธรรม [2]
SOMPONG SRUAMSIRI PIROTE SILMAN AMPHON WARITTHITHAM

ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ [1] นักศึกษาระดับปริญญาเอก [2]
คณะผลิตกรรมการเกษตร George Augus University of Goettingen
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สหพันธรัฐเยอรมัน

บทคัดย่อ

การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางอาหารของพืชหมักจากหญ้ารูซี่และเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดมี 10 กลุ่มการทดลองคือ หญ้ารูซี่หมัก เปลือกสับปะรดหมัก และเปลือกสับปะรดหมักร่วมกับฟางข้าวในระดับ 5 และ 10% เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับหญ้ารูซี่ในระดับ 25 และ 50% เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับ 10, 20 และ 30% ตามลำดับ แต่ละกลุ่มการทดลองมี 20 ซ้ำ สับฟางข้าวและกิ่งกระถินสดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่มากกว่า 1.2 เซนติเมตรโดยใช้เครื่องสับ ทำพืชหมักในถุงพลาสติกขนาด 25x30 นิ้ว โดยไม่มีการเสริมสารช่วยหมักใดๆ หลังจากชั่งน้ำหนักหญ้าหรือเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรที่ใช้ทำพืชหมักตามสัดส่วนที่กำหนด อัดให้แน่น แล้วดูดอากาศออกด้วยเครื่องดูดอากาศจากเครื่องผลิตหญ้าหมักต้นแบบเพื่อให้มีอากาศเหลือในถุงหมักน้อยที่สุด มัดปากถุงให้แน่นแล้วซ้อนถุงอาหารทับอีกหนึ่งชั้น เก็บรักษาไว้นาน 4 และ 8 สัปดาห์ ก่อนเปิดถุงเพื่อประเมินลักษณะทางกายภาพ และเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร ผลการศึกษาพบว่า สามารถใช้เครื่องผลิตหญ้าหมักเพื่อผลิตหญ้าหมักหรือเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรในถุงพลาสติกได้ โดยลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางอาหารของ

พืชหมักจะแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาใช้ในการหมัก คุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะส่วนประกอบของโปรตีนจะลดลง แต่เยื่อใยจะสูงขึ้นตามระดับของฟางข้าวที่เพิ่มขึ้น การเสริมฟางข้าวในเปลือกสับปะรดสามารถทำให้ลักษณะทางกายภาพของฟางข้าวดีขึ้นหลังจากการหมัก โดยฟางข้าวจะมีกลิ่นเปรี้ยวเหมือนพืชหมัก มีสีเหลืองอ่อน ลักษณะของฟางข้าวจะมีความนุ่มมากขึ้น การเสริมใบกระถินในเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักสามารถทำให้เปลือกและซังข้าวโพดหวานมีลักษณะทางกายภาพดีขึ้น และคุณค่าทางอาหารสูงขึ้น แต่การเสริมหญ้ารูซี่ในเปลือกและซังข้าวโพดหวานจะมีผลให้คุณค่าทางอาหารของพืชหมักลดลง โดยเฉพาะค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน

การทดลองที่ 2 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับต่างๆ แยกเป็นศึกษาค่าการสลายตัวของโภชนะในกระเพาะรูเมนโดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน(nylon bag technique) และการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะโดยวิธีชั่งน้ำหนักทั้งหมด (total collection method)ใช้โคนมลูกผสม (โฮลสไตน์-ฟรีเซียน x พื้นเมือง) เพศเมียอายุเฉลี่ย 4 ปี ที่ผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างอาหารอย่างถาวรที่กระเพาะรูเมน จำนวน 4 ตัว น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 420 $\pm$ 25 กก. แผนการทดลองใช้แบบลาตินสแควร์ (Latin square Design) อาหารทดลอง คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับ 10, 20 และ 30% ตามลำดับ โดยแบ่งระยะทดลองออกเป็น 4 ระยะแต่ละระยะการทดลองใช้เวลา 21 วัน และมีระยะเก็บข้อมูล 7 วัน ทำการแช่ถุงไนล่อนที่มีตัวอย่างอาหารทดลองในกระเพาะรูเมนที่เวลา 4, 8, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมงตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าการเสริมใบกระถินในพืชหมักที่ผลิตจากเปลือกและซังข้าวโพดหวานมีผลให้พืชหมักมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและเปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุลดลง การทดลองโดยวิธีใช้ถุงไนล่อนพบว่า การเสริมใบกระถินหมักร่วมกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานในระดับ 10 และ 20%มีผลให้ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน และเยื่อใย มีค่าสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักและเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถินในระดับ 30%โดยเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถินในระดับ 20% มีค่าการสลายตัวของโภชนะที่ 96 ชั่วโมงสูงที่สุด เปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถินในระดับ 30%มีค่าการสลายตัวของโภชนะต่ำที่สุด ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ คือ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุโปรตีน และเยื่อใยหยาบ โดยวิธีชั่งน้ำหนักทั้งหมดให้ผลที่สอดคล้องกับการศึกษาด้วยวิธีเทคนิคถุงไนล่อน โดยพืชหมักที่ผลิตจากเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับ20% มีค่าการย่อยได้ของโภชนะทุกชนิดสูงที่สุด ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดลองที่ 3 การศึกษาสมรรถภาพในการผลิตของโครีดนมที่ไ
รูซี่หมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ ใช้โครีดนมที่อยู่ในระยะการให้นมที่ 2-
ออกเป็น 2 กลุ่มตามแผนการทดลองแบบการเปรียบเทียบแบบกลุ่ม (gr
หญ้ารูซี่สด และหญ้ารูซี่หมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ และให้อาหารข้นส
อาหารข้นก่อนทำการรีดนม ในอัตราส่วนของน้ำนมที่ได้รับคืออาหารข้
ได้ 2 กิโลกรัม จากการศึกษาเป็นเวลา 70 วัน พบว่า ปริมาณอาหารที่กินในรูปวตถุแห้งของ...
ทดลองทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่กลุ่มที่ได้รับหญ้าสดเป็นอาหาร
หยาบมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ปริมาณน้ำนมที่รีดได้จริงและปริมาณน้ำนมเมื่อปรับค่าเป็นน้ำนมที่มี
ไขมัน 4% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนม 1 กก.
ที่มีไขมันนม 4% และส่วนประกอบของน้ำนมคือ เปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน ของแข็ง
ทั้งหมดในนม และของแข็งที่ไม่รวมไขมันนม

Abstract

The study was divided in to three experiments. Experiment 1: The study on physical characteristic and chemical composition of silages from ruzi grass and agro-industrial waste. The experiment was conducted based on completely randomized design (CRD) with 20 treatments.(ruzi grass silage, pineapple waste silage, ensiled pineapple waste with 5 and 10% rice straw, ensiled sweet corn cob and husk, ensiled sweet corn cob and husk with 25 and 50% ruzi grass and ensiled sweet corn cob and husk with 10, 20 and 30 % Ipil – Ipil leaves). Pineapple waste and sweet corn cob and husk collected from a canning factory were ensiled with different levels of rice straw , ruzi grass and Ipil - Ipil leaves. Rice straw and ruzi grass were prepared by chopping, whereas Ipil - Ipil leaves were prepared by chopping the whole branch whose diameter is not bigger than 1.2 cm before mixing to ensiling materials. They were packed without additives with vacuum suction in (25 x 30 inches) double layer polyethylene bags. Each bag contained 20 kg. of silage and stored for 4 and 8 weeks prior to physical characteristic evaluation and chemical analysis. The results showed that physical characteristic of all the ensiled agro-industrial wastes were in good condition. The physical characteristic and chemical composition of ensiled products were differed based on ensiled materials. Especially, the supplement of rice straw increased DM and crude fiber content of the silage, but decreased in CP content. The physical

characteristic of rice straw was better after ensiling process. It had lactic acid odor with light yellow color and the structure was softer. Furthermore, physical characteristic and protein content of the silage was improved with increasing Ipil - Ipil leaves, but the average percentage of protein tended to decrease with increasing ruzi grass supplementation in the silage.

Experiment 2: Nutritive value and digestibility of nutrients in ensiled sweet corn cob and husk with different levels of Ipil - Ipil leaves was estimated using nylon bag technique and total collection method. Four fistulated crossbred Holstein heifer which had an average body weight 420 $\pm$ 25 kg. were used as experimental animals and randomly allocated to fed with 4 different silages based on 4x4 Latin Square Design. Each experimental period was 21 days with 7 days collection period. The diets were ensiled sweet corn cob and husk, sweet corn cob and husk ensiled with 10, 20 and 30% of Ipil - Ipil leaves. Feed sample in nylon bag was incubated in rumen of fistulated animals for 4, 8, 12, 24, 48, 72 and 96 hours, respectively. It was found that the increasing of Ipil - Ipil leaves levels in silage tended to increased dry matter and protein content but decreased organic matter content. Degradability of nutrients determined by nylon bag technique showed that ensiled sweet corn cob and husk with 10 % and 20% Ipil - Ipil leaves had higher degradability value of DM, OM, CP and CF than ensiled sweet corn cob and husk and ensiled sweet corn cob and husk with 30% Ipil - Ipil leaves. Ensiled sweet corn cob and husk with 30% Ipil - Ipil leaves had significant lowest in degradability of CF. Ensiled sweet corn cob and husk with 20% Ipil - Ipil leaves had highest in nutrients degradability at 96 hours incubation period. The results in digestibility of nutrients of ensiling products using total collection method follow the same pattern as nylon bag technique. It was found that ensiled sweet corn cob and husk with 20% Ipil - Ipil had significantly highest in apparent digestibility of nutrients ($P<0.05$).

Experiment 3: Twelve crossbred (Holstein-Friesian x Native) lactating cows were randomly divided into two groups with 6 replications based on Group Comparison. The treatments were different roughage sources: ruzi grass (control) compared with ruzi silage. They were then fed *ad lib* with roughage and supplemented with concentrate 16%CP for 70 days. Concentrate was given before milking two times daily. The results

showed that there were no significant difference (P>0.05) among groups in term of milk production 4%FCM, total dry matter intake , feed conversion ratio and milk composition.

คำนำ

จังหวัดเชียงใหม่นับเป็นแหล่งผลิตโคนมที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศ โดยเฉพาะการผลิตโคนมในเขตภาคเหนือตอนบน เนื่องจากมีเกษตรกรที่สนใจเลี้ยงโคนมเป็นอาชีพหลักอย่างมากมาย และมีการเริ่มต้นเลี้ยงกันมาเป็นเวลานานมากกว่า 30 ปีมาแล้ว โดยมีหน่วยของของรัฐและ เอกชนให้การสนับสนุน รวมทั้งส่งเสริมการเลี้ยงโคนมในด้านต่างๆ เช่น การตลาดน้ำนม การให้บริการผสมเทียม การดูแลสุขภาพโค และอื่นๆ แต่การผลิตน้ำนมดิบของประเทศก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภคเนื่องจากแม่โคยังให้ผลผลิตน้ำนมน้อย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของขวัญชายและคณะ (2545) ที่กล่าวว่าความสามารถในการผลิตน้ำนมของโคนมของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร แม้ว่าสถิติจำนวนโคนมจะเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากแม่โคมีความสามารถในการให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยเพียง 10.24-12.40 กิโลกรัม/ตัว/วันเท่านั้น

ปัญหาของการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อยที่มีพื้นที่ในการเลี้ยงที่จำกัด นอกจากจะเป็นปัญหาเกี่ยวกับด้านการศึกษาของเกษตรกรแล้วยังมีปัญหาเกี่ยวกับการเรียนรู้หรือการพัฒนาการเลี้ยง และปัญหาการจัดการฟาร์มในด้านต่างๆ ปัญหาที่สำคัญที่สุด คือการจัดการอาหารโคโดยเฉพาะอาหารหยาบ เนื่องจากเกษตรกรมีพื้นที่ปลูกหญ้าน้อย และไม่สนใจการเตรียมอาหารหยาบไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้ง ปัญหาด้านการจัดการอาหารหยาบซึ่งเป็นอาหารหลักสำหรับการเลี้ยงโคจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากการขาดแคลนอาหารหยาบในฤดูแล้งมีผลให้เกษตรกรต้องใช้ฟางข้าว ซึ่งเป็นอาหารที่มีคุณภาพต่ำเลี้ยงโคจึงทำให้ต้องใช้อาหารข้นมากขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตตามมา (Kreuzer,1997)

อาหารหยาบซึ่งเป็นอาหารหลักในการเลี้ยงโค นับเป็นต้นทุนผันแปรที่สำคัญอย่างหนึ่งในการผลิตเนื่องจากเป็นแหล่งอาหารหลักที่สำคัญในการเลี้ยงโค การมีอาหารหยาบที่ไม่มีคุณภาพจะมีผลให้เกษตรกรต้องใช้อาหารข้นเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนโดยตรง ดังนั้นหากเกษตรกรมีการเตรียมการด้านอาหารหยาบ เช่น มีการถนอมอาหารหยาบที่มีอยู่อย่างมากมายในช่วงฤดูฝนให้มีเพียงพอสำหรับเป็นอาหารโคในช่วงฤดูแล้ง โดยการทำหญ้าหมัก หรือหญ้าแห้ง จะเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิตของเกษตรกรได้ เมื่อเปรียบเทียบการทำหญ้าหมักและหญ้าแห้งในช่วงที่มีหญ้าสดอย่างมากมาย เช่นในฤดูฝน การทำหญ้าหมักจะเป็นวิธีการถนอมอาหารที่สะดวกกว่า

สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งส่วนใหญ่มีพื้นที่ถือครองน้อยไม่เพียงพอต่อการปลูกสร้างแปลงหญ้าสำหรับเลี้ยงโคนมในฟาร์ม การใช้แหล่งอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำเช่น ฟางข้าวจะเป็นสิ่งที่พบเห็นได้โดยทั่วไป แม้ว่าฟางข้าวเป็นอาหารหยาบที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำโดยเฉพาะมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน และ แร่ธาตุที่สำคัญ เช่น แคลเซี่ยมต่ำ ดังนั้นการให้อาหารเสริมชนิดต่างๆ เช่น อาหารข้น ใบกระถิน และ แหล่งคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นๆ จึงเป็น

สิ่งจำเป็น ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าเกษตรกรนิยมใช้เศษเหลือจากโรงงานอาหารกระป๋องเช่น เศษพืชผัก เปลือกและซังข้าวโพดหวาน เปลือกสับปะรด และเศษมะเขือเทศ เป็นอาหารโคนมมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นในช่วงฤดูแล้งหรือฤดูฝน เนื่องจากเศษเหลือดังกล่าวมีจำนวนมากและหาซื้อได้ง่าย โดยโรงงานดังกล่าวก็มีความต้องการในการกำจัดเศษเหลือที่ได้จากการผลิต เพื่อลดปัญหาการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม และการจัดการสุขาภิบาล ปัจจุบันเกษตรกรจะรวมกลุ่มกัน หรือมีพ่อค้าคนกลางหรือหน่วยงานที่เกี่ยวกับการเลี้ยงโคนม เช่น สหกรณ์โคนมฯ ทำหน้าที่รับซื้อเศษเหลือดังกล่าวแล้วขายต่อให้เกษตรกรอีกทีหนึ่ง ถึงแม้ว่าเกษตรกรจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อเศษเหลือเพื่อเลี้ยงโค แต่ก็สะดวกกว่าการหาพื้นที่สำหรับเกี่ยวหญ้า ซึ่งจะต้องสิ้นเปลืองเวลาและแรงงานมากกว่าโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่ขาดแคลนน้ำฝนและหญ้าสด แต่การนำเศษเหลือมาใช้เป็นอาหารโคนั้นเกษตรกรยังใช้ประโยชน์ได้ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากเศษเหลือดังกล่าวส่วนใหญ่มีวัตถุแห้งต่ำ มีน้ำมาก การเก็บรักษาเศษเหลือดังกล่าวด้วยวิธีการทำให้แห้งก็เป็นไปได้ยากเนื่องจากเสียเวลา แรงงานและเงินทองมาก การนำเศษเหลือต่างๆมาหมักก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจศึกษาเช่นกัน การศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของพืชหมักจากเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร และการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อที่จะทำให้ทราบว่าพืชหมักหรือหญ้าหมักที่ผลิตจากเศษเหลือชนิดต่างๆ มีประโยชน์ต่อตัวสัตว์โดยตรงเช่นไร เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริม และอบรมเกษตรกรต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ และคุณค่าทางอาหารและการใช้ประโยชน์ของหญ้าหมัก

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย คือ

การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางอาหารของหญ้าหมักจากหญ้ารูซี่และเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design) ทำการหมักหญ้ารูซี่ หรือการหมักเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร (โรงงานอาหารกระป๋อง) โดยนำมาหมักใส่ถุงพลาสติกขนาด 25x30 นิ้ว และไม่มีการเสริมสารช่วยหมัก (additives) แต่อย่างใด ในแต่ละกลุ่มการทดลองจะหมักพืชหมักแต่ละชนิดจำนวน 20 ถุง แต่ละถุงหมักคิดเป็น 1 ซ้ำ กลุ่มการทดลองมี 10 กลุ่มการทดลอง คือ

กลุ่มที่ 1 = หญ้ารูซี่หมัก

กลุ่มที่ 2 = เปลือกสับปะรดหมัก

กลุ่มที่ 3 = เปลือกสับปะรดหมักร่วมกับฟางข้าว 5%

กลุ่มที่ 4 = เปลือกสับปะรดหมักร่วมกับฟางข้าว 10%

กลุ่มที่ 5 = เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก

กลุ่มที่ 6 = เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับหญ้ารูซี่ 25%

กลุ่มที่ 7 = เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับหญ้ารูซี่ 50%

กลุ่มที่ 8 = เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 10 %

กลุ่มที่ 9 = เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 20 %

กลุ่มที่ 10 = เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 30 %

การหมักเปลือกสับปะรด ใช้เปลือกสับปะรดที่เป็นเศษเหลือจากโรงงานสับปะรดกระป๋อง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง เปลือกสับปะรดประกอบด้วยส่วนของเปลือก แกน จุก และ เศษเนื้อสับปะรดที่ได้จากการตัดแต่ง โดยนำเปลือกสับปะรดมาผึ่งกองทิ้งไว้หนึ่งคืนก่อนทำการหมัก ใส่ในถุงพลาสติกชนิดเหนียว ขนาด 25x30 นิ้ว บรรจุถุงละ 20 กิโลกรัม หลังจากใส่เปลือกสับปะรดในถุง แล้วอัดให้แน่นจากนั้นใช้เครื่องดูดอากาศทำการดูดอากาศออกจากถุงหมักให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้มีอากาศเหลือในถุงน้อยที่สุด และมัดปากถุงด้วยเชือกให้แน่น สวมทับด้วยถุงใส่อาหารสัตว์ซ้อนทับอีกครั้งหนึ่ง และมัดถุงด้วยเชือกให้แน่นอีกครั้งหนึ่ง สำหรับฟางข้าวที่ใช้ในการหมักร่วมกับเปลือกสับปะรดถูกนำมาสับให้มีขนาดเล็กลงประมาณ 2-4นิ้ว โดยใช้เครื่องสับ ก่อนนำฟางข้าวมาผสมคลุกเคล้ากับเปลือกสับปะรดตามอัตราส่วนของแต่ละกลุ่มทดลอง แล้วหมักใส่ในถุงหมักโดยมีขั้นตอนในการทำเช่นเดียวกับการทำเปลือกสับปะรดหมัก

การหมักเปลือกและซังข้าวโพดฝักอ่อน ใช้เปลือกและซังข้าวโพดฝักอ่อนที่ได้จากโรงงานอาหารกระป๋อง ในเขตอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยนำเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่ซื้อจากโรงงานมากองทิ้งไว้บนพื้นซีเมนต์หนึ่งคืนก่อนทำการหมัก ใช้ขั้นตอนการหมักเช่นเดียวกับการทำเปลือกสับปะรดหมัก เปลือกและซังข้าวโพดหวานจากโรงงานเป็นเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่ผ่านการให้ความร้อนมาช่วงระยะเวลาหนึ่ง (ลวกน้ำร้อน) เพื่อความสะดวกในการแกะไหมออกจากเมล็ด นอกจากนี้ยังผ่านการสับด้วยเครื่องสับจากโรงงานมาแล้วครั้งหนึ่ง

หญ้ารูซี่ที่ใช้ในการหมักเป็นหญ้าทีมีอายุประมาณ 70 วัน ตัดหญ้ารูซี่ในแปลงหญ้าโดยเครื่องตัดหญ้าติดท้ายรถแทรคเตอร์ (chopper) ทำให้มีขนาดความยาวของหญ้าประมาณ 2-4 นิ้ว ก่อนนำมาหมัก ใบกระถินที่ใช้ในการหมักได้จากการตัดกิ่งกระถินสดจากต้นกระถินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแต่ละกิ่งไม่เกิน 1.2 เซนติเมตร โดยในแต่ละกิ่งมีกิ่งใหญ่ กิ่งย่อยและใบย่อยรวมกัน จากนั้นนำมาสับด้วยเครื่องสับ การผสมฟางข้าวในเปลือกสับปะรด หรือการผสมใบกระถิน

หรือหญ้ารูซี่ที่สับแล้วในเปลือกและซังข้าวโพดหวานเพื่อทำพืชหมัก กระทำหลังจากทำการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบแต่ละชนิดตามสัดส่วนที่กำหนดแล้ว นำส่วนผสมมาคลุกเคล้ากันให้ดี ก่อนนำไปบรรจุในถุงพลาสติก แล้วดูดอากาศออกให้มากที่สุดโดยใช้เครื่องดูดอากาศที่ใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องผลิตหญ้าหมักต้นแบบ

พืชหมักในแต่ละกลุ่มการทดลองถูกหมักไว้เป็นเวลานาน 4 และ 8 สัปดาห์ ก่อนเปิดถุงเพื่อประเมินลักษณะทางกายภาพ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี การศึกษาเพื่อประเมินคุณภาพจากลักษณะทางกายภาพใช้แบบประเมินคุณภาพหญ้าหมัก (organoleptic test score) โดยการประเมินให้คะแนนรวมจากลักษณะทางกายภาพของส่วนประกอบจากชิ้นส่วนของพืชหมัก กลิ่น และ สี จากคะแนน 0-4=คุณภาพเลว คะแนน 5-9 =คุณภาพพอใช้ คะแนน10-15 =คุณภาพค่อนข้างดี คะแนน16-20 =คุณภาพดีมาก ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชหมักแต่ละชนิด ด้วยเครื่องวัดpH แบบพกพา Hand pH meter รุ่น HI 98107 โดยใช้มือคั้นน้ำออกจากพืชหมักแต่ละชนิดในปริมาณ 15 มิลลิลิตร ชนิดใส่ในบีกเกอร์ ก่อนทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง การสุ่มตัวอย่างพืชหมักจากถุงหมักแต่ละถุงโดยสุ่มจากพืชหมักที่หมักเป็นเวลา 4 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างถุงละ 4 จุดคือ ส่วนบน กลาง ด้านข้าง และด้านล่างของถุงหมัก นำตัวอย่างพืชหมักที่สุ่มได้มาคลุกเคล้ารวมกันให้ดีก่อนนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตามวิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis),AOAC (1998) และวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย NDF,ADF ตามวิธี Detergent method, Van Soest *et al.* (1991)

ข้อมูลที่ได้จากการประเมินนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie,1984) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1996)

การทดลองที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อยๆ คือ

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในกระเพาะรูเมนโดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน (nylon bag technique) วางแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ (Latin Square Design) โดยใช้โคนมลูกผสม(โฮลสไตน์-ฟรีเซี่ยนxพื้นเมือง) เพศเมียที่ผ่าตัดเจาะกระเพาะรูเมนแล้วจำนวน 4 ตัว น้ำหนักประมาณ 420 $\pm$ 25 กิโลกรัม เลี้ยงในคอกทดลองแบบผูกยืนโรงขังเดี่ยว และให้อาหารทดลองในอัตราอาหารแห้ง 2% ของน้ำหนักตัว อาหารทดลองมี 4 สูตรคือ

สูตรที่ 1 = เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก

สูตรที่ 2 = เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 10%

สูตรที่ 3 = เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 20%

สูตรที่ 4 = เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 30%

แบ่งระยะการทดลองเป็น 4 ระยะ แต่ละระยะการทดลองใช้เวลา 21 วัน ใน 14 วันแรกเป็นระยะก่อนการทดลอง (preliminary period) เพื่อให้โคทดลองปรับตัวให้เข้ากับสภาพการทดลองและการให้อาหาร รวมทั้งจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้ปรับตัวกับอาหารทดลอง ก่อนทำการทดลองแช่ถุงไนล่อนในกระเพาะรูเมนตามวิธีการของ Orskov and McDonald (1979) สุ่มตัวอย่างอาหารทดลองมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาตัวอย่างบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วชั่งตัวอย่างอาหารใส่ถุงไนล่อนขนาด 9x14 เซนติเมตร ที่มีขนาดความห่างของรูไม่เกิน 40 ไมครอนและทราบน้ำหนักถุงที่แน่นอนแล้ว โดยชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 5 กรัมต่อถุง นำตัวอย่างอาหารที่บรรจุอยู่ในถุงไนล่อนไปแช่บ่มในกระเพาะรูเมนตามช่วงเวลาที่กำหนดคือ 0, 4, 8, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง โดยใช้ตัวอย่างจำนวน 4 ถุงในแต่ละช่วงเวลา (แต่ละถุงคิดเป็น 1 ซ้ำ) ถุงไนล่อนที่ชั่วโมงที่ 0 นำไปแช่ใน water bath ที่มีอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาแช่บ่มนำถุงไนล่อนออกจากกระเพาะรูเมนพร้อมๆกัน แล้วล้างถุงไนล่อนให้สะอาดในภาชนะที่มีน้ำไหลผ่านตลอดเวลา จนกระทั่งน้ำที่ล้างใส (ประมาณ 15 นาที) จากนั้นนำถุงไนล่อนไปอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิ60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่แล้วชั่งน้ำหนักถุงไนล่อน นำตัวอย่างอาหารที่เหลือในถุงไปเก็บรักษาเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารตามวิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) และวิธี Detergent method คือ วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย และ NDF นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณค่าการสลายตัวของโภชนะและคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของโภชนะ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen,2005)

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะโดยใช้วิธีการชั่งน้ำหนักทั้หมด (Total collection method) วางแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ (Latin Square Design) โดยใช้โคทดลอง 4 ตัวเป็นโคนมเพศเพศเมีย ที่เจาะกระเพาะรูเมนแบบถาวรแล้ว อายุประมาณ 4 ปี น้ำหนักประมาณ 425 $\pm$ 28 กิโลกรัม โคทดลองได้รับอาหาร 4 สูตร คือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับกระถิน 10% เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับกระถิน 20.0% เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับกระถิน 30% โดยให้อาหารแห้งในอัตรา 2% น้ำหนักตัวต่อวัน ให้อาหาร 2 เวลา เช้าและเย็น แต่ละระยะการทดลองใช้เวลา 21 วัน ใน 14 วันแรกเป็นระยะก่อนการทดลอง (preliminary period) ให้โคทดลองปรับตัวให้เข้ากับสภาพการทดลองและการให้อาหาร รวมทั้งจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนได้ปรับตัวกับอาหารทดลอง และ 7 วันสุดท้ายเป็นระยะทดลอง(collection period) เป็นระยะที่บันทึกปริมาณอาหารที่กิน สุ่มเก็บตัวอย่างอาหาร และมูล โดยเก็บข้อมูลเป็นรายตัวติดต่อกัน การเก็บมูลทั้งหมดโดยเก็บมูลสดชั่งน้ำหนักทุกครั้งและสุ่มตัวอย่างของมูลสดประมาณร้อยละ 10 ของมูลทั้งหมดที่โคขับถ่ายในแต่ละ

ครั้งและแช่ตัวอย่างมูลที่สุ่มได้ในตู้แช่แข็งทันที นำมูลที่เก็บได้ในแต่ละวันมาทำให้ละลายแล้วผสมกันให้ทั่วแล้วสุ่มมาประมาณ 500 กรัม นำตัวอย่างอาหารและมูลมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแห้ง จากนั้นนำมาบดเพื่อเก็บรักษาและวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารตามวิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) และคำนวณค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและการย่อยได้ของโภชนะตามสูตร

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง(\%)} = 100 - 100 \times \frac{\text{น้ำหนักของมูลคิดจากวัตถุแห้ง}}{\text{น้ำหนักของอาหารที่กินคิดจากวัตถุแห้ง}}$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ} = 100 - 100 \times \frac{\text{น้ำหนักของโภชนะในมูลคิดจากวัตถุแห้ง}}{\text{น้ำหนักของโภชนะในอาหารที่กินคิดจากวัตถุแห้ง}}$$

ข้อมูลที่ได้จากการประเมินนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie,1984) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1996)

การทดลองที่ 3 ใช้แผนการทดลองแบบการเปรียบเทียบแบบกลุ่ม(group comparison) เพื่อศึกษาสมรรถภาพในการผลิตของโครีดนมที่ได้รับหญ้ารูซี่สด เปรียบเทียบกับหญ้ารูซี่หมักใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบ โดยใช้โคนมลูกผสม(โฮลสไตน์-ฟรีเซียน X พื้นเมือง) สายเลือดโฮลสไตน์มากกว่า 82.5% ที่อยู่ในระยะการให้นมที่ 2-3 โดยเฉลี่ยให้ผลผลิตน้ำนมในเดือนที่ 3 จำนวน 12 ตัว น้ำหนักตัวเฉลี่ยประมาณ 445 $\pm$ 37 กก.โดยสุ่มเลือกโคทดลองเข้าคอกรีดนมที่เป็นโรงเรือนแบบผูกยืนโรงขังเดี่ยวมีที่ให้น้ำแบบอัตโนมัติและมีรางให้อาหารอยู่ด้านหน้า มีก้อนแร่ธาตุผูกให้โคกินอย่างอิสระตลอดเวลาทดลอง แบ่งโคทดลองออกเป็น 2 กลุ่มการทดลองตามชนิดของอาหารหยาบที่ให้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 = หญ้ารูซี่สดที่ผ่านการตัดและสับโดยเครื่องตัดหญ้าแบบติดท้ายแทรกเตอร์

กลุ่มที่ 2 = หญ้ารูซี่หมักโดยใช้หญ้ารูซี่สดที่ผ่านการตัดและสับโดยเครื่องตัดหญ้าแบบติดท้ายแทรกเตอร์ นำมาหมักในถุงพลาสติกโดยไม่มีการเสริมสารช่วยหมัก และเก็บรักษาในถุงพลาสติกในสภาพสุญญากาศนาน 3 สัปดาห์ก่อนเปิดมาใช้เลี้ยงโค

ใช้หญ้าสดและหญ้าหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบให้กินอย่างเต็มที่ตลอดเวลา อาหารข้นใช้อาหารสำเร็จที่ซื้อจากบริษัท เป็นอาหารสำเร็จรูปที่มีโปรตีนเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 16% ให้อาหารข้น 2 เวลา ก่อนทำการรีดนม เช้าและเย็น คือ 06.00 น. และ 17.00 น. โดยให้อาหารข้นตามสัดส่วนของน้ำนมที่ได้รับ คืออาหารข้น 1 กิโลกรัมต่อน้ำนมที่รีดได้ 2 กิโลกรัม บันทึกปริมาณอาหารที่กินและ

เหลือทุกวันในตอนเช้าก่อนให้อาหาร บันทึกปริมาณน้ำนมที่รีดได้ทุกวัน พร้อมสุ่มตัวอย่างอาหารทดลองและตัวอย่างน้ำนมเพื่อวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี ตัวอย่างน้ำนมสุ่มเก็บทุกๆ 2 สัปดาห์ การวิเคราะห์ส่วนประกอบของน้ำนมได้แก่ ไขมันนมโดยวิธีของ Gerber โปรตีนในนมใช้วิธี Kjedahl method ของแข็งในนมทั้งหมด และวิเคราะห์ของแข็งที่ไม่รวมไขมันนมตามวิธี AOAC(1990) ใช้ระยะเวลาทดลอง 70 วัน ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย หาค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองตามวิธีการวางแผนการทดลองแบบการเปรียบเทียบแบบกลุ่ม (จรัญ, 2540)

สถานที่ทำการทดลอง

สาขาโคนมและโคเนื้อ สาขาอาหารสัตว์ และห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ อาคารศูนย์สัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ระยะเวลาทดลอง

ระหว่างเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2548 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2549

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ลักษณะของเปลือกสับปะรดที่นำมาใช้ในการทดลองประกอบด้วยส่วนของเปลือกด้านข้างของผล เปลือกส่วนหัวจุก เปลือกส่วนล่าง แกนของผล (ไส้) และเศษเนื้อที่ถูกตัดแต่งออกจากผล มีสีเขียวอมเหลือง มีความสด มีกลิ่นหอมอมเปรี้ยว และมีความฉ่ำน้ำ ส่วนเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่ได้จากโรงงานประกอบด้วยเปลือก ฝัก ไหม เนื้อเมล็ดและซังข้าวโพดหวานซึ่งผ่านการบดหยาบด้วยเครื่องบดมาครั้งหนึ่งแล้ว ส่วนของเปลือกข้าวโพดจึงแตกออก และซังข้าวโพดจะมีขนาดชิ้นเล็กกว่าขนาดปกติ เปลือกและซังข้าวโพดหวานผ่านความร้อนจากการลวกฝักก่อนที่จะเฉือนเนื้อเมล็ดออก จึงมีสีเหลืองอ่อนและเขียวอ่อนจางๆ มีความฉ่ำน้ำมีกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย เมื่อนำเศษเหลือมาหมักร่วมกับใบกระถิน หรือหญ้ารูซี่สด แล้วประเมินผลลักษณะทางกายภาพหลังจากการหมักนาน 4 และ 8 สัปดาห์ พบว่า พืชหมักแต่ละชนิดมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ดังตารางที่ 1 โดยเปลือกสับปะรดที่หมักร่วมกับฟางข้าวในระดับ 5 และ 10% และ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับต่างๆคือ 10 และ 20 % มีลักษณะทางกายภาพที่ดีกว่าพืชหมักกลุ่มอื่นๆ ทั้งในระยะการหมักนาน

4 และ 8 สัปดาห์ ทำให้มีความน่ากินสูงกว่าหญ้ารูซี่หมัก เปลือกสับปะรดหมัก เปลือกข้าวโพดหวานหมัก และเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับหญ้ารูซี่ทั้งในระดับ 25 และ 50% ทั้งนี้เป็นผลจากเปลือกสับปะรดที่หมักร่วมกับฟางข้าวทำให้ฟางข้าวมีความน่ากินเพิ่มขึ้น โดยฟางข้าวมีความอ่อนนุ่มชุ่มน้ำขึ้น มีสีเหลืองจากน้ำสับปะรดที่ถูกดูดซึมไว้ และมีความหอมคล้ายอาหารหมักดอง การเสริมฟางข้าวจัดเป็นการเติมสารช่วยหมักที่ช่วยในการลดความชื้นของเปลือกสับปะรดและช่วยในการดูดซับกรดบางชนิดที่เกิดจากการหมักที่จะสูญเสียไปกับของเหลวที่ไหลออกมาจากเปลือกสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุที่มีความชื้นสูงและมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย โดยเฉพาะน้ำตาลฟรุกโตสที่เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการหมัก ซึ่งเสริมศักดิ์(2543)รายงานสอดคล้องกับไพบูลย์และคณะ(2545) ที่พบว่าการหมักเปลือกสับปะรดเป็นวิธีหนึ่งในการเก็บรักษาเปลือกสับปะรดไม่ให้มีการสูญเสียคุณค่าทางอาหารมาก ซึ่งอาจจะใช้วิธีการหมักในถังพลาสติก ในถังแบบรีไซเคิล หรือการกองสับปะรดแบบธรรมชาติบนพื้นดินที่มีการปูพลาสติกรองไว้ หรือการใช้วัสดุรองก้นถังในการหมักเปลือกสับปะรดก็เป็นวิธีที่ช่วยป้องกันการสูญเสียคุณค่าทางอาหารของเปลือกสับปะรดได้ แต่ต้องลงทุนสูง

การเสริมใบกระถินในเปลือกและซังข้าวโพดหวานแล้วหมักในถุงพลาสติกก็เป็นวิธีการเก็บรักษาเปลือกและซังข้าวโพดหวานวิธีหนึ่ง ที่สามารถทำให้คุณค่าทางอาหารของพืชหมักเพิ่มขึ้น แต่ใบกระถินที่นำมาหมักเป็นกลุ่มของพืชที่มีโปรตีนสูงจึงมีผลให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายลดลง แม้ว่าแบคทีเรียจะสามารถใช้ไนโตรเจนจากใบกระถินในการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ แต่การเพิ่มแหล่งโปรตีนในพืชหมักจำเป็นต้องระวัง เนื่องจากจะมีผลให้ได้หญ้าหมักที่คุณภาพไม่ดี เนื่องจากจุลินทรีย์บางชนิดมีโอกาสที่จะย่อยสลายโปรตีนเพื่อการสร้างกรดบิวทีริก (butyric acid) ซึ่งเป็นกรดที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นมากในการทำหญ้าหมัก แต่การเกิดกรดบิวทีริกก็ขึ้นกับขบวนการหมักก็มีโอกาสลดลงได้ หากในอาหารหมักมีแหล่งคาร์โบไฮเดรตมากเพียงพอที่จะทำให้เกิดกรดให้เร็วที่สุด (McDonald *et al.*,1991) ดังนั้นการเสริมใบกระถินในระดับที่สูงขึ้นจึงมีผลให้พืชหมักที่ได้มีลักษณะทางกายภาพที่ด้อยลง ดังจะเห็นได้จากค่าการประเมินลักษณะทางกายภาพของพืชหมักที่ประกอบด้วยเปลือกและซังข้าวโพดหวานร่วมกับใบกระถิน 30% ที่ 4 และ 8 สัปดาห์

สำหรับการหมักเปลือกและซังข้าวโพดหวานร่วมกับหญ้ารูซี่พบว่าการหมักเปลือกและซังข้าวโพดหวานร่วมกับหญ้ารูซี่ในระดับ 25%ให้ลักษณะทางกายภาพของพืชหมักที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่ไม่มีหญ้ารูซี่และมีหญ้ารูซี่ในระดับ 50% ลักษณะทางกายภาพโดยเฉพาะสีของพืชหมักในกลุ่มที่มีการใช้หญ้ารูซี่หมักร่วมกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานพบว่าสีมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นเมื่ออายุการหมักเพิ่มขึ้น แต่คะแนนลักษณะทางกายภาพไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และมีคะแนนลักษณะทางกายภาพที่สูงกว่าหญ้ารูซี่หมักอย่างเห็นได้ชัด ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 1 โดย

สรุปจากคะแนนจากการประเมินลักษณะทางกายภาพจะเห็นได้ว่าการทำพืชหมักเป็นการถนอมอาหารหยาบที่ดีวิธีหนึ่ง และการใช้เครื่องดูดอากาศประกอบในการทำพืชหมักในถุงพลาสติกก็สามารถทำให้เกิดสภาพไร้อากาศได้ดีกว่าการอัดด้วยมือ ทำให้ระยะที่เกิดปฏิกิริยาที่พืชเกิดการหายใจมีระยะเวลาสั้นลง การเกิดการสูญเสียในการหมักน้อยลงได้

ผลจากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของพืชหมัก พบว่าเปลือกสับปะรดหมักมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งต่ำที่สุด แต่หญ้ารูซี่หมักมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงที่สุด และการใช้ฟางข้าวหมักร่วมกับเปลือกสับปะรดมีผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของพืชหมักสูงขึ้นได้เช่นเดียวกับการใช้หญ้ารูซี่ หรือใบกระถินหมักร่วมกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานการหมัก เปลือกสับปะรดหมักหรือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก เป็นวิธีการเก็บรักษาเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรวิธีหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการส่งเสริมเกษตรกรผู้เลี้ยงโค ให้เก็บรักษาเศษเหลือดังกล่าวเพื่อใช้เป็นอาหารในช่วงฤดูแล้งได้เช่นกัน แต่การเสริมสารช่วยหมักเช่นการใช้ฟางข้าวหมักร่วมกับเปลือกสับปะรดก็เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยป้องกันการสูญเสียธาตุอาหารจากการหมักสับปะรด และยังทำให้ฟางข้าวมีความน่ากินและมีการย่อยได้เพิ่มขึ้นด้วย เช่นเดียวกับการใช้หญ้ารูซี่ หรือใบกระถินหมักร่วมกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานในระดับต่างๆ กัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างของพืชหมักแต่ละชนิดจะเห็นได้ว่ามีค่าเฉลี่ยที่อยู่ในเกณฑ์ของพืชหมักคุณภาพดีเกือบทั้งหมด (pH ไม่ควรเกิน 4.2) ยกเว้นเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถิน 30% ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าค่าเฉลี่ยพืชหมักที่ดีเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลจากการเสริมใบกระถิน ที่เป็นแหล่งโปรตีนที่ดีทำให้เกิดการผลิตกรดแลคติคโดยจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติคมีแนวโน้มลดลง แต่การสร้างกรดบิวทีริกมีโอกาสเพิ่มสูงขึ้น โดยการใช้แหล่งโปรตีนที่เพิ่มขึ้นเป็นอาหาร ดังนั้นการเสริมโปรตีนในพืชหมักจึงควรคำนึงถึงสมดุลของโภชนะในอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทำพืชหมักด้วย เนื่องจากมีผลต่อคุณภาพและคุณค่าทางอาหารของพืชหมัก ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าคะแนนลักษณะทางกายภาพของพืชหมัก

พืชหมัก	ระยะเวลาในการหมัก(สัปดาห์)	
	4	8
หญ้ารูซี่หมัก	16.6[c]	15.8[c]
เปลือกสับปะรดหมัก	16.3[c]	15.6[c]
เปลือกสับปะรด+ฟ่างข้าว 5%	17.8[a]	17.2[a]
เปลือกสับปะรด+ฟ่างข้าว 10%	17.6[a]	17.1[a]
เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก	17.2[b]	16.5[b]
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน+หญ้ารูซี่ 25%	17.4[ab]	16.8[ab]
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน+หญ้ารูซี่ 50%	17.0[b]	16.2[b]
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน+ใบกระถิน 10%	17.6[a]	17.1[a]
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน+ใบกระถิน 20%	17.8[a]	17.3[a]
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน+ใบกระถิน 30%	17.4[ab]	16.7[ab]

ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนของพืชหมักพบว่าการใช้ใบกระถินหมักร่วมกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานสามารถทำให้พืชหมักมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงขึ้นได้ตามระดับใบกระถินที่ใช้ในการหมัก เนื่องจากกระถินเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะในฤดูฝนซึ่งเป็นฤดูกาลที่มีใบกระถินมากมาย การนำใบกระถินมาหมักร่วมกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานก็น่าจะเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารของเศษเหลือดังกล่าวได้ดี และ ค่าเฉลี่ยโปรตีนที่สูงขึ้นน่าจะเป็นผลจากจุลินทรีย์นำแหล่งคาร์โบไฮเดรตจากเปลือกและซังข้าวโพดหวานมาใช้เป็นแหล่งพลังงานและดึงไนโตรเจนจากใบกระถินมาใช้ในการเพิ่มจำนวนเซลล์ และเป็นผลจากใบกระถินเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีชนิดหนึ่ง ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับ 10, 20 และ 30% มีค่าเท่ากับ 12.43, 14.88 และ 16.56%ในวัตถุแห้งตามลำดับ

การใช้ฟางข้าวหมักร่วมกับเปลือกสับปะรดมีผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนของพืชหมักลดลงตามระดับเปอร์เซ็นต์ฟางข้าวที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากฟางข้าวเป็นวัสดุเศษเหลือทางการเกษตรที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำโดยเฉพาะค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน สำหรับการใช้หญ้ารูซี่หมักร่วมกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานในระดับต่างๆก็มีผลเช่นเดียวกับการใช้ฟางข้าวหมักร่วมกับเปลือกสับปะรด ซึ่งเป็นผลจากหญ้ารูซี่ที่ใช้หมักเป็นหญ้าที่มีอายุมาก(70 วัน) จึงมีผลให้พืชหมักมีค่าเฉลี่ยโปรตีนต่ำลงดังตารางที่ 2

ค่าเฉลี่ยปริมาณเยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ในพืชหมักพบว่ามีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน โดยหญ้ารูซี่หมักมีค่าเฉลี่ยเยื่อใย NDF ต่ำที่สุดเท่ากับ 64.34 %ในวัตถุแห้ง แต่มีค่าเยื่อใย ADF %

ในวัตถุแห้งค่อนข้างสูง (35.86%) เมื่อเปรียบเทียบกับพืชหมักชนิดอื่นๆ ยกเว้นเปลือกสับปะรดหมักร่วมกับฟางข้าว การใช้ฟางข้าวหมักร่วมกับเปลือกสับปะรด มีผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF สูงขึ้น เช่นเดียวกับการใช้หญ้ารูซี่หมักร่วมกับเปลือกและซังข้าวโพดหวาน หรือการใช้ใบกระถินหมักร่วมกับเปลือกและซังข้าวโพดหวาน เป็นผลจากฟางข้าวมีส่วนประกอบที่เป็นผนังเซลล์อยู่สูง และใบกระถินที่ใช้เป็นใบกระถินที่ผลิตจากกิ่งกระถินที่มีส่วนของเปลือกของกิ่งที่มีส่วนผนังเซลล์และลิกนินเป็นส่วนประกอบด้วย

ตารางที่ 2 คุณค่าทางอาหารของพืชหมัก (4 สัปดาห์)

พืชหมัก	% วัตถุแห้ง	pH	%วัตถุแห้ง		
			โปรตีน	NDF	ADF
หญ้ารูซี่หมัก	26.13	3.8	6.87	64.34	35.86
เปลือกสับปะรดหมัก	8.15	3.6	8.11	72.48	33.84
เปลือกสับปะรด+ฟางข้าว 5%	12.45	3.7	6.87	74.55	38.78
เปลือกสับปะรด+ฟางข้าว 10%	15.05	3 9	5.85	76.65	42.06
เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก	15.32	3.7	9.06	71.14	32.33
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน+หญ้ารูซี่ 25%	18.76	3.8	6.07	71.22	34.65
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน+หญ้ารูซี่ 50%	20.45	3.8	5.34	72.34	34.55
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน+ใบกระถิน 10%	18.76	3.8	12.43	70.78	30.44
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน+ใบกระถิน 20%	20.65	4.0	14.88	68.88	32.68
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน+ใบกระถิน 30%	22.34	4.3	16.56	68.55	33.77

การทดลองที่ 2 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในพืชหมัก

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในกระเพาะรูเมนโดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการใช้ใบกระถินหมักร่วมกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานในระดับต่างๆ มีผลให้คุณค่าทางอาหารของพืชหมักมีค่าสูงขึ้น โดยเฉพาะค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนในวัตถุแห้ง แต่ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในพืชหมักที่มีใบกระถินมีค่าลดลงเล็กน้อย เช่นเดียวกับค่าเฉลี่ยเยื่อใยหยาบ ซึ่งเป็นผลจากการใช้ใบกระถินในพืชหมัก เนื่องจากกระถินเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง แต่องค์ประกอบของใบกระถินจะมีผลต่อคุณค่าทางอาหาร เนื่องจากแต่ละส่วนของกระถินมีคุณค่าทางอาหารแตกต่างกันขึ้นกับว่า

จะมีส่วนของกิ่งก้านปนมามากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังขึ้นกับฤดูกาลที่ตัดใบกระถินมาใช้ประโยชน์ด้วย (El hassan *et al.*,2000 และ Gutteridge and Shelton,1994)

ตารางที่ 3 คุณค่าทางอาหารของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก

พืชหมัก	%DM	%DM		
		OM	CP	CF
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน	18.45	97.08	9.13	23.78
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน+ใบกระถิน 10.0%	18.97	96.66	12.87	20.56
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน+ใบกระถิน 20.0%	19.75	95.86	14.21	18.45
เปลือกและซังข้าวโพดหวาน+ใบกระถิน 30.0%	21.22	95.52	15.09	22.11

เมื่อแช่ถุงไนล่อนที่มีตัวอย่างอาหารทุกสูตรคือเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับต่างๆคือ 10, 20 และ 30 %คิดตามน้ำหนักสด โดยแช่ถุงที่มีตัวอย่างอาหารในกระเพาะรูเมนที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 4, 8, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง พบว่า ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับ 10, 20 และ 30 %มีแนวโน้มสูงขึ้นตามชั่วโมงแช่บ่ม โดยเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 20% มีค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งสูงที่สุดเมื่อแช่บ่มที่ 96 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 74.33 % พืชหมักในทุกกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ที่ 96 ชั่วโมง โดยเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 30% มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งที่ 96 ชั่วโมงต่ำที่สุด ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งในพืชหมักทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.12, 68.34, 74.33 และ 62.97% ตามลำดับ ดังตารางที่ 4 และภาพที่ 1

ในทุกชั่วโมงการแช่บ่ม ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งของพืชหมักทุกชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) ยกเว้นในชั่วโมงแช่บ่มที่ 12 และ 24 ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันของการสลายตัวของวัตถุแห้งของพืชหมักทดลอง น่าจะแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถนำโภชนะในพืชหมักมาใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน เนื่องจากความสมดุลของสัดส่วนของโปรตีนและพลังงานในพืชหมักแต่ละชนิดมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แตกต่างกัน (Pond *et al.*,1995) โดยพืชหมักที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับ 20% มีความสมดุลของโปรตีนและพลังงานดีที่สุด นอกจากนี้การหมักจะมีผลกระทบต่อการใช้

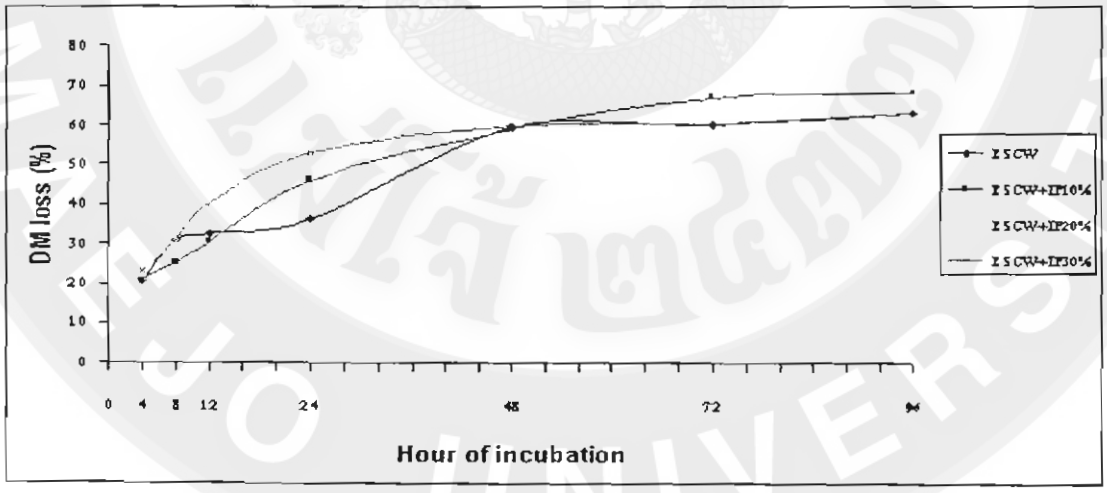
ประโยชน์ของโปรตีนในใบกระถินเนื่องจากจะทำให้โปรตีนมีการแตกตัวเป็นกรดอะมิโนอิสระไนโตรเจน และอะมีนซึ่งอยู่ในรูปที่ใช้ประโยชน์ได้น้อยในกระเพาะรูเมน (McDonald *et al*,1991) จึงมีผลให้เปลือกและซังข้าวโพดหวานที่มีระดับใบกระถินระดับ 30% มีการใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่าด้วย

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งในพืชหมัก(%)

พืชหมัก	ระยะเวลาในการแช่บ่ม(ชั่วโมง)						
	4	8	12	24	48	72	96
ESCW	20.40	30.75	32.58^{b}	36.21^{b}	59.46	60.06	63.12
ESCW+IP10%	20.94	25.23	30.63^{b}	46.01^{ab}	59.03	66.92	68.34
ESCW+IP20%	22.74	31.07	44.18^{a}	49.21^{a}	61.73	71.27	74.33
ESCW+IP30%	23.00	30.90	40.32^{a}	53.00^{a}	59.89	60.52	62.97

ESPW=เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก, ESCW+IP10% =เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก ร่วมกับใบกระถิน10%, ESCW+IP20%= เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน20%, ESCW+IP30%= เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน30%

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)



ภาพที่ 1 การสลายตัวของวัตถุแห้งในพืชหมัก

เมื่อนำค่าวัตถุแห้งที่เหลือที่ชั่วโมงต่างๆ กันไปคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของวัตถุแห้ง(a, b, c, A, B, A+B,L และ $ED_{0.002}$) ดังตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าพืชหมักที่มีใบกระถินมีค่าการละลายได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักอย่างเห็นได้ชัด ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักมีค่าการ

ละลายได้ของวัตถุแห้งต่ำที่สุดเท่ากับ 9.90% และเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 20% มีค่าการละลายได้ของวัตถุแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 13.50% และพืชหมักทั้ง 4 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยวัตถุแห้งส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (B) เท่ากับ 53.35, 64.23, 63.38 และ 49.48% ตามลำดับ โดยเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถิน 30% มีค่าเฉลี่ยส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (B) ต่ำที่สุดเท่ากับ 49.48% ค่าเฉลี่ยแตกต่างจากเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับ 10 และ 20% อย่างเห็นได้ชัด และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

การที่พืชหมักที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 30% มีค่า (B) ต่ำกว่ากลุ่มอื่นน่าจะแสดงให้เห็นว่าการใช้ใบกระถินหมักในระดับ 30% จะมีผลให้จุลินทรีย์ใช้ประโยชน์จากโภชนะในพืชหมักกลุ่มนี้ได้น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ อันเป็นผลจากใบกระถินมีส่วนของเยื่อใยที่เป็นพวกลิกนินสูง เนื่องจากเป็นใบกระถินที่ได้จากการตัดกิ่งกระถินที่มีขนาดกิ่งต่างๆกันโดยเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งที่ตัดมาสับเพื่อใช้ผลิตใบกระถินในการทดลองนี้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่มากกว่า 1.2 เซนติเมตร จึงทำให้ใบกระถินที่ใช้ในพืชหมักมีส่วนของเปลือกไม้ที่มีส่วนประกอบของลิกนินปนอยู่ด้วย ซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยได้ในปริมาณที่สูงกว่าพืชหมักกลุ่มอื่น ซึ่งสอดคล้องกับค่าศักยภาพการสลายตัวของวัตถุแห้งของพืชหมัก โดยพืชหมักที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 30%มีค่าศักยภาพการสลายตัวของวัตถุแห้ง(A+B) ต่ำที่สุดเท่ากับ 62.58 ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 5 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของวัตถุแห้ง

พืชหมัก	ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของวัตถุแห้ง					
	A(%)	B(%)	A+B (%)	c(%h^{-1})	L(h)	$ED_{0.002}$ (%)
ESCW	9.90 ^{d}	53.35 ^{a}	69.25 ^{b}	0.03 ^{a}	0.00	46.53
ESCW+IP10%	12.00 ^{c}	64.23 ^{a}	76.23 ^{a}	0.03 ^{a}	0.45	48.95
ESCW+IP20%	13.50 ^{a}	63.38 ^{a}	76.88 ^{a}	0.03 ^{a}	0.65	54.13
ESCW+IP30%	13.10 ^{b}	49.48 ^{b}	62.58 ^{c}	0.06 ^{b}	0.93	49.78

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P\leq0.05$)

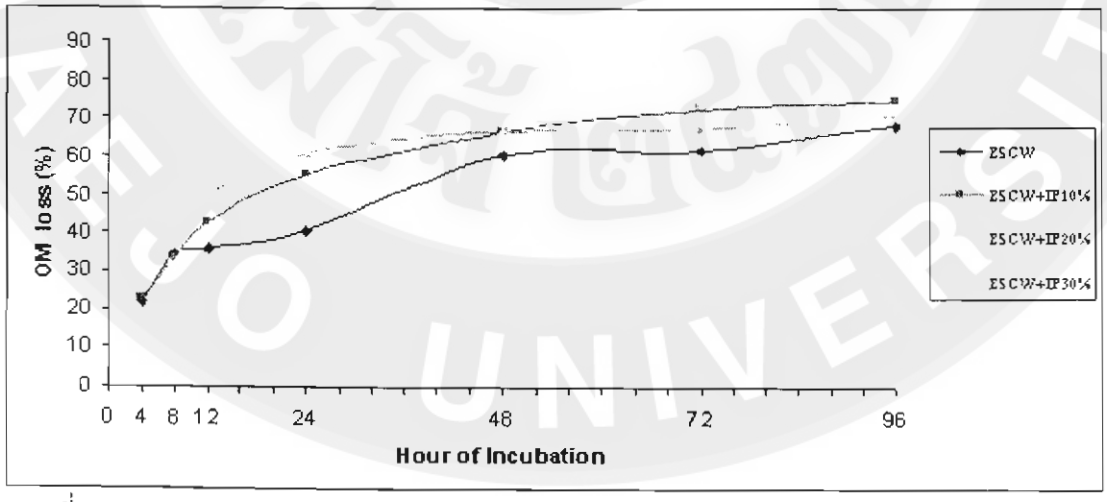
เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุในพืชหมักแต่ละกลุ่มทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุมีค่าที่สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุที่สูงขึ้นตามเวลาแช่บ่ม และค่าเฉลี่ยการสลายตัวของ

อินทรียวัตถุในพืชหมักของแต่ละกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 4, 12, 24 และ 72 ชั่วโมง ดังตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุในพืชหมักที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับต่างๆ มีค่าสูงกว่าพืชหมักที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักอย่างเห็นได้ชัด ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุเมื่อแช่บ่มนาน 96 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เท่ากับ 68.23, 74.63, 78.85 และ 71.03 % ตามลำดับ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักมีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุต่ำที่สุด คือ 68.23 % และพืชหมักที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหมักร่วมกับใบกระถินในระดับ 20% มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดเท่ากับ 78.65 %

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในพืชหมัก (%)

พืชหมัก	ระยะเวลาในการแช่บ่ม(ชั่วโมง)						
	4	8	12	24	48	72	96
ESCW	21.41^{b}	34.58	35.75^{d}	40.45^{b}	60.25	61.52^{b}	68.23
ESCW+IP10%	22.53^{b}	33.43	42.46^{c}	55.27^{a}	66.35	72.62^{a}	74.63
ESCW+IP20%	34.79^{a}	38.96	54.38^{a}	58.74^{a}	67.49	74.02^{a}	78.85
ESCW+IP30%	33.72^{a}	42.38	49.94^{b}	60.71^{a}	66.90	67.11^{a}	71.03

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)



ภาพที่ 2 การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในพืชหมัก

ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในพืชหมักทุกกลุ่มทดลองดังแสดงในตารางที่ 7 พบว่า ค่าการละลายได้ของอินทรีย์วัตถุ(A) ของพืชหมักไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพืชหมักจากเปลือกและซังข้าวโพดหวานอย่างเดียวมีค่าการละลายได้ของ

อินทรีย์วัตถุต่ำกว่าพืชหมักที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับ 10 และ 20% แต่การใช้ใบกระถินในระดับ 30%หมักร่วมกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานมีผลให้ค่าการละลายได้ของอินทรีย์วัตถุลดลงอย่างเห็นได้ชัด ค่าเฉลี่ยการละลายได้ของอินทรีย์วัตถุมีค่าเท่ากับ 5.20% เมื่อพิจารณาค่าส่วนที่ไม่ละลายของอินทรียวัตถุแต่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (B) พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ($P<0.05$) ค่าเฉลี่ยส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในพืชหมักที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 30% มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 65.34% การที่พืชหมักที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 30%มีค่าการละลายได้(A) และค่าส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (B) ต่ำกว่าพืชหมักกลุ่มอื่นๆ จึงมีผลให้ค่าศักยภาพการสลายตัวของอินทรียวัตถุต่ำที่สุดด้วย ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 70.55% ซึ่งน่าจะเป็นผลจากระดับใบกระถินที่สูงขึ้นทำให้มีส่วนของเยื่อใยที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะปริมาณลิกนินที่เป็นส่วนประกอบของเปลือกที่อยู่ตามผิวของกิ่งก้านของกระถินที่เป็นส่วนประกอบในใบกระถินที่ใช้ในการหมัก

ตารางที่ 7 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ

พืชหมัก	ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ					
	A(%)	B(%)	A+B (%)	c(%h^{-1})	L(h)	ED (%)
ESCW	6.70	69.18^{bc}	75.88^{ab}	0.04^{b}	0.00	55.18^{c}
ESCW+IP10%	7.50	72.83^{ab}	80.33^{a}	0.07^{ab}	0.00	63.71^{abc}
ESCW+IP20%	8.01	73.73^{a}	81.73^{a}	0.06^{b}	0.00	68.60^{a}
ESCW+IP30%	5.20	65.34^{c}	70.55^{c}	0.09^{a}	0.00	63.05^{abc}

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

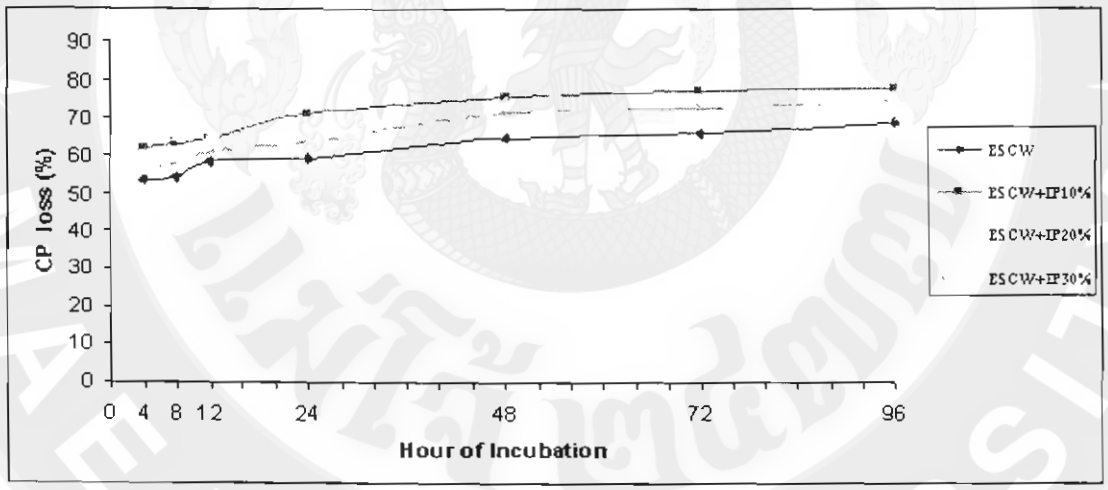
ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนในพืชหมักดังตารางที่ 8 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 8 และ ชั่วโมงที่ 24 ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนของพืชหมักทุกกลุ่มการทดลองมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาการแช่บ่ม ที่ชั่วโมงการแช่บ่มที่ 96 ชั่วโมงค่าการสลายตัวของโปรตีนในพืชหมักที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 20% มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 83.84% และเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับต่างๆ มีค่าการสลายตัวของโปรตีนสูงกว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนต่ำที่สุดเท่ากับ 69.07% เป็นผลจากเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักเป็นพืชหมักที่มีค่าเฉลี่ยโปรตีนต่ำที่สุด แต่การใช้ใบกระถินในระดับสูงขึ้นถึง 30%มีผลให้ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของ

โปรตีนมีแนวโน้มลดต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน ในระดับ 10 และ 20% ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนที่ลดต่ำลงเมื่อเพิ่มระดับใบกระถินในพืชหมักน่าจะมีผลจากความไม่สมดุลระหว่างโปรตีนและพลังงานในพืชหมักเป็นสำคัญ

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนในพืชหมัก (%)

พืชหมัก	ระยะเวลาในการแช่บ่ม(ชั่วโมง)						
	4	8	12	24	48	72	96
ESCW	53.46	54.33 [b]	58.35	59.16 [b]	65.02	66.19	69.07
ESCW+IP10%	62.16	63.06 [a]	64.57	71.26 [a]	75.71	77.30	77.70
ESCW+IP20%	55.90	65.27 [a]	65.42	64.22 [ab]	74.64	80.55	83.84
ESCW+IP30%	56.07	57.41 [ab]	61.32	63.58 [ab]	71.60	73.01	75.09

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)



ภาพที่ 3 การสลายตัวของโปรตีนในพืชหมัก

ค่าเฉลี่ยการละลายได้ของโปรตีน (A) ในพืชหมักแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 10% มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 36.23% แต่ส่วนของโปรตีนที่ไม่ละลายและสามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (B) ของพืชหมักที่มีเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับ 20% มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 84.70 % และเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถินในระดับ 10% มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 43.30% ดังตารางที่ 9 และภาพที่ 3 ค่าศักยภาพการสลายตัวของโปรตีน (A+B) ในพืชหมักทุกชนิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งเป็นผลจากค่าการสลายตัวของโปรตีน

(A)และ ค่าส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์(B) และพืชหมักที่มีใบกระถินมีค่าศักยภาพการสลายตัวของโปรตีนสูงกว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งน่าจะเป็นผลจากโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของใบกระถินเป็นโปรตีนคุณภาพดีที่สามารถถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มปริมาณประชากรได้ ดังจะเห็นได้จากค่าศักยภาพในการสลายตัวของเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถินในทุกระดับ มีค่าสูงกว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถิน 20% มีค่าศักยภาพการย่อยสลายของโปรตีนสูงที่สุดคือ 100%

ตารางที่ 9 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของโปรตีน

พืชหมัก	ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของโปรตีน					
	A(%)	B(%)	A+B (%)	c(%h^{-1})	L(h)	$ED_{0.002}$ (%)
ESCW	15.60^{b}	56.20^{c}	71.80^{c}	0.04^{a}	0.00	65.86^{c}
ESCW+IP10%	36.23^{a}	43.30^{d}	79.60^{b}	0.05^{a}	0.00	74.43^{b}
ESCW+IP20%	15.30^{c}	84.70^{a}	100.00^{a}	0.01^{b}	0.00	80.73^{a}
ESCW+IP30%	15.30^{c}	65.73^{b}	81.03^{b}	0.04^{ab}	0.00	70.98^{b}

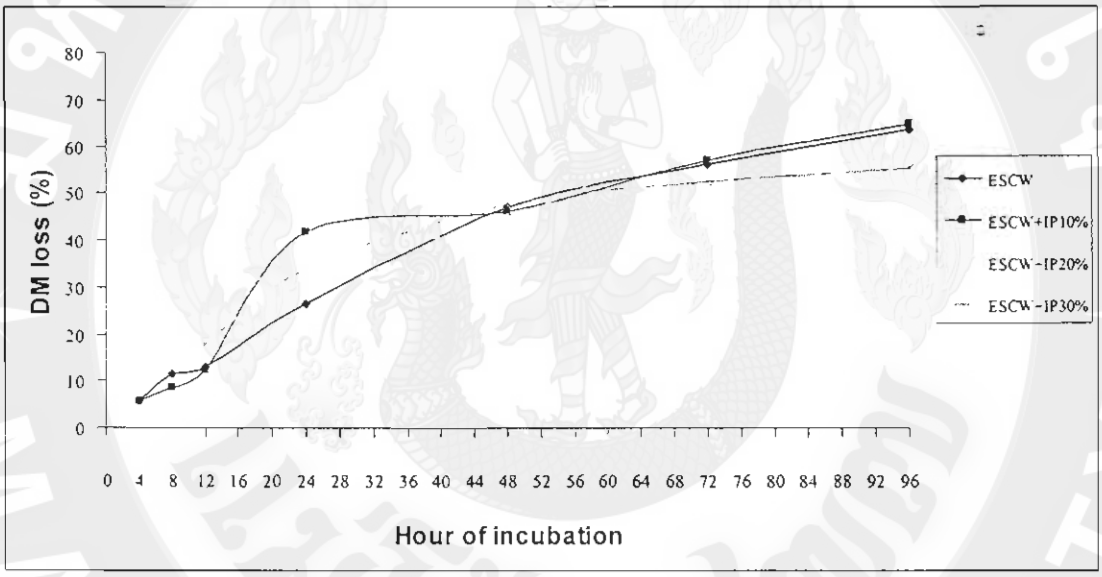
ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยในชั่วโมงแช่บ่มต่างๆกันคือ 4, 8, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง พบว่าการสลายตัวของเยื่อใยในพืชหมักทุกชนิดมีค่าสูงขึ้นตามชั่วโมงแช่บ่มเช่นเดียวกับโภชนะอื่น เช่น วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และ โปรตีน ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยในพืชหมักมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในทุกชั่วโมงการแช่บ่ม ในการแช่บ่มถุงไนล่อนที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 96 พบว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถิน 20% มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยสูงที่สุด คือ 67.44% รองลงมาได้แก่ เปลือกและซังข้าวโพดหมักร่วมกับกระถิน 10% เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 30% ตามลำดับ เป็นผลจากปริมาณเยื่อใยในส่วนผนังเซลล์ที่สูงขึ้นจากการเสริมใบกระถิน

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใย CF ในพืชหมัก(%)

พืชหมัก	ระยะเวลาในการแช่บ่ม(ชั่วโมง)						
	4	8	12	24	48	72	96
ESCW	5.80^{b}	11.41^{c}	12.98^{c}	26.58^{c}	46.90^{a}	56.00^{ab}	63.69^{b}
ESCW+IP10%	5.67^{b}	8.72^{d}	12.38^{c}	41.68^{a}	45.98^{b}	57.08^{a}	64.63^{ab}
ESCW+IP20%	7.84^{a}	18.84^{a}	27.00^{a}	34.41^{b}	44.58^{b}	61.86^{a}	67.44^{a}
ESCW+IP30%	7.43^{a}	14.10^{b}	17.91^{b}	34.09^{b}	47.56^{a}	52.46^{b}	55.26^{c}

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)



ภาพที่ 4 การสลายตัวของเยื่อใย CF ในพืชหมัก

จากตารางที่ 11 จะเห็นได้ว่าเยื่อใยในเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 20% มีความสามารถในการถูกย่อยสลาย (potential degradability, A+B) สูงที่สุดรองลงมาคือ เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 10% และ 30% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าในภาพที่ 4 ที่คำนวณจากโปรแกรม NEWAY เมื่อพิจารณาค่าการสลายตัวของเยื่อใยในพืชหมักทุกชนิด จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถิน 20% มีค่าสูงที่สุดรองลงมาคือเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 10% และเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถิน 30% ตามลำดับ การที่พืชหมักมีค่าการละลายได้ (A) ที่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัด จะมีผลให้จุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์ได้เร็ว

และมีผลให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้นตามมา โดยเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถินในระดับต่างๆ มีค่าส่วนของเยื่อใยที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยได้โดยจุลินทรีย์ (B) น้อยกว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก แสดงว่าในใบกระถินอาจมีสารที่ไปมีผลในการยับยั้งการย่อยได้ของเยื่อใย หรือมีส่วนของผนังเซลล์ที่ย่อยยากหรือย่อยไม่ได้ เช่น ลิกนินอยู่ จะเห็นได้ว่าค่าของช่วงเวลาที่จุลินทรีย์เริ่มเข้าย่อยอาหารหลังจากอาหารเข้าไปในกระเพาะรูเมน (L) ที่จุลินทรีย์ใช้ในการเข้าย่อยเยื่อใยในพืชหมักทุกชนิดแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถิน 30% มีช่วงระยะเวลานานที่สุด แสดงว่าโอกาสที่จุลินทรีย์จะเข้าไปใช้ประโยชน์น้อยกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งเป็นผลจากปริมาณของเยื่อใยที่เป็นส่วนประกอบของใบกระถินนั่นเอง และเป็นผลให้เปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถิน 30%มีการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนต่ำที่สุด

ตารางที่ 11 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของเยื่อใย CF

พืชหมัก	ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของเยื่อใย					
	A(%)	B(%)	A+B (%)	c(%h^{-1})	L(h)	$ED_{0.002}$ (%)
ESCW	21.10^{c}	71.50^{a}	92.60^{a}	0.03	1.10^{d}	56.48^{a}
ESCW+IP10%	23.00^{b}	55.45^{c}	78.43^{c}	0.04	1.09^{a}	54.60^{a}
ESCW+IP20%	39.90^{a}	58.65^{b}	98.55^{a}	0.04	1.81^{b}	63.23^{a}
ESCW+IP30%	11.90^{d}	50.15^{d}	62.05^{d}	0.05	3.88^{c}	45.18^{b}

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

การทดลองที่ 2.2 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะโดยวิธีการชั่งน้ำหนักทั้งหมด

ผลจากการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะโดยวิธีชั่งน้ำหนักทั้งหมดในอาหารทดลองทั้ง 4 ชนิด พบว่าค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ คือ ค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ ค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของโปรตีน และ ค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของเยื่อใย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถิน 10 และ 20% มีค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของการย่อยได้ของโภชนะทั้ง 4 ชนิด สูงกว่าเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก และเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับใบกระถิน 30% และการเพิ่มระดับใบกระถินในเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักมีผลให้ค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของโภชนะ(วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน และเยื่อใยหยาบ) สูงขึ้น แต่การเพิ่มใบกระถินในระดับที่สูงขึ้นถึงระดับ 30% มีผลให้ค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของโภชนะ

ลดลง ค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน และเยื่อใย ของเปลือกและซังข้าวโพดหวานที่หมักร่วมกับใบกระถิน 20% มีค่าสูงที่สุดค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 68.91, 73.66,74.43 และ72.21%ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของโภชนะจากการศึกษาโดยวิธีการชั่งน้ำหนักทั้งหมด มีผลที่สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางอาหาร และการสลายตัวของโภชนะในกระเพาะรูเมน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มใบกระถินซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนในพืชหมักโดยการหมักร่วมกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานมีผลให้พืชหมักมีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้น และมีการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความสมดุลของโปรตีน และพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น โดยมีแหล่งพลังงานจากเปลือกและซังข้าวโพดหวาน และมีแหล่งโปรตีนจากใบกระถิน ซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำโภชนะไปใช้ประโยชน์ได้ แต่เมื่อปริมาณโปรตีนในพืชหมักเพิ่มขึ้นโดยแหล่งพลังงานที่มีอยู่ลดน้อยลงการใช้ประโยชน์จากโปรตีนก็จะลดลงด้วย ดังจะเห็นได้จากการเพิ่มระดับใบกระถินในพืชหมักที่ระดับ 30% จะมีผลให้การใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนลดลง ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะโดยวิธีการชั่งน้ำหนักทั้งหมด

พืชหมัก	การย่อยได้ของโภชนะ (%)			
	DM	OM	CP	CF
ESCW	51.76^{c}	59.54^{c}	62.17^{c}	66.51^{b}
ESCW+IP10%	56.43^{b}	64.54^{b}	67.78^{b}	54.98^{c}
ESCW+IP20%	68.91^{a}	73.66^{a}	74.43^{a}	72.21^{a}
ESCW+IP30%	55.42^{b}	59.12^{c}	63.31^{c}	56.76^{c}

การทดลองที่ 3 ศึกษาสมรรถภาพในการผลิตของโครีดนมที่ได้รับหญ้ารูซี่หมัก เปรียบเทียบกับหญ้ารูซี่สดเป็นแหล่งอาหารหยาบ

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของอาหารหยาบและอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง คือ หญ้ารูซี่สด หญ้ารูซี่หมัก และอาหารข้นที่ใช้ในการทดลองเป็นเวลา 70 วัน ดังแสดงในตารางที่ 13 พบว่าอาหารข้นสำเร็จรูปที่ใช้ในการทดลองมีคุณค่าทางอาหารสูง คือมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน 16.78% และ มีพลังงานรวม (Gross energy) เฉลี่ย 4.58 kal./g.DM หญ้ารูซี่สดมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าหญ้ารูซี่หมักเล็กน้อย โดยเฉพาะค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและเปอร์เซ็นต์โปรตีน หญ้ารูซี่หมักมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งที่ต่ำกว่าหญ้าสดเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาทาง

เคมีที่เกิดขึ้นในขบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ อาหารหยาบทั้งสองกลุ่มจัดเป็นอาหารหยาบที่มีคุณภาพปานกลาง สอดคล้องกับรายงานของเสริมศักดิ์(2543) ที่กล่าวว่า พืชอาหารสัตว์ที่เกษตรกรใช้เลี้ยงโคมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่แตกต่างกันเป็นผลจากอายุการตัด สภาพพื้นที่ที่ปลูก เป็นต้น โดยเฉลี่ยหญ้าที่ใช้เลี้ยงโคมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนระหว่าง 5 -12 เปอร์เซ็นต์ในวัตถุแห้ง และหญ้าที่ตัดที่อายุน้อยจะมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าหญ้าที่ตัดที่อายุมาก

ตารางที่ 13 ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลองจากการวิเคราะห์ (% วัตถุแห้ง)

ส่วนประกอบ(%)	หญ้ารูซี่สด	หญ้ารูซี่หมัก	อาหารข้น
วัตถุแห้ง	24.67	22.68	89.12
โปรตีน	8.65	8.23	16.78
ไขมัน	1.87	1.98	7.65
เยื่อใย	30.12	29.77	7.53
เถ้า	9.87	9.43	9.87
NFE	49.49	50.59	58.17
NDF	67.11	64.33	-
ADF	38.34	36.57	-
Ca	-	-	1.04
P	-	-	0.07
GE (kal./gDM)	-	-	4.58

สมรรถภาพในการผลิต

จากตารางที่ 14 จะเห็นได้ว่าแม่โครีดน้ำนมทั้งสองกลุ่มการทดลองกินอาหารคิดเป็นน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แม้ว่าปริมาณการกินหญ้าหมักจะมีค่าต่ำกว่าการกินหญ้าสดเล็กน้อย ซึ่งน่าจะเป็นผลจากหญ้าหมักมีความเป็นกรดสูงและมีความชื้นมากกว่าหญ้าสด ซึ่งมีผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง ผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานของ อังคณา และ คณะ (2549) ที่รายงานว่า ปริมาณการกินอาหารของโครีดนมที่กินหญ้ากินนีลดเป็นอาหารหยาบจะสูงกว่าโครีดนมที่กินหญ้ากินนีหมัก เนื่องจากหญ้าหมักมีวัตถุแห้งต่ำกว่า แต่มีค่าความเป็นกรดสูงทำให้สัตว์มีปริมาณการกินได้ลดลง ซึ่งมีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนมตามมา แต่ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

จากค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินของแม่โคทั้งสองกลุ่มการทดลอง แสดงให้เห็นว่าอาหารหยาบที่ให้กินทั้งสองกลุ่มมีคุณภาพไม่แตกต่างกันในด้านการใช้ประโยชน์ในตัวสัตว์ แม้ว่าในกลุ่มที่ 1 โคจะมีปริมาณการกินอาหารทั้งหมดในรูปวัตถุแห้งสูงกว่ากลุ่มที่ 2 คือหญ้ารูซี่หมักเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีผลให้มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 14 สมรรถภาพในการผลิตของโครีตนม

รายการ	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
จำนวนสัตว์ทดลอง,ตัว	6	6
ระยะเวลาทดลอง	70	70
ปริมาณน้ำนมที่รีดได้จริง, กก/ตัว/วัน	10.88 ± 2.41	10.65 ± 2.41
ปริมาณน้ำนมปรับที่ 4%FCM,กก/ตัว/วัน	11.02 ± 2.12	10.83± 1.82
ปริมาณอาหารที่กิน(วัตถุแห้ง),กก/ตัว/วัน		
อาหารหยาบ	10.15± 1.43	9.86 ± 1.21
อาหารข้น	2.63± 0.32	2.51± 0.41
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนม 1 กก.ที่มีไขมันนม 4%	1.17 ± 0.28	1.16 ± 0.32

ปริมาณน้ำนมที่รีดได้จากการกินอาหารหยาบทั้งสองชนิดดังตารางที่ 14 แสดงว่าการให้อาหารหยาบทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อการผลิตน้ำนม ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้นมมีค่าเท่ากับ 10.88 และ 10.65 กก./ตัว/วัน สำหรับโคที่ได้รับหญ้าสดและหญ้าหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบตามลำดับ เมื่อปรับค่าเป็นน้ำนมที่มีไขมัน 4%แล้ว พบว่ามีค่าเท่ากับ 11.02 และ 10.83 กก./ตัว/วัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) ปริมาณน้ำนมที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ น่าจะมีผลจากการให้อาหารหยาบแบบเต็มที่ทำให้โคสามารถนำโภชนะไปผลิตน้ำนมได้ตามความสามารถ และจากคุณค่าทางอาหารของอาหารหยาบจะเห็นได้ว่ามีคุณภาพไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อโคได้รับอาหารหรือโภชนะตามความต้องการของร่างกาย โดยเฉพาะอาหารหยาบที่เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งมีผลต่อขบวนการเมตาโบลิซึมของร่างกายและการสร้างน้ำนม แม้ว่าจากการทดลองนี้ปริมาณน้ำนมที่รีดได้ในโคที่กินหญ้าสด จะมีแนวโน้มสูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าหมักเล็กน้อยก็ตาม แต่ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติ ซึ่งน่าจะเป็นผลจากโคที่ได้รับหญ้าสดได้รับวัตถุแห้งมากกว่า และคุณค่าทางอาหารของหญ้าสดยังสูงกว่าหญ้าหมักเล็กน้อย สอดคล้องกับ

รายงานของ Church (1991)ที่กล่าวว่าสัดส่วนของอาหารหยาบ และอาหารข้นที่สัตว์ได้รับ รวมทั้งความสมดุลของโปรตีน และพลังงานในอาหาร มีผลโดยตรงต่อปริมาณการให้นมและส่วนประกอบของน้ำนม

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนม พบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันนมของโคทดลองที่ได้รับอาหารหยาบทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันทางสถิติ($P<0.05$) แต่โคที่ได้รับหญ้าสดมีส่วนประกอบของน้ำนมสูงกว่าเล็กน้อยโดยเฉพาะปริมาณไขมันนม ทั้งนี้น่าจะมีผลจากปริมาณอาหารที่สัตว์ได้รับไม่แตกต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณเยื่อใย ซึ่งมีส่วนสำคัญในการสร้างส่วนประกอบของน้ำนม เช่น ไขมันนม การได้รับปริมาณอาหารในรูปวัตถุแห้งที่ไม่แตกต่างกันมีผลให้การย่อยอาหารในกระเพาะรูเมนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่สัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายที่เกี่ยวข้องกับการกลั่นสร้างน้ำนมไม่เปลี่ยนแปลงคือ มีกรดอะซิติคสูงกว่ากรดโปรไพโอนิค ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sutton *et al.* (2003) และ Wanapat. (1999) ที่รายงานว่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและส่วนประกอบของน้ำนมคืออาหาร โดยสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นในสูตรอาหารที่โคได้รับจะมีผลโดยตรงต่อปริมาณไขมันในนม อาหารที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นสูง จะถูกหมักโดยจุลินทรีย์ให้ได้กรดอะซิติกและกรดบิวทีริกสูงกว่าการสร้างกรดโปรไพโอนิค และ กรดอะซิติคและกรดบิวทีริกเป็นสารเริ่มต้นที่สำคัญในการสร้างไขมันในนม

ด้านปริมาณโปรตีนในน้ำนมพบว่ามีผลสอดคล้องกับส่วนประกอบอื่นๆซึ่งมีผลจากอาหารเช่นกัน พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนมที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ($P<0.05$) เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์ไขมันนม ซึ่งน่าจะเป็นไปได้ว่าสัตว์ได้รับโภชนะที่ไม่แตกต่างกันมากนักและเพียงพอต่อความต้องการในระยะให้นม ค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดในนมและของแข็งที่ไม่รวมไขมันนมมีค่าในทิศทางเดียวกับปริมาณไขมันนม ดังตารางที่ 15

ตารางที่15 ส่วนประกอบของน้ำนม (%)

รายการ	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
ไขมัน	4.06	3.97
โปรตีน	3.43	3.39
ของแข็งทั้งหมดในนม(Total solid)	12.04	11.96
ของแข็งที่ไม่รวมไขมันนม (Solid not fat)	7.98	7.99

สรุปผลการทดลอง

1.การทำพืชหมักจากหญ้าและเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรในถุงพลาสติกโดยไม่มีการใช้สารช่วยหมักและ ใช้เครื่องดูดอากาศเป็นวิธีการที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้ในฟาร์มได้ แต่ลักษณะทางกายภาพ และคุณค่าทางอาหารของพืชหมักจะผันแปรไปขึ้นกับชนิดของพืชหรือวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรที่นำมาใช้ในการหมัก

2. การเสริมใบกระถินหมักร่วมกับเปลือกและซังข้าวโพดหวานในระดับ 10-20 % สามารถทำให้คุณค่าทางอาหาร และการใช้ประโยชน์ของโภชนะในพืชหมักสูงขึ้นได้

3. การใช้หญ้ารูซี่หมักเป็นแหล่งอาหารหยาบในโครีดนมไม่มีผลต่อการกินได้ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ปริมาณน้ำนม และส่วนประกอบของน้ำนม

เอกสารอ้างอิง

ขวัญชาย เครือสุวรรณ สุวิชัย โรจนเสถียร นภดล โนนคำวงศ์ วีระศักดิ์ พรปัญญาวิทยา เทิด เทศประทีป สราวุธ เขียวศรี สุรชัย พรหมมา วันา มานิตย์ วีระวรรณ ติวะนันทกร ทวีศาสตร์ ตันกิตินยานนท์ ปรมินทร์ วินิจฉัยกุล.2545. การจัดการดูแลสุขภาพและผลผลิตในโคนมระดับฝูงของเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดเชียงใหม่. รายงานการประชุมวิชาการ สาขาสัตว์/สัตวศาสตร์/สัตวแพทย์ ครั้งที่ 3 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 29 มกราคม 2545. น. 295-302

จรัญ จันทลักขณา. 2540. สถิติวิธีการวิเคราะห์และการวางแผนการวิจัย. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาจำกัด กรุงเทพฯ. 468 น.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา.2547.การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. กองอาหารสัตว์ กรมปสุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ น.562-581.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2542. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 383 น.

ไพบูลย์ ใจเด็ด สมชาย จันทร์ผ่องแสง และวิชัย ศุภลักษณ์.2545.การปรับปรุงคุณค่าเปลือกสับปะรดสำหรับโคนม.วารสารโคนม. 19(1) : 12-16.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น. 463 น.

เสริมศักดิ์ สุวรรณศิลป์. 2543. พืชอาหารสัตว์และการจัดการทุ่งหญ้า. ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. 298น.

อังคนา หาญบรรจง เพ็ญแข วันไชยธนวงค์ สุนีย์ นิธิสินประเสริฐ และ สมจิตร ถนอมวงค์วัฒนะ. 2549. คุณภาพของหญ้าหมักและการยอมรับต่อภาชนะหมักชนิดต่างๆของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม. รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 44 . สาขาสัตว์. น. 89-96.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Verginia USA.

AOAC. 1998. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithergurg, Maryland , USA.

Chen, X, B.2005. Neway excel, An excel application program for processing feed degradabilitydata,UserManual.(Online).Availablehttp://www.macaulay.ac.uk/IFRU/resrc_fcurve.html. (20 February 2006)

Church, D.C. 1991. Livestock Feeds and Feeding : a division of Simon and Schuster. 3rd ed. , Pretice Hall, Inc. , Englewood Cliffs. New Jersey. 546 p.

El hassan, S. M., A. Lahlou Kassi, C. J. Newbold and R. J. Wallace. 2000. Chemical composition and degradation characteristics of foliage of some African multipurpose trees. Anim. Feed Sci. Technol. 86:27-37.

Gutterige, R. C. and H. M. Shelton.1994. The role of forage tree legumes in cropping and grazing systems. *In*:Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. (Eds. R. C. Gutteridge and H. M. Shelton). CAB International, Wallingford. pp. 3-11.

Kreuzer, M. H., and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim. Res. And. Devel. 25:7-55.

Lean, I. 1987. Nutrition of Dairy Cattle. The University of Sydney .Post-Graduate Foundation in Veterinary Science. New South Wale.

McDonald, P., N. Henderson and S. heron. 1991. The biochemistry of Silage. 2nd Ed. Chalombe Publications, Marlow, Bucks, UK.

Orskov, E. R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agri. Sci. Camb. 92(42):499-503.

Pond, W.G., D.C. Church, and K.R. Pond. 1995. Basic Animal Nutrition and Feeding, 4th Ed. John Wiley & Sons. New York. U.S.A. 599 p.

SAS.1996. User's Guide, version 6.12. (CD-ROM). N.P.:SAS Inst., Inc., Cary, NC.

Steel, R.G.D. and J. H. Torrie.1984. Principle and Procedures of Statistics. 2nd. Ed. New York, McGraw Hill Book Co. Inc. 633 p.

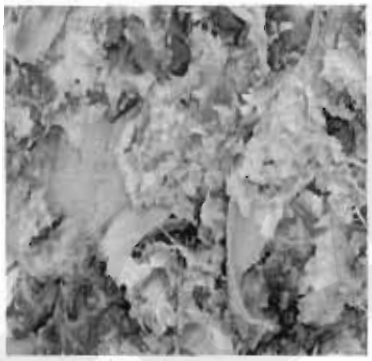
Sutton, J. D., M. S. Dhanoa, S. V. Morant, J. France, D. J. Napper and E. Schuller. 2003. Rate of production of acetate, propionate and butyrate in rumen of lactating dairy cows given normal and low- roughage diets. J. Dairy Sci. 86:3620-3633.

Van Soest, P. J.,J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.

Wanapat, M. 1999. Feeding of Ruminants in the Tropic based on Local Feed Resources. Khon Kaen Publishing Company, Ltd. Khon Kaen. 236 p.

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ภาคผนวก

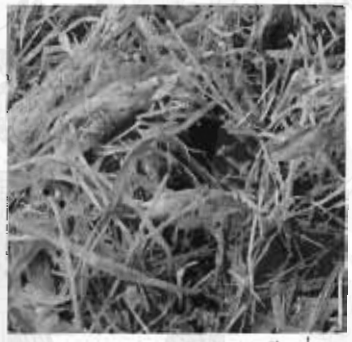


เปลือกสับปะรดหมัก

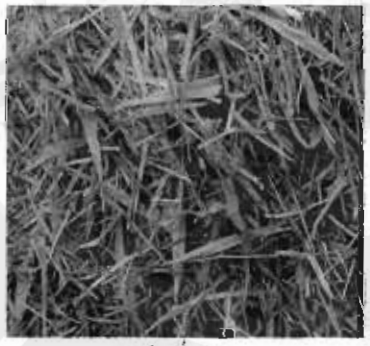
เปลือกสับปะรด+ฟางข้าว 5 %

เปลือกสับปะรด+ฟางข้าว 10%

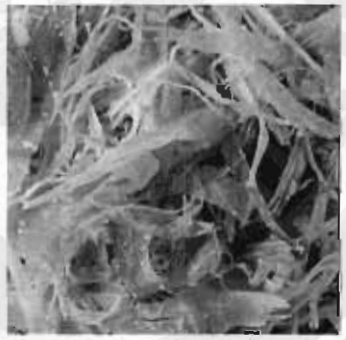
เปลือกและซังข้าวโพดหมัก+หญ้ารูซี่ 25%



เปลือกและซังข้าวโพดหมัก+หญ้ารูซี่ 50%



หญ้ารูซี่หมัก



เปลือกและซังข้าวโพดหมัก

เปลือกและซังข้าวโพดหมัก+ใบกระถิน 10%เปลือกและซังข้าวโพดหมัก+ใบกระถิน 20%เปลือกและซังข้าวโพดหมัก+ใบกระถิน 30%

แบบประเมินลักษณะทางกายภาพของหญ้าหมัก

ลักษณะทางกายภาพ	คะแนนเต็ม	ตัวอย่างพืชหมัก				
		1	2	3	4	5
ส่วนประกอบ	4					
- ส่วนประกอบของพืช เช่นใบ ลำต้นยังคงสภาพเดิม	4					
- ส่วนประกอบของใบ และลำต้นมีลักษณะเปื่อยยุ่ย เล็กน้อย	2					
- ส่วนประกอบของใบและลำต้นมีลักษณะเปื่อยยุ่ยปานกลาง มีการปนเปื้อนจากวัสดุอื่นหรือมีราเล็กน้อย	1					
- ส่วนประกอบของใบและลำต้นมีลักษณะเปื่อยยุ่ยมาก มีการปนเปื้อนจากวัสดุอื่นมากหรือมีราขึ้นมาก	0					
กลิ่น	14					
- มีกลิ่นหอมของ lactic acid หรือมีกลิ่น aromatic	14					
- มีกลิ่นหอมของ lactic acid อ่อนมาก	8					
- มีกลิ่นหอมของกรดอื่นปานกลาง เช่น butyric acid และ lactic acid	4					
- มีกลิ่นหอมของกรดอื่นๆปนอย่างแรง	2					
- มีกลิ่นหอมเหม็นเน่า มีกลิ่นรา หรือกลิ่นคล้ายปุ๋ยหมัก	0					
สี	2					
- สีน้ำตาลอ่อนๆของหญ้าหมักคล้ายของหมักดองทั้งหลาย	2					
- สีน้ำตาลเข้ม	1					
- สีเขียวเข้ม สีเขียวคล้ำ สีเหลืองจางหรือสีของเชื้อรา	0					
รวมคะแนน						

คุณภาพของหญ้าหมัก		คะแนนรวม
เกรด 1 ดีมาก	คะแนน	20 – 16
เกรด 2 ดี	คะแนน	15 - 10
เกรด 3 ดีพอใช้	คะแนน	9 - 5
เกรด 4 เลว	คะแนน	4 - 0