**ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี**
**ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์**

**เรื่อง**

**การย่อยได้ของอาหารทีเอ็มอาร์ในโคนมโดยวิธี *In vitro***

**Digestibilities of Total Mixed Rations for Dairy Cow by an *In vitro* Technique**

**โดย**

**นางสาวศิริลักษณ์ เตชะนรราช**

**ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย**

**อาจารย์ที่ปรึกษา**.....
**(ผศ.ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)**

15985
14 ก.ค. 2542

**ภาควิชารับรองแล้ว**

.....
**(ผศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์)**
**หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์**
**วันที่** 30 **เดือน** พ.ค. **พ.ศ.** 42

ปพ.
ต 484 ก
2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

# การย่อยได้ของอาหารทีเอ็มอาร์ในโคนมโดยวิธี *In vitro*

# Digestibilities of Total Mixed Rations for Dairy Cow by an *In vitro* Technique

T100735

โดย

นางสาวศิริลักษณ์ เตชะนรราช

ปพ.
ศ48ก
2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....100735
วัน,เดือน,ปี.....22 JUN 2009

เสนอ

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

พ.ศ.2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บทคัดย่อปัญหาพิเศษ**
**เรื่อง**

## การย่อยได้ของอาหารทีเอ็มอาร์ในโคนมโดยวิธี *In vitro*

**Digestibilities of Total Mixed Rations for Dairy Cow by an *In vitro* Technique**


การศึกษาการย่อยได้ของอาหารทีเอ็มอาร์ (Total Mixed Rations, TMR) โดยวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* digestibility) ซึ่งพิจารณาจากค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD) และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (*in vitro* digestible organic matter digestibility, IVDOMD) ของอาหารทีเอ็มอาร์ โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x2x2 Factorial arrangement in CRD โดยแบ่งเป็นปัจจัยที่ 1 ได้แก่อัตราส่วนระหว่างฟางข้าวต่อกระถินเทพาที่ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบมี 4 ระดับ คือ 100 ต่อ 0, 60 ต่อ 40, 50 ต่อ 50 และ 40 ต่อ 60 ปัจจัยที่ 2 ได้แก่แหล่งพลังงานหลักในสูตรอาหารมี 2 ระดับ คือ ข้าวโพดและมันเส้น ปัจจัยที่ 3 ได้แก่อัตราส่วนระหว่างอาหารข้นต่ออาหารหยาบในอาหารทีเอ็มอาร์มี 2 ระดับ คือ 50 ต่อ 50 และ 60 ต่อ 40

ผลจากการหาค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง พบว่าอัตราส่วนระหว่างฟางข้าวต่อกระถินเทพาไม่มีผลต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในทางสถิติ ($p>0.05$) และสูตรที่มีมันเส้นมีผลทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าสูตรที่มีข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนอัตราส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบ 60 ต่อ 40 มีผลทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าที่อัตราส่วน 50 ต่อ 50 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และเมื่อนำไปหาค่าปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่าง 2 ปัจจัยและระหว่าง 3 ปัจจัย พบว่าไม่มีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งในทางสถิติ ($p>0.05$)

ส่วนค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ พบว่าอัตราส่วนของฟางข้าวต่อกระถินเทพาที่ 100 ต่อ 0 มีผลทำให้ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุต่ำกว่าอัตราส่วนอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และสูตรที่มีมันเส้นมีค่าการย่อยได้สูงกว่าสูตรที่มีข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนอัตราส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบ 60 ต่อ 40 มีค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุสูงกว่าที่ 50 ต่อ 50 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ 1 และ 2 มีผลต่อค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) นอกจากนี้ค่าปฏิสัมพันธ์อื่น ๆ ไม่มีผลต่อค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุในทางสถิติ ($p>0.05$)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คำนิยม

ในการทำปัญหาพิเศษจนสำเร็จเป็นรูปเล่มสมบูรณ์นี้ได้ ขอขอบคุณ คุณพ่อกับคุณแม่ที่เป็นกำลังใจและกำลังทรัพย์ที่ดีและคอยมาส่งตลอดที่ทำการทดลอง ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงสำหรับ ผศ.ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ โดยกรุณาช่วยเหลือและช่วยแนะแนวทางในการทำปัญหาพิเศษ ตลอดจนแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ระหว่างทำการทดลองตลอด ขอขอบคุณ อาจารย์ณหทัย วิจิตรโรทัย และอาจารย์จรรยา คงฤทธิ์ ที่ให้คำปรึกษาทางด้านการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ขอบคุณพี่วิสาข์ กิตติโชควัฒนา ที่ช่วยในด้านการคำนวณสูตรอาหารและวิธีทดลอง ขอบคุณอาจารย์เทียมพบ ที่ใช้ทางด้านการวิเคราะห์ทางสถิติ ขอบคุณนางสาววิลาสินี ตัญทโญภิญและนางสาวพรรณทิพา ธงทอง ที่ช่วยทำการทดลองตั้งแต่ต้นจนสำเร็จ ขอบคุณพี่ก้องและพี่หนึ่งในการผ่าตัดเจาะกระเพาะโค ขอบคุณน้องกวางและน้องจอยที่เป็นสัตว์ทดลองที่น่ารัก ขอบคุณ น้อยหน่าและโชค ที่เอื้อเฟื้อในด้านพาหนะสำหรับขับขี่ไปฟาร์มในช่วงตลอดการทดลอง สุดท้ายขอขอบคุณกำลังกายและกำลังใจของเพื่อน ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ที่ช่วยทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้เกิดขึ้นมาได้

ศิริลักษณ์ เตชะนรราช

พฤษภาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญตารางภาคผนวก | (3) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 2 |
| ตรวจเอกสาร | 3 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 22 |
| ผลการทดลองและวิจารณ์ | 30 |
| สรุป | 37 |
| ข้อเสนอแนะ | 38 |
| เอกสารอ้างอิง | 39 |
| ภาคผนวก ก. | 42 |
| ภาคผนวก ข. | 45 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงชนิดของวัตถุดิบและปริมาณที่แนะนำให้ใช้สำหรับผสมอาหารข้นเพื่อเลี้ยงโคนม | 7 |
| 2 | แสดงผลของระดับไมโมซินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์เลี้ยงชนิดต่างๆ ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ในประเทศซาอีร์ | 10 |
| 3 | แสดงวิธีการให้อาหารทีเอ็มอาร์ | 14 |
| 4 | แสดงขนาดความยาวของหญ้าแห้งที่มีต่อลักษณะการผลิตของโคนม | 16 |
| 5 | แสดงปริมาณการกินได้และการให้ผลผลิตของโคนมที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ในรูปแบบต่าง ๆ | 17 |
| 6 | แสดงส่วนประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์ | 25 |
| 7 | แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทีเอ็มอาร์ที่ได้จากการคำนวณ | 26 |
| 8 | แสดงค่าโภชนะของวัตถุดิบที่นำมาผสมเป็นอาหารทีเอ็มอาร์ ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี proximate analysis เป็นเปอร์เซ็นต์ | 31 |
| 9 | แสดงค่าโภชนะของอาหารทีเอ็มอาร์ ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี proximate analysis เป็นเปอร์เซ็นต์ | 32 |
| 10 | แสดงค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (IVDMD) และการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (IVDOMD) ของตัวอย่างมาตรฐาน | 33 |
| 11 | แสดงค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (IVDMD) ของอาหารทีเอ็มอาร์ 16 สูตร | 34 |
| 12 | แสดงค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (IVDOMD) ของอาหารทีเอ็มอาร์ | 36 |
| 13 | แสดงค่าปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างแหล่งอาหารหยาบกับแหล่งพลังงานที่มีผลต่อค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ(IVDOMD) ในอาหารทีเอ็มอาร์ | 36 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตารางภาคผนวก


| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงส่วนประกอบของอาหารทีเอ็มอาร์ 16 สูตรและแสดงค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (IVDMD) และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (IVOMD) ของอาหารทีเอ็มอาร์โดยวิธี *in vitro* (เปอร์เซ็นต์) | 42 |
| 2 | แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารทีเอ็มอาร์ (IVDMD) | 43 |
| 3 | แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของอาหารทีเอ็มอาร์ (IVOMD) | 44 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การย่อยได้ของอาหารทีเอ็มอาร์ในโคนมโดยวิธี *In vitro*

# Digestibilites of Total Mixed Rations for Dairy Cow by an *In vitro* Technique

## คำนำ

ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านปศุสัตว์ของประเทศไทยได้พัฒนาขึ้นมาอย่างรวดเร็ว เกษตรกรทั้งรายใหญ่และรายย่อย ต่างหันมาให้ความสนใจกับอาชีพเลี้ยงสัตว์มากขึ้น แต่เดิมการเลี้ยงโคในประเทศไทยมักเน้นในด้านการใช้ประโยชน์จากแรงงาน และมีการเลี้ยงดูแบบง่าย ๆ ด้วยอาหารหยาบที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ทำให้ผลผลิตที่ได้อยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ แต่ในปัจจุบันมีการเลี้ยงโคเพื่อการค้า โดยมุ่งเน้นไปในด้านการผลิตเนื้อและนม ซึ่งต้องได้รับการพัฒนาในด้านการจัดการเลี้ยงดู การจัดการทางด้านอาหารรวมถึงการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้เพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งที่เกษตรกรประสบคือ ปัญหาทางด้านต้นทุนอาหารสัตว์เพราะต้นทุนการผลิตในฟาร์มโคคิดเป็นค่าอาหารสัตว์ถึงร้อยละ 60-70 ของค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น การลดต้นทุนการผลิตจะต้องพยายามลดต้นทุนค่าอาหารให้เหลือน้อยที่สุด หรือใช้อาหารให้มีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ในปัจจุบันพบว่าผู้เลี้ยงโคใช้อาหารข้นมากเกินความจำเป็นประกอบกับอาหารหยาบหรือหญ้าสดมักจะขาดแคลนในช่วงฤดูแล้ง ด้วยเหตุนี้ จึงมีการผลิตอาหารชนิดใหม่เพื่อทำให้โคให้ผลผลิตได้เต็มประสิทธิภาพมากขึ้น ที่เรียกว่าอาหารทีเอ็มอาร์ (Total Mixed Ration, TMR) หรืออาหารผสมสำเร็จรูปสำหรับโคซึ่งเป็นอาหารสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นมาจากการนำเอาอาหารหลักของโคทั้ง 2 ชนิด คือ อาหารหยาบและอาหารข้น มาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม แล้วนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของอาหารให้ดีขึ้นซึ่งเป็นผลทำให้โคมีผลผลิตเพิ่มขึ้นและเป็นการลดต้นทุนทางด้านอาหารลงด้วยนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาถึงแหล่งอาหารหยาบ แหล่งวัตถุดิบที่ให้พลังงาน และอัตราส่วนที่ใช้ประกอบเป็นสูตรอาหารทีเอ็มอาร์
2. เพื่อศึกษาการย่อยได้ของอาหารทีเอ็มอาร์ โดยวิธี *in vitro*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจเอกสาร

ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้การเลี้ยงโคนมให้ประสบความสำเร็จหรือไม่นั้น คือการจัดการทางด้านอาหารของโคนม ในการจัดการทางด้านอาหารต้องคำนึงถึงการใช้ประโยชน์ของอาหารในกระเพาะหมัก อาหารที่ดีจำเป็นที่จะต้องมีโภชนะเป็นที่ต้องการของจุลินทรีย์และอัตราการปลดปล่อยของโภชนะเหล่านั้นจะต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ฉลองและคณะ, 2540)

### การจัดการให้อาหารโคนม

ในการเลี้ยงโคนมปัจจุบัน เกษตรกรให้อาหารข้นแยกกับอาหารหยาบโดยจะให้อาหารข้นในช่วงกำลังรีดนมและให้อาหารหยาบกินตลอดเวลา ซึ่งมีผลต่อโคนมดังนี้

การใช้ประโยชน์ของโภชนะ (พลังงานและโปรตีน) ที่ปลดปล่อยออกมาไม่มีความต่อเนื่องและขาดความสมดุล เป็นผลให้ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของอาหารต่ำลง รวมทั้งนิเวศวิทยาในกระเพาะหมักไม่เหมาะสมต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ (ฉลองและคณะ, 2540) เช่น ถ้าให้อาหารข้นซึ่งโดยปกติจะมีพลังงานที่ย่อยได้สูงจะทำให้สภาพภายในกระเพาะหมักมีสภาวะเป็นกรด ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) จะลดต่ำลง (pH < 5.5) เนื่องจากอาหารที่มีพลังงานสูงจะถูกแบคทีเรียพวก facultative เข้าย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันระเหยได้ง่าย (Volatile fatty acid, VFA) ชนิดที่มีความเป็นกรดสูง หรือการหมักเกิดขึ้นในอัตราที่เร็วมากนั่นเอง (สมชาย, 2538) ทำให้เกิดกรดแลคติกและกรดโปรปิโอนิคในอัตราที่สูงและทำให้จำนวนจุลินทรีย์ลดต่ำลง ในกรณีที่รุนแรงมาก ๆ กรดแลคติกจะประกอบอยู่ในกระเพาะรูเมนถึง 50-90 เปอร์เซ็นต์ในกระเพาะรูเมน นอกจากนั้นยังมีซัคซิเนท (Succinate) และฟอร์เมท (Formate) ในปริมาณมาก ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก โดยเฉพาะแบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยสลายเยื่อใย เมื่อ pH ในกระเพาะรูเมนลดต่ำลงถึง 4.0 จะทำให้เกิดการอักเสบของกระเพาะรูเมน (Rumennitis) โดยเกิดการดูดซึมของกรดแลคติกเข้าไปยังกระแสเลือดอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความเป็นกรดอย่างรุนแรง (Acidosis) และสัตว์ก็จะตายเนื่องจากเม็ดเลือดแดง (Hemoglobin) ไม่สามารถขนส่งออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ (เมธา, 2533) อีกสาเหตุหนึ่งคือการหลั่งน้ำลายของโคนมจะหลั่งออกมาน้อยในช่วงที่กินอาหารข้น เนื่องจากกิจกรรมการเคี้ยวและการเคี้ยวเอื้องลดลง เป็นเหตุให้ pH ต่ำลง ซึ่ง pH ในกระเพาะหมักที่เหมาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ควรอยู่ที่ระดับ 6.0-6.5 แต่ในทางตรงข้าม การให้อาหารหยาบโดยเฉพาะอาหารหยาบคุณภาพต่ำ จะทำให้ pH ในกระเพาะหมักค่อนข้างสูง (pH > 6.8-7.0) เนื่องจากมีการหลั่งน้ำลายมากจากกิจกรรมการเคี้ยวและการเคี้ยวเอื้อง ส่งผลกระทบให้กิจกรรมและประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ลดลง (ฉลองและคณะ, 2540)

จากการเปลี่ยนแปลงไปมาตลอดเวลาเช่นนี้ พบว่าจะส่งผลกระทบหลายอย่างต่อโคนม เช่น ประสิทธิภาพในการใช้อาหารลดลง ส่วนประกอบของน้ำนมโดยเฉพาะไขมันนมจะลดลง, โคนมป่วย (ถ้า pH ลดต่ำลงมาก ๆ) (สมชาย, 2538)

ดังนั้น ฉลองและคณะ (2540) กล่าวว่าถ้าต้องการให้โคนมให้ผลผลิตได้ตรงตามพันธุกรรมของโคนมแล้วควรจัดการให้อาหารดังนี้

1. ให้อาหารที่มีโภชนะต่าง ๆ (พลังงาน, โปรตีน, แร่ธาตุและไวตามิน) ตรงกับความต้องการของโคนมในช่วงนั้น ๆ (เพื่อดำรงชีพ, การเจริญเติบโต, การสืบพันธุ์และการให้ผลผลิต) รวมทั้งความต้องการโภชนะของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักด้วย

2. ให้อาหารที่มีความสมดุล (คาร์โบไฮเดรต, โปรตีนและแร่ธาตุ) เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยจุลินทรีย์รวมทั้งตัวโคนมเอง

3. ให้อาหารที่ยังคงรักษากิจกรรมในการเคี้ยวเอื้องของโคนมเพื่อให้เกิดการหลั่งน้ำลายออกมาตามปกติ ซึ่งน้ำลายจะช่วยปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะหมักให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

4. ให้อาหารที่มีความเอร็ดอร่อย เป็นที่ยอมรับของสัตว์ กระตุ้นให้สัตว์กินให้ได้มาก ๆ โดยไม่ทิ้งเศษเหลือ จะทำให้การใช้ประโยชน์จากอาหารชนิดนั้น ๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (เมธา, 2533)

**อาหารทีเอ็มอาร์และการประกอบสูตรอาหารทีเอ็มอาร์**

อาหารทีเอ็มอาร์คือ การนำเอาวัตถุดิบอาหารสัตว์ 2 ชนิดที่ใช้เลี้ยงโค คือ อาหารหยาบและอาหารข้นมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมและมีโภชนะต่าง ๆ ครบตามความต้องการของโค ซึ่งปริมาณอาหารที่ให้และโภชนะต่าง ๆ ที่คาดว่าโคจะได้รับจะพิจารณาตามน้ำหนักตัว, ปริมาณน้ำนมที่ให้ต่อวัน และช่วงของการให้น้ำนม โดยดูจาก NRC (1988) อ้างอิง (ฉลองและคณะ, 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แหล่งอาหารหยาบ

อาหารหยาบ หมายถึงอาหารที่มีเยื่อใย (มากกว่า 18 เปอร์เซ็นต์) สูง มีปริมาณโภชนะย่อยได้ต่ำ อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ (วิบูลย์ศักดิ์และคณะ, 2531)

ก. พืชอาหารสัตว์ตระกูลหญ้าและถั่ว เช่น หญ้ารูซี่, หญ้าขน, หญ้ากินนี, หญ้าหมัก ต้นข้าวโพดหมัก เป็นต้น

ข. ผลพลอยได้จากการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น ฟางข้าว, ซังข้าวโพด, ยอดอ้อย, ชานอ้อย, เปลือกและแกนสับปะรด เป็นต้น

อาหารหยาบจัดได้ว่าเป็นอาหารที่จำเป็นต่อสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งถ้าไม่มีการให้อาหารหยาบแก่สัตว์เคี้ยวเอื้องเลยจะทำให้สภาวะภายในกระเพาะหมักสูญเสียไป แม้ว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องจะได้รับอาหารอย่างอื่นก็ตาม เนื่องจากอาหารหยาบจะถูกนำไปใช้โดยผ่านกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์จำนวนมากที่มีอยู่ในกระเพาะรูเมน ในกระบวนการหมักอาหารหยาบจะทำให้เกิดกรดไขมันระเหยได้ง่ายสำคัญ 3 ชนิด คือ กรดอะซิติค (Acetic acid) กรดโปรปิโอนิค (Propionic acid) และกรดบิวทิริค (Butyric acid) โดยมีอัตราส่วนประมาณ 70 20 และ10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราส่วนนี้จะเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเมื่อส่วนประกอบทางเคมีของอาหารเปลี่ยนไป (สมชาย, 2540)

ฉลองและคณะ (2540) กล่าวถึงคุณสมบัติที่ดีของอาหารหยาบที่จะนำมาใช้ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์ ดังนี้

1. มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้สูง (ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์)

2. สามารถปลดปล่อยแหล่งพลังงานที่เป็นแหล่งกลูโคสได้ในระดับที่สูงประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยได้

3. มีโปรตีนที่ละลายในกระเพาะหมักได้ง่ายประมาณ 3 กรัมไนโตรเจนต่อ 1 กิโลกรัมของอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้

4. สามารถเป็นแหล่งโปรตีนไหลผ่านจากกระเพาะหมักที่พอเหมาะ

5. มีไขมันสูงในระดับ 4-8 เปอร์เซ็นต์

6. ควรมีความน่ากิน หรืออาจให้ 2 ชนิดร่วมกัน เช่นพืชหมักร่วมกับหญ้าแห้ง (ศรีสกุล, 2537)

7. คุณภาพดีและมีปริมาณมาก ช่วยลดจำนวนอาหารข้นลงได้ เช่น พืชตระกูลถั่ว (ศรีสกุล, 2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามแหล่งอาหารหยาบที่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรส่วนใหญ่มีคุณค่าทางโภชนะต่ำ มีความฟ่าม (เยื่อใย) สูงและเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูงและใช้พื้นที่ในการเก็บรักษามาก ดังนั้นในการเลือกใช้ความเลือกใช้อาหารหยาบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น มีจำนวนมาก และง่ายต่อการแปรรูป เช่น การสับหรือบด เป็นต้น(ฉลองและคณะ, 2540)

- <u>แหล่งอาหารข้น</u>

หมายถึงอาหารหรือส่วนผสมของอาหารที่มีเยื่อใยน้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานย่อยได้สูง (ศรีสกุล, 2537) สมชาย (2540) ได้กล่าวถึงอาหารข้นว่า เป็นแหล่งสำคัญที่ให้สารอาหารกับโคนม เนื่องจากมีความเข้มข้นของสารอาหารที่สูงกว่าอาหารหยาบ เช่น มีพลังงาน (ในรูป TDN) มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนตั้งแต่ 12 จนถึงมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ แหล่งอาหารข้นที่สำคัญ ได้แก่

ก. พวกเมล็ดธัญพืช เป็นแหล่งอาหารพลังงานที่มีความสำคัญของโคนม โคนมสามารถใช้เมล็ดธัญพืชทุกชนิดเป็นแหล่งพลังงานได้เป็นอย่างดี เมล็ดธัญพืชเหล่านี้ ได้แก่ ข้าวโพด ปลายข้าว ข้าวฟ่าง เป็นต้น นอกจากพลังงานแล้ว เมล็ดธัญพืชยังให้โปรตีนในปริมาณหนึ่งด้วย

ข. พืชตระกูลถั่ว มีหลายชนิดที่นำมาใช้เป็นอาหารโคนมได้ โดยเฉพาะเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญ ผลผลิตจากถั่วที่สำคัญที่สุด คือ กากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันออกไปให้มนุษย์บริโภค เช่น กากถั่วเหลือง กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง เป็นต้น

ค. ของเหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมัน นอกจากพืชตระกูลถั่วแล้ว ยังมีพืชอีกหลายชนิดที่ถูกนำมาสกัดเอาน้ำมันออกไป เช่น ปาล์ม เมล็ดฝ้าย เมล็ดงา รำข้าว เป็นต้น

ง. โปรตีนจากสัตว์ แหล่งของโปรตีนจากสัตว์ที่ใช้เป็นอาหารโคนมมีหลายแหล่ง แหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพดี เช่น ปลาป่น เพราะว่าปลาป่นเป็นแหล่งกำเนิดของกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นต่อโคนม และโคนมไม่สามารถผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการ

ปริมาณของวัตถุดิบต่าง ๆ ที่แนะนำให้ใช้ในอาหารข้นสำหรับใช้เลี้ยงโคนมได้แสดงไว้ดังตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 1** ชนิดวัตถุดิบและปริมาณที่แนะนำให้ใช้สำหรับผสมอาหารข้นเพื่อเลี้ยงโคนม

| ชนิดของวัตถุดิบ | ปริมาณที่ใช้ได้สูงสุดในอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์) | ที่มา |
|---|---|---|
| กากถั่วเหลือง | 50 | เมธาและคณะ (2533) |
| ข้าวโพด | 80 | เมธาและคณะ (2533) |
| มันเส้น | 80 | เมธาและคณะ (2533) |
| รำละเอียด | 30 | ศรีสกุล (2537) |
| ปลาป่น | 10 | ศรีสกุล (2537) |
| ใบกระถิน | 10 | สมชาย (2540) |
| ยูเรีย | 2 | สมชาย (2540) |

ฉลองและคณะ (2540) กล่าวถึงคุณสมบัติที่ดีของอาหารข้นที่จะนำมาประกอบอาหารทีเอ็มอาร์ ดังนี้

1. มีความน่ากินสูง

2.มีแหล่งของพลังงานที่ย่อยได้ง่ายและแหล่งของพลังงานที่ไหลผ่านได้ในระดับที่เหมาะสม ( non-fiber carbohydrate, NFC ประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์)

3. มีอัตราการไหลผ่านจากกระเพาะหมักของจุลินทรีย์โปรตีนสูง (microbial protein)

4. มีแหล่งของโปรตีนไหลผ่านที่สูง (35 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด) นอกเหนือจากจุลินทรีย์โปรตีน เพื่อให้พอเพียงกับความต้องการของสัตว์

## วัตถุดิบที่ใช้ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์

ส่วนของอาหารหยาบที่ใช้ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์

ฟางข้าว (Rice Straw)

ฟางข้าวเป็นเศษเหลือจากการนวดข้าว (ชวนิศนดากร, 2534) มีปริมาณและการใช้มากในจำนวนมากในการเลี้ยงโคในฤดูแล้ง แต่คุณค่าทางอาหารต่ำคือ โปรตีน 3-5 เปอร์เซ็นต์ เยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใยสูงประมาณ 28-35 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ต่ำประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ (วิบูลย์ศักดิ์และคณะ, 2531) ฟางข้าวประกอบด้วยเซลวอล 79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเซลลูโลส 33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อดูโครงสร้างการจับตัวของกลูโคสที่เป็นทำให้เป็นเซลลูโลสพบว่าจับตัวเป็นแบบ crystalline ซึ่งทำให้การย่อยได้ต่ำ นอกจากนั้นยังมีลิกนินและซิลิกาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้การย่อยได้ของฟางข้าวลดลง (เมธา, 2533)

ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของฟางด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อที่ฟางข้าวจะได้มีคุณภาพดีขึ้น เช่น วิธีทางกายภาพ (physical treatment), วิธีทางเคมี (chemical treatment), วิธีทางกายภาพ-เคมี (physico-chemical treatment) และวิธีทางชีวภาพ (biological treatment) (เมธา, 2533)

<u>กระถินเทพา (*Acacia mangium* Willd.)</u>

ไม้กระถินเทพาเป็นไม้ในพืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่ง ที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศออสเตรเลีย เป็นไม้โตเร็วที่มีอัตราการเจริญเติบโตดี ลำต้นตรง มีกิ่งก้านน้อย มีความสามารถในการผลิตปมที่ราก แตกหน่อได้ดี มีลักษณะพิเศษคือ ริดกิ่งได้เองตามธรรมชาติโดยกิ่งล่างจะทยอยแห้งตายไป ทรงพุ่มจะเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อม โดยจะมีพุ่มกว้างถ้าปลูกระยะห่าง หรือในที่โล่ง แต่ละต้นสูงโปร่ง ถ้าปลูกชิดกัน ลำต้นเมื่ออายุมากจะมีเปลือกแข็ง หนาขรุขระ และแตกเป็นร่องตามยาว สีน้ำตาลอ่อนถึงเข้มในระยะเป็นต้นอ่อนจะมีใบรวมและจะเปลี่ยนเป็นใบเทียมซึ่งเป็นใบเดี่ยวคล้ายต้นกระถินณรงค์ ช่อดอกสีขาวหรือสีครีม ลักษณะเป็นแท่งยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ฝักอ่อนสีเขียวเมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลเข้ม ลักษณะฝักบิดไปมาม้วนขดเป็นกระจุกฝักแก่จะแตกเมล็ดเล็กสีดำ กระถินเทพาเป็นพืชที่ต้องการแสงแดดมากสามารถขึ้นได้ดีแม้ในสภาพดินไม่ค่อยสมบูรณ์ เช่น ดินที่ถูกชะล้างมาก่อน ดินที่มีหินปะปน ไม่สามารถเจริญเติบโตในท้องที่ที่มีความหนาวเย็นหรือสภาพแวดล้อมภายใต้ร่มเงา กระถินเทพาเป็นพืชที่เจริญเติบโตเร็วมาก

ส่วนระดับใบกระถินที่ใช้ได้อย่างปลอดภัย บุญเสริม (2531) ได้ศึกษาถึงข้อจำกัดสำคัญของการใช้กระถิน คือ เรื่องเกี่ยวกับสารพิษไมโมซิน (Mimosine) ซึ่งเป็นสารอัลคาลอยด์ที่เป็นพิษต่อสัตว์เมื่อได้รับในปริมาณหนึ่ง อาการเป็นพิษจากไมโมซินเท่าที่มีรายงานในสัตว์เลี้ยงชนิดต่าง ๆ มีอาการต่าง ๆ กัน เช่น กินอาหารลดลง การเจริญเติบโตชะงักหรือช้าลง ขนร่วง มีน้ำตาไหลพรากตลอดเวลา จนถึงตาเกิดเป็นต้อกระจก ต่อมไทรอยด์ขยายใหญ่ขึ้นและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจถึงขั้นเป็นอัมพาต กระถินแต่ละพันธุ์และแต่ละส่วน เช่น ยอดอ่อน ใบ และเมล็ดต่างมีไมโมซินแตกต่างกันไป ยอดอ่อนอาจจะมีไมโมซินสูงถึง 12 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ใบอ่อนและเมล็ดมีไมโมซินระหว่าง 3-5 เปอร์เซ็นต์ และ 4-5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Jones, 1979 *อ้างโดย* บุญเสริม, 2531) ไพโชค (2526) อ้างโดย บุญเสริม (2531) รายงานไว้ว่าค่าเฉลี่ยไมโมซินในใบกระถินที่ศึกษามีประมาณ 1.2 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง จากความแปรปรวนของปริมาณไมโมซินในกระถินแต่ละส่วน การนำกระถินมาใช้เป็นอาหารสัตว์จึงไม่ควรพิจารณาเฉพาะปริมาณที่สัตว์กินได้อย่างเดียวเท่านั้น ควรพิจารณาปริมาณไมโมซินที่สัตว์จะได้รับด้วย ระดับไมโมซินซึ่งมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ชนิดต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2 ข้อยุ่งยากของการพิจารณาระดับไมโมซินในอาหารที่ทำให้ปฏิบัติได้ยากอยู่ที่ตรงเกษตรกรไม่สามารถทราบได้ว่ากระถินที่กำลังใช้เลี้ยงสัตว์อยู่นั้นมีไมโมซินเท่าใด ในทางปฏิบัติระดับกระถินที่ใช้ได้อย่างปลอดภัยจึงนิยมแนะนำในรูปเปอร์เซ็นต์ของกระถินในอาหารที่ใช้ NAS (1984) อ้างโดย บุญเสริม (2531) สรุปว่าในอาหารสัตว์ปีกไม่ควรใช้ใบกระถินสูงเกิน 6 เปอร์เซ็นต์ อาหารสุกรไม่ควรเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ และอาหารโคไม่ควรเกิน 30 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งของอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์

บุญเสริม (2531) ได้ศึกษาถึงการลดปริมาณไมโมซินในใบกระถิน ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้ความร้อน การแช่น้ำ การใช้สารพวก Chelating agent และการปรับปรุงพันธุ์กระถินให้มีไมโมซินต่ำ การใช้ความร้อนชื้นแก่ใบกระถินที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียสสามารถลดปริมาณไมโมซินได้ ขณะที่การใช้ความร้อนแห้งลดปริมารสารนี้ได้ไม่มาก นอกจากนี้ ไพโชค (2526) อ้างโดย บุญเสริม (2531) พบว่าการนำใบกระถินสดไปตากแดดนาน 11 ชั่วโมง ลดปริมาณไมโมซินลงได้ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ การนึ่งใบกระถินนาน 1 ชั่วโมง ลดไมโมซินลงได้ 32 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังด้อยกว่าวิธีการนำใบกระถินสดไปแช่ในสารละลายเฟอรัสซัลเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์ นาน 15 นาที ซึ่งสามารถลดไมโมซินได้ถึง 90 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2** ผลของระดับไมโมซินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์เลี้ยงชนิดต่าง ๆ ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ในประเทศซาอีร์

| ชนิดสัตว์ | ปริมาณไมโมซินสูงสุดที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต | ปริมาณไมโมซินที่มีผลทำให้การเจริญเติบโตชะงักหรือช้าลง |
|---|---|---|
| | ←——— กรัม / กิโลกรัมของน้ำหนักตัว ———→ | |
| กระต่าย | 0.21 | > 0.21 |
| ไก่ | 0.19 | > 0.19 |
| แพะ | 0.17 | > 0.17 |
| แกะ | 0.12 | > 0.12 |
| โค | 0.11 | ไม่จำกัด |

ที่มา : Ter Meulen and El-Harith (1985) อ้างโดย บุญเสริม (2531)

ในแง่ของการย่อยได้ รวีวรรณ (2539) ได้ศึกษาถึงการย่อยได้ของกระถินเทพาที่ใช้เป็นอาหารในลูกโคหย่านมพันธุ์อเมริกันบราห์มัน โดยแบ่งโคออกเป็น 3 กลุ่ม ให้กินอาหารทดลองที่แตกต่างกัน 3 กลุ่มคือ ฟางข้าว+อาหารข้น, ฟางข้าว+กระถินเทพาแห้ง+อาหารข้นและกระถินเทพาแห้ง+อาหารข้น ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของแต่ละกลุ่มเท่ากับ 55.13 47.59 และ 72.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของกลุ่มที่ 3 (กระถินเทพา+อาหารข้น) มีค่าการย่อยได้มากกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) แสดงว่าสามารถใช้กระถินเทพาเสริมเป็นอาหารหยาบร่วมกับฟางข้าว เป็นการเพิ่มคุณค่าของโภชนะในอาหารหยาบและกระถินเทพาไม่เป็นพิษต่อโคหย่านมแต่อย่างใด

แหล่งพลังงานที่ใช้ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์

<u>ข้าวโพด (Corn or Maize)</u>

ข้าวโพดเป็นธัญพืชที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ที่สำคัญที่สุดของโลก ข้าวโพดให้พลังงานสูง (ประมาณ 3366 kcal/kgอาหาร) และสามารถย่อยได้ง่ายโดยมีโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) 89 เปอร์เซ็นต์เนื่องจากในข้าวโพดมีปริมาณแป้งสูงและมีปริมาณไขมันสูง (ประมาณ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณเยื่อใยต่ำ (โดยเฉลี่ยประมาณ 2.9 เปอร์เซ็นต์) มีความน่ากินมากกว่าธัญพืชแทบทุกชนิด ข้าวโพดมีโปรตีนต่ำ (ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์) และคุณภาพของโปรตีนก็ไม่ดีนัก (ชวนิศนดากร, 2540) ซึ่ง ศรีสกุล (2537) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของโปรตีนที่มีอยู่ในข้าวโพดว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดเป็นโปรตีนชนิดที่เรียกว่า Zein เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีไลซีนและทริปโตเฟนต่ำ นอกจากนี้ไลซีนยังถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้เพียง 50-58 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น วิบูลย์ศักดิ์และคณะ (2531) ได้กล่าวว่าถึงแม้ข้าวโพดจะมีโปรตีนต่ำ แต่ข้าวโพดก็มีปริมาณคาโรทีนสูง ซึ่งเป็นแหล่งไวตามินเอ นอกจากนี้ยังมีไวตามินอี ไลซีน ไทอามีน ไนอะซีน ในปริมาณสูง มีฟอสฟอรัสพอสมควร แต่มีแคลเซียมต่ำ

ชวนิศนดากร (2534) ได้กล่าวถึงการใช้ข้าวโพดเป็นอาหารโคว่ามีการใช้ได้หลายรูปแบบ คือ

ก. ข้าวโพดเมล็ด ข้าวโพดที่แกะเมล็ดออกจากฝักหรือซังแล้วใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ทันที แต่วิธีใช้ควรบดเสียก่อน เพราะข้าวโพดทั้งเมล็ดโคจะเคี้ยวไม่ละเอียดพอ และจะเล็ดลอดการย่อยและถูกถ่ายออกทางมูลโดยไม่ได้ใช้เป็นประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ข้าวโพดที่บดแล้วเก็บได้นานกว่าข้าวโพดทั้งเมล็ด

ข. ข้าวโพดบดทั้งซัง ข้าวโพดบดรวมซังสามารถใช้เป็นอาหารโคได้ดี และไม่ต้องแกะเมล็ดด้วย ซึ่งข้าวโพดที่บดทั้งซังมีสารเยื่อใยอยู่ประมาณ 32 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ซึ่งโคสามารถใช้เป็นประโยชน์ได้ดีเท่าฟางข้าว

<u>มันสำปะหลัง (Cassava)</u>

มันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารประเภทแป้ง มันสำปะหลังแห้งหรือมันเส้นมีปริมาณแป้งอยู่มากถึง 65-68 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง มีโภชนะย่อยได้ทั้งหมด 90 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมันสำปะหลังมีแป้งอยู่มาก เพราะฉะนั้นเกษตรกรจึงสามารถนำมันสำปะหลังมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ดีเช่นเดียวกับการใช้ปลายข้าวและข้าวโพด (ชวนิศนดากร, 2534) แต่มันสำปะหลังมีโปรตีนต่ำ คือ ประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนของมันสำปะหลังยังมีคุณภาพต่ำและมีกรดอะมิโนน้อย โดยเฉพาะ เมทไธโอนิน, ซีสเทอีนและซีสทีน แทบไม่มีเลย (ศรีสกุล, 2537) ดังนั้น ชวนิศนดากร (2534) จึงแนะนำว่าถ้าใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสำหรับโคที่กำลังให้นม จะต้องใช้อาหารเสริมโปรตีนให้มากพอ เช่น กากถั่วเหลือง, ปลาป่น เป็นต้น นอกจากนี้ในการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารโคนมต้องระวังสารพิษที่มีอยู่ในมันสำปะหลัง ได้แก่ กรดไฮโดรไซยานิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Hydrocyanic acid) ซึ่งสุกัญญา (2530) อ้างโดย ชรัญญา (2541, เอกสารยังไม่ตีพิมพ์) รายงานว่ากรดไฮโดรไซยานิคในมันสำปะหลัง เกิดจากการ hydrolyze สาร cyanogenic glycoside โดยเอนไซม์ linamarase ซึ่งพบมากบริเวณ ใบ ลำต้นและเปลือกของพืชต้นอ่อน แต่เมื่อต้นแก่หรือโตเต็มที่ปริมาณสารพิษจะน้อยลง ศรีสกุล (2537) กล่าวว่าเมื่อสัตว์กินสารพิษนี้เข้าไปในปริมาณมากจะมีผลทำให้กล้ามเนื้อขาดออกซิเจน หายใจขัด หายใจถี่และลึก ชีพจรเต้นเร็ว ประสาทแทบหมดความรู้สึก ชักกระตุกเพราะกรดไฮโดรไซยานิคจะรวมตัวกับ hemoglobin ของเม็ดเลือดแดง ทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถจับออกซิเจนไปเลี้ยงร่างกายได้ และขัดขวางขบวนการให้พลังงานอาจทำให้สัตว์ตายได้ใน 2-3 นาที

สุกัญญา (2530) อ้างโดย ชรัญญา (2541, เอกสารยังไม่ได้ตีพิมพ์) ได้แนะนำวิธีลดปริมาณ cyanogenic glycoside ไว้ดังนี้

1. การต้ม เคี่ยว ย่าง เผาหรือทอด

มันสำปะหลังที่จะใช้กินสด ๆ ต้องมีปริมาณ cyanogenic glycoside ต่ำที่สุดจึงจะปลอดภัย การใช้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่า 72 องศาเซลเซียส เพียงพอที่จะทำให้เอนไซม์ linamarase เสียสภาพทำให้ไม่สามารถไป hydrolyze สาร cyanogenic glycoside ที่ทำให้เกิดกรดไฮโดรไซยานิค การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 72 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณสารไฮโดรไซยานิคได้ 73 เปอร์เซ็นต์

แต่ Montgomery (1965) อ้างโดย สุกัญญา (2530) ได้รายงานว่าการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 72 องศาเซลเซียส ส่วนของกรดไฮโดรไซยานิคจะระเหยออกไปแต่ส่วนของ cyanogenic glycoside ที่ยังไม่ถูก hydrolyze ก็ยังคงอยู่เมื่อโคกินอาหารชนิดอื่น ๆ เข้าไป ซึ่งอาหารนั้นอาจจะประกอบด้วยเอนไซม์ที่จะ hydrolyze สาร cyanogenic glycoside ทำให้เกิดกรดไฮโดรไซยานิค และในกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้องก็มีจุลินทรีย์ที่จะ hydrolyze สารนี้ได้เช่นกัน ดังนั้นการจะใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารโดยวิธีการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 72 องศาเซลเซียสก็ควรจะเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณสาร cyanogenic glycoside ที่ต่ำจึงจะปลอดภัย

2. การทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนหรือแสงแดด

ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส ทำให้ลดปริมาณสารไฮโดรไซยานิคได้ถึง 83 เปอร์เซ็นต์

3. โดยการทำเป็นมันหมัก

จะทำโดยการวางมันสำปะหลังซ้อนกันหลาย ๆ ชั้นในถุงหรือถัง การหมักจะเกิดขึ้นระหว่างการหมักจะมีแบคทีเรียชนิดหนึ่งทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเกิดสภาพเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จะเกิดการ hydrolyze สาร cyanogenic glycoside ให้เป็นกรดไฮโดรไซยานิค ออกไปกับน้ำที่ไหลออกจากมันสำปะหลัง

## การจัดการให้อาหารทีเอ็มอาร์

การให้อาหารเป็นการจัดการที่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตต่อสัตว์ สำหรับอาหารทีเอ็มอาร์นั้นควรจะมีการจัดการให้อาหารดังนี้ (ฉลองและคณะ, 2540)

- ควรแบ่งให้อาหารวันละ 3-4 ครั้ง
- จัดแยกกลุ่มโคที่มีระยะการให้นมและปริมาณการให้น้ำนมที่ใกล้เคียงกัน
- การให้อาหารทีเอ็มอาร์ที่ใช้หญ้าหมักหรือต้นข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบโดยผสมกับอาหารข้นตามสัดส่วนให้เข้ากันดีเสียก่อนและไม่ควรผสมล่วงหน้าเกิน1 วัน
- ควรให้อาหารทีเอ็มอาร์แก่โคนมกินอย่างเต็มที่โดยควรมีอาหารเหลือประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารที่ให้แต่ละวัน
-ถ้าเป็นไปได้ควรมีอาหารหยาบที่มีขนาดยาวเช่นฟางข้าวเสริมประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณอาหารที่โคนมกินทุกวัน จะช่วยให้การใช้ประโยชน์ของอาหารโดยรวมดีขึ้น
-ในระยะแรกๆของการให้อาหารทีเอ็มอาร์จะต้องกระทำอย่างค่อยเป็นค่อยไป ทั้งนี้เพื่อให้จุลินทรีย์ในกระเพาะโคค่อย ๆ ปรับตัว และเจริญเติบโตขยายจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป (ปรารถนา, 2537) ดังแสดงในตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3** แสดงวิธีการให้อาหารทีเอ็มอาร์

| วันที่ของการให้อาหารทีเอ็มอาร์ | สัดส่วน | |
|---|---|---|
| | อาหารทีเอ็มอาร์ | อาหารหยาบ* |
| 1 – 5 | 20 | 80 |
| 6 – 10 | 50 | 50 |
| 11 – 15 | 80 | 20 |
| 16 วันเป็นต้นไป | 100 | 0 |

*อาหารหยาบในที่นี้หมายถึงอาหารหยาบแห้งเช่นหญ้าแห้งหรือฟาง ถ้าหากเป็นหญ้าสดต้องคิดเป็น 4-5 เท่าของหญ้าแห้ง

ที่มา : ปรารถนา (2537)

- ในการที่ผึกให้โคกินอาหารทีเอ็มอาร์ต้องหมั่นสังเกตว่าโคตัวใดมีอาการผิดปกติ เช่น ยืนซึม ไม่กินอาหารหรือเกิดอาการท้องอืด(bloat) อันเนื่องมาจากในสูตรอาหารนั้นมีอาหารข้นอยู่ในระดับที่สูงและอาหารหยาบในระดับที่ต่ำ และยังทำให้การทำงานของตับผิดปกติไปด้วย

ดังนั้นในการประกอบสูตรอาหารจำเป็นที่จะต้องมีระดับของเยื่อใยที่เพียงพอต่อความต้องการของโคนม ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาท้องอืดในโค (ฉลองและคณะ, 2540) หรืออีกวิธีหนึ่งคือเติมสารที่ป้องกันปัญหาโคท้องอืด เช่น เบนโทไนท์ (Bentonite) หรือ ซีโอไลท์(Zeolite) นอกจากนี้ยังอาจเติมโมเนนซิน (Monensin) หรือ รูเมนซิน(Rumensin) ซึ่งสารนี้จะช่วยปรับสภาพภายในกระเพาะให้เหมาะสมและยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของอาหารอีกด้วย (ปรารถนา, 2537)

เมธาและคณะ (2533) ได้พอสรุปถึงผลจากการใช้โมเนนซินว่าการใช้โมเนนซินจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนและความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายในกระเพาะรูเมน โดยทำให้ระดับของกรดโปรปีโอนิคเพิ่มขึ้นและในขณะเดียวกันความเข้มข้นของกรดอะซิติคจะลดลง การที่กรดโปรปีโอนิคเพิ่มมากขึ้น ก๊าซเมทเธนก็จะลดลงเป็นสัดส่วนกันด้วย (Thornton and Ovens, 1981 *อ้างโดย* เมธาและคณะ, 2533) โดยลดลง 16-24 เปอร์เซ็นต์ ในโคผู้ตอน และ 30-40 เปอร์เซ็นต์ ในแกะ จากการศึกษาชนิดของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเนื่องจากผลการใช้โมเนนซิน พบว่าการเพิ่มขึ้นของกรดโปรปีโอนิคนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากการขัดขวางการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย เช่น *Ruminococcus albus* และ *Bacteroides fibrisolvens* แต่ในขณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียเหล่านี้จะเพิ่มขึ้น คือ*Selenemonas ruminantium*, *B. ruminicola* และ *Anaerovibro lipolytics* แต่อย่างไรก็ดี การที่ความเข้มข้นของก๊าซเมทเธนลดลงนั้นไม่ใช่เป็นเพราะการจำกัดหรือการขัดขวางการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มผลิตก๊าซเมทเธน แต่เกิดเนื่องจากการขาดหรือลดลงของไฮโดรเจน

**ลักษณะที่ดีของอาหารทีเอ็มอาร์**

การที่โคนมจะได้รับประโยชน์จากการใช้อาหารทีเอ็มอาร์ได้เต็มที่นั้น จำเป็นที่จะต้องทราบถึงลักษณะของวัตถุดิบที่ต้องนำมาใช้ประกอบสูตรอาหารทีเอ็มอาร์ว่า ควรจะมีลักษณะอย่างไร เพื่อจะทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการนำไปใช้ ซึ่งลักษณะที่ดีของอาหารทีเอ็มอาร์ที่ดีขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ควรจะประกอบไปด้วยอาหารหยาบและอาหารข้นในอัตราส่วนที่เหมาะสม (คำนวณจากน้ำหนักแห้ง) โดยขึ้นกับอายุและผลผลิตของโคที่จะเลี้ยง (ฉลองและคณะ, 2540)

2. อาหารทั้ง 2 ชนิดจะต้องมีคุณภาพดี โดยเฉพาะอาหารหยาบ ควรจะเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี เช่น หญ้าสด หญ้าแห้ง หรือหญ้าหมัก การใช้อาหารหยาบคุณภาพต่ำ เช่น ฟางข้าว ซังข้าวโพด แกลบ หรือหญ้าคุณภาพเลวจะไม่ช่วยให้การใช้ประโยชน์จากทีเอ็มอาร์เกิดได้อย่างสูงสุด

3. ขนาดของวัตถุดิบที่จะใช้ ทั้งอาหารหยาบและอาหารข้น จะมีผลต่อค่า pH ในกระเพาะรูเมน จากการศึกษาของ Grant *et al.* (1990) พบว่าค่า pH และสัดส่วนของกรดอะซิติคและกรดโปรปิโอนิคจะลดลงและเปอร์เซ็นต์ของไขมันนมยังลดลงอีกด้วย เมื่อโคได้รับอาหารที่มีขนาดของอาหารหยาบลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Davis (1992) อ้างโดย สมชาย (2540) ที่ทำการศึกษาขนาดของความยาวของหญ้าแห้ง ที่มีผลต่อลักษณะการผลิตของโคนม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 ซึ่งมีผลไปในแนวเดียวกัน นอกจากนี้ถ้าขนาดของอาหารหยาบเล็กเกินไป จะทำให้เกิดสภาวะเป็นกรด (acidosis) สำหรับขนาดอาหารหยาบที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับปริมาณของอาหารหยาบในสูตรอาหารและคุณภาพของอาหารหยาบที่ใช้ ดังเช่น การใช้หญ้าแห้งมาผสมในสูตรอาหารทีเอ็มอาร์ ปรารถนา (2537) แนะนำให้ใช้ในขนาด 1-2 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4** แสดงขนาดความยาวของหญ้าแห้งที่มีต่อลักษณะการผลิตของโคนม

| | หญ้าแห้งยาว | หญ้าแห้งตัด | หญ้าแห้งอัดเม็ด |
|---|---|---|---|
| ค่าเฉลี่ยความ (เซนติเมตร) | - | 0.78 | 0.17 |
| น้ำหนักวัตถุแห้งที่กินได้ (กิโลกรัม/วัน) | 24.1 | 25.2 | 23.7 |
| ปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ (กิโลกรัม/วัน) | 33.6 | 34.5 | 35.9 |
| ปริมาณไขมันนม (เปอร์เซ็นต์) | 3.5 | 3.5 | 2.9 |
| ค่า pH ในกระเพาะรูเมน | 6.3 | 6.4 | 5.6 |

ที่มา : Davis (1992) อ้างโดย สมชาย (2540)

4. การกระจายตัวของอาหารหยาบและอาหารข้นควรสม่ำเสมอกัน ดังที่ เทอดศักดิ์ (2540) อ้างโดย ฉลองและคณะ (2540) ได้ทำการศึกษาแหล่งอาหารหยาบ 2 ชนิด คือฟางข้าว และซังข้าวโพด และวิธีการให้อาหารสำเร็จรูป 3 วิธี คือการใช้อาหารทีเอ็มอาร์แบบผง, แบบอัดเม็ด และแบบอัดเม็ดร่วมกับฟางข้าว 1 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน โดยคำนวณสูตรอาหารให้มีโภชนะใกล้เคียงกัน ซึ่งพบว่าชนิดของอาหารหยาบที่ใช้ในสูตรอาหารทีเอ็มอาร์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในส่วนปริมาณการกินได้ ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม แต่วิธีการให้อาหารทีเอ็มอาร์แบบอัดเม็ดร่วมกับฟางข้าวจะทำให้โคนมกินอาหารได้มากขึ้นรวมทั้งเปอร์เซ็นต์ไขมันนมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 5

5. ความชื้นของวัตถุดิบที่ใช้ ความชื้นส่วนใหญ่ในอาหารทีเอ็มอาร์จะมาจากอาหารหยาบที่ใช้ ถ้าเป็นหญ้าแห้งปริมาณความชื้นก็จะน้อย แต่ก็มักจะมีข้อเสียเวลาผสมอาหารหยาบกับอาหารข้น อาจจะคลุกเคล้ากันได้ไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงมักนิยมใช้อาหารหยาบที่มีความชื้นมากกว่า เช่น หญ้าหมักหรือหญ้าสด แต่ก็ต้องระวังไม่ให้มีความชื้นมากเกินไป เพราะถ้าความชื้นมากเกินไปจะส่งผลเสียดังนี้

- อาหารทีเอ็มอาร์จะเสียง่าย โดยเฉพาะหลังจากที่ผสมเสร็จแล้วนำมาเลี้ยงโค อาหารผสมรวมที่มีความชื้นสูงจะเริ่มบูดเน่าทันที เปอร์เซ็นต์การสูญเสียจะเพิ่มมากขึ้นถ้าอุณหภูมิรอบ ๆ สูงขึ้น

- การกินอาหารทีเอ็มอาร์ของโคนมจะลดลง อาหารทีเอ็มอาร์ที่มีความชื้นสูงจะลดปริมาณการกินอาหารของโคนมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5** แสดงปริมาณการกินได้และการให้ผลผลิตของโคนมที่ได้รับอาหารทีเอ็มอาร์ในรูปแบบต่าง ๆ

| | ซังข้าวโพด | | | ฟางข้าว | | | SEM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ผง | อัดเม็ด | อัดเม็ด+ฟาง | ผง | อัดเม็ด | อัดเม็ด+ฟาง | |
| ปริมาณการกินได้, กิโลกรัมต่อวัน | 14.8[ก] | 14.6[ก] | 15.5[ข] | 14.3[ก] | 12.9[ค] | 15.1[ข] | 0.35 |
| ปริมาณน้ำนม, กิโลกรัมต่อวัน | 11.6 | 11.8 | 12.1 | 11.5 | 11.8 | 11.8 | 0.49 |
| องค์ประกอบของน้ำนม, % | | | | | | | |
| -ไขมัน | 3.2[ก] | 3.2[ก] | 3.6[ข] | 3.2[ก] | 3.2[ก] | 3.6[ข] | 0.14 |
| -โปรตีน | 3.7 | 3.7 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 0.06 |
| -แลคโตส | 5.0 | 4.9 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.1 | 0.03 |
| -ของแข็งไม่รวมไขมัน (SNF) | 9.4 | 9.3 | 9.3 | 9.3 | 9.4 | 9.3 | 0.06 |
| pH ในกระเพาะหมัก | 6.5 | 6.3 | 6.8 | 6.4 | 6.1 | 6.4 | 0.09 |

อักษรต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ที่มา : เทอดศักดิ์ (2540)

**องค์ประกอบทางเคมีที่อาหารทีเอ็มอาร์ควรมี** (ฉลองและคณะ, 2540)

- อาหารทีเอ็มอาร์ควรมีระดับพลังงานและโปรตีนครบตามความต้องการของโคนมตามระยะการให้นมและปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้ (ดูจากNRC (1988))

- อาหารทีเอ็มอาร์ ควรมีระดับโปรตีนไหลผ่านประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดในอาหาร

- อาหารทีเอ็มอาร์ควรมีระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (non-fiber Carbohydrate, NFC) ไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100735

- อาหารทีเอ็มอาร์ควรมีระดับเยื่อใย NDF ประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ หรือ ADF ประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์

- อาหารทีเอ็มอาร์ควรมีฟอสฟอรัสในสูตรอาหารระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่า อย่างไรก็ตามฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อฝูงโคนม พันธุ์โคนมที่ให้นมสูงไม่ควรเปลี่ยนแปลงแหล่งของแร่ธาตุฟอสฟอรัสบ่อย ๆ ในสูตรอาหาร ซึ่งจะก่อให้เกิดผลเสียมากกว่าผลดี

**ข้อดีของอาหารทีเอ็มอาร์**

ฉลองและคณะ (2540) และเมธา (2538) กล่าวถึงข้อดีของอาหารทีเอ็มอาร์ดังนี้

- โคจะโตเร็ว เพราะได้รับสารอาหารอย่างเพียงพอและครบถ้วน

- โคเลือกกินอาหารไม่ได้ ทำให้โคได้รับสูตรอาหารที่มีความสมดุลย์ด้วยโภชนะต่าง ๆ ในสูตรเดียวกัน และไม่จำเป็นต้องเสริมแร่ธาตุให้โค จึงทำให้โคนมได้รับโภชนะต่าง ๆ ครบถ้วนจริง ๆ จึงทำให้โคนมแสดงศักยภาพในการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่

- โคได้รับโปรตีนไม่แท้ (Non-protein nitrogen, NPN) อย่างสม่ำเสมอและตลอดเวลา

- ประหยัดแรงงานและเวลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการจัดการเกี่ยวกับอาหารหยาบและสะดวกในการจัดการให้อาหาร และเป็นเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารอีกด้วย

- มีผลทำให้ pH ภายในกระเพาะหมักอยู่ในระดับที่เหมาะสมอันจะทำให้การทำงานของจุลินทรีย์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ระบบย่อยอาหารของโคทำงานปกติ ซึ่งจะส่งผลต่อการให้น้ำนมทั้งด้านปริมาณและคุณภาพในที่สุด

- ทำให้โคนมสามารถกินอาหารได้เพิ่มขึ้นเป็น 4 เปอร์เซ็นต์ และอาจจะถึง 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ซึ่งที่ผ่าน ๆ มาจากการให้อาหารโคนมจะใช้ค่าอ้างอิงที่ปริมาณการกินได้ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (ฉลองและคณะ, 2541)

- สามารถปรับเปลี่ยนสูตรอาหารได้เร็ว

**ข้อจำกัดหรือข้อเสียของอาหารทีเอ็มอาร์**

ฉลองและคณะ (2540) และเมธา (2538) กล่าวถึงข้อจำกัดหรือข้อเสียของอาหารทีเอ็มอาร์ไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โคอาจจะปรับตัวได้ยากกว่าการปล่อยแทะเล็มในทุ่งหญ้าหรือการกินอาหารหยาบแบบแยก

- มักจะเกิดปัญหาขึ้นเมื่อในสูตรอาหารนั้นมีอาหารข้นอยู่ในระดับที่สูงและอาหารหยาบอยู่ในระดับที่ต่ำ โดยมักจะทำให้สัตว์ท้องอืด (bloat), เกิดอาการอักเสบของเยื่อบุรูเมน (parakeratosis) เนื่องจากความเป็นกรดอย่างรุนแรง (acidosis)

- ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจอาจจะไม่คุ้มในโคฝูงเล็ก

- ต้องใช้เครื่องผสมและอุปกรณ์การเตรียมที่มีราคาแพง

- หากมีการแปรรูปจะมีผลทำให้กระบวนการบดเคี้ยวอาหาร การหลั่งน้ำลาย การหมักในกระเพาะหมักลดลง

- การบีบตัวของกระเพาะหมักลดลง

นอกจากนี้ จากการศึกษาของ Rakes (1969) ได้กล่าวถึงข้อควรคำนึงในการทำให้อาหารทีเอ็มอาร์มีประสิทธิภาพดีมากขึ้นดังนี้

1. ควรปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของแหล่งอาหารหยาบให้มีคุณค่าทางโภชนะสูงขึ้น
2. ปรับความต้องการ ไวตามินและแร่ธาตุให้ตรงตามความต้องการของโค
3. ปรับสัดส่วนของอาหารให้เหมาะสมตามชนิดของโค (โคนมและโคเนื้อ)
4. ติดตามผลในระยะยาวของการให้อาหารทีเอ็มอาร์
5. ใช้สัดส่วนของอาหารหยาบให้เหมาะสมกับโคให้นมในระยะต่าง ๆ
6. ปรับปรุงอัตราส่วนระหว่างอาหารข้นกับอาหารหยาบในอาหารทีเอ็มอาร์เพื่อป้องกันปัญหาด้านสุขภาพและป้องกันการลดลงของไขมันนมซึ่งเกี่ยวข้องกับทางสรีรวิทยา
7. ปรับปรุงวิธีที่เหมาะสมเพื่อการจัดการในด้านการผสมและด้านการให้อาหารของอาหารทีเอ็มอาร์

**การวิเคราะห์หาการย่อยได้โดยระบบ *in vitro***

เมธา (2533) กล่าวถึงหลักสำคัญในการวิเคราะห์โดยระบบ *in vitro* คือ การเลียนแบบสภาวะภายในทั้งหมด ให้เหมือนกับในระบบการย่อยได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้องจริง ๆ การวิเคราะห์แบบ *in vitro* สามารถจัดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทดลองเพื่อวัด end-product หรือ metabolites ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่สลับซับซ้อน

2. การวิเคราะห์หาการย่อยได้ของตัวอย่างพืชอาหารสัตว์ ซึ่งส่วนนี้จะไม่ยุ่งยากหรือสลับซับซ้อนมากนัก

การวิเคราะห์หาการย่อยได้ในระบบ *in vitro* นี้ จะช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้วิเคราะห์ไม่ว่าจะเป็นด้านเวลา การลงทุน และความรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์โดยระบบ *in vivo* หรือการทดลองในตัวสัตว์ นอกจากนั้นแล้วการหาการย่อยได้ในระบบ *in vitro* ยังให้ค่าสหสัมพันธ์กับค่าที่ได้จากระบบ *in vivo* สูงมาก การวิเคราะห์หาการย่อยได้โดยวิธี *in vitro* โดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ

1. วิธีของ Tilley and Terry (1963) (rumen liquor-pepsin) เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับเป็นอย่างมาก ซึ่งถือว่าเป็นวิธีเริ่มต้น โดยอาศัยของเหลวจากรูเมนเป็นแหล่งของน้ำย่อยธรรมชาติ และผสมกับสารเคมีที่เป็นแหล่งอาหารสำหรับจุลินทรีย์

2. วิธีของ McLeod and Minson (1978) (Pepsin-cellulase) ซึ่งเป็นวิธีที่วิเคราะห์โดยใช้สารเคมีทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อลดความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้นในด้านความเข้มข้นของน้ำย่อยในรูเมน ความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้นจากอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ที่ให้ของเหลวจากรูเมน เป็นต้น

**ปัจจัยที่สำคัญในการวิเคราะห์หาการย่อยได้โดยระบบ *in vitro*** (เมธา, 2533)

1. กิจกรรมของจุลินทรีย์ในสารละลาย ของเหลวที่สุ่มมาจากกระเพาะสัตว์นั้นโดยวิธีผ่านทางกระบอกเจาะ (fistula/cannula) จะต้องมีการปรับให้สัตว์นั้นได้รับอาหารที่ทำให้จุลินทรีย์ในรูเมนมีความเป็นอยู่อย่างเหมาะสม อย่างน้อยจะต้องปรับตัวให้ได้รับอาหารมาตรฐาน ประมาณ 1-2 สัปดาห์ก่อนสุ่มเอาของเหลวจากรูเมนไปใช้

2. ขนาดของตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ ควรใช้ตัวอย่างที่มีขนาดบดที่ผ่านตะแกรง 1 มิลลิเมตรหรือประมาณ 30 mesh

3. ความสามารถของบัฟเฟอร์ (buffer) ที่ใช้ จะต้องเตรียมบัฟเฟอร์ก่อนใช้เท่านั้นและมีส่วนประกอบที่ถูกต้องตามที่แนะนำ

4. อุณหภูมิของสารละลายในช่วง incubate จะต้องควบคุมอุณหภูมิของสารละลายและเครื่องแก้วที่ใช้ให้มีอุณหภูมิประมาณ 39 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15985



5. ระยะเวลาของการ incubate ระยะเวลาแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ใช้เวลา 48 ชั่วโมง สำหรับการย่อยโดยของเหลวจากรูเมนและระยะที่ 2 ใช้เวลาอีก 48 ชั่วโมง สำหรับการย่อยโดยใช้ acid-pepsin

6. การเขย่าตัวของหลอดวิเคราะห์ ควรมีการเขย่า (swirl) หลอดทดลองวันละ 3 ครั้ง คือ เช้า เที่ยง บ่าย ทั้งนี้เพื่อให้สารละลายและอาหารได้สัมผัสกันและเป็นการเลียนแบบระบบจริงด้วย ถ้าหากมี automatic shaker ก็จะสะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

### อุปกรณ์การหาการย่อยได้โดยวิธี *in vitro*

1. หลอดพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาว 12 เซนติเมตร พร้อมกับฝาที่มี gas release valve อยู่ด้วย
2. ที่วางหลอดทดลอง (rack)
3. ตู้อบแห้ง (oven) และเตาเผา
4. กระบอกตวง (cylinder) ขนาด 1 ลิตร
5. ขวด repipette
6. magnetic bar
7. magnetic stirrer with hot plate
8. water bath
9. filter glass crucible
10. erlenmeyer flask 2000 มิลลิลิตร
11. dispenser
12. สารเคมีที่ใช้ในการย่อยได้โดยใช้วิธี *in vitro*

(1) สารละลายสูตร McDogall ประกอบด้วย

- บัฟเฟอร์เบอร์ 1 โดยชั่งน้ำหนัก
  - $Na_2HPO_4$ 37 กรัม
  - $NaHCO_3$ 98 กรัม
  - ยูเรีย 4 กรัม

นำสารทั้งหมดผสมในน้ำกลั่นแล้วปรับให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

- บัฟเฟอร์เบอร์ 2 โดยการชั่งน้ำหนัก
  - NaCl 47 กรัม
  - KCl 57 กรัม
  - $CaCl_4$ 4 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $MgCl_2$ 6 กรัม

สารเคมีที่ใช้อยู่ในรูป anhydrous นำสารทั้งหมดผสมกับน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

- กลูโคส 50 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร) ใช้ กลูโคส 500 กรัม ผสมกับน้ำอุ่นและใช้ magnetic stirrer คนจนเข้ากันดี ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร แล้วเก็บไว้ในตู้เย็น

- การเตรียมสารละลายสูตร McDogall เพื่อใช้ผสมกับของเหลวจากกระเพาะรูเมน เตรียมได้โดยการผสมบัฟเฟอร์เบอร์ 1 ในปริมาตร 150 มิลลิลิตร บัฟเฟอร์เบอร์ 2 ในปริมาตร 20 มิลลิลิตร กลูโคส 40 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 1290 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ 5 นาที สารละลายบัฟเฟอร์จะใส และมี pH ประมาณ 7 แล้วใช้พาราฟิล์ม ปิดปากขวดแล้วนำไปแช่ไว้ใน water bath ที่มีอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส

(2) สารละลาย acid-pepsin

ชั่ง pepsin (1:10000) 2 กรัม ผสมกับกรดเกลือ (HCl) ที่มีความเข้มข้น 0.1 N ปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร เตรียมเฉพาะก่อนที่จะใช้เท่านั้น

12. กระถินเทพาที่นำมาประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์ได้มาจากสถานีบำรุงพันธุ์สัตว์จันทบุรี โดยการเก็บส่วนของใบ (ใบรวมทั้งก้านใบ) แล้วนำมาผึ่งลม 3-4 วัน หลังจากนั้นนำมาบดให้ได้ขนาดประมาณ 4 มิลลิเมตร ส่วนทำการสับให้เป็นท่อนยาวประมาณ 4-5 เซนติเมตร แล้วนำไปบดให้ได้ขนาดประมาณ 4 มิลลิเมตร

13. อาหารทีเอ็มอาร์ 16 สูตร สำหรับแม่โคน้ำหนัก 500 กิโลกรัม ให้น้ำนมวันละ 15กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ไขมันนมในน้ำนม 4.0 เปอร์เซ็นต์ โดยประกอบด้วยปัจจัย 3 ประการ ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือแหล่งอาหารหยาบ ประกอบด้วย ฟางข้าวและกระถินเทพา มี 4 ระดับ คือ ฟางข้าวต่อกระถินเทพา 100 ต่อ 0, 60 ต่อ 40, 50 ต่อ 50 และ40 ต่อ 60 ปัจจัยที่ 2 คือ แหล่งพลังงาน ประกอบด้วยข้าวโพดและมันเส้น และปัจจัยที่ 3 คือ อัตราส่วนระหว่างอาหารข้นและอาหารหยาบ คือ 50 ต่อ 50 และ60 ต่อ 40 ซึ่งส่วนประกอบของอาหารทีเอ็มอาร์ และองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากการคำนวณ แสดงในตารางที่ 6 และตารางที่ 7 โดยอาหารทีเอ็มอาร์ถูกบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรหรือ 30 mesh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**อุปกรณ์การเก็บของเหลวจากกระเพาะหมัก (Rumen Fluid)**

1. กระติกน้ำร้อน
2. ผ้ากรองหรือผ้าขาวบาง 4-5 ผืน
3. ถุงมือยาง
4. erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร
5. กรวยพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 6** แสดงส่วนประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์

| วัตถุดิบที่ประกอบเป็นอาหาร | สูตรอาหารทีเอ็มอาร์ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ทีเอ็มอาร์ (%วัตถุแห้ง) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| <u>อาหารข้น</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| กากถั่วเหลือง | 14.1 | 10.1 | 8.85 | 7.6 | 10.32 | 7.2 | 6.12 | 5.22 | 16.85 | 13.6 | 13.1 | 12.1 | 15.12 | 12.9 | 12.12 | 11.22 |
| ข้าวโพด | 13.5 | 25 | 26.25 | 27.5 | 25.8 | 34.92 | 36 | 36.9 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| มันเส้น | - | - | - | - | - | - | - | - | 13.25 | 19 | 22 | 23 | 23.4 | 29.22 | 30 | 30.9 |
| รำละเอียด | 10 | 10 | 10 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 | 10 | 10 | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| ปลาป่น | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| พรีมิกซ์ | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |
| เกลือ | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 |
| ใบกระถินป่น | 7.5 | - | - | - | 6 | - | - | - | 5 | 2.5 | - | - | 3.6 | - | - | - |
| ยูเรีย | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| กำมะถัน | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.24 | 0.24 | 0.24 | 0.24 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.24 | 0.24 | 0.24 | 0.24 |
| <u>อาหารหยาบ</u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ฟาง | 50 | 30 | 25 | 20 | 40 | 24 | 20 | 16 | 50 | 30 | 25 | 20 | 40 | 24 | 20 | 16 |
| กระถินเทพา | - | 20 | 25 | 30 | - | 16 | 20 | 24 | - | 20 | 25 | 30 | - | 16 | 20 | 24 |
| รวม | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

**ตารางที่ 7** แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทีเอ็มอาร์ที่ได้จากการคำนวณ

| องค์ประกอบทางเคมีของ | สูตรอาหารทีเอ็มอาร์ที่ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| อาหารทีเอ็มอาร์ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| โปรตีน (เปอร์เซ็นต์) | 15.26 | 15.27 | 15.25 | 15.23 | 15.24 | 15.27 | 15.23 | 15.25 | 15.23 | 15.29 | 15.24 | 15.24 | 15.24 | 15.28 | 15.29 | 15.25 |
| พลังงาน (Mcal/Kg) | 2.44 | 2.44 | 2.45 | 2.44 | 2.53 | 2.54 | 2.54 | 2.54 | 2.43 | 2.43 | 2.43 | 2.43 | 2.52 | 2.52 | 2.51 | 2.51 |
| แคลเซียม (เปอร์เซ็นต์) | 0.93 | 0.86 | 0.90 | 0.93 | 0.97 | 0.91 | 0.93 | 0.96 | 0.89 | 0.97 | 0.94 | 0.97 | 0.94 | 0.96 | 0.99 | 1.02 |
| ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) | 0.58 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.64 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.58 | 0.64 | 0.64 | 0.64 | 0.64 |
| NDF (เปอร์เซ็นต์) | 46.67 | 39.05 | 37.49 | 35.92 | 40.74 | 34.65 | 33.39 | 32.14 | 45.63 | 38.67 | 36.52 | 34.92 | 39.28 | 33.37 | 32.08 | 30.79 |
| ADF (เปอร์เซ็นต์) | 35.29 | 36.34 | 36.73 | 37.12 | 30.34 | 31.18 | 31.50 | 31.81 | 35.29 | 36.77 | 37.02 | 37.43 | 30.49 | 31.57 | 31.90 | 32.22 |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

# วิธีการ

## การวางแผนการทดลอง

ศึกษาการย่อยได้ของอาหารทีเอ็มอาร์โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x2x2 Factorial arrangement in CRD โดยแบ่งเป็น ปัจจัยที่ 1 ได้แก่อัตราส่วนระหว่างฟางข้าวกับกระถินเทพาที่ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบมี 4 ระดับ คือ 100 ต่อ 0, 60 ต่อ 40, 50 ต่อ 50 และ 40 ต่อ 60 ปัจจัยที่ 2 ได้แก่แหล่งพลังงานหลักในสูตรอาหารมี 2 ระดับ คือ ข้าวโพดและมันเส้น ปัจจัยที่ 3 ได้แก่อัตราส่วนระหว่างอาหารข้นกับอาหารหยาบในอาหารทีเอ็มอาร์มี 2 ระดับ คือ 50 ต่อ 50 และ 60 ต่อ 40

## การเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน

อุ่นกระติกน้ำร้อนเพื่อใส่ของเหลวจากกระเพาะรูเมน โดยใส่น้ำอุ่นประมาณ 60 องศาเซลเซียสไว้ในกระติก แล้วนำไปที่ฟาร์ม การเก็บของเหลวจากกระเพาะหมัก กระทำโดยการเปิดฝาที่กระเพาะหมักของโคก่อนการให้อาหารเช้า ใช้มือสุ่มตัวอย่างหญ้าหมักนำออกมาบีบเอาเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำผ่านผ้ากรองประมาณ 4 ชั้น เพื่อให้มีสิ่งตกค้างน้อยที่สุดอย่างรวดเร็วลงใน erlenmeyer flask แล้วถ่ายลงในกระติกน้ำร้อน แล้วรีบนำกลับไปยังห้องปฏิบัติการ

## การทดลองหาค่าการย่อยได้โดยวิธี *in vitro* (McDogall, 1948)

1. การเตรียมตัวอย่างอาหารที่จะวิเคราะห์ ประกอบด้วยตัวอย่างมาตรฐาน (standard sample) และตัวอย่างที่จะวิเคราะห์โดยชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.3 กรัม ใส่ลงในหลอดพลาสติกที่สะอาดและแห้ง ตัวอย่างละ 3 หลอด ตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้ประกอบด้วยฟางข้าว กระถินเทพา และตัวอย่างอาหารที่จะวิเคราะห์ประกอบด้วยอาหารทีเอ็มอาร์ 16 สูตร และเตรียมหลอดทดลองอีกจำนวน 3 หลอดสำหรับ Blank แล้วนำไปบ่มใน water bath ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส

2. ใช้สารละลายสูตร McDougall เพื่อใช้ผสมกับของเหลวในกระเพาะหมักในอัตราส่วนของเหลวจากกระเพาะหมักต่อสารละลายสูตร McDougall คือ 1 ต่อ 4 ผสมให้เข้ากัน และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนให้เป็นเนื้อเดียวกันตลอดเวลาด้วย magnetic stirrer และเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา

3. ปิเปต rumen fluid/buffer ที่ละ 30 มิลลิลิตรลงในหลอดตัวอย่างอาหาร แล้วนำมาแทนที่อากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการปิเปตระวังตัวอย่างอาหารฟุ้ง แล้วปิดหลอดทดลองด้วยฝาปิดหลอดทดลองที่มีช่องให้ก๊าซผ่านออกได้ (gas release) พร้อมทั้งเขย่าให้ตัวอย่างอาหารผสมในสารละลาย โดยระวังไม่ให้ตัวอย่างอาหารติดข้างหลอด นำหลอดทดลองเหล่านี้บ่มใน water bath ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เขย่าหลอดทดลอง 3 เวลา (เช้า เที่ยง และเย็น)

4. เมื่อครบ 48 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดทดลองออกจาก water bath เปิดฝาหลอดใช้น้ำกลั่นจำนวนจำกัดล้างส่วนของอาหารที่ติดฝาออก แล้วนำไปปั่นแยกตะกอนด้วยเครื่องปั่นหนีศูนย์กลาง ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 7 นาที แล้วแยกส่วนของเหลวออกจากตะกอนโดยใช้ pasteurize pipett ดูดช้า ๆ เพื่อไม่ให้ตะกอนถูกดูดออกไปด้วย แล้วปิเปตสารละลาย acid pepsin ที่เตรียมไว้แล้ว ปริมาตร 30 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมเข้ากัน ปิดฝา แล้วนำไปบ่มไว้ใน water bath ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เขย่าหลอดทดลอง 3 เวลา (เช้า เที่ยง และเวลาเย็น)

5. เมื่อครบ 48 ชั่วโมง นำมากรองใน filtered glass crucible ที่เตรียมไว้แล้ว โดยใช้เครื่องดูดสูญญากาศช่วยและล้างตะกอนให้ทั่วด้วยน้ำกลั่น แล้วนำเข้าอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ตลอดคืน

6. นำ crucible ออกจากตู้อบ ทิ้งให้เย็นใน dessicator และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำ crucible เข้าเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง แล้วนำออกมาทิ้งให้เย็นใน dessicator และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

**การบันทึกข้อมูล**

บันทึกข้อมูลในการทดลองหาค่าการย่อยได้ของอาหารทีเอ็มอาร์โดยวิธี *in vitro*

1. บันทึกน้ำหนักอาหารที่ใช้ในการทดลองแต่ละหลอด
2. บันทึกน้ำหนัก filtered glass crucible หลังการเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส
3. บันทึกน้ำหนักวัตถุแห้งของอาหารที่เหลือและ crucible หลังการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. บันทึกน้ำหนักเถ้าและ crucible หลังเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

จากข้อมูลของการทดลองหาค่าการย่อยได้ของอาหารที่เอ็มอาร์โดยวิธี *in vitro* นำผลที่ได้ไปหาค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD) ซึ่งคำนวณได้ตามสูตรดังนี้

$$\% \text{ IVDMD} = 100 \times \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times \%\text{DM}) - (\text{น้ำหนักสิ่งตกค้างตัวอย่าง} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยสิ่งตกค้างของBlank})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times \%\text{DM}}$$

และนำมาคำนวณหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ ( *in vitro* digestible organic matter digestibility, IVDOMD) ซึ่งคำนวณได้ตามสูตรดังนี้

$$\% \text{ IVDOMD} = 100 \times \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times \%\text{OM}) - (\text{น้ำหนักสิ่งตกค้างตัวอย่างOM} - \text{น้ำหนักเฉลี่ยสิ่งตกค้างของ Blank})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times \%\text{DM}}$$

นำค่าที่ได้จากการคำนวณ มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยคอมพิวเตอร์ โดยใช้ Statistic Analysis System (SAS)

**สถานที่ทำการทดลอง**

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี และการหาค่าการย่อยได้โดยวิธี *in vitro* ใช้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ของภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ผลการทดลองและวิจารณ์

## องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทีเอ็มอาร์

ค่าโภชนะของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบเป็นสูตรอาหารทีเอ็มอาร์และโภชนะของอาหารทีเอ็มอาร์ที่ได้จากการ proximate analysis ได้แสดงไว้ในตารางที่ 8 และตารางที่ 9 ในด้านโภชนะของอาหารทีเอ็มอาร์ทั้ง 16 คุณค่าโภชนะทางด้านโปรตีนรวม มีค่าระหว่าง 15.10-15.85 เปอร์เซ็นต์ โดยสูตรที่ 8 มีโปรตีนต่ำกว่าที่คำนวณไว้ ส่วนสูตรอื่น ๆ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่คำนวณ ส่วนค่าไขมันมีค่าระหว่าง 5.41-7.16 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเยื่อใยย่อยได้ในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF) มีค่าอยู่ในระหว่าง 28.67-48.58 เปอร์เซ็นต์ โดยสูตรที่ 1 มีค่า NDF มากที่สุดคือ 48.58 เปอร์เซ็นต์ เนื่องมาจากสูตรที่ 1 มีฟางข้าวประกอบอยู่สูงและยังมีใบกระถินป่นประกอบอยู่สูงกว่าสูตรอื่น ๆ อีกด้วยซึ่งทั้งฟางข้าวและใบกระถินมีปริมาณNDF และ ADF สูงดังแสดงในตารางที่ 8 และสูตรที่ 16 มีค่า NDF ต่ำที่สุดคือ 28.67 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเยื่อใยย่อยได้ในสารละลายที่เป็นกรด (ADF) มีค่าอยู่ระหว่าง 19.27-33.52 เปอร์เซ็นต์ โดยสูตรที่ 1 มีค่า ADF มากที่สุดคือ 33.52 เปอร์เซ็นต์ และสูตรที่ 8 มีค่า ADF ต่ำที่สุดคือ 19.27 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง ฉลองและคณะ (2540) ได้กล่าวถึงอาหารทีเอ็มอาร์ว่าควรมีค่า NDF ประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ และ ADF ประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลิกนินที่เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารมีค่าอยู่ระหว่าง 2.64-6.17 เปอร์เซ็นต์ โดยสูตรที่ 12 มีลิกนินประกอบอยู่สูงสุดคือ 6.17 เปอร์เซ็นต์ และสูตรที่ 13 มีลิกนินประกอบอยู่ต่ำสุดคือ 2.64 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุที่ลิกนินในสูตรที่ 4 และในสูตรที่ 12 มีค่าสูงเนื่องมาจากมีส่วนประกอบของกระถินเทพาอยู่สูง ส่วนปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสมีค่า 0.71-1.17 เปอร์เซ็นต์ และ 0.51-0.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งค่าโภชนะที่ได้จากการ proximate analysis นี้ อยู่ในเกณฑ์คำนวณ แต่ค่าโภชนะที่ได้ก็อยู่ในเกณฑ์ที่ใช้เลี้ยงโคนมที่มีน้ำหนัก 500 กิโลกรัม ให้น้ำนม 15 กิโลกรัมต่อวัน เปอร์เซ็นต์ไขมันนมในน้ำนม 4.0 เปอร์เซ็นต์ (NRC, 1988)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 8** แสดงค่าโภชนะของวัตถุดิบที่นำมาผสมเป็นอาหารทีเอ็มอาร์ ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี proximate analysis เป็นเปอร์เซ็นต์

| วัตถุดิบ | วัตถุแห้ง | เถ้า | โปรตีน | ไขมัน | NDF | ADF | Lignin |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| กากถั่วเหลือง | 91.07 | 6.98 | 45.25 | 5.50 | 13.16 | 11.73 | 1.51 |
| ข้าวโพด | 90.25 | 1.36 | 9.67 | 2.82 | 12.78 | 3.12 | 0.30 |
| มันเส้น | 89.01 | 1.97 | 2.74 | 4.31 | 7.16 | 5.70 | 1.54 |
| รำละเอียด | 92.47 | 8.77 | 14.33 | 20.04 | 21.19 | 9.22 | 2.27 |
| ปลาป่น | 93.01 | 29.94 | 60.08 | 7.62 | 12.80 | 3.83 | 0.53 |
| ใบกระถิน | 95.62 | 10.32 | 13.24 | 1.86 | 58.51 | 51.25 | 11.37 |
| ฟาง | 94:44 | 14.58 | 3.08 | 1.40 | 65.16 | 53.39 | 4.14 |
| กระถินเทพา | 93.21 | 3.80 | 11.60 | 1.50 | 36.60 | 35.51 | 17.30 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 9** แสดงค่าโภชนะของอาหารทีเอ็มอาร์ ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี proximate analysis เป็นเปอร์เซ็นต์

| อาหาร | วัตถุแห้ง | เถ้า | โปรตีน | ไขมัน | NDF | ADF | Lignin | Ca | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| อาหารทีเอ็มอาร์ 1 | 92.00 | 11.47 | 15.36 | 5.57 | 48.58 | 33.52 | 3.56 | 0.71 | 0.61 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 2 | 91.06 | 8.75 | 15.52 | 7.09 | 36.01 | 24.99 | 4.62 | 0.84 | 0.60 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 3 | 91.11 | 8.27 | 15.73 | 5.88 | 32.98 | 23.98 | 5.02 | 0.83 | 0.57 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 4 | 91.25 | 7.69 | 15.50 | 6.83 | 34.05 | 24.98 | 6.08 | 0.85 | 0.53 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 5 | 91.66 | 10.30 | 15.47 | 5.90 | 39.41 | 27.69 | 2.91 | 0.84 | 0.65 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 6 | 91.12 | 8.38 | 15.49 | 6.96 | 32.50 | 22.46 | 4.24 | 0.86 | 0.65 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 7 | 91.41 | 7.90 | 15.39 | 6.68 | 31.99 | 19.70 | 4.44 | 0.84 | 0.64 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 8 | 91.64 | 7.67 | 15.10 | 7.16 | 29.11 | 19.27 | 5.35 | 0.94 | 0.56 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 9 | 92.21 | 11.64 | 15.85 | 5.80 | 44.81 | 32.33 | 3.08 | 0.90 | 0.54 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 10 | 92.62 | 9.34 | 15.63 | 5.24 | 37.97 | 28.07 | 5.28 | 0.80 | 0.55 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 11 | 91.99 | 8.45 | 15.80 | 6.16 | 35.18 | 25.47 | 5.50 | 0.96 | 0.52 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 12 | 91.82 | 8.00 | 15.36 | 6.03 | 33.39 | 24.94 | 6.17 | 1.17 | 0.51 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 13 | 92.04 | 10.79 | 15.44 | 5.41 | 37.52 | 27.49 | 2.64 | 0.91 | 0.65 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 14 | 90.71 | 8.80 | 15.65 | 5.80 | 30.44 | 22.48 | 4.12 | 0.96 | 0.61 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 15 | 90.86 | 8.44 | 15.33 | 5.55 | 31.02 | 22.36 | 4.70 | 1.01 | 0.62 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 16 | 91.31 | 7.92 | 15.30 | 6.06 | 28.67 | 21.03 | 5.59 | 1.03 | 0.59 |

**การย่อยได้ของตัวอย่างมาตรฐาน**

การหาค่าการย่อยได้ของตัวอย่างมาตรฐานประกอบด้วยฟางข้าว และกระถินเทพา วัตถุประสงค์ที่ต้องหาค่ามาตรฐาน เนื่องจากอาจเกิดความแปรปรวนในด้านปริมาณและสัดส่วนของจุลินทรีย์ที่อยู่ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนในการวิเคราะห์หาค่าการย่อยได้ ในแต่ละครั้ง ค่าการย่อยได้ของตัวอย่างมาตรฐานแสดงไว้ในตารางที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตาราง 10** แสดงค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (IVDMD) และการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (IVDOMD) ของตัวอย่างมาตรฐาน

| การทดลองครั้งที่ | 1 | | 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | ฟาง | กระถินเทพา | ฟาง | กระถินเทพา |
| จำนวนหลอดทดลอง | 12 | 10 | 12 | 12 |
| ค่าเฉลี่ย IVDMD | 24.53 | 31.57 | 23.03 | 32.44 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 0.37 | 0.46 | 0.45 | 0.64 |
| ค่าเฉลี่ย IVDOMD | 18.57 | 28.00 | 18.33 | 28.66 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | 1.32 | 1.40 | 1.74 | 2.7 |

**การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (IVDMD) ของอาหารทีเอ็มอาร์**

ค่าการย่อยได้ของอาหารทีเอ็มอาร์ โดยวิธี *in vitro* (*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD) ของอาหารทีเอ็มอาร์ทั้ง 16 สูตร ที่ประกอบด้วยปัจจัย 3 ประการในการประกอบเป็นสูตรอาหารคือ ปัจจัยที่ 1 แหล่งอาหารหยาบ คืออัตราส่วนระหว่างฟางข้าวต่อกระถินเทพามี 4 ระดับ คือ 100 ต่อ 0, 60 ต่อ 40, 50 ต่อ 50 และ60 ต่อ 40 ปัจจัยที่ 2 แหล่งพลังงานที่ใช้ในสูตรอาหาร คือข้าวโพด และมันเส้น ปัจจัยที่ 3 อัตราส่วนระหว่างอาหารข้นต่ออาหารหยาบ คือ 50 ต่อ 50 และ 60 ต่อ 40 ดังแสดงในตารางที่ 11 อยู่ในระหว่าง 55.35-64.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาแหล่งอาหารหยาบที่มีอัตราส่วนระหว่างฟางข้าวต่อกระถินเทพาต่างกัน 4 ระดับ คือ 100 ต่อ 0, 60 ต่อ 40, 50 ต่อ 50 และ40 ต่อ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยการย่อยได้คือ 59.06, 60.17, 59.29 และ59.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ในการย่อยได้ของวัตถุแห้งเนื่องมาจากอาหารทีเอ็มอาร์แต่ละสูตรมีระดับโปรตีนที่ประกอบในสูตรอาหารมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับที่ บุญเสริม (2531) ที่กล่าวว่า ระดับโปรตีนจะส่งผลต่อปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้ตลอดจนมีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะ แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าการย่อยได้ของอาหารทีเอ็มอาร์ที่มีแหล่งพลังงานต่างกัน คือข้าวโพดและมันเส้น พบว่า สูตรที่มีมันเส้น (สูตรที่ 9-16) มีค่าการย่อยได้เฉลี่ย 60.56 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวโพด (สูตรที่ 1-8) มีค่าการย่อยได้ 58.46 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่มีมันเส้นเป็นแหล่งพลังงานมีค่าการย่อยได้สูงกว่าสูตรที่มีข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องมาจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของมันเส้นมีค่า 69.24 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของข้าวโพดมีค่า 51.60 เปอร์เซ็นต์ (พรรณทิพา, ติดต่อส่วนตัว) การที่ค่าการย่อยได้ของมันเส้นสูงกว่าข้าวโพดสอดคล้องกับ ชวนิศนดากร (2534) ที่รายงานว่ามันเส้นมีแป้งสูงกว่าข้าวโพดจึงทำให้โภชนะย่อยได้ทั้งหมดของมันเส้นสูงกว่าของข้าวโพด และค่าการย่อยได้ของอาหารทีเอ็มอาร์ที่มีอัตราส่วนระหว่างอาหารข้นและอาหารหยาบต่างกัน 2 ระดับ คือ 50 ต่อ 50 (สูตรที่ 1-4 และสูตรที่ 9-12)และ60 ต่อ 40 (สูตรที่ 5-8 และสูตรที่ 13-16) ซึ่งมีค่าการย่อยได้เฉลี่ยเท่ากับ 57.96 เปอร์เซ็นต์ และ 61.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) อาจเนื่องมาจากค่า NDF และค่า ADF ที่อัตราส่วน 60 ต่อ 40 มีค่าน้อยกว่าที่อัตราส่วน 50 ต่อ 50 ทำให้ย่อยได้มากกว่านั่นเอง

เมื่อนำไปหาค่าปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของแต่ละปัจจัย พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัยและ 3 ปัจจัยไม่มีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งในทางสถิติ ($p>0.05$)

**ตารางที่ 11** แสดงค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (IVDMD) ของอาหารทีเอ็มอาร์ 16 สูตร

| ฟ่างข้าว ต่อ กระถินเทพา | ข้าวโพด | | มันเส้น | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| | 50:50 | 60:40 | 50:50 | 60:40 | |
| 100:0 | 56.65 | 61.14 | 57.79 | 60.67 | 59.06 |
| 60:40 | 59.72 | 59.80 | 58.07 | 63.07 | 60.17 |
| 50:50 | 56.92 | 59.97 | 58.94 | 61.33 | 59.29 |
| 40:60 | 55.35 | 58.12 | 60.26 | 64.33 | 59.52 |
| ค่าเฉลี่ยพลังงาน* | ข้าวโพด=58.46 | | มันเส้น=60.56 | | |
| ค่าเฉลี่ยอัตราส่วน** | 50 ต่อ 50=57.96 | | 60 ต่อ 40=61.05 | | |

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (IVDOMD) ของอาหารทีเอ็มอาร์**

การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (*in vitro* digestible organic matter digestibility, IVDOMD) ของอาหารทีเอ็มอาร์ 16 สูตร แสดงในตารางที่ 12 เมื่อดูที่ปัจจัยที่ 1 คือ แหล่งอาหารหยาบ ประกอบด้วยฟางต่อกระถินเทพา 100 ต่อ 0, 60 ต่อ 40, 50 ต่อ 50 และ 40 ต่อ 60 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ คือ 50.24 52.86, 51.78, และ.52.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุที่อัตราส่วนฟางต่อกระถินเทพา100 ต่อ 0 ต่ำกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งอัตราส่วนอีก 3 ระดับไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อพิจารณาปัจจัยที่ 2 คือ แหล่งพลังงานหลักในสูตรอาหารทีเอ็มอาร์ พบว่าสูตรที่มีมันเส้นมีการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (52.76 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าสูตรที่มีข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลัก (50.66 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เนื่องมาจากมันเส้นมีแป้งมากกว่าข้าวโพดจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มันเส้นมีค่าการย่อยได้สูงกว่า (ชวนิศนดากร, 2534) และเมื่อดูที่ปัจจัยที่ 3 คือ อัตราส่วนระหว่างอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่ 50 ต่อ 50 และ 60 ต่อ 40 พบว่าสูตรที่มีอัตราส่วน 60 ต่อ 40 มีค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (53.16 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าสูตรที่มีอัตราส่วน 50 ต่อ 50 (50.27 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เนื่องมาจากในสูตรอาหารนั้นมีสัดส่วนของอาหารข้นมากกว่า ซึ่งจุลินทรีย์สามารถย่อยได้ดีกว่าอาหารหยาบ ซึ่งสอดคล้องกับ ชวนิศนดากร (2534) ได้กล่าวไว้ และนอกจากนี้ที่อัตราส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบ 60 ต่อ 40 ยังมีลิกนินต่ำกว่าที่อัตราส่วน 50 ต่อ 50 ซึ่งมีผลต่อค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ ซึ่งสอดคล้องกับ สมชาย (2540) ที่กล่าวถึงลิกนินว่าเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ค่าการย่อยได้ต่ำ เพราะลิกนินจะไปจับกับเฮมิเซลลูโลสที่ทำให้เอมไซม์ต่าง ๆ เข้าไปย่อยส่วนประกอบภายในเซลล์ไม่ได้

เมื่อนำไปหาค่าปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของแต่ละปัจจัยพบว่า ระหว่างปัจจัยที่ 1 กับปัจจัยที่ 2 มีผลต่อค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุดังแสดงในตารางที่ 13 และพบว่า เมื่อฟางข้าวต่อกระถินเทพาที่อัตราส่วน 40 ต่อ 60 ผสมกับมันเส้นมีผลทำให้ค่าการย่อยได้สูงกว่าสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ 1 และปัจจัยที่ 3, ระหว่างปัจจัยที่ 2 และปัจจัยที่ 3 ระหว่างปัจจัยที่ 1 ปัจจัยที่ 2 และปัจจัยที่ 3 ไม่มีผลต่อค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของอาหารทีเอ็มอาร์ทางสถิติ ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 12** แสดงการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (VDOMD) ของอาหารทีเอ็มอาร์

| ฟางข้าวต่อกระถินเทพา | ข้าวโพด | | มันเส้น | | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|
| | 50 ต่อ 50 | 60 ต่อ 40 | 50 ต่อ 50 | 60 ต่อ 40 | |
| 100:0 | 48.29 | 52.73 | 47.56 | 52.37 | 50.24$^{ก}$ |
| 60:40 | 51.81 | 52.48 | 52.23 | 54.91 | 52.86$^{ข}$ |
| 50:50 | 49.79 | 51.81 | 51.63 | 53.90 | 51.78$^{ข}$ |
| 40:60 | 47.93 | 50.44 | 52.83 | 56.65 | 52.00$^{ข}$ |
| ค่าเฉลี่ยแหล่งพลังงาน** | ข้าวโพด=50.66 | | มันเส้น=52.76 | | |
| ค่าเฉลี่ยอัตราส่วน** | 50 ต่อ 50=50.26 | | 60 ต่อ 40=53.16 | | |

อักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

**มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

**ตารางที่ 13** แสดงค่าปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างแหล่งอาหารหยาบกับแหล่งพลังงานที่มีผลต่อค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (VDOMD) ในอาหารทีเอ็มอาร์

| ฟางข้าวต่อกระถินเทพา | ข้าวโพด | มันเส้น |
|---|---|---|
| 100:0 | 50.51$^{กข}$ | 49.96$^{ก}$ |
| 60:40 | 52.14$^{ขคง}$ | 53.57$^{งจ}$ |
| 50:50 | 50.80$^{กขค}$ | 52.76$^{คงจ}$ |
| 40:60 | 49.18$^{ก}$ | 54.74$^{จ}$ |

อักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองหาค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารทีเอ็มอาร์ ที่มีแหล่งอาหารหยาบคือฟางข้าวและกระถินเทพาในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน และมีแหล่งที่ให้พลังงานคือข้าวโพดและมันเส้น โดยผสมกันในอัตราส่วนต่างกัน เมื่อดูถึงสัดส่วนของฟางข้าวและกระถินเทพาที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าไม่มีผลต่อการย่อยได้ของอาหารทีเอ็มอาร์ในทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อดูที่แหล่งพลังงานที่ใช้ในสูตรอาหาร พบว่าสูตรที่มีมันเส้นมีค่าการย่อยได้สูงกว่าสูตรที่มีข้าวโพดเป็นส่วนประกอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อดูถึงอัตราส่วนระหว่างอาหารข้นต่ออาหารหยาบ พบว่าอัตราส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่ 60 ต่อ 40 มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าที่อัตราส่วน 50 ต่อ 50 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ส่วนค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของอาหารทีเอ็มอาร์ เมื่อดูที่แหล่งอาหารหยาบพบว่าอัตราส่วนระหว่างฟางข้าวต่อกระถินเทพา 100 ต่อ 0 มีค่าการย่อยได้ต่ำกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อดูที่แหล่งพลังงานที่ใช้ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์พบว่ามันเส้นมีค่าการย่อยได้สูงกว่าข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และเมื่อดูที่อัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่อัตราส่วน 60 ต่อ 40 มีค่าการย่อยได้สูงกว่าที่อัตราส่วน 50 ต่อ 50

สูตรอาหารทีเอ็มอาร์ที่ควรนำไปทดลองเลี้ยงโคนม ควรประกอบด้วยแหล่งอาหารหยาบที่มีอัตราส่วนของฟางต่อกระถินเทพาที่ 60 ต่อ 40, 50 ต่อ 50 หรือ 40 ต่อ 60 โดยมีแหล่งพลังงานที่ใช้คือมันเส้น และอัตราส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบควรอยู่ที่อัตราส่วน 60 ต่อ 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน่าจะเป็นสูตรอาหารที่โคนมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองหาค่าการย่อยได้ของอาหารที่เอ็มอาร์ด้วยวิธี *in vitro* ควรมีการเพิ่มจำนวนซ้ำในแต่ละครั้งที่ทำการทดลองและควรเพิ่มจำนวนวัวเพื่อที่จะสุ่มตัวอย่าง rumen fluid ได้มากขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นในการทดลองและในการเตรียมสารละลายสำหรับผสมกับของเหลวจากกระเพาะรูเมนควรมีการตวงไว้ล่วงหน้าเพื่อไม่ให้เสียเวลามากขึ้น เพราะยิ่งระยะเวลาที่ของเหลวจากกระเพาะรูเมนตั้งแต่ออกจากกระเพาะหมักจนถึงขั้นการผสมกับสารละลายยิ่งนาน จะทำให้ความสามารถของจุลินทรีย์ลดลงจะทำให้การทดลองคลาดเคลื่อนจากที่ควรเป็นได้ และในอาหารที่ฟุ้งกระจายควรเพิ่มความระมัดระวังให้มากขึ้นเพื่อป้องกันไม่ให้อาหารติดข้างหลอดทดลอง เพื่อทำให้การย่อยในหลอดทดลองเป็นไปอย่างสมบูรณ์ที่สุด

และในการทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองแต่เพียงในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในตัวสัตว์โดยตรง และควรศึกษาขนาดที่เหมาะสมของอาหารทีเอ็มอาร์ที่ควรนำไปใช้เลี้ยงโคนมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

ฉลอง วชิราภากร, เทอดศักดิ์ ปุระมงคล และวุฒิชัย สีเผือก. 2540. อาหารทีเอ็มอาร์ (Total Mixed Ration, TMR) หรืออาหารสมบูรณ์ (Complete Ration, CR) สำหรับโคนม. วารสารโคนม. 16(5) : 53-58.

ฉลอง วชิราภากร และวุฒิชัย สีเผือก. 2541. ข้อควรพิจารณาในการประกอบสูตรอาหารสำหรับโคนม. วารสารสัตวบาล 8(42) : 21-33.

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

ดวงสิรินทร์ รักษาราษฎร์. 2541. การย่อยได้ของอาหารทีเอ็มอาร์ที่มีฟางข้าวและกระถินเทพาเป็นแหล่งอาหารหยาบในโคนม. ปัญหาพิเศษ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 55 น.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2531. การใช้กระถินเสริมฟางข้าวเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. *ใน* 'การใช้วัสดุในท้องถิ่นเป็นอาหารสัตว์' รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ. ภาควิชาสัตวบาล, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงราย 25-27 พฤษภาคม 2531.

ปรารถนา พฤกษะศรี. 2537. การเลี้ยงโคด้วยTMR. วารสารโค-กระบือ 6(2) : 15-20.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟันนี่พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 465 น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2538. อาหารหยาบกับประสิทธิภาพการผลิตโคนม. วารสารโคนม 14(2) : 48-53.

เมธา วรรณพัฒน์และฉลอง วชิราภากร. 2533. เทคนิคการให้อาหารโคเนื้อและโคนม. ฟันนี่พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 142 น.

รวีวรรณ ยิ้มย่อง. 2539. การศึกษาปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของลูกโคหย่านมพันธุ์อเมริกันบราห์มันที่ได้รับกระถินเทพาเป็นอาหาร. ปัญหาพิเศษ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 63 น.

วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละและญาณิน โอภาสพัฒนกิจ. 2531. การเลี้ยงโคนม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 327 น.

ศรีสกุล วรจันทรา. 2537. เอกสารประกอบการเรียนวิชาเทคโนโลยีอาหารสัตว์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 270 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมชาย จันทร์ผ่องแสง. 2538. การใช้ complete feed หรือ TMR ในการเลี้ยงโคนม. วารสารโคนม. 14(3) : 53-54.

สมชาย จันทร์ผ่องแสง. 2541. การเลี้ยงโคนม. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 311 น.

Grant, R.J., V.F. Colenbrander and I.L. Albright. 1990. Effect of forage and rumen cannulation upon chewing activity and Laterarity in dairy cows. J. Dairy Sci. 73 : 3158-3164.

McDougall. 1948. Studies on Ruminant saliva. The composition and output of sheep's saliva. Institute of Animal Pathology University of Cambridge. Biochem. J. 43 : 99-109.

NRC. 1988. Nutrient Requirement of Dairy Cattle. National research council, U.S.A. : Washington, D.C.

Rakes, A.H. 1969. Complete ration for dairy cattle. J. Dairy Sci. 52 : 870-875.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก.

**ตารางภาคผนวกที่ 1** แสดงส่วนประกอบของอาหารทีเอ็มอาร์ 16 สูตร และแสดงค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (IVDMD) และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (IVOMD) ของอาหารทีเอ็มอาร์โดยวิธี *in vitro* (เปอร์เซ็นต์)

| อาหาร | ฟางข้าว ต่อกระถินเทพา | ข้าวโพด หรือมันเส้น | อัตราส่วน อาหารข้น/อาหารหยาบ | ค่าการย่อยได้ ของวัตถุแห้ง | ค่าการย่อยได้ ของอินทรีย์วัตถุ |
|---|---|---|---|---|---|
| อาหารทีเอ็มอาร์ 1 | 100/0 | ข้าวโพด | 50/50 | 56.65 | 48.29 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 2 | 60/40 | ข้าวโพด | 50/50 | 59.72 | 51.81 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 3 | 50/50 | ข้าวโพด | 50/50 | 56.92 | 49.79 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 4 | 40/60 | ข้าวโพด | 50/50 | 55.35 | 47.93 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 5 | 100/0 | ข้าวโพด | 60/40 | 61.14 | 52.73 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 6 | 60/40 | ข้าวโพด | 60/40 | 59.80 | 52.48 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 7 | 50/50 | ข้าวโพด | 60/40 | 60.00 | 51.81 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 8 | 40/60 | ข้าวโพด | 60/40 | 58.12 | 50.44 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 9 | 100/0 | มันเส้น | 50/50 | 57.79 | 47.56 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 10 | 60/40 | มันเส้น | 50/50 | 58.07 | 52.23 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 11 | 50/50 | มันเส้น | 50/50 | 58.94 | 51.63 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 12 | 40/60 | มันเส้น | 50/50 | 60.26 | 52.83 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 13 | 100/0 | มันเส้น | 60/40 | 60.67 | 52.37 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 14 | 60/40 | มันเส้น | 60/40 | 63.07 | 54.91 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 15 | 50/50 | มันเส้น | 60/40 | 61.33 | 53.90 |
| อาหารทีเอ็มอาร์ 16 | 40/60 | มันเส้น | 60/40 | 64.33 | 56.65 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ 2** แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารทีเอ็มอาร์ (IVDMD)

| SOV | Df | SS | MS | F-value | Pr>F |
|---|---|---|---|---|---|
| Factor 1 | 3 | 5.42 | 1.81 | 0.26 | 0.8523 |
| Factor 2 | 1 | 35.25 | 35.25 | 5.09 | 0.0384* |
| Factor 3 | 1 | 76.35 | 76.35 | 11.03 | 0.0043** |
| Factor 1*2 | 3 | 33.85 | 11.28 | 1.63 | 0.2218 |
| Factor 1*3 | 3 | 1.81 | 0.60 | 0.09 | 0.9660 |
| Factor 2*3 | 1 | 2.00 | 2.0 | 0.29 | 0.6003 |
| Factor 1*2*3 | 3 | 12.50 | 4.16 | 0.60 | 0.6234 |
| Error | 16 | 110.72 | 6.92 | | |
| Total | 31 | 277.88 | | | |

CV = 4.42 เปอร์เซ็นต์

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

**หมายเหตุ**

Factor 1 = อาหารหยาบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารทีเอ็มอาร์ประกอบด้วยฟางต่อกระถินเทพาในอัตราส่วน 100 ต่อ 0, 60 ต่อ 40, 50 ต่อ 50 และ 40 ต่อ 60 เปอร์เซ็นต์

Factor 2 = วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักในอาหารทีเอ็มอาร์ ประกอบด้วย ข้าวโพดและมันสำปะหลัง

Factor 3 = อัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบในอาหารทีเอ็มอาร์ ประกอบด้วยอาหารข้นต่ออาหารหยาบ 50 ต่อ 50 และ 60 ต่อ 40 เปอร์เซ็นต์

Factor 1*2 = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอาหารหยาบกับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงานที่ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์

Factor 1*3 = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอาหารหยาบกับอัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่ใช้ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Factor 2*3 = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุดิบที่เป็นแหล่งอาหารพลังงานกับอัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่ใช้ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์

Factor 1*2*3 = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอาหารหยาบกับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงานและอัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์

**ตารางภาคผนวกที่ 3** แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของอาหารทีเอ็มอาร์ (IVOMD)

| SOV | Df | SS | MS | F-value | Pr>F |
|---|---|---|---|---|---|
| Factor 1 | 3 | 28.47 | 9.49 | 4.88 | 0.0135* |
| Factor 2 | 1 | 35.24 | 35.24 | 18.12 | 0.0006** |
| Factor 3 | 1 | 67.34 | 67.34 | 34.62 | 0.0001** |
| Factor 1*2 | 3 | 38.90 | 12.97 | 6.67 | 0.0039** |
| Factor 1*3 | 3 | 10.24 | 3.41 | 1.75 | 0.9660 |
| Factor 2*3 | 1 | 1.93 | 1.93 | 0.99 | 0.6003 |
| Factor 1*2*3 | 3 | 1.04 | 0.35 | 0.18 | 0.6234 |
| Error | 16 | 31.12 | 1.95 | | |
| Total | 31 | 214.28 | | | |

CV = 2.70 เปอร์เซ็นต์

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

**หมายเหตุ**

Factor 1 = อาหารหยาบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารทีเอ็มอาร์ประกอบด้วยฟางต่อกระถินเทพาในอัตราส่วน 100 ต่อ 0, 60 ต่อ 40, 50 ต่อ 50 และ 40 ต่อ 60 เปอร์เซ็นต์

Factor 2 = วัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักในอาหารทีเอ็มอาร์ ประกอบด้วย ข้าวโพดและมันสำปะหลัง

Factor 3 = อัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบในอาหารทีเอ็มอาร์ ประกอบด้วยอาหารข้นต่ออาหารหยาบ 50 ต่อ 50 และ 60 ต่อ 40 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Factor 1*2 = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอาหารหยาบกับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงานที่ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์

Factor 1*3 = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอาหารหยาบกับอัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่ใช้ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์

Factor 2*3 = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุดิบที่เป็นแหล่งอาหารพลังงานกับอัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่ใช้ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์

Factor 1*2*3 = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอาหารหยาบกับวัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงานและอัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่ประกอบเป็นอาหารทีเอ็มอาร์

## ภาคผนวก ข.

### วิธีการผ่าตัดใส่ Cannula โดยวิธีการผ่าตัดครั้งเดียว (One-Step Operation)

เป็นการผ่าตัดใส่ Cannula โดยการผ่าตัดครั้งเดียว โดยเปิดผ่าผิวหนังพร้อมกับกระเพาะรูเมนแล้วใส่ Cannula ในครั้งเดียวกัน

### อุปกรณ์

1. การเตรียมสัตว์ที่ใช้เจาะกระเพาะควรมีอายุประมาณ 2 ปี น้ำหนักตัวประมาณ 150-200 กิโลกรัม หรือเป็นสัตว์ที่เข้าสู่ช่วงเจริญเต็มวัย (Mature)

2. Cannula ที่ทำมาจากยางซิลิโคน (Silicone Rubber) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความอ่อนตัว ไม่กดกระแทกแผลที่ผ่าตัดมากนักเวลาที่สัตว์นอนหรือเสียดสีกับคอก

3. ไหมละลาย (Catgut) No.1

4. ไหมดำเย็บแผล (Silk) No.1

5. ยาสลบ Rompun® (Xylazine)

6. ยาชา 2% Xylocain (Lidocain)

7. ยาป้องกันบาดทะยัก Tetanus

8. เข็มฉีดยา

9. ทิงเจอร์ไอโอดีน

10. น้ำเกลือ N.S.S. (Normal Saline Solution)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ยาปฏิชีวนะ Oxytetracycline (L.A.), Sterptomycin
12. น้ำยาฆ่าเชื้อโรค Dettol®
13. มีดโกน
14. สบู่
15. สำลี

นำสัตว์ที่ผ่านการคัดเลือกตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น มาขังไว้ในคอกเดี่ยวทำการอดอาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและอดน้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อให้อาหารเหลือตกค้างในกระเพาะน้อยที่สุดและทำให้มีเลือดออกน้อยเวลาผ่าตัด ฉีด Rompun® ขนาด 0.6 mg/kg เข้ากล้ามเนื้อบริเวณสะโพกเพื่อระงับความรู้สึก โดยค่อย ๆ ฉีดครั้งละ 1 ซีซี แล้วจึงฉีดxylocain บริเวณกระดูกสันหลัง 33 ซีซี ค่อย ๆ ฉีดRompun® เป็นระยะ ๆ ครั้งละ 1 ซีซี เมื่อโคซึมและล้มลงนอน จัดให้โคนอนตะแคงโดยให้สวาปด้านซ้ายอยู่บน แล้วจึงทำความสะอาดบริเวณที่จะทำการเจาะกระเพาะ โดยการโกนขนออกแล้วทำความสะอาดด้วย Dettol® การโกนขนจะโกนเป็นสีเหลี่ยมประมาณ 1 ตารางฟุต แล้วใช้กระดาษแข็งแผ่นวงกลมที่มีขนาดท่อด้านในของ cannula ทาบบริเวณสวาป ทำเครื่องหมายไว้โดยใช้มีดกรีดผ่าหนังให้เปิดออกเป็นวงกลมตามขนาดกระดาษแข็ง แล้วผ่าหนังออกแล้วจึงใช้เข็มกับไหมละลายเย็บชั้นกล้ามเนื้อให้ติดกับเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังแบบ simple continuous suture จากนั้นเปิดผ่าผนังกระเพาะรูเมน ใช้ไหมเส้นคู่เย็บหนังกระเพาะให้ติดกับผิวหนังแบบ simple continuous suture แล้วล้างแผลด้วยน้ำเกลือและทาแผลด้วยทิงเจอร์ไอโอดีน จากนั้นจึงสอด cannula แล้วทาทิงเจอร์ไอโอดีนซ้ำอีกครั้งและฉีด streptomycin เข้ากล้ามเนื้อ เพื่อกันการอักเสบ และฉีด Tetanus เพื่อกันบาดทะยัก ส่วนวันต่อมาฉีด Oxytetracyclin (L.A.) และล้างแผลด้วยน้ำเกลือและทาด้วยทิงเจอร์ไอโอดีนทุกวัน ประมาณ 2-3 อาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้