อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

ผลของแหล่งของอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักต่อคุณค่าทางโภชนะและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก

Effect of roughage sources in total mixed ration and fermented total mixed ration on nutritive values and nutrients degradability in rumen

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 31 ก.ค. 2558
เลขทะเบียน 1682525 4
เลขเรียกหนังสือ
วSF
95
ก3615
2557

โดย ภัทรภร ทัศพงษ์

เมษายน 2557

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของแหล่งของอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมัก
ต่อคุณค่าทางโภชนะและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก

Effect of roughage sources in total mixed ration and fermented total mixed ration on nutritive values and nutrients degradability in rumen

คณะผู้วิจัยและสังกัด

ดร. ภัทรภร ทัศพงษ์

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยนเรศวร

1 bb25254

สนับสนุนโดย กองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

แหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนกว่าชนิดอื่น และการหมักอาหารผสมครบส่วนไม่ได้เพิ่มคุณภาพของอาหารผสมครบส่วนเพราะการย่อยได้อินทรียวัตถุและการผลิตกรดไขมันสายสั้นและการผลิตแก๊สต่ำกว่าอาหารไม่หมัก

งานทดลองที่ 4 : ศึกษาผลของการเติมสารสกัดจากเมล็ดชาในอาหารผสมครบส่วนที่มีแหล่งอาหารหยาบต่างกันต่อจลนศาสตร์การหมักย่อยและการผลิตแก๊สมีเทน จัดการทดลองแบบแฟกทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด โดยศึกษา 2 ปัจจัยๆ ละ 3 ระดับ ปัจจัยที่ 1 คือ แหล่งอาหารหยาบในอาหาร 3 ชนิด คือ กากผักบุ้ง เปลือกฝักถั่วเขียว และฟางข้าวผสมกับเปลือกฝักถั่วเขียว ปัจจัยที่ 2 คือ การเติมสารสกัดจากเมล็ดชา 3 ระดับ คือ 0 3 และ 6 (%DM) ทำการหมักบ่มอาหารกับน้ำลายเทียมผสมกับน้ำจากกระเพาะหมักของโคเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่า แหล่งอาหารหยาบไม่มีผลต่อการผลิตจุลินทรีย์โปรตีน แก๊สมีเทน และการย่อยได้วัตถุแห้ง ส่วนการเติมสารสกัดจากเมล็ดชามีผลทำให้การผลิตแก๊ส แอมโมเนียไนโตรเจน แก๊สมีเทน พลังงานใช้ประโยชน์ได้ การย่อยได้อินทรียวัตถุ และกรดไขมันสายสั้นลดลงตามระดับของสารสกัดจากเมล็ดชาที่เพิ่มขึ้น สรุปได้ว่า ฟางผักบุ้งและเปลือกถั่วเขียวเหมาะสมเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนและการเติมสารสกัดจากเมล็ดชาไม่ควรเกิน 3% เพราะอาจมีผลกระทบต่อกระบวนการหมักย่อย

สรุปการทดลอง แหล่งอาหารหยาบทั้ง 4 ชนิด ไม่ทำให้จุลศาสตร์การหมักย่อยอาหารในกระเพาะหมักต่างกัน ส่วนการหมักอาหารผสมครบส่วนไม่เพิ่มคุณภาพการหมักย่อยอาหารในกระเพาะหมัก ฟางผักบุ้งและเปลือกถั่วเขียวเหมาะสมเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วน เพราะมีขนาดอนุภาคเล็ก ทำให้ง่ายต่อการนำประกอบเป็นอาหารผสมครบส่วนได้ง่ายสำหรับเกษตรกรรายย่อยในประเทศไทย และการเติมสารสกัดจากเมล็ดชาไม่ควรเกิน 3% เพราะอาจมีผลกระทบต่อกระบวนการหมักย่อย

ABSTRACT

Experiment 1 : This study was conducted to determine the effects of roughage sources in total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR) on nutritive value. Total mixed ration were formulated from difference source of roughage. The experiment was determined according to 2x4 factorial arrangement in completely randomized design (CRD) as First factor was total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR), Second factor 2 was roughage source (rice straw, water convolvulus straw, mung bean pods and rice straw mixed with mung bean pods. The results showed that source of roughage in TMR .The water convolvulus straw as a roughage source in TMR was lowest in NDF and highest in lignocelluloes (ADF) in TMR. Rice straw as a roughage source in TMR was highest in NDF than another. In conclusion, source of roughage in TMR had affected on cellulose and lignocelluloes of TMR. The mung bean pods and mung bean pods mixed with rice straw as a good recommended for roughage source in TMR. The ensiling TMR did improve quality of TMR.

Experiment 2 : This study was conducted to determine the effects of roughage sources in total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR) on rumen digestibility using nylon bag technique. This study was measured *in sacco* digestibility of two cannulated Brahman crossbred (2 years old). Treatment were total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR) containing with difference roughage source (rice straw, water convolvulus straw, mung bean pods and rice straw mixed with mung bean pods. The results showed that water convolvulus straw, mung bean pods as a roughage source in TMR were high potential degradability and effective degradability of dry matter and crude protein. The FTMR was higher potential degradability and effective degradability of dry matter than TMR. The potential of degradation of crude protein was highest in FTMR. In conclusion, the mung bean pods and water convolvulus straw could be recommended for roughage source in TMR. The ensiling TMR can improve quality of TMR and use for feeding management in ruminant production.

Experiment 3 : This study was conducted to determine the effects of roughage sources in total mixed ration (TMR) on fermentation kinetics by using *in vitro* gas production technique. Total mixed ration were formulated from difference source of roughage. The experiment was determined according to 2x4 factorial arrangement in completely randomized design (CRD) as First factor was total mixed ration (TMR) and fermented total

mixed ration (FTMR), Second factor 2 was roughage source (rice straw, water convolvulus straw, mung bean pods and rice straw mixed with mung bean pods. The results showed that the roughage sources in TMR had no significant differences (P>0.05) for gas production, methane, microbial crude protein production (MCP), dry matter degradability (DMD), in vitro organic matter digestibility (OMD) and short-chain volatile fatty acids (SCFA). The FTMR was lower on OMD, SCFA and methane than TMR. In conclusion, source of roughage in TMR did not influence on fermentation kinetics. The mung bean pods and mung bean pods mixed with rice straw as a good recommended for roughage source in TMR. The ensiling TMR did improve quality of TMR, although methane production was lower than TMR.

Experiment 4 : This study was conducted to determine the addition of tea seed extracted in total mixed ration (TMR) of three roughage sources on fermentation kinetics and methane production. The experiment was determined according to 3x3 factorial arrangement in completely randomized design (CRD) as factor 1 was roughage source (water spinach straw (WSS), mung bean pods (MBP) and rice straw mixed with mung bean pods (RSMBP)) and factor 2 was level of tea seed extracted (0, 3 and 6% of DM). All feed samples were added with rumen fluid mixed with artificial saliva and incubated in *in vitro* gas fermentation for 72 h. The results showed that the roughage sources had no significant differences (P>0.05) for methane, microbial crude protein production (MCP), dry matter degradability (DMD). The addition of tea seed extracted decreased (P<0.001) gas production (b), methane, pH, ammonia nitrogen (NH_3-N), in vitro organic matter digestibility (OMD) and short-chain volatile fatty acids (SCFA) with increasing tea seed extracted levels. In conclusion, WSS and MBP as a good of roughage source in TMR and tea seed extracted can be used not more than 3% of feed, it's affected on fermentation.

In the finally conclusion, the roughage sources had no significant differences for rumen fermentation kinetics. The ensiling TMR did improve quality of TMR. The WSS and MBP as a good of roughage source in TMR because of they are small particle, it's good and easy to make TMR for small holder farmer in Thailand. Tea seed extracted can be used not more than 3% of feed, it's affected on fermentation.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ กองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ 2555 รวมทั้งผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่วิจัยทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการและแปลงฝึกงาน ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ ผศ.ดร. เฉลิมพล เยื้องกลาง ผศ.ดร. ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ และคณะบัณฑิตศึกษา ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน เขตพื้นที่สกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนในการใช้ห้องปฏิบัติการสารเคมี อุปกรณ์สำหรับทำการทดลองและสัตว์ทดลอง ในการทดลองครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณ คุณวรวรรษ ผาสุกกิจ คุณศุรกฤต กาทองทุ่ง คุณภาวิตา จงมีความ คุณฐานิตา กมลสุรเชษฐ์ นิสิตสาขาวิชาสัตว์ศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 ขอขอบคุณ คุณแสงดาว หารเปึกและคุณรัตนาภรณ์ จงสวัสดิ์ นิสิตสาขาวิทยาศาสตร์และอาหารสัตว์ ชั้นปีที่ 3 ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ที่เป็นกำลังหลักสำคัญในการช่วยเหลือให้การวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี พร้อมนี้ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณ คุณอรุณี โยธี เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทางสัตว์และห้องปฏิบัติการเคมีอาหารสัตว์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ดูแลนิสิตช่วยงานและอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานวิจัย การใช้ห้องและเครื่องมือวิเคราะห์ต่างๆ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอบคุณ ครอบครัว คุณแม่ พี่ๆ น้อง และหลานๆ ทุกคนที่เข้าใจและให้กำลังใจมาโดยตลอด ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจและมุ่งมั่น ทุ่มเททำงานจนสำเร็จเสร็จสิ้นได้ในครั้งนี้

ภัทรภร ทัศพงษ์

เมษายน 2557

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		ก
กิตติกรรมประกาศ		จ
สารบัญ		ฉ
สารบัญตาราง		ช
สารบัญภาพ		ฌ
บทที่ 1	บทนำ	1
1.1	หลักการและเหตุผล	1
1.2	วัตถุประสงค์	1
1.3	ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4	ทฤษฎี สมมุติฐาน หรือกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	2
บทที่ 2	การทบทวนวรรณกรรมและสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	3
2.1	แหล่งอาหารหยาบในท้องถิ่น	3
2.2	การย่อยได้และผลผลิตสุดท้ายในกระเพาะหมักของอาหารผสมครบส่วน	4
2.3	ผลของอาหารผสมครบส่วนต่อสมรรถนะการผลิตสัตว์	5
2.4	สารซาโปนิน	6
2.5	คุณลักษณะของซาโปนิน (saponin)	7
2.6	กลไกความเป็นพิษของซาโปนินต่อเยื่อหุ้มเซลล์	8
2.7	ผลของซาโปนินต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก	10
2.8	ผลของซาโปนินต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก	12
2.9	ผลของสารซาโปนินต่อการกินได้ การย่อยได้และการดูดซึมของอาหารในทางเดินอาหาร	13
2.10	ผลของซาโปนินต่อผลผลิตและสุขภาพสัตว์	18
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	19
3.1	การทดลองที่ 1	19
3.2	การทดลองที่ 2	20
3.3	การทดลองที่ 3	22
3.4	การทดลองที่ 4	25
บทที่ 4	ผลการดำเนินการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย	27
4.1	ศึกษาแหล่งของวัตถุดิบอาหารหยาบต่อคุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมัก	27

สารบัญ

		หน้า
4.2	การศึกษาการย่อยสลายของอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักโดยวิธีถุงไนล่อน	29
4.3	การศึกษาผลของแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนต่อกระบวนการหมักโดยวิธีวัดแก๊ส (gas production technique)	33
4.4	การศึกษาผลของสารสกัดซาโปนินจากกากชาในอาหารผสมครบส่วนต่อกระบวนการหมักโดยวิธีวัดแก๊ส (gas production technique)	37
บทที่ 5	สรุปและข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง		42
ภาคผนวก		50

สารบัญภาพ

Figure		หน้า
2.1	Diagram of saponin compounds	8
2.2	Chemical structures of steroid saponin binding with sugar	10
4.2	Dry matter (DM) degradability (%) of roughage source in total mixed ration	32
4.3	Crude protein (CP) degradability (%) of roughage source in total mixed ration	32
4.4	Cumulative gas production of roughage source in total mixed ration	35
4.5	Cumulative gas production of roughage source in total mixed ration with or without Tea seed extracted (0, 3 and 6 %)	40

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุ

การเลี้ยงโคนม และโคเนื้อ ต้นทุนทางด้านอาหารคิดเป็น 60-70% ของต้นทุนทั้งหมด ดังนั้นการจัดการด้านอาหารจึงมีความสำคัญที่ต้องจัดการให้เหมาะสม เพื่อลดต้นทุนอาหาร โดยเฉพาะโคนมซึ่งต้องให้อาหารคุณภาพดีจึงจะให้ผลผลิตได้เต็มศักยภาพของตัวสัตว์ ด้วยเหตุนี้เกษตรกรจึงต้องใช้อาหารข้นเลี้ยงโคนมในปริมาณที่สูง ซึ่งอาหารข้นมีราคาแพงและต้องซื้อจากสหกรณ์หรือบริษัทผู้ผลิต ทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงของเกษตรกรจึงสูงตามไปด้วย ส่วนอาหารหยาบที่ดีที่สุดก็คือหญ้าสด แต่อย่างไรก็ตามเกษตรกรไม่นิยมปลูกสร้างแปลงหญ้าหรือ มีแปลงหญ้าแต่การดูแลยังไม่ดีพอ ทำให้ขาดแคลนหญ้าสดคุณภาพดีในฤดูแล้ง ทำให้ไม่สามารถใช้หญ้าสดได้ตลอดปี ดังนั้นวัสดุเศษเหลือทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ต้นผักบุ้ง ต้นถั่ว ต้นข้าวโพดเปลือกและซังข้าวโพดหวาน เปลือกและใบสับปะรด ยอดอ้อย และอื่นๆ ก็เป็นอีกทางเลือกสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมที่จะนำมาเป็นแหล่งอาหารหยาบ (จินดา, 2547) ซึ่งวัสดุเศษเหลือทางการเกษตรเหล่านี้ ก็มีผลผลิตหมุนเวียนกันไปแล้วแต่ละชนิดตามฤดูตลอดทั้งปีในเขตภาคเหนือตอนล่าง อย่างไรก็ตามวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแต่ละชนิดจะมีคุณภาพผันแปรไปตามชนิด ตามสภาพพื้นที่ปลูก ช่วงเวลาตามฤดูปลูก และมีปริมาณโภชนะไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้เกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงประสบปัญหาด้านการจัดการอาหารหยาบและอาหารข้นที่มีองค์ประกอบของโภชนะที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของโคนม และสัดส่วนไม่เหมาะสม หากเกษตรให้อาหารข้นในปริมาณมาก โอกาสที่กระเพาะหมักหรือกระเพาะรูเมนมีความเป็นกรด (Acidosis) สูงขึ้น ส่งผลต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะหมักที่ไม่เหมาะสม และเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ที่ช่วยในกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตให้เป็นไปอย่างรวดเร็ว การเกิดกรดในกระเพาะหมักทำให้ระดับของ pH ในกระเพาะหมักลดลงน้อยกว่า 5.5 ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ลดลง โดยระดับ pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักควรอยู่ที่ 5.8 – 6.5 (บุญล้อม, 2540) การเลี้ยงโคนมด้วยอาหารผสมครบส่วนจึงน่าจะเป็นการแก้ปัญหาเปล่านี้ได้ พร้อมทั้งในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยเฉพาะในจังหวัดพิษณุโลก สุโขทัย พิจิตร นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ ฯลฯ มีผลพลอยได้และเศษเหลือทางการเกษตรมากมายหลายชนิด เช่น ฟางข้าว ต้นผักบุ้ง ต้นถั่ว ต้นข้าวโพด เปลือกและซังข้าวโพดหวาน เปลือกและใบสับปะรด ยอดอ้อย และอื่นๆ ซึ่งสามารถจะนำมาเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ แต่ยังขาดความรู้ความเข้าใจในการนำมาใช้อย่างเหมาะสม ทำให้โอกาสที่จะนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด สูญเสียไป เพราะฉะนั้นจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาองค์ความรู้ถูกต้องและเหมาะสมให้แก่เกษตรกร เพื่อเกษตรกรที่มีอาชีพการเลี้ยงโคนมในท้องถิ่นมีรายได้เพิ่มขึ้น

ดังนั้น เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาสภาพการให้อาหารสัตว์ที่ไม่เหมาะสมของเกษตรกร เพื่อลดต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงสัตว์ และยังเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการนำเศษเหลือใช้จากผลผลิตทางการเกษตรมาพัฒนาให้มีมูลค่าเพิ่มในส่วนประกอบของอาหารสำหรับโคเนื้อและโคนม จึงมีการศึกษาหาผลของแหล่งของอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนหมักและไม่หมักต่อคุณค่าทางโภชนะและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบหาสูตรอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักที่ดีและมีคุณภาพเหมาะสำหรับนำไปเลี้ยงโคนมหรือโคเนื้อ

2. เพื่อศึกษาการย่อยสลายได้ของอาหารผสมและอาหารผสมครบส่วนหมักในกระเพาะหมักโดยวิธี nylon bag technique

3. เพื่อศึกษากระบวนการหมักย่อยของโภชนะในอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักในห้องปฏิบัติการโดยวิธี gas production technique

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การประเมินคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมี การย่อยสลายได้ โดยวิธีถุงไนล่อน และวิธีวัดแก๊สของอาหารผสมครบส่วนหมักและไม่หมักที่มีเศษเหลือทางการเกษตรเป็นแหล่งอาหารหยาบ

1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ผลพลอยได้ทางการเกษตร ที่มีในเขตภาคเหนือตอนล่าง เช่น ฟางข้าว ฟางบักบุ้ง เปลือกถั่วเขียว สามารถนำมาเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารครบส่วน และอาหารผสมครบส่วนหมัก สำหรับเลี้ยงโคนมหรือโคเนื้อได้

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมและสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันการขาดแคลนอาหารหยาบคุณภาพดีเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผลผลิตน้ำนม และความสมบูรณ์พันธุ์ของโคนม ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง เกษตรกรต้องอาศัยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ฟางข้าว ฟางถั่ว ฟางผักบุ้ง ต้นข้าวโพด เปลือกและฝักข้าวโพด เปลือกสับปะรด ใบสับปะรด และอื่นๆ ซึ่งอาหารหยาบเหล่านี้ส่วนใหญ่มีคุณค่าทางอาหารต่ำ นำมาใช้เลี้ยงโคนมตามสภาพวัตถุดิบที่มีในแต่ละท้องถิ่น (โสภน และคณะ 2544) และเพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ของอาหารหยาบ การนำวัตถุดิบซึ่งมีคุณค่าทางอาหารต่ำนำมาใช้เลี้ยงโคนม จำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพให้มีความเหมาะสมกับโคนม (เฉลิมพล และคณะ, 2551) เนื่องจากว่าการเลี้ยงโคนมต้นทุนส่วนใหญ่จะเป็นค่าอาหาร 60-70% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ดังนั้นการจัดการด้านอาหารจึงจำเป็นต้องมีการจัดการที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนอาหาร โดยที่เกษตรผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่ยังคงประสบปัญหาด้านการจัดการอาหารหยาบและอาหารข้นที่มีองค์ประกอบของโภชนะที่ไม่เพียงพอและสัดส่วนไม่เหมาะสม หากเกษตรกรให้อาหารข้นในปริมาณมาก โอกาสที่กระเพาะหมักหรือกระเพาะรูเมนมีความเป็นกรด (Acidosis) สูงขึ้น ส่งผลต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะหมักที่ไม่เหมาะสมและเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ที่ช่วยในกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตให้เป็นไปอย่างรวดเร็ว แนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวทำได้โดยการเลี้ยงด้วยอาหารผสมครบส่วน หรือ อาหาร TMR (Total Mixed Ration) ที่นำเอาอาหารหยาบและอาหารข้นมาผสมรวมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม มีการคำนวณสัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิด จากน้ำหนักแห้งให้ได้ตามความต้องการโภชนะของโค โดยพิจารณาจากน้ำหนักตัว ปริมาณการให้น้ำนม และช่วงของการให้นม การใช้อาหารผสมครบส่วนในการเลี้ยงโคนั้นเกษตรกรจะสะดวกในการใช้ ง่ายต่อการจัดการทำให้เกษตรกรสามารถเลี้ยงโคนมได้มากขึ้น (เฉลิมพล และคณะ 2551) ประหยัดเวลาและแรงงานในการเลี้ยงดู และบทบาทที่สำคัญประการหนึ่งของอาหาร TMR คือการควบคุมระดับ pH ในกระเพาะหมักให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อให้การทำงานของจุลินทรีย์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (จินดา, 2541) ซึ่งจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำนมดิบที่เกษตรกรจะได้รับจากแม่โคนม

2.1 แหล่งอาหารหยาบในท้องถิ่น

ในเขตพื้นที่เขตภาคเหนือตอนล่างมีการเลี้ยงโคนมหนาแน่นแถวจังหวัดสุโขทัยและจังหวัดพิจิตรส่วนโคเนื้อ และกระบือก็มีการเลี้ยงกระจายอยู่ทั่วไป และเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมส่วนใหญ่จะนำผลพลอยได้ทางการเกษตรที่หาได้ในท้องถิ่นมาเลี้ยงสัตว์ อันได้แก่ ต้นข้าวโพด ซึ่งได้จากการผลิตข้าวโพดฝักอ่อน กากผักบุ้ง

หรือฟางผักบุ้ง ซึ่งเป็นส่วนของต้นผักบุ้งแห้งหลังการนวดเก็บเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้เกษตรผู้เลี้ยงโคนมยังนำเปลือกและเศษเหลือจากโรงงานสับปะรดกระป๋อง หรือใบสับปะรดมาเลี้ยงโคนมด้วย โดยจะมีผลผลิตในช่วงเดือนพฤศจิกายน-มิถุนายน ซึ่งเป็นช่วงที่เกษตรกรขาดแคลนหญ้าสด สมบัติและคณะ (2539) รายงานไว้ว่าพื้นที่ปลูกสับปะรด 1 ไร่ ให้ผลผลิต 3.87 ตัน จะให้ผลพลอยได้เป็นเปลือกและแกนกลางสับปะรด 2.7 ตัน ใบ 4.0 ตัน และจุกสับปะรด 0.36 ตัน องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับปะรดมีโปรตีน 6.37% ลิกโนเซลลูโลส 25.67% และมีแป้งและน้ำตาล 65.28% (โสภณ และคณะ, 2544) ในใบสับปะรดพบว่ามีโปรตีนหยาบ 7.10% ลิกโนเซลลูโลส 29.98% ผนังเซลล์ 54.51% และมีแป้งและน้ำตาล 61.21% (ปรัชญา, 2544ก; ข) ซึ่งจากองค์ประกอบทางเคมีเปลือกและใบสับปะรดจัดเป็นอาหารหยาบคุณภาพปานกลาง ส่วนกากผักบุ้งนั้นเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในเขตภาคเหนือตอนล่างใช้เลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งที่ขาดแคลนหญ้าสด ซึ่งมีการผลิตมากในช่วงเดียวกับเปลือกสับปะรด จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางมีพบว่ามีโปรตีนหยาบ 10.13% มีผนังเซลล์ 47.65% ลิกโนเซลลูโลส 43.95% (วิเคราะห์เองในห้องปฏิบัติการ) ซึ่งถือได้ว่ากากผักบุ้งเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี ส่วนฟางข้าว มีค่อนข้างเยอะเพราะในแถบนี้เป็นเขตชลประทานจึงมีการทำนาปรัง ดั้งนั้นจึงมีฟางข้างเพียงพอต่อการเลี้ยงสัตว์ แต่ฟางก็มีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างต่ำ โดยมีโปรตีนหยาบ 2.83% มีผนังเซลล์ 76.80% ลิกโนเซลลูโลส 53.15% (Tatsapong, 2010) และโดยสภาพทั่วไปเกษตรกรให้อาหารหยาบแยกจากอาหารข้น และอาหารหยาบก็ไม่มีการปรุงแต่งเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะแต่อย่างไร นั่นอาจเป็นสาเหตุให้ผลผลิตของฟาร์มต่ำ (กรกฤษณ์, 2554) หรือประสิทธิภาพการผลิตต่ำเพราะโคนมขาดสมดุลพลังงาน

2.2 การย่อยได้และผลผลิตสุดท้ายในกระเพาะหมักของอาหารผสมครบส่วน

การย่อยอาหารจะเกิดขึ้นในกระเพาะหมักเป็นส่วนใหญ่ โดยกิจกรรมทางกายภาพของสัตว์และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักที่จะทำหน้าที่ย่อยสลายอาหารให้ได้ผลผลิตสุดเป็นกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acids, VFA) ซึ่งสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถนำไปเผาผลาญเป็นพลังงานต่อไป และในการประกอบสูตรอาหารผสมครบส่วนนั้น จำเป็นจะต้องลดขนาดอาหารหยาบลงเพื่อลดความฟ่ามและเพื่อการผสมเข้ากันดีกับอาหารข้น (เฉลิมพล และคณะ, 2551) สำหรับขนาดความยาวของอาหารหยาบที่เหมาะสมในสูตรอาหาร TMR นั้น ควรมีขนาด 3-5 เซนติเมตร จึงจะทำให้กระบวนการย่อยสลายในกระเพาะหมักเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ (จินดา, 2541) และการลดขนาดของอาหารหยาบยังส่งผลทำให้สัตว์กินและย่อยได้เพิ่มขึ้น และลดการเลือกกินอาหาร (เฉลิมพล และคณะ, 2551) แต่หากขนาดอาหารหยาบมีขนาดเล็กเกินไปก็จะส่งผลทำให้ลดการเคี้ยวเอื้อง ลดการหลั่งน้ำลาย และทำให้การหมุนเวียนของน้ำลายน้อยลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะ

หมัก (Bhandari et al., 2008) ในต่างประเทศแถบที่มีการเลี้ยงโคด้วยอาหาร TMR เป็นหลัก ขนาดของอาหารหยาบที่ใช้จะอยู่ที่ 19-1.8 มิลลิเมตร (Extention, n.d.) Tafaj et al. (2007) พบว่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมักจะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคอาหารหยาบในอาหาร TMR ส่วนผลผลิตสุดท้ายในกระเพาะหมักขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของผนังเซลล์ (NDF) ในอาหารหยาบไม่ใช่ขนาดอนุภาคอาหารหยาบ โดยได้มีการศึกษาขนาดของหญ้าหมักในสูตรอาหาร TMR ที่มีขนาดความยาว 1.0, 1.5 และ 2.1 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างของปริมาณการกินได้และผลผลิตน้ำนม แต่ในส่วนของไขมันนมพบว่ามีความแตกต่างกัน โดยเมื่อลดขนาดอาหารหยาบลงมีผลทำให้ไขมันนมลดลงด้วย และระดับ pH และสัดส่วนของกรดอะซีติกและกรดโปรพิโอนิคจะลดลงด้วยเช่นกัน (Grant et al.,1990) จากการศึกษาของ Bhandari et al. (2008) พบว่าการลดความยาวของอาหารหยาบหมัก (6 vs. 19 mm) ไม่มีผลต่อกระบวนการหมัก รูปแบบการกิน พฤติกรรมการกินอาหารและผลผลิตน้ำนม อย่างไรก็ตาม สิ่งที่สำคัญในการผลิตอาหาร TMR ที่ต้องคำนึงถึง คือระดับของเยื่อใย ซึ่งเป็นผนังเซลล์ (Neutral detergent fiber, NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (Acid-detergent fiber, ADF) สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น สัดส่วนของอาหารคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยต่อส่วนที่เป็นเยื่อใย (non-fiber carbohydrate, NFC : neutral detergent fiber, NFD) อาหารหยาบที่เป็นเยื่อใย (Tafaj et al., 2007) ซึ่งอาหารหยาบแต่ละชนิดที่ใช้ในการผสมอาหาร TMR จะมีระดับ ADF ที่ 21% และ NDF 28% (NRC, 1988) นอกจากนี้ ไกรสิทธิ และคณะ (2550) พบว่าการหมักอาหารผสมครบส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้นในโครีดนม และเพิ่มการกินได้และการย่อยได้ในโคสาวทดแทนและโครีดนมเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารผสมครบส่วนหมักเมื่อเปรียบเทียบกับไม่หมัก (เฉลิมพล และคณะ 2551) เหมือนกับที่รายงานไว้โดย Kowsar et al. (2008) ที่ว่าการแทนถั่วอัลฟาฟ่าแห้งด้วยข้าวโพดหมัก (40-60%)ในสูตรอาหาร TMR ทำให้โคนมกินได้เพิ่มขึ้น เพิ่มการเคี้ยวเอื้อง แต่การย่อยได้ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ Miller-Cushon and DeVries (2009) กลับพบว่า การเพิ่มความชื้นในอาหาร TMR (57.6 vs. 47.9% DM) ทำให้ลดการกินได้ โดยเฉพาะเยื่อใยพวกผนังเซลล์และแป้ง และไม่ได้ช่วยลดการเลือกกินของโคนมเลย

2.3 ผลของอาหารผสมครบส่วนต่อสมรรถนะการผลิตสัตว์

การใช้เปลือกสับปะรดเป็นส่วนประกอบอาหารผสมครบส่วนเลี้ยงโครีดนม ทำให้โคกินอาหารได้ดีขึ้นและให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่าโคที่เลี้ยงด้วยเปลือกสับปะรดเสริมด้วยอาหารข้น โดยไม่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบทางเคมีในน้ำนม (โสภณ และคณะ, 2544) ส่วนใบสับปะรดในอาหารผสมครบส่วน พบว่าสามารถนำมาเลี้ยงโครีดนมและโคขุนได้โดยไม่ทำให้ผลผลิตลดลง (ปรัชญา และคณะ, 2544ก,ข) ให้ผลเช่นเดียวกับการใช้ยอดและใบมันสำปะหลังแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบ (สมุน และคณะ, 2547) การใช้หญ้า

พาสพาลัมและกากปาล์มเนื้อใน (เศกสรรค์ และคณะ, 2547) และการใช้ถั่วคาวาลเคดแห้ง 30% ในอาหาร TMR (จินดา และคณะ, 2547) ซึ่งสอดคล้องรายงานของ ประเสริฐ และคณะ (2544) ที่พบว่าการเลี้ยงโคนมด้วยอาหาร TMR ให้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประทางเคมีในน้ำนมไม่แตกต่างกันกับที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติ จากการศึกษาของ เฉลิมพล และคณะ (2551) พบว่าปริมาณผลผลิตน้ำนมไม่แตกต่างกันแต่ไขมันในน้ำนมจะสูงกว่าเมื่อโคนม เลี้ยงด้วยอาหาร TMR หมักโดยเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไม่หมัก นั่นแสดงให้เห็นว่าการหมักอาหาร TMR จะช่วยเพิ่มการย่อยได้ของพวกเยื่อใย ส่วนการให้อาหาร TRM บ่อยๆ (5 ครั้งต่อวัน) จะทำให้การกินได้น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบการให้วันละครั้ง แต่ไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำนมและคุณภาพน้ำนม (Mantysaari et al., 2006) และ Tafaj et al. (2007) รายงานไว้ว่า ขนาดของอนุภาคอาหารหยาบอย่างเดียวในอาหาร TMR ไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมในโครีดนมระยะการให้นม 81 วัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าการกินได้ของแม่โคไม่แตกต่างกัน

2.4 สารซาโปนิน

ซาโปนิน (saponin) เป็นสารประกอบตามธรรมชาติในพืช ซึ่งถือว่าเป็น secondary compounds พบในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ราก หัว ผล ใบ เปลือกไม้ เมล็ด และพบได้ในพืชหลายชนิด เช่น ในพืชตระกูลถั่วหลายชนิด เช่น ถั่วเหลือง ถั่วพี ถั่วบีน ถั่วลูเสิน อัลฟาฟ่า ข้าวโอ๊ต โสม หัวบีท ชา กระเทียม ทานตะวัน หญ้าตระกูลกินนี หญ้าบราชีเรีย และในพืชอื่นๆ เช่น พืชในตระกูล Sapindaceae เช่น *Sapindus rarak, S. mukorossi* (soapnut, 11.5 % saponin), *S. saponaria* (soapberry, 12 %) *S. emarginatus* เป็นต้น และพืชอื่นๆ เช่น *Yucca schidigera* (4.4 %), *Enterlobium cyclocarpum* (1.9 %), *Sesbania sesban, Quillaja saponaria* (soapbark,10 %), *Acacia auriculoformis* (Eryavuz and Dehority, 2004 ; Wina et al., 2005a) เป็นต้น โดยพืชจะสร้างสารซาโปนินขึ้นในบริเวณที่มีความอ่อนแอต่อการเข้าทำลาย เพื่อป้องกันตัวเองจากการเข้าทำลายของเชื้อก่อโรค เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา แมลงศัตรูพืช สัตว์จำพวกหอย และสัตว์กินพืช (Wina et al., 2005b) เป็นต้น การสร้างสารนี้ก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิด และอายุของพืช สภาพแวดล้อมและ การเขตกรรม สารนี้ทำให้เกิดฟอง ได้มีการนำมาผสมในเครื่องดื่ม เครื่องสำอางค์เพื่อเพิ่มการผสมเป็นเนื้อเดียว ใช้เป็นสมุนไพร และชาวบ้านสมัยก่อนใช้ในการทำความสะอาดร่างกาย เช่น สระผม และซักเสื้อผ้า เป็นต้น (Wina et al., 2005a) นอกจากนี้สารซาโปนินยังมีความสำคัญในด้านการเป็นโภชนะในมนุษย์ และสัตว์ ทั้งนี้พบว่าซาโปนินมีคุณสมบัติที่มีผลต่อกระทบทั้งทางบวกและทางลบต่อมนุษย์และสัตว์ เช่น การกระตุ้นภูมิคุ้มกัน การทำให้ไขมันในเส้นเลือดต่ำ การเป็นสารต้านการก่อมะเร็ง

เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) การทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เพิ่มการซึมผ่านของสาร (permeability) ได้มากขึ้น ทำให้เม็ดเลือดแดงแตก ส่วนในสัตว์พบว่ามีผลต่อการกินได้ การเจริญเติบโต ระบบสืบพันธุ์ และสามารถเป็นสารต้านโปรโตซัว (anti-protazoa) ช่วยในการย่อยโปรตีน และการดูดซึมวิตามินและแร่ธาตุในทางเดินอาหารดีขึ้น (Francis et al., 2002) เป็นต้น ในกระบวนการหมักในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้น ได้ผลผลิตสุดท้ายบางตัวซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อสัตว์ เช่น แก๊สมีเทน แอมโมเนีย เหล่านี้ ถือว่าเป็นการสูญเสียพลังงาน เป็นของเสีย และอาจเป็นโทษต่อตัวสัตว์ถ้ากำจัดทิ้งไม่ทัน และอาจเป็นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อม เพราะว่ามีเทนอาจส่งเสริมให้เกิด greenhouse effect ทำให้โลกร้อนขึ้น ทั้งนี้แก๊สมีเทนในบรรยากาศประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ ถูกปล่อยมาจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งเป็นแหล่งผลิตใหญ่ที่สุดประมาณปีละ 80-115 ล้านตัน (Hu et al., 2005a และ Hess et al., 2003) นอกจากนี้ยังเป็นการสูญเสียพลังงานจากอาหารสัตว์ไปประมาณ 2 -15 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการหาวิธีการที่จะลดการเกิดและลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนออกสู่บรรยากาศ ก็จะเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อตัวสัตว์ด้วย แต่เนื่องจากว่าการผลิตมีเทนยังเกี่ยวข้องกับจำนวนโปรโตซัวในกระเพาะหมัก เพราะเนื่องจากว่าแก๊สที่ถูกผลิตขึ้นในกระเพาะหมักประมาณ 9 - 25 เปอร์เซ็นต์ จะผลิตโดยแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับโปรโตซัว (Hess et al., 2003) นอกจากนี้โปรโตซัวยังทำให้เกิดการหมุนเวียนของไนโตรเจนภายในกระเพาะหมักเร็วขึ้น การยับยั้งโปรโตซัวมีหลายวิธี และวิธีหนึ่งที่น่าสนใจก็คือการเสริมสารซาโปนิน ซึ่งพบได้ในพืชหลายชนิด มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านโปรโตซัว (anti-protozoa) เนื่องจากว่าในกระเพาะหมักโปรโตซัวจะเป็นผู้ล่า (predator) ซึ่งโปรโตซัวจะกลืนกินแบคทีเรียในกระเพาะหมัก ดังนั้นการยับยั้งจำนวนโปรโตซัวในกระเพาะหมักจึงมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น ลดการผลิตแก๊สมีเทน เพิ่มการผลิตโพรพิโอเนท เพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ เพิ่มการไหลผ่านของจุลินทรีย์โปรตีนเข้าสู่ลำไส้เล็ก ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เป็นการส่งเสริมประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ ด้วยเหตุนี้ซาโปนินจึงน่าจะนำมาเป็นสารเสริมในอาหาร (feed additive) ได้ แต่ในปัจจุบันการศึกษาในตัวสัตว์ยังมีข้อมูลอยู่อย่างจำกัด อย่างไรก็ตาม ซาโปนินน่าจะเป็นทางเลือกในการเพิ่มผลผลิตสัตว์ได้อีกทางหนึ่ง และเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป

2.5 คุณลักษณะของซาโปนิน (saponin)

ซาโปนินเป็นสารพวก glycosides compounds ประกอบด้วย steroid (C27) หรือ triterpenoid (C30) จับกับน้ำตาล โครงสร้างของ steroid aglycone มี 2 ชนิดคือ spirostan และ furostan ส่วนโครงสร้างของ triterpenoid คือ oleanane โดยซาโปนินจะมีองค์ประกอบเป็นพวก sapogenin เป็นแกน

แล้วต่อด้วยพันธะโควาเลนท์กับน้ำตาล moiety (oligosaccharide moiety) โดยที่น้ำตาล moiety ปกติจะประกอบด้วย กลูโคส กาแลคโตส กรดกลูคูโรนิก ไซโลส รามโนส (rhamnose) หรือ เมทิลเพนโตส เป็นต้น ดังภาพที่ 1 ซึ่งโดยปกติ glycosides จับกันอยู่ในรูป hydrophobic aglycone (sapogenin) และจะมีคาร์บอนอะตอมที่มีพันธะโควาเลนท์ต่อกับโมเลกุลของน้ำตาล (oligosaccharide) หนึ่งโมเลกุลหรือมากกว่าก็ได้ หรือหนึ่งจุดหรือมากกว่าก็ได้ (ภาพที่2) และโดยทั่วไปจะจับที่ตำแหน่ง C_3 เรียกว่า monodesmoside saponins แต่ถ้าหากว่ามีน้ำตาลจับเพิ่มที่ตำแหน่ง C_{22} หรือ C_{28} ก็จะเรียกว่า bidesmoside saponins โครงสร้างของซาโปนินจะมีความสลับซับซ้อนเกิดจากการเปลี่ยนแปลงได้ของโครงสร้างของ aglycone และขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำตาล (side chain) เช่น การเรียงตัว จำนวนที่เข้าจับ และตำแหน่งที่เข้าจับบน aglycone (Francis et al., 2002) เช่น triterpenoid saponin จะมี 2 ลักษณะคือ เป็นกลางเมื่อน้ำตาลธรรมดามาจับที่ sapogenin และเป็นกรดเมื่อน้ำตาลที่มาจับเป็น กรดยูโรนิก หรือ หมู่ คาร์บอกซิล หรือ เปลือกของผลในพืชตระกูล Sapindaceae จะมี aglycone เป็น hederagenin แต่จะมีน้ำตาลต่างกัน เช่น ผลของ soapberry จะมีกลูโคสต่อกับ hederagenin และมีรามโนสและ อะราบิโนสต่อกับกลูโคส ส่วนในผลของ *Sapindus rarak* จะมีอะราบิโนสจับกับ aglycone และมีรามโนสและไซโลสต่อกับอะราบิโนส เป็นต้น โดยพบว่า steroid saponin จะมีโครงสร้างที่แตกต่างกันมากกว่า 28 ชนิด ส่วน triterpenoid saponin มีโครงสร้างต่างกันมากกว่า 20 ชนิด

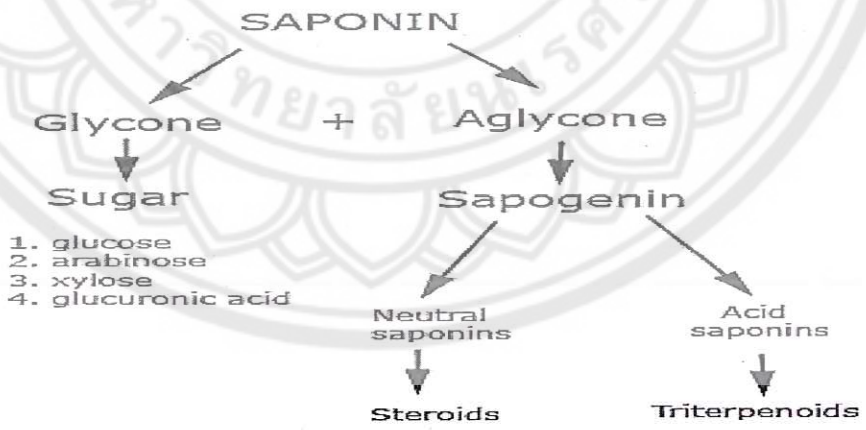


Figure 2.1 Diagram of saponin compounds (http://www.dadamo.com/wiki/saponin.jpg)

2.6 กลไกความเป็นพิษของซาโปนินต่อเยื่อหุ้มเซลล์

ซาโปนินจะถูกสลาย (hydrolysis) โดยจุลินทรีย์ ในกระเพาะหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง และจุลินทรีย์ในลำไส้ (colon) หรือซีกัม (caecum) ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว ซึ่งเมแทบอไลซ์ของซาโปนินในกระเพาะหมักจาก diosgenin (sapogenin ในหญ้าซิกแนล) ถูกเปลี่ยนเป็นสารอนุพันธ์ดังนี้คือ epismilagenin, smilagenone, smilagenin และ tigogenin (Meagher et al., 2001) หรือ จาก sarsapogenin (sapogenin ใน Yucca) ถูกเปลี่ยนไปเป็นสารอนุพันธ์ดังนี้คือ smilagenin, episarsapogenin, epismilagenin, sarsasapogenone และ smilagenone เป็นต้น (Wina et al., 2005a) โดยซาโปนินที่เป็น steroid จะถูกจุลินทรีย์สลายตัวได้เป็น sapogenin ซึ่งซาโปนินมีผลทำให้เม็ดเลือดแดงแตก และตัวที่ออกฤทธิ์คือ sapogenin มากกว่าน้ำตาลมอตี้ (Wang et al., 1998) ทั้งนี้ซาโปนินจะมีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ โดยทำให้คุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์เสียสภาพไป หรือทำงานผิดปกติ อาจเป็นเพราะว่าโครงสร้างของซาโปนินเป็นไขมัน ซึ่งคล้ายกับโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane) ของพวกยูคาริโอต และโปรโตซัวก็เช่นเดียวกันมีเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นไขมันมัน 2 ชั้น (phospholipids bilayer) โดยที่ซาโปนินอาจจะเข้าทำปฏิกิริยาตรงโพลาเฮด (polar heads) ของฟอสโฟลิพิดของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยส่วน OH ของคลอเรสเตอรอลกับส่วน OH ที่ตำแหน่ง C_3 หรือ C_{28} ของซาโปนินจะรวมกันในลักษณะของไมเซลล์ (micelle) ยิ่งไปกว่านั้นส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ของ aglycone (sapogenin) จะสอดแทรกเข้าไปที่ส่วน hydroprobic ภายใน bilayer ทั้ง 2 ลักษณะนี้ อาจจะส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมของไขมันรอบๆ โปรตีนของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ เช่น ช่องแลกเปลี่ยนไอออน (ion channels) ตัวขนส่ง (transporters) ตัวรับ (receptors) เป็นต้น ทำให้การทำหน้าที่ต่างๆ ของเยื่อหุ้มเซลล์จะผิดปกติไปได้ จากลักษณะดังกล่าว ซาโปนินจึงทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีความสามารถซึมผ่านของสารหรือน้ำได้มากขึ้น (permeability) เป็นผลให้เซลล์โปรโตซัวถูกทำลายได้ อย่างไรก็ตามการเกิดปฏิกิริยาระหว่างซาโปนินกับลิพิดของเยื่อหุ้มเซลล์ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น องค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์เป้าหมาย เช่นการมีคลอเลสเตอรอลเป็นส่วนประกอบน้อย จะมีความต้านทานสูงกว่าเยื่อหุ้มเซลล์ที่มีคลอเรสเตอรอล สูง และชนิดน้ำตาล การเรียงตัวและตำแหน่งของน้ำตาลที่จับชนิดของพันธะที่ต่อกับ aglycone และธรรมชาติของ aglycone โดยพบว่า น้ำตาลรามโนสจับกับ aglycone จะมีความรุนแรงกว่ากลูโคส และพันธะ (1,4) หรือ β–linkage จะมีความรุนแรงกว่าพันธะ (1,6) หรือ α–linkage (Wina et al., 2005a) และน้ำตาลสายเดียว (monodesmoside saponins) จะมีความรุนแรงสูงกว่า bidesmoside saponins และน้ำตาลสายยาวก็แสดงความรุนแรงมากกว่าด้วย (Francis et al., 2002)

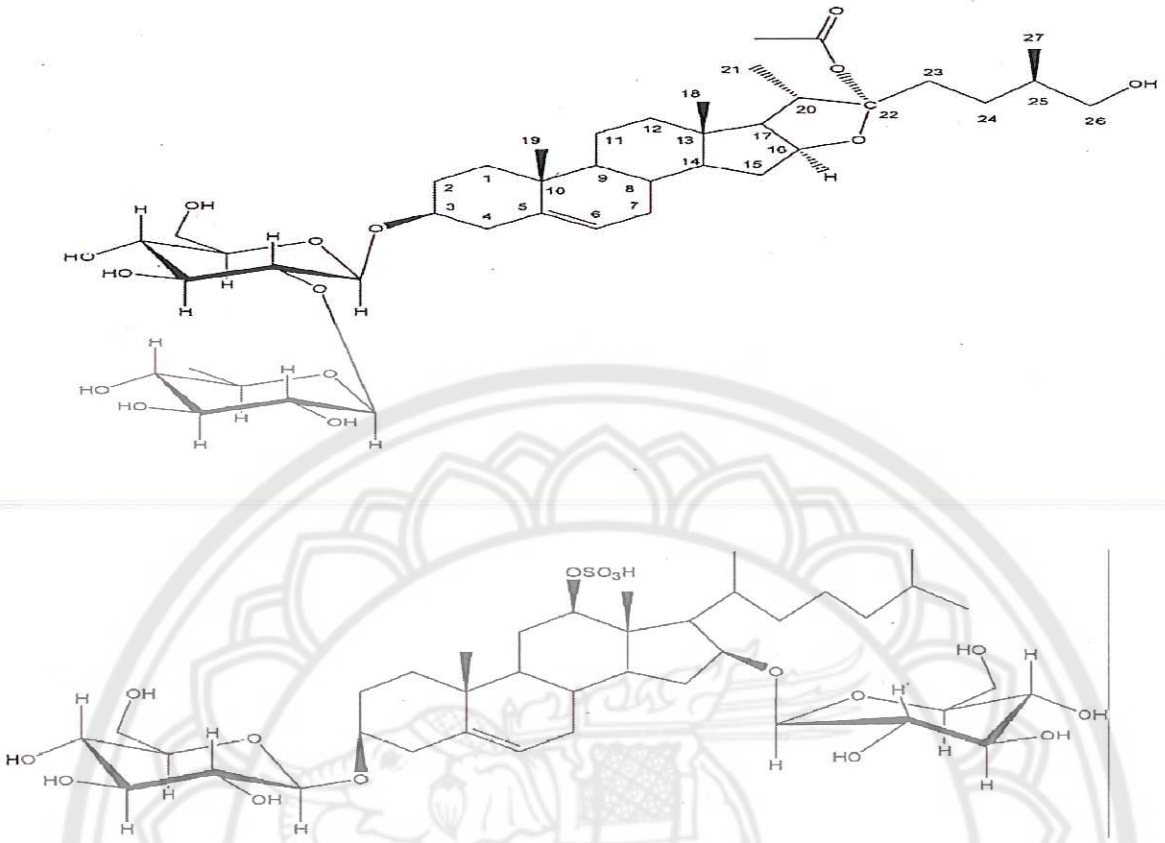


Figure 2.2 Chemical structures of steroid saponin binding with sugar (Speroni et al., 2005)

2.7 ผลของซาโปนินต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

ซาโปนินมีคุณสมบัติเป็นสารต้านโปรโตซัว (anti-protozoa) ซึ่งโปรโตซัวในกระเพาะหมักมี 2 กลุ่มคือ Holotrichs และ Entodiniomorphs ชนิดที่พบมากในกระเพาะหมัก คือ Entodiniomorphs ประมาณ 93 เปอร์เซ็นต์ (Ivan et al., 2004) โดยกลุ่ม Holotrichs จะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ ส่วนกลุ่ม Entodiniomorphs จะกลืนกินแป้งจากเมล็ดธัญพืช และทำให้แป้งแตกตัว การใช้สารซาโปนินที่สกัดจากเมล็ดชา (Tea saponin ; 60 % triterpenoid saponins) ศึกษาแบบ *in vitro* ในอัตรา 0.2 - 0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าซาโปนินสามารถทำให้จำนวนโปรโตซัวลดลง (ตารางที่ 1) และทำให้เพิ่มจำนวนจุลินทรีย์โปรตีน (Hu et al., 2005a ; 2005b ; 2006) และการใช้ซาโปนินสกัดจากผลของ soapnut ก็ให้ผลเช่นเดียวกัน (Kamra et al., 2006) โดยผลนี้คล้ายกับที่รายงานไว้โดย Wang et al. (1998) และ Wina et al. (2005b) ที่ใช้ yucca exract อัตรา 0.5 - 4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ Lila et al. (2003) ใช้สาร sarsaponin จาก yucca extract ในอัตรา 1.2 – 3.2 กรัมต่อลิตร

Table 2.1 Effect of saponin and plant saponin on microbial protein in the rumen

Items	Control	Saponins	SEM	Source of saponins (unit)	References
Protozoa (10^5ml^{-1})[a]	0.61	0.51	0.008	Tea saponin (0.4 mg/ml)	Hu et al. (2005a)
Bacteria (mg/ml)[a]	0.71	0.84	0.024	Tea saponin (0.4 mg/ml)	
Protozoa (10^5ml^{-1})[a]	4.29	0.92	0.1	Tea saponin (8 mg/200mg)	Hu et al. (2005b)
Bacteria (mg/ml)[a]	1.50	2.61	0.111	Tea saponin (8 mg/200mg)	
Protozoa (10^3ml^{-1})[a]	1.48	0.44	0.019	Yucca extract (0.5 mg/ml)	Wang et al. (1998)
Bacteria (10^8ml^{-1})	2.32	2.77	0.241	Yucca extract (0.5 mg/ml)	
Protozoa (10^5ml^{-1})[a]	1.23	0.86	0.22	Sarsaponin yucca (3.2 g/L)	Lila et al. (2003)
Protozoa (10^4ml^{-1})	1.11	0.85	1.334	Yucca extract (100 mg/kg)	Sliwinski et al.
Bacteria (10^9ml^{-1})	3.81	4.0	0.295	Yucca extract (100 mg/kg)	(2002)
Protozoa (10^5ml^{-1})[a]	1.65	0.19	0.12	Alfalfa root extract (4 %DMI)	Klita et al. (1996)
Protozoa (10^5ml^{-1})[a]	1.04	1.74	1.25	Soapberry (8 g/kg $^{0.75}$)	Abreu et al. (2004)
Microbial N (g/d)[a]	3.80	5.10	0.30	Soapberry (8 g/kg $^{0.75}$)	
Protozoa (10^3ml^{-1})[a]	6.30	2.90	0.65	Soapberry (100 mg/g)	Hess et al. (2003)
Bacteria (10^9ml^{-1})	3.50	3.30	0.23	Soapberry (100 mg/g)	
Methanogens(10^8ml^{-1})	2.20	2.10	0.52	Soapberry (100 mg/g)	

หมายเหตุ : [a] ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

นอกจากนี้ Klita et al.(1996) ใช้ซาโปนินสกัดจากรากถั่วอัลฟาฟ่า (27.8 % saponins) เสริมในอาหารแกะอัตรา 4 เปอร์เซ็นต์ของการกินได้วัตถุแห้ง (44.7 กรัมซาโปนินต่อตัวต่อวัน) พบว่าทำให้ลดจำนวนโปรโตซัว 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับที่รายงานโดย Hess et al. (2003) ที่ศึกษาในพืชที่มีซาโปนินสูง (soapberry) แบบ *in vitro* อัตรา100 มิลลิกรัมต่อกรัมอาหาร ทำให้ลดจำนวนโปรโตซัว 54 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีผลต่อจำนวนแบคทีเรีย และแบคทีเรียที่ผลิตแก๊สมีเทน ในขณะที่การใช้ *Yucca schidigera* (Yucca) บดเสริมในอัตรา 20 และ 60 กรัมต่อวัน ในการเลี้ยงโคสาว พบว่าสามารถลดจำนวนโปรโตซัวได้ (Hristov et al., 1999) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับที่เสริม *E. cyclocarpum* ในอัตรา 0.5 และ 10 กรัมต่อวัน จะลดจำนวนโปรโตซัวได้ 20-90 เปอร์เซ็นต์ และจากการใช้ *E. cyclocarpum* เลี้ยงแกะ ทำให้ลดจำนวนโปรโตซัวลง 49 -79 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงวันที่ 4-11 ของการเสริม หลังจากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อย จนเป็นปกติในวันที่ 20 (Ivan et al., 2004) สอดคล้องกับรายงานของ Teferedegne et al. (1999) ที่เสริม *S. sesban* เลี้ยงแกะในอัตรา 200 กรัมต่อวัน ในขณะที่ศึกษาซาโปนินสกัดจาก Yucca ในแกะและโคใช้อัตรา 5 - 30 กรัมต่อตัวต่อวัน พบว่าไม่มีผลทำให้จำนวนจุลินทรีย์เปลี่ยนแปลง แต่จำนวนโปรโตซัวจะเพิ่มประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ในอัตรา

30 กรัมต่อตัวต่อวัน (Eryavuz and Dehority, 2004 ; Wu et al., 1994) ให้ผลเช่นเดียวกับที่ศึกษาในต้น *E. cyclocarpum* และ *P. saman* ในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร (Hess et al., 2003) และจากการศึกษาโดย Abreu et al. (2004) ที่เสริมผลของต้น soapberry ในอัตรา 8 กรัมต่อน้ำหนักเมแทบอลิก (128 กรัมต่อตัวต่อวัน) ในแกะพันธุ์แอฟฟาริกัน ก็พบว่าเพิ่มจำนวนโปรโตซัว โดยเฉพาะกลุ่ม Entodiniomorphs ส่วนกลุ่ม Holotrichs ไม่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามจากการใช้ sarsaponin อัตรา 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (0.01 เปอร์เซ็นต์) ในอาหาร พบว่าไม่มีผลต่อจำนวนโปรโตซัวและ แบคทีเรีย (Sliwinski et al., 2002) ถึงแม้ว่าซาโปนินในอัตรา 0.5 - 4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จะไม่มีผลต่อจุลินทรีย์กลุ่ม *Fibrobacter spp.* แต่การเสริมซาโปนินในปริมาณสูง จะมีผลต่อกลุ่ม Fibrolytic คือ *Ruminococcus albus*, *R. flavefaciens* และ Chytridomycetes (Wina et al., 2005b ; 2006)

2.8 ผลของซาโปนินต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก

สารซาโปนินมีผลต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก กล่าวคือ ทำให้เพิ่มโพรพิโอเนท ลดอะซิเตท มีเทน และแอมโมเนีย (Hu et al., 2006) (ตารางที่ 2.3) จากการใช้สารซาโปนินที่สกัดด้วยเมทธานอลจาก *S. rarak* ศึกษาแบบ *in vitro* ในอัตรา 0.25 - 4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าทำให้กรดอะซิติกและบิวทีริกลดลง แต่เพิ่มการผลิตโพรพิโอเนท และแอมโมเนียก็ลดลงตามอัตราความเข้มข้นของซาโปนินที่เพิ่มขึ้น (Wina et al., 2005b ; Kamra et al., 2006) ให้ผลสอดคล้องกับรายงานของ Lila et al. (2003) ที่ใช้ซาโปนินอัตรา 1.2-3.2 กรัมต่อลิตร ในขณะที่การเสริมผลของ soapberry ในอัตรา 8 กรัมของวัตถุแห้งต่อน้ำหนักเมแทบอลิก (128 กรัมต่อตัวต่อวัน) ในแกะพันธุ์แอฟฟาริกัน พบว่า เพิ่มการผลิตโพรพิโอเนท และ บิวทีเรท และลดอะซิเตท และ สัดส่วนอะซิเตทต่อโพรพิโอเนท แต่แอมโมเนียไม่ต่างจากกลุ่มที่ไม่เสริม (Abreu et al., 2004) ในขณะที่การใช้สารซาโปนินที่สกัดจากเมล็ดชา (Tea saponin) ในอัตรา 0.2 และ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ศึกษาแบบ *in vitro* พบว่า ซาโปนินทำให้ลดการผลิตแอมโมเนีย และแก๊สมีเทน 19.6 และ 26 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีผลต่อการผลิตกรดไขมันระเหยง่าย (Hu et al., 2005a; 2005b) สอดคล้องกับที่รายงานไว้โดย Sliwinski et al. (2002) ที่ใช้ yucca extract ในอัตรา 1-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และจากการเสริม Yucca บดในอัตรา 60 กรัมต่อวัน ในโครุ่นสาวก็พบว่าสามารถเพิ่มการผลิตโพรพิโอเนท 17 เปอร์เซ็นต์ และลดสัดส่วนของอะซิเตทต่อโพรพิโอเนท (Hristov et al., 1999) ในขณะที่ Klita et al. (1996) พบว่าการเสริมซาโปนินสกัดจากรากของถั่วอัลฟาฟา ในอัตรา 1 - 4 เปอร์เซ็นต์การกินได้ (44 กรัมต่อวัน) ในแกะ พบว่า 2 วันแรก การผลิตอะซิเตทและโพรพิโอเนทจะสูงในการเสริมซาโปนิน 4 เปอร์เซ็นต์ แต่จากการวัดวันที่ 14 วันไม่ต่างกัน แสดงว่าจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักมีการปรับตัว (Wang et al., 1998) ผลนี้สอดคล้องกับที่รายงาน

โดย Teferedegne et al. (1999) จากการเลี้ยงแกะด้วย *S. sesban* อัตรา 200 กรัมต่อวัน และการใช้ *E. cyclocarpum* เสริมในแกะก็ไม่เปลี่ยนแปลงรูปแบบการหมักในกระเพาะหมัก (Ivan et al., 2004 ; Hess et al., 2003) และการใช้สารสกัดจาก Yucca ในอัตรา 8 - 9 กรัมต่อตัวต่อวัน ในโคก็ไม่มีผลต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก (Wu et al., 1994; Wilson et al.,1998) นอกจากนี้การกำจัดโปรโตซัวในกระเพาะหมักจะมีผลต่อกระบวนการหมัก โดยพบว่าจะทำให้ลดการผลิตมีเทน เพิ่มการผลิตโพรพิโอเนท และจำนวนแบคทีเรีย (Hess et al., 2003; Hu et al., 2005a) และการลดลงของโปรโตซัวจะมีผลทำให้ลดการผลิตมีเทนด้วย (Hu et al., 2005a; 2005b) อาจเป็นเพราะแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตมีเทนจะอาศัยอยู่ร่วมกับโปรโตซัว

2.9 ผลของสารซาโปนินต่อการกินได้ การย่อยได้และการดูดซึมของอาหารในทางเดินอาหาร

การย่อยได้ของอาหารในกระเพาะหมักจะเกี่ยวข้องกับการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก และการลดลงของโปรโตซัวจะมีผลทำให้การย่อยได้ของสารเยื่อใยเปลี่ยนแปลงได้ เพราะโปรโตซัวก็เป็นจุลินทรีย์ชนิดที่ย่อยสารเยื่อใย การเลี้ยงแกะด้วยพืชที่มีสารซาโปนินเป็นองค์ประกอบ พบว่าลดการย่อยได้ของสารเยื่อใย (NDF) (Odenyo et al., 1997) สอดคล้องกับ Wina et al. (2005b ; 2006) ที่รายงานว่าการย่อยได้ของสารเยื่อใย และการทำงานของเอนไซม์ xylanase และ carboxymethylcellaes ลดลง เมื่อเสริมซาโปนินจาก *S. rarak* ในแกะ และสอดคล้องกับรายงานของ Klita et al. (1996) ที่ใช้ซาโปนิน 4 เปอร์เซ็นต์ของการกินได้ของวัตถุแห้ง พบว่าทำให้การย่อยได้ของสารเยื่อใย อินทรีย์วัตถุ และไนโตรเจนลดลง แต่เพิ่มการไหลผ่านของไนโตรเจนที่ส่วนลำไส้เล็ก และไม่มีผลต่อการกินได้ (ตารางที่ 4) ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของ Teferedegne et al. (1999) จากการเลี้ยงแกะด้วย *S. sesban* อัตรา 200 กรัมต่อวัน พบว่าเพิ่มการกินได้ของวัตถุแห้ง เมื่อระยะเวลาการเลี้ยงนานขึ้นมากกว่า 4 วันขึ้นไป (ตารางที่ 5) ส่วน Abreu et al. (2004) พบว่าการเสริม soapberry อัตรา 8 กรัมต่อน้ำหนักตัวเมแทบอลิก ไม่มีผลต่อการหมุนเวียนของไนโตรเจนในกระเพาะหมัก หรือไม่มีผลต่อการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และไนโตรเจน (ตารางที่ 6) แต่ลดการย่อยได้ของ ADF อาจเป็นเพราะว่าแบคทีเรียกลุ่ม Fibrolytic และ โปรโตซัวลดลงนั่นเอง ในขณะที่การเสริมสารสกัดจาก Yucca 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้เพิ่มการทำงานของเอนไซม์ Protease และแบคทีเรียต่าง ๆ แต่ไม่มีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (Wang et al., 1998) แต่อย่างไรก็ตามจากการเสริม Yucca บดในอัตรา 20 และ 60 กรัมต่อวัน ในโครุ่นสาวพบว่าการกินได้วัตถุแห้ง การย่อยได้ของวัตถุแห้ง สารเยื่อใย และโปรตีน ไม่แตกต่างจากกลุ่มไม่เสริม และไม่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในกระเพาะหมัก และอัตราการไหลผ่านของอนุภาคอาหาร (Hristov et al., 1999 ; Hess et al., 2003) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับที่ Wu et al. (1994) และ Sliwinski et al. (2002) รายงานไว้ว่าการเสริมสารสกัดจาก Yucca 8 กรัมต่อตัวต่อวัน และ 0.01 เปอร์เซ็นต์

ในอาหาร และยังไม่มีผลต่อความถี่ในการบีบตัวของกระเพาะหมักทั้งส่วนของ rumen และ recticulum (Klita et al., 1996)

Table 2.2 Effect of saponin on ruminal fermentation characteristics

Item	Control	Saponins	SEM	Source of saponins (unit)	References
Methane (mmol)[a]	1.05	0.90	0.02	Tea saponin (0.2 mg/ml)	Hu et al.
Ammonia-N (mg/L)	14.00	12.90	0.26	Tea saponin (0.4 mg/ml)	(2005a)
Acetate (%)	70.92	70.80	1.48	Tea saponin (0.4 mg/ml)	
Propionate (%)[a]	15.71	16.35	1.47	Tea saponin (0.4 mg/ml)	
Methane (mmol/L)[a]	4.47	3.89	0.09	Tea saponin (2 mg/200 mg)	Hu et al.
Ammonia-N (mmol/L)[a]	15.66	14.39	0.25	Tea saponin (2 mg/200 mg)	(2005b)
Acetate (mmol/L)	44.00	44.80	0.10	Tea saponin (8 mg/200 mg)	
Propionate (mmol/L)	15.30	15.40	0.01	Tea saponin (8 mg/200 mg)	
Ammonia-N (mg/ml)[a]	0.49	0.45	SD=0.11	S. rarak extract (0.25 mg/ml)	Wina et al.
Acetate (%)[a]	63.60	58.00	SD=1.22	S. rarak extract (4 mg/ml)	(2005b)
Propionate (%)[a]	20.80	24.00	SD= 0.17	S. rarak extract (1 mg/ml)	
Methane (mM)[a]	13.87	10.90	0.02	Yucca extract (1.2g/L)	Lila et al.
Ammonia-N (mmol/L)[a]	6.20	4.90	0.12	Yucca extract (1.2g/L)	(2003)
Acetate (mmol/L)[a]	60.80	58.00	0.55	Yucca extract (1.2g/L)	
Propionate (mmol/L)[a]	22.70	25.30	0.66	Yucca extract (1.2 g/L)	
Acetate:Propionate[a]	2.68	2.29	0.03	Yucca extract (1.2 g/L)	
Methane (mmol/d)	10.94	11.02	0.57	Yucca extract (100 mg/kg)	Sliwinski et
Ammonia-N (mmol/L)[a]	13.60	10.70	1.33	Yucca extract (100 mg/kg)	al. (2002)
Acetate (mmol/L)	65.10	58.40	0.01	Yucca extract (100 mg/kg)	
Propionate (mmol/L)	18.70	18.10	0.006	Yucca extract (100 mg/kg)	
Methane (L/d)	28.70	28.20	3.0	Alfalfa root extract (4 %DMI)	Klita et al.
Acetate (mM)	44.00	51.00	5.0	Alfalfa root extract (4 %DMI)	(1996)
Propionate (mM)	12.00	14.00	1.7	Alfalfa root extract (4 %DMI)	

หมายเหตุ : [a] ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

นอกจากนี้สารซาโปนินมีคุณสมบัติในการทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ยอมให้สารซึมผ่าน (permeability) ได้มากขึ้น ดั้งนั้นอาจเป็นได้ว่าซาโปนินน่าจะทำให้ชั้นมิวโคซ่าเซลล์ (mucosa cell) ของลำไส้เล็กดูดซึม

สารอาหารได้ดีขึ้นด้วย และอาจเนื่องมาจากซาโปนินมีผลทำให้แรงต่างศักย์ในการขนส่งสารในส่วนของ brush border membrane ของลำไส้ลดต่ำลง จึงทำให้สารอาหารต่างๆ ซึมผ่านได้สะดวกขึ้น (Francis et al., 2002) แต่จากการศึกษาในแกะที่เสริมด้วย soapberry อัตรา 128 กรัมต่อวัน ไม่มีผลต่อการดูดซึมไนโตรเจนและการกินได้ของโปรตีนหยาบ แต่เพิ่มการกินได้ของอินทรียวัตถุ (Abreu et al., 2004)

Table 2.3 Effect of plant saponin on ruminal fermentation characteristics

Item	Control	Saponins	SEM	Source of saponins (unit)	References
Ammonia-N (mM)	2.94	2.88	0.37	Yucca (60 g/h/d)	Hristov et al. (1999)
Acetate (mM)	49.70	50.10	0.96	Yucca (60 g/h/d)	
Propionate (mM) [a]	16.50	19.5	0.54	Yucca (60 g/h/d)	
Acetate:Propionate [a]	3.13	2.77	0.05	Yucca (60 g/h/d)	
Ammonia-N (mg/dL)	5.98	4.85	0.57	Soapberry (8 g/kg $^{0.75}$)	Abreu et al. (2004)
Acetate (%) [a]	77.90	74.10	0.35	Soapberry (8 g/kg $^{0.75}$)	
Propionate (%) [a]	15.00	17.60	0.27	Soapberry (8 g/kg $^{0.75}$)	
Acetate:Propionate [a]	5.30	4.30	0.13	Soapberry (8 g/kg $^{0.75}$)	
Ammonia-N (mmol/L)	7.50	7.60	0.33	Soapberry (100 mg/g)	Hess et al. (2003)
Acetate (mmol/L)	46.67	44.03	0.006	Soapberry (100 mg/g)	
Propionate (mmol/L)	23.13	23.27	0.006	Soapberry (100 mg/g)	

หมายเหตุ : [a] ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

Table 2.4 Effect of saponin on dry mattey intake digestibility and nitrogen flow in cheep

Item	Saponins (% of DMI)				SEM
	0	1	2	4	
Intake (g/d)					
Dry matter (DM)	1,185	1,138	1,185	1,117	22.0
Organics matter (OM)	1,071	1,029	1,071	1,010	19.9
Neutral detergent fiber (NDF)	668	642	668	631	12.2
Acid detergent fiber (ADF)	402	386	402	380	7.2
Nitrogen (N)	27.3	26.2	27.3	25.7	0.51
Flow to duodenum (g/d)					
Organics matter (OM) [a]	318	358	411	380	17.8
Neutral detergent fiber (NDF)	160	169	195	180	9.46
Acid detergent fiber (ADF)	99.8	104	119	111	6.02
Total nitrogen (N) [a]	14.4	17.4	20.0	18.1	0.85
Apparent total tract digestion (%)					
Organics matter (OM) [a]	73.2	72.3	68.0	64.6	2.71
Neutral detergent fiber (NDF)	70.4	68.8	64.6	61.8	3.18
Acid detergent fiber (ADF)	68.5	66.8	62.8	59.9	3.41
Nitrogen (N) [a]	74.2	74.0	70.7	65.2	2.41

ที่มา : Klita et al. (1996)

หมายเหตุ : [a] ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

Table 2.5 Effect of supplementation of *Sesbania sesban* (200 g/d) on rumen fermentation and adjusted of cheep

Date of supplementation	DMI (g/d)	protozoa (10^5/ml)	NH_3-N (mmol/l)	Acetate (%)	Propionate (%)	Butytrate (%)
control	595	5.9	6.0	69.8	19.1	8.8
3 day	580	3.6	5.5	69.2	20.8	8.0
control	601	13.9	9.0	58.8	24.7	10.1
4 day	717	8.5	8.5	59.0	27.8	10.4
control	607	7.8	6.0	70.4	19.2	8.7
10 day	747[a]	10.4	9.0	69.6	20.2	8.2
control	607	6.0	8.0	68.7	18.2	11.1
20 day	783[a]	9.1	14.0[a]	67.6	18.1	10.7

ที่มา : Teferedegne et al. (1999)

หมายเหตุ : [a] ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

Table 2.6 Effect of saponin from soapberry on nitrogen flow in Cheep

Item	Control	Soapberry (8 g/kg$^{0.75}$)	SEM	P-value
Nitrogen intake (g/d)	8.7	9.8	0.56	0.18
Duodenal nitrogen flow				
Total nitrogen (g/d)	9.3	10.9	0.67	0.098
Microbial nitrogen (g/d)	3.8	5.1	0.30	0.007
Ruminal escape nitrogen (g/d)	5.5	5.8	0.41	0.61
Apparently absorbed N (g/d)	5.2	6.1	0.64	0.34
Blood urea nitrogen (mg/dL)	12.2	10.7	0.44	0.029

ที่มา : Abreu et al. (2004)

2.10 ผลของซาโปนินต่อผลผลิตและสุขภาพสัตว์

สารสกัดจากเมล็ดชา (Tea saponin) ทำให้เพิ่มการกินได้วัตถุแห้ง การเจริญเติบโต และประสิทธิการใช้อาหาร ในแกะที่เสริมในอัตรา 3 กรัมต่อตัวต่อวัน (Hu et al., 2006) ซาโปนินที่สกัดได้จาก Yucca เสริมในโคนมในอัตรา 9 กรัมต่อตัวต่อวัน พบว่าไม่มีผลต่อองค์ประกอบของน้ำนม และผลผลิตน้ำนม (Wilson et al., 1998) จากการศึกษาในแกะพ่อพันธุ์ พบว่ามีผลต่อระบบสืบพันธุ์ กล่าวคือจากการใช้ใบของ *S. sesban* เลี้ยงในอัตรา 200 และ 400 กรัมต่อวัน เป็นเวลา 6 เดือน จะทำให้เกิดเนื้อเยื่อตายที่ seminiferous tubles และเกิดการเสื่อมสภาพของท่อภายใน (tubular) นอกจากนี้ยังทำให้เกิดแผลฟกช้ำที่ลูกอัณฑะ (Woldemeskel et al., 2001) และอีกเหตุผลหนึ่งที่น่าจะเป็นไปได้คือ ซาโปนินมีโครงสร้างเป็นไขมันและมีลักษณะคล้ายกับฮอร์โมนเพศ อาจจะแย่งจับกับตัวรับ (receptor) ของฮอร์โมนเอสโตรเจนหรือโปรเจสเตอโรนของเซลล์เป้าหมายได้ จึงส่งผลให้การทำงานหรือการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนด้อยลงไป หรือขัดขวางการสังเคราะห์สเตอรอล เป็นผลให้ลดการสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศลง และเป็นที่ทราบแล้วว่าซาโปนินจะทำให้เม็ดเลือดแดงแตกได้ เพราะมีผลทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียสภาพและเกิดการซึมผ่านของน้ำได้มากขึ้น เหมือนกับเซลล์ของโปรโตซัว แต่จากการศึกษาในสัตว์เคี้ยวเอื้องไม่ค่อยพบปัญหานี้ อาจจะเป็นเพราะว่าระดับความเข้มข้นที่ศึกษาค่อนข้างต่ำ และ อาจเป็นได้ว่าจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักสามารถสลายและลดความเป็นพิษของซาโปนิน แต่จากการศึกษาในกระต่ายเป็นระยะเวลา 16 วัน อัตรา 10-30 มิลลิกรัม พบว่ามีผลทำให้จำนวนเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาวต่ำลง (Saeed and Sabir, 2003) จากการใช้ว่านหนุมานประสานใจ *(Schefflera leucantha* Viguier) อัตรา 1 -5 กรัมต่อกิโลกรัม ในหนูเป็นเวลา 14 วัน พบว่า ตับมีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนเม็ดเลือดขาวลดลง และทำให้ลูกอัณฑะมีขนาดเล็กลง แต่ไม่มีผลต่อรังไข่ (Witthawaskul et al., 2003) สัตว์เคี้ยวเอื้องที่เลี้ยงด้วยหญ้ากินนี และบราชีเรีย ซึ่งมีซาโปนินเป็นองค์ประกอบ อาจจะพบอาการเป็นโรคแพ้แสง (photosensitization) (Meagher et al., 2001)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1

ศึกษาแหล่งของวัตถุดิบอาหารหยาบต่อคุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมัก

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมวัตถุดิบอาหารหยาบ หาแหล่งผลพลอยได้ทางการเกษตรตามฤดูกาล ที่มีในเขตพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดใกล้เคียง อาทิเช่น ฟางผักบุ้ง ฟางข้าว เปลือกถั่วเขียว และวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบชนิดต่างเพื่อใช้ในการคำนวณสูตรอาหารต่อไป

วิธีการเตรียมการทดลอง การศึกษาผลแหล่งของอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนและกรรมวิธีการทำอาหารผสมครบส่วนในงานวิจัยนี้ วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD โดยศึกษา 2 ปัจจัย และมี 3 ซ้ำ ปัจจัยแรก คือ แหล่งอาหารหยาบ 4 ชนิด คือ ฟางข้าว ฟางผักบุ้ง เปลือกถั่วเขียว และฟางข้าวผสมกับเปลือกถั่วเขียว และปัจจัยที่ 2 คือ กรรมวิธีการทำอาหารผสมครบส่วน 2 กรรมวิธี คือ การหมัก และไม่หมัก เมื่อได้แหล่งอาหารหยาบที่ต้องการทั้ง 4 ชนิดแล้ว ก็นำมาประกอบสูตรอาหารผสมครบส่วน 4 สูตร โดยอาหารแต่ละสูตรต้องคำนวณให้ได้โภชนะต่างเท่ากันทั้ง 4 สูตร จากนั้นแบ่งอาหารผสมครบส่วน ออกเป็น 2 กลุ่ม ในแต่ละสูตร โดยกลุ่มที่หนึ่งเก็บไว้วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและศึกษาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการต่อไป และกลุ่มที่สองนำไปหมัก การหมักโดยใส่ในถุงพลาสติกขนาด 2 กิโลกรัม อัดให้แน่นและสูบอากาศออกให้หมด ปิดปากถุง และหมักไว้อย่างน้อย 4 สัปดาห์ เมื่อครบตามกำหนดเวลา บันทึกลักษณะทางกายภาพ เช่น สี กลิ่น และวัดคุณภาพของอาหารหมัก เช่น วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และวัดปริมาณกรดแลคติก กรดอะซิติกและกรดบิวทีริก เป็นต้น จากนั้นสุ่มตัวอย่างไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะหมักต่อไป

การบันทึกข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง

การบันทึกข้อมูลของอาหารผสมครบส่วนหมัก บันทึกลักษณะทางกายภาพ เช่น สี กลิ่น และคุณภาพของอาหารหมัก เช่น วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) แอมโมเนียไนโตรเจน (ammonia-nitrogen)

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารแต่ละสูตรทั้งแบบหมัก และไม่หมัก นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัตถุแห้ง (Dry matter, DM) โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) ไขมัน (Ether

extract, EE) และเถ้า (Ash) ตามวิธีของ AOAC (1990) และวิเคราะห์หาองค์ประกอบของเยื่อใย ได้แก่ ผนังเซลล์ (Neutral detergent fibre, NDF) และลิกโนเซลลูโลส (Acid detergent fibre, ADF) ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970)

Table 3.1 Ingredients of total mixed ration (kg/100kg)

Ingredients	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4
Rice straw	28	-	-	15
Water spinach straw	-	33	-	-
Mung bean pods	-	-	32	16
Cassava chip	23	23	23	23
Rice bran	15	14.5	13	13.5
Ground corn	13.5	13	13.5	13
Soybean meal	8	4	6	7
Molasses	8	8	8	8
Urea	2	2	2	2
premixed	1	1	1	1
Mineral	1.5	1.5	1.5	1.5

[1]The premix provided per kilogram of DM: 10,000 IU vitamin A; 2,000 IU vitamin D_3; 20 IU vitamin E; 10 mg Cu; 80 mg Mn; 40 mg Zn; 50 mg Fe; 0.8 mg I; 0.3 mg Se; 0.3 mg Co

[2] Mineral provided per kilogram of DM : 450 g NaCl; 2 g Mn; 2 g Fe; 7 g Zn; 16 g Mg; 30 g S; 0.1g I; 0.03 g Se; 1.3 g Cu; 35 g P; 140 g Ca

3.2 การทดลองที่ 2

การศึกษาการย่อยสลายของอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักโดยวิธีถุงไนล่อน

วิธีดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCD โดยศึกษา 2 ปัจจัย และมี 3 ซ้ำ ปัจจัยแรก คือ แหล่งอาหารหยาบ 4 ชนิด และปัจจัยที่ 2 คือ กรรมวิธีการทำอาหารผสมครบส่วน 2 กรรมวิธี คือ การหมัก และไม่หมัก

การเตรียมตัวอย่าง โดยการนำเอาตัวอย่างอาหารแต่ละสูตรที่ได้จากการทดลองที่ 1 นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง ชั่งบันทึกน้ำหนักเพื่อคำนวณหาน้ำหนักแห้ง แล้วนำตัวอย่างไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร จากนั้นนำตัวอย่างอาหารมาชั่งน้ำหนักประมาณ 4

กรัม ใส่ในถุงไนล่อนขนาด 7 x 10 เซนติเมตร มีรูขนาด 40-60 ไมครอน ปิดปากถุงให้แน่น แล้วนำไปจุ่มแช่ในกระเพาะหมักของโคเนื้อเพศผู้ตอนที่เจาะกระเพาะไว้แล้วจำนวน 2 ตัว โดยจุ่มแช่ที่เวลาต่างๆ กันดังนี้ คือ 0, 4, 8, 12, 24, 48, 72 ชั่วโมง เป็นต้น ซึ่งต้องมีการทำซ้ำตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

วิธีการคือนำตัวอย่างอาหารที่เตรียมไว้แล้ว ตัวอย่างละ 26 ถุง นำถุงไนล่อนผูกติดกับเชือกแล้วหย่อนลงไปในกระเพาะหมักของโค โดยแต่ละถุงจะมีเวลาจุ่มแช่อยู่ในกระเพาะหมักต่างกัน เริ่มจาก 72, 48, 24, 12, 8, 4 และ 0 ชั่วโมง โดยแต่ละระยะเวลาใช้ 4 ถุง และแบ่งใส่โคที่เจาะกระเพาะ 2 ตัวๆ ละ 2 ถุง ยกเว้นชั่วโมงที่ 0 จะใช้ตัวอย่างเพียง 2 ถุง ซึ่งไม่ต้องแช่ในกระเพาะหมัก เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว จากนั้นเอาออกถุงตัวอย่างออกพร้อมๆ กัน แล้วนำถุงไนล่อนของตัวอย่างทั้งหมดไปล้างทำความสะอาด เมื่อสะอาดดีแล้วนำไปอบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง ชั่งบันทึกน้ำหนักหลังอบเพื่อหาการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งดังสมการ

%DM loss = [(นน.ตัวอย่างแห้งก่อนอบ-นน. ตัวอย่างหลังอบ)/นน.ตัวอย่างแห้งก่อนอบ] x 100

และนำตัวอย่างที่เหลือจากการย่อยสลายในกระเพาะหมัก (ในถุงไนล่อน) ไปวิเคราะห์หาโปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) ตามวิธีของ AOAC (1990) เพื่อหาโปรตีนที่ย่อยสลายและไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักที่เวลาต่างๆ ดังนี้

%CP loss = [(นน.โปรตีนตัวอย่างแห้งก่อนอบ-นน. โปรตีนตัวอย่างหลังอบ)/นน.โปรตีนตัวอย่างแห้งก่อนอบ] x 100

นำสัดส่วนที่สูญหายไปในระยะเวลาต่างๆ กันมาคำนวณหาอัตราการย่อยได้ของตัวอย่างอาหาร โดยใช้ model $P = a+b\ (1-exp)^{-ct}$ โดยที่

P=Potential degradability

a=ค่าการย่อยสลายที่ชั่วโมง 0 (Y intercept) เป็นค่าที่แสดงถึงส่วนที่ละลายได้และถูกย่อยสลายได้ทั้งหมด หรือเป็นส่วนที่ล้างออกจากถุงเร็ว หรือ washing loss

b=ค่าผลต่างระหว่างค่า intercept (a) กับค่าการย่อยสลายที่ชั่วโมงสุดท้าย เป็นส่วนที่ไม่ละลาย แต่สามารถที่จะถูกหมักย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

c=อัตราความเร็วคงที่ในการย่อยสลายของอาหารส่วน b มีหน่วยเป็น fraction/h

เมื่อนำค่า Fractional outflow rate (k) ของ Digesta ที่ไหลผ่านกระเพาะหมักมาพิจารณาด้วย จะสามารถคำนวณค่า Effective rumen degradability (ED) ซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ จากสมการ

ED=a+bc/(c+k)

เมื่อได้ค่า ED ของโปรตีนแล้วก็นำไปประเมินค่าโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Rumen degradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Rumen undegradable protein, RUP) ของอาหารแต่ละสูตร เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณความต้องการโปรตีนย่อยและไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักของโคต่อไป

3.3 การทดลองที่ 3

การศึกษาผลของแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนต่อกระบวนการหมักย่อยโดยวิธีวัดแก๊ส (gas production technique)

วิธีดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCD โดยศึกษา 2 ปัจจัย และมี 3 ซ้ำ ปัจจัยแรก คือ แหล่งอาหารหยาบ 4 ชนิด และปัจจัยที่ 2 คือ กรรมวิธีการทำอาหารผสมครบส่วน 2 กรรมวิธี คือ การหมัก และไม่หมัก

การเตรียมตัวอย่าง โดยการนำเอาตัวอย่างอาหารแต่ละสูตรที่ได้จากการทดลองที่ 1 นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง ชั่งน้ำหนักคำนวณหาน้ำหนักแห้ง แล้วนำตัวอย่างอาหารไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร จากนั้นนำตัวอย่างอาหารมาชั่งน้ำหนักประมาณ 500 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดฉีดยาพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร ที่แกนดันของหลอดทาวาสลินเพื่อเพิ่มการหล่อลื่น ซึ่งวิธีการศึกษาการย่อยสลายได้และกระบวนการหมักในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีวัดแก๊สนี้ได้ศึกษาตามวิธีของ Menke และคณะ (1979) โดยต้องมีการทำ blank ด้วยเพื่อเปรียบเทียบการย่อยได้ และต้องมีการทำซ้ำตัวอย่างละ 5 ซ้ำ

การเตรียมน้ำจากกระเพาะหมัก การเก็บน้ำจากกระเพาะหมักของโค โดยเก็บจากโคอายุประมาณ 2.5-3 ปี น้ำหนักประมาณ 250-350 กิโลกรัม จำนวน 2 ตัว เพื่อลดความแปรปรวนของปริมาณจุลินทรีย์ และต้องเก็บก่อนให้อาหารตอนมื้อเช้า โดยเก็บใส่ขวดกล่องพลาสติกขนาด 1 ลิตร ที่ปราศจากออกซิเจนโดยการเป่าคาร์บอนไดออกไซด์ลงไป และต้องกรองผ่านผ้าขาวบาง 3 ชั้น และบรรจุให้เต็มกล่องเพื่อป้องกันไม่ให้มีออกซิเจน ปิดฝาแล้วรีบนำมาที่ห้องปฏิบัติการและรักษาให้อุณหภูมิของขวดให้อยู่ประมาณ 39 °C โดยการแช่ในอ่างน้ำอุ่น และผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อไล่ออกซิเจนตลอดเวลา

การเตรียมสารละลายน้ำลายเทียม ซึ่งประกอบไปด้วย แร่ธาตุต่างๆ และสารบัฟเฟอร์ การเตรียมสารละลายต้องเตรียมไว้ก่อนและขณะเตรียมต้องทำให้สภาพไร้ออกซิเจน โดยผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปตลอดเวลาและคนด้วย Magnetic stirrer ตลอดเวลาเพื่อให้สารละลายแร่ธาตุต่างๆ ผสมกันดี และรักษาให้อุณหภูมิขณะเตรียมให้อยู่ประมาณ 39 °C และผ่านคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา องค์ประกอบของน้ำลายเทียมมีดังนี้

1. Micromineral solution ประกอบด้วย 13.2 g $CaCl_2.2H_2O$ +10 g $MnCl_2.4H_2O$ + 1.0 g $CoCl_2.6H_2O$+ 0.8 g $FeCl_2.6H_2O$ ละลายส่วนผสมทั้งหมดด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร
2. Buffer solution ประกอบด้วย 4 g NH_4HCO_3 + 35 g $NaHCO_3$ ละลายส่วนผสมทั้งหมดด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร
3. Macromineral solution ประกอบด้วย 5.7 g Na_2HPO_4 + 6.2 g KH_2PO_4 + 0.60 g $MgSO_4.7H_2O$ ละลายส่วนผสมทั้งหมดด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร
4. Resazurine solution ประกอบด้วย 100 mg Resazurine ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร
5. Reduction solution ต้องมีการเตรียมใหม่ๆ ทุกครั้ง และเตรียมก่อนเก็บน้ำจากกระเพาะหมักเพียงเล็กน้อย ประกอบด้วย 2 ml 1N NaOH + 312 mg $Na_2S.9H_2O$ ละลายส่วนผสมทั้งหมดด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 47.5 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายน้ำลายเทียม

1. ตวงน้ำกลั่น 474 มิลลิลิตร
2. ตวงสารละลาย microminerals 0.12 มิลลิลิตร
3. สารละลายบัฟเฟอร์ 237 มิลลิลิตร
4. ตวงสารละลาย macrominerals 237 มิลลิลิตร
5. สารละลาย resazurine 1.22 มิลลิลิตร

นำส่วนผสมสารละลายมาอุ่นบนเตาไฟเพื่อรักษาให้อุณหภูมิขณะเตรียมให้อยู่ประมาณ 39 °C และผ่านคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา และเติมสารละลาย reduction และคนด้วย Magnetic stirrer ตลอดเวลาเพื่อให้สารละลายแร่ธาตุต่างๆ ผสมกันดี สารละลายจะเปลี่ยนจากสีม่วงครามเป็นสีชมพู และถ้ามีการเป่าผ่านคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลาเพื่อไล่ออกซิเจนหมดไป สารละลายจะเปลี่ยนจากสีชมภูเป็นสีใสหรือ ไม่มีสีภายใน ชั่วโมงครึ่ง

เมื่อสารละลายผสมเข้ากันดีและไม่มีสีแล้ว นำหลอดตัวอย่างอาหารที่เตรียมไว้มาเติมสารละลายหลอดละ 20 มิลลิลิตร และน้ำจากระเพาะหมักโคใส่หลอดละ 5 มิลลิลิตร แล้วปิดด้วยคลิปสามทาง จากนั้น

หมุนหรือเขย่าหลอดตัวอย่างเบาๆ ให้อาหารผสมกับสารละลาย บันทึกปริมาณส่วนผสมในหลอดไว้ แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39 °C และจากนั้นต้องทำการบันทึกแก๊สที่ถูกผลิตขึ้นในแต่หลอดที่เวลาต่างๆ คือ 12 ชั่วโมงแรกบันทึกปริมาณแก๊สทุกๆ 2 ชั่วโมง ชั่วโมงที่ 12-24 ทำการบันทึกปริมาณแก๊สทุกๆ 4 ชั่วโมง และ 24- 72 ชั่วโมงหลังบ่ม จะทำการบันทึกปริมาณแก๊สทุก 6 ชั่วโมง และหลังการอ่านค่าแก๊สที่ถูกผลิตขึ้นในแต่ละเวลาต้องมีการเปิดสามทางและดันแก๊สออกแล้วปิด บันทึกปริมาณส่วนผสมไว้เหมือนเดิมและต้องมีการเขย่าเบาๆ ให้ส่วนผสมในหลอดผสมกันดี เมื่อเสร็จสิ้นตามเวลาที่กำหนดแล้วนำของเหลวในหลอด 20 มิลลิลิตร มาใส่ในขวดที่มีสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 โมล ปริมาณ 3 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน นำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อรอวิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจนโดยวิธีวิเคราะห์หาไนโตรเจน (AOAC, 1990) นำส่วนผสมที่เหลือในหลอดมา 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดที่มีสารละลาย normal saline (10% ของฟอร์มาลีน) 9 มิลลิลิตร เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อรอวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์โดยวิธี total cell count (Galyean, 1989) ส่วนเศษเหลือของอาหารในหลอดทำการกรองผ่านถุงไนล่อนที่มีรูขนาด 100 ไมครอน ล้างน้ำแล้วนำไปอบหาสิ่งแห้งเพื่อนำไปคำนวณหาการย่อยสลายได้ของสิ่งแห้ง

นำค่าแก๊สที่ถูกผลิตขึ้นในแต่ละหลอดมาเปรียบเทียบกับ blank ในแต่ช่วงเวลา เพื่อเปรียบเทียบและคำนวณหาปริมาณแก๊สที่ถูกผลิตขึ้นที่เวลาต่างๆ โดยการนำแก๊สที่ผลิตขึ้นในแต่ละเวลา นำมาประเมินจุลศาสตร์การผลิตแก๊สมิลลิลิตรต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mL/g DM) โดยใช้โปรแกรม NLIN ของ SPSS ตามสมการ $P = b\ (1\text{-}exp)^{-ct}$

เมื่อ p = ปริมาณของแก๊สที่ถูกผลิตขึ้นที่เวลา t

b = ปริมาณแก๊สที่ผลิตได้จากการหมักย่อยอาหาร (mL/g DM)

c= อัตราการผลิตแก๊สต่อชั่วโมง (มิลลิลิตรต่อชั่วโมง)

นำค่าการผลิตแก๊สที่เวลาต่างๆ มาคำนวณหาการย่อยสลายได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ในอาหารตามสมการของ Menke et al. (1979) คำนวณหาการผลิตกรดไขมันระเหยง่าย (Short chain fatty acids, SCFA) ตามสมการของ Getachew et al. (2002) และคำนวณการผลิตจุลินทรีโปรตีน (Microbial crude protein, MCP) ตามสมการของ Blummel et al. (1997)

ME (MJ/kg DM) = 2.20 + 0.136GP (mL/0.5g DM) + 0.057CP (%DM)

OMD (g/kg OM) = 148.8 + 8.89GP (mL/0.2g DM) + 0.0445CP (g/kg DM) + 0.651 ash (g/kg DM)

SCFA (mmol/ 0.2g DM) = 0.0222GP (mL/0.2g DM) -0.00425

MCP (mg/g DM) = mg DMD-(mL gas *2.2 mg/mL)

จ SF
95
ก3695
2557
1 6825254
31 ส.ค. 2558
สำนักหอสมุด

เมื่อ GP คือ ปริมาณแก๊สที่ถูกผลิตขึ้นหลังการหมักย่อยอาหารแล้ว 24 ชั่วโมง

2.2 mg/mL คือ ค่าคงที่ของธาตุ C H O ในหน่วย mg ที่ต้องการใช้ในการสร้าง SCFA ที่เกี่ยวกับการผลิตแก๊ส 1 มิลลิลิตร

3.4 การทดลองที่ 4

การศึกษาผลของสารสกัดจากเมล็ดชาในอาหารผสมครบส่วนที่มีแหล่งอาหารหยาบต่างกันต่อกระบวนการหมักย่อยและการผลิตแก๊สมีเทนโดยวิธีวัดแก๊ส (gas production technique)

วิธีดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCD โดยศึกษา 2 ปัจจัยๆ ละ 3 ระดับ และมี 3 ซ้ำ ปัจจัยแรก คือ อาหารผสมครบส่วน 3 สูตร ที่ได้จากการทดลองที่ 3 และปัจจัยที่ 2 คือ การเติมสารสกัดจากเมล็ดชา 3 ระดับ คือ 0 3 และ 6 % ของน้ำหนักแห้งของอาหาร

การเตรียมตัวอย่างและวิธีทดลอง โดยคัดเลือกอาหารผสมครบส่วนที่ดีมา 3 สูตร ที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 การทดลอง นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาน้ำหนักแห้ง แล้วนำตัวอย่างอาหารไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร จากนั้นนำตัวอย่างอาหารมาชั่งน้ำหนักประมาณ 500 มิลลิกรัม และเติมสารสกัดชาโปนินจากกากชาตามปริมาณที่กำหนด ใส่ในหลอดฉีดยาพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร ที่แกนดันของหลอดทาวาสลินเพื่อเพิ่มการหล่อลื่น ซึ่งวิธีการศึกษาการย่อยสลายได้และกระบวนการหมักในห้องปฏิบัติการนี้ ต้องทำ 5 ซ้ำ (หลอด) ต่อตัวอย่าง เพื่อสำหรับเก็บแก๊สมีเทน 2 ซ้ำ (หลอด) ต่อตัวอย่าง

การเตรียมน้ำจากกระเพาะหมักของโค วิธีการและขั้นตอนเตรียมทำเหมือนการทดลองที่ 3

การเตรียมน้ำลายเทียม การเตรียมสารละลายมีดังนี้ ชั่งสาร $Na_2HPO_4.12\ H_2O$ 28.8 g + $NaH_2PO_4.H_2O$ 6.1 g+ NH_4Cl 1.4 g + cysteine $H_2O.HCl$ 0.39 g + Resazurine 0.1 g ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาณให้ครบ 1 ลิตร

การเตรียมสารสำหรับวัดปริมาณมีเทน ชั่งสาร NaOH 25 g ละลายในน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร

วิธีการดำเนินการทดลอง หลอดตัวอย่างอาหารที่เตรียมไว้ มาเติมน้ำลายเทียมหลอดละ 20 มิลลิลิตร และเติมน้ำจากกระเพาะหมักของโค 5 มิลลิลิตร จากนั้นดันอากาศออกจากหลอดให้หมดแล้วปิดด้วยคลิบสามทาง บันทึกปริมาณสารละลายในหลอด และเขย่าหลอดเบาๆ เพื่อให้อาหารผสมคลุกเคล้ากับ

สารละลาย จากนั้นนำไปบ่มในแล้วนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39 °C และจากนั้นต้องทำการบันทึกแก๊สที่ถูกผลิตขึ้นในแต่หลอดที่เวลาต่างๆ คือ 12 ชั่วโมงแรกบันทึกปริมาณแก๊สทุกๆ 2 ชั่วโมง ชั่วโมงที่ 12-24 ทำการบันทึกปริมาณแก๊สทุกๆ 4 ชั่วโมง และ 24- 72 ชั่วโมงหลังบ่ม จะทำการบันทึกปริมาณแก๊สทุก 6 ชั่วโมง และหลังการอ่านค่าแก๊สที่ถูกผลิตขึ้นในแต่ละเวลาต้องมีการเปิดสามทางและดันแก๊สออกแล้วปิด ยกเว้นหลอดที่ต้องการวัดค่าการผลิตมีเทนจะต้องอ่านค่าแก๊สที่ระยะเวลาหลังบ่ม 12 ชั่วโมง และไม่มีการดันแก๊สออกจากหลอด บันทึกปริมาณส่วนผสมไว้เหมือนเดิมและต้องมีการเขย่าเบาๆ ให้ส่วนผสมในหลอดผสมกันดี ส่วนการเก็บข้อมูล และการคำนวณข้อมูล ทำเหมือนการทดลองที่ 3

การวัดปริมาณแก๊สมีเทน นำตัวอย่างอาหารที่ต้องการวัดหาปริมาณการผลิตมีเทนมาอ่านค่าบันทึกปริมาณแก๊สที่ถูกผลิตได้ที่ 12 ชั่วโมงหลังหมัก จากนั้นนำมาเติมสารละลาย 10M NaOH ปริมาณ 4 มิลลิลิตร (Fievez et al., 2005) ผสมคลุกเคล้ากับกับอาหารในหลอด และทำการบันทึกปริมาณที่เหลือหลังจากเติมสารแล้วคือปริมาณของมีเทนที่ถูกผลิตขึ้น

วิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลอง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยต่างๆ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) หาความสัมพันธ์ระหว่างแก๊สที่ถูกผลิตขึ้นกับกรดไขมันระเหยง่าย และแอมโมเนียไนโตรเจนที่ถูกผลิตขึ้น หรือแก๊สมีเทนที่ถูกผลิตขึ้น

สถานที่ทำการทดลอง สถานีวิจัยและฝึกอบรมบึงราชนก และห้องปฏิบัติการกลาง ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร และภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สกลนคร

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1

ศึกษาแหล่งของวัตถุดิบอาหารหยาบต่อคุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมัก

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

อาหารผสมครบส่วนในการทดลองนี้เป็นอาหารสำหรับโครีดนม โดยคำนวณให้มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบ 16 เปอร์เซ็นต์ และมีสารเยื่อใยพวกผนังเซลล์ (NDF) เพียงพอต่อความต้องการของโครีดนม ตามคำแนะนำของ NRC (1988) องค์ประกอบทางเคมีในอาหารแต่ละสูตรแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยพบว่าค่าของโปรตีนหยาบของอาหารแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นอาหารที่มีส่วนผสมของแหล่งอาหารหยาบต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามโปรตีนในอาหารหยาบจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออาหารผสมครบส่วนผ่านกระบวนการหมัก อาจเป็นเพราะกระบวนการทำงานของจุลินทรีย์ และการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ทำให้เพิ่มการย่อยได้ของสารจำพวกเยื่อใย ซึ่งพบว่าอาหารผสมครบส่วนหมักจะมีส่วนของเยื่อใยส่วนของผนังเซลล์ลดลง โดยเฉพาะในอาหารที่มีส่วนผสมของฟางผักบุ้ง และเปลือกฝักถั่วเขียว มีส่วนของเซลลูโลสในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบกับฟางข้าว ซึ่งมีส่วนของผนังเซลล์สูงถึง 85.6 เปอร์เซ็นต์ (Ngamsaeng et al. 2006) แต่อย่างไรก็ตามฟางข้าวและฟางผักบุ้ง พบว่า มีเถ้าอยู่ในปริมาณสูง ส่งผลให้การมีปริมาณของพลังงานยอดโภชนะย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ต่ำลงด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4.1

สิ่งแห้งของอาหารผสมครบส่วนก่อนหมัก มีค่าอยู่ระหว่าง 58 ถึง 65 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นความชื้นของอาหารผสมครบส่วนก่อนจะนำไปหมักมีค่าประมาณ 35-42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความชื้นระดับนี้เพียงพอสำหรับเกิดกระบวนการหมักได้ จากรายงานของ ไกรสิทธิ์ และคณะ (2550) พบว่าความชื้น 45 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้อาหารผสมครบส่วนหมักมีคุณภาพดี ความชื้นของอาหารหลังจากหมักจะมีความชื้นลดลงอาจจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักที่ทำให้มีการสูญเสียความอินทรีย์วัตถุ และมีความชื้นเพิ่มขึ้น (Cao et al., 2010) จากตารางที่ 4.1 พบว่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารหมักมีค่าประมาณ 5 ทั้งนี้อาจเพราะอาหารที่นำมาหมักมีองค์ประกอบของโปรตีนค่อนข้างสูง ซึ่งมีค่าประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนหยาบในอาหารจะถูกหมักเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ทำให้มีผลต่อความเป็นกรด-ด่างของอาหารหมัก โดยแอมโมเนียของอาหารผสมครบส่วนหมักมีค่าอยู่ระหว่าง 15 -16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าหมักที่ระดับ

แอมโมเนียไม่ควรเกิน 11 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลักษณะทางกายภาพของอาหารผสมครบส่วนหมักมีสีน้ำตาล มีความหอม มีกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อยคล้ายหญ้าหมัก

Table 4.1 Chemical composition of roughage source in total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR)

	Total mixed ration (TMR)				Fermented Total mixed ration (FTMR)				P-value		
(%)	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4	FTMR 1	FTMR2	FTMR 3	FTMR 4	S	F	S*F
DM	93.55	94.24	94.84	92.82	97.14	94.20	93.52	95.48	ns	ns	ns
	---------- % on DM ----------										
OM	83.89	84.45	87.66	84.13	87.04	83.97	86.05	86.50	ns	ns	ns
Ash	9.67^{b}	9.79^{ab}	7.18^{d}	8.68^{c}	10.11^{ab}	10.24^{a}	7.48^{d}	8.99^{c}	**	**	ns
CP	16.63^{b}	16.69^{b}	16.57^{b}	16.84^{b}	18.09^{a}	17.16^{a}	18.18^{a}	18.21^{a}	ns	**	ns
EE	1.38^{e}	3.18^{c}	2.43^{d}	3.58^{c}	5.55^{a}	4.72^{b}	3.50^{c}	3.82^{c}	**	**	**
NDF	40.43^{a}	36.52^{bc}	38.26^{ab}	39.02^{ab}	36.45^{bc}	32.89^{d}	32.98^{d}	34.59^{cd}	**	**	ns
ADF	17.62^{c}	19.05^{bc}	18.31^{bc}	19.28^{abc}	19.45^{abc}	21.26^{a}	18.36^{bc}	20.14^{ab}	**	*	ns
DM	58.83	65.80	62.49	61.40	-	-	-	-	-	-	-
DMf	-	-	-	-	55.99	64.21	59.81	59.11	-	-	-
pH	-	-	-	-	5.07	5.57	5.16	5.52	-	-	-
NH_3-N	-	-	-	-	16.27	15.14	16.36	16.17	-	-	-
TDN[1]	64.58	64.87	68.78	66.86	63.05	66.99	71.45	70.47	-	-	-
ME[2]	2.34	2.35	2.49	2.42	2.28	2.42	2.59	2.55	-	-	-

DM = Dry matter, DMf= Dry matter after fermented, OM=Organic matter, CP=Crude protein, EE= Ether extract, NDF= Neutral detergent fiber, ADF= Acid detergent fiber, TMR 1 = rice straw, TMR 2= water spinach straw, TMR 3= mung bean pods, TMR4= rice straw mixed with mung bean pods, FTMR = fermented total mixed ration, ns = non significant, * = significant ($p<0.05$), ** = significant ($p<0.01$)

^{abcd} mean with in column with different superscripts are significant different

[2]Calculated from NRC (2001); TDN = tdNFC + tdCP + (tdFA x2.25) + tdNDF – 7

[3]ME (Mcal/kg DM) = Metabolizable energy; calculated from Kearl (1982); 1 kg TDN = 3.62 Mcal

4.2 การทดลองที่ 2

การศึกษาการย่อยสลายของอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักโดยวิธีถุงไนล่อน

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะหมักโดยวิธีถุงไนล่อนพบว่า ปริมาณการย่อยได้และประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งจะมีค่าสูงในอาหารผสมครบส่วนที่มีเปลือกถั่ว และฟางผักบุ้งเป็นแหล่งอาหารหยาบ การย่อยสลายของโปรตีนและสิ่งแห้งของอาหารผสมครบส่วนที่ระยะเวลาต่างๆ แสดงในภาพที่ 4.2 และ 4.3 ส่วนอัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้งจะมีค่าสูงในอาหารที่มีเปลือกถั่วเป็นแหล่งอาหารหยาบ (ตารางที่ 4.2) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่ามีองค์ประกอบของอินทรียวัตถุสูง และมีค่าของลิกโนเซลลูโลส (ADF) และเถ้า (ash) น้อย ซึ่งอาจมีผลทำให้การย่อยได้เพิ่มขึ้น (อนันท์ และคณะ, 2555)

ส่วนปริมาณการย่อยสลายได้และประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีน พบว่าอาหารที่มีส่วนของฟางผักบุ้งและเปลือกถั่วเขียวเป็นแหล่งอาหารหยาบมีค่าสูงกว่ากลุ่มฟางข้าว อาจเพราะฟางข้าวมีส่วนของเยื่อใยสูง (ปิ่น และเมธา, 2546) นอกจากนี้อาหารผสมครบส่วนที่มีส่วนของฟางเป็นแหล่งอาหารหยาบจะมีอัตราการย่อยสลายได้ของโปรตีนในกระเพาะหมักช้ากว่าชนิดอื่นๆ ซึ่งอาจมีส่วนประกอบของเยื่อใยอยู่สูง

อาหารผสมครบส่วนมักเกิดการเน่าเสียได้ง่าย เพราะต้องผสมกากน้ำตาลเพื่อเพิ่มความน่ากิน (เฉลิมพล และคณะ, 2551) ดังนั้นการหมักก็เป็นวิธีการจัดการที่ทำให้ใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น ลดการสูญเสียและยังรักษาคุณภาพได้อีกด้วย (ไกรสิทธิ์ และคณะ, 2550) ในการประกอบสูตรอาหารผสมครบส่วนนั้น จำเป็นจะต้องลดขนาดอาหารหยาบลงเพื่อลดความฟ่ามและเพื่อการผสมเข้ากันดีกับอาหารข้น (เฉลิมพล และคณะ, 2551) แต่หากขนาดอาหารหยาบมีขนาดเล็กเกินไปก็จะส่งผลทำให้ลดการเคี้ยวเอื้อง ลดการหลั่งน้ำลาย และทำให้การหมุนเวียนของน้ำลายน้อยลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (Bhandari et al., 2008) ในต่างประเทศแถบที่มีการเลี้ยงโคด้วยอาหาร TMR เป็นหลัก ขนาดของอาหารหยาบที่ใช้จะอยู่ที่ 19-1.8 มิลลิเมตร (Extention, n.d.) จากรายงานของ Tafaj et al. (2007) พบว่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมักจะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วน สำหรับขนาดความยาวของอาหารหยาบที่เหมาะสมในสูตรอาหารผสมครบส่วนนั้น ควรมีขนาด 3-5 เซนติเมตร จึงจะทำให้กระบวนการย่อยสลายในกระเพาะหมักเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ (จินดา, 2541) เปลือกถั่วเขียว และฟางผักบุ้งมีขนาดความยาวไม่เกิน 3-5 เซนติเมตร ซึ่งมีความพอเหมาะสำหรับประกอบอาหารผสมครบส่วนได้โดยไม่ต้องบดหรือสับเพื่อลดขนาด ดังนั้น จึงเป็นความสะดวกสำหรับเกษตรกรในการนำใช้ได้เลยโดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อยที่ไม่มีเครื่องสับหรือเครื่องบด

Table 4.2 Dry matter and Crude protein degradation of roughage source in total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR)

Parameters	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4	FTMR 1	FTMR 2	FTMR 3	FTMR 4
Degradability of DM (%)								
a	53.98	53.15	49.49	50.69	60.74	58.93	53.84	52.48
b	26.06	32.50	35.59	30.55	24.49	33.6	34.33	34.30
c	0.032	0.041	0.053	0.056	0.025	0.028	0.044	0.041
Washing loss	45.95	49.42	49.32	48.02	47.09	52.84	47.19	46.49
P	80.04	85.65	85.08	81.24	85.23	92.53	88.17	86.78
ED	64.15	67.79	67.80	66.83	68.90	70.99	69.91	67.93
Degradability of CP (% DM)								
a	67.58	57.89	65.24	64.07	66.10	64.44	64.40	60.18
b	12.29	24.90	24.99	18.23	22.10	27.29	28.94	31.29
c	0.047	0.127	0.049	0.074	0.022	0.039	0.038	0.033
P	79.87	82.79	90.22	82.29	88.20	91.739	93.34	91.47
ED	73.53	75.75	77.60	74.95	72.85	76.40	76.89	72.62

TMR 1 = rice straw, TMR 2= water spinach straw, TMR 3= mung bean pods, TMR4= rice straw mixed with mung bean pods dried, FTMR = fermented total mixed ration, a= degradation of immediately soluble fraction, b= degradation of insoluble fraction , c= rate of degradation, P= potential of degradation, ED= effective degradability

Table 4.3 *In sacco* degradation of dry matter and crude protein in total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR)

Time	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4	FTMR 1	FTMR 2	FTMR 3	FTMR 4
Degradability of DM (% DM)								
4	56.12	58.00	56.72	56.58	63.22	63.08	61.21	58.91
8	60.73	61.66	61.11	62.23	63.37	67.03	62.49	61.63
12	62.82	66.25	66.25	65.77	68.56	69.32	65.95	63.82
24	67.55	73.56	75.31	73.17	73.59	76.60	77.85	75.63
48	73.75	80.27	82.64	79.09	75.29	86.43	84.77	82.28
72	77.81	84.33	83.91	80.89	82.50	88.78	85.83	84.59
Degradability of CP (% DM)								
4	68.02	67.30	68.65	69.07	67.48	69.54	69.81	65.84
8	73.36	74.74	74.18	71.14	67.80	71.42	71.26	66.44
12	73.80	77.77	77.59	75.61	73.81	72.75	72.97	68.21
24	74.64	79.42	81.64	79.44	76.24	81.63	82.53	79.33
48	77.96	83.46	87.08	80.70	77.83	88.93	89.62	85.26
72	80.21	83.50	90.29	82.98	84.89	89.06	90.55	88.29

TMR 1 = rice straw, TMR 2= water spinach straw, TMR 3= mung bean pods, TMR4= rice straw mixed with mung bean pods dried, FTMR = fermented total mixed ration

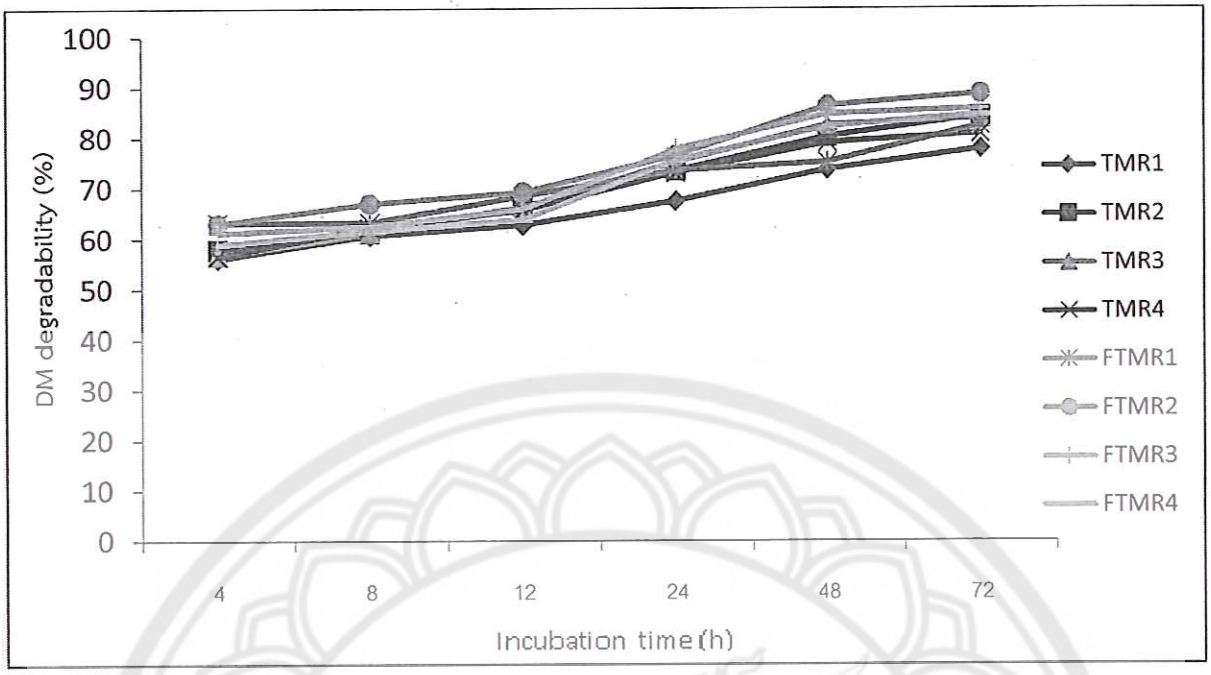


Figure 4.2 Dry matter (DM) degradability (%) of roughage source in total mixed ration ; TMR 1 = rice straw, TMR 2= water spinach straw, TMR 3= mung bean pods, TMR4= rice straw mixed with mung bean pods, FTMR = fermented total mixed ration

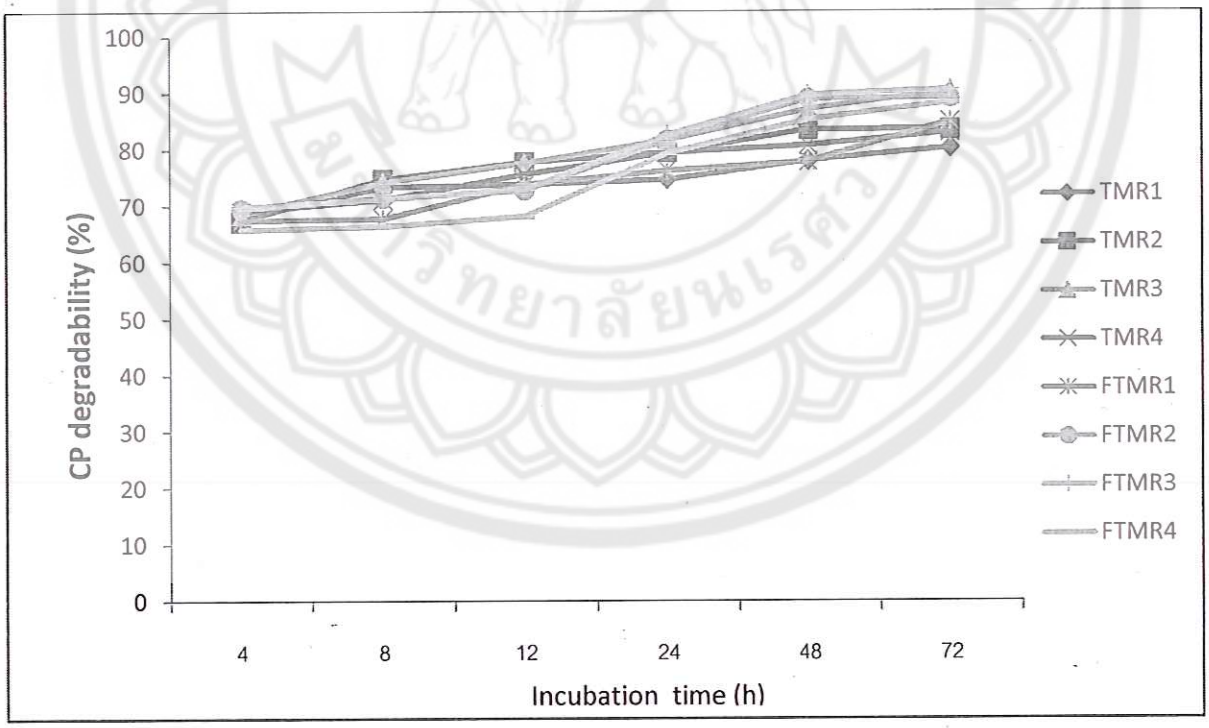


Figure 4.3 Crude protein (CP) degradability (%) of roughage source in total mixed ration ; TMR 1 = rice straw, TMR 2= water spinach straw, TMR 3= mung bean pods, TMR4= rice straw mixed with mung bean pods, FTMR = fermented total mixed ration

4.3 การทดลองที่ 3

การศึกษาผลของแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนต่อกระบวนการหมักย่อยโดยวิธีวัดแก๊ส (gas production technique) .

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จลศาสตร์การผลิตแก๊ส

จากการศึกษาการย่อยได้ของแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนแบบหมักและไม่หมักต่อจลศาสตร์การผลิตแก๊ส โดยวิธี gas production technique พบว่าแหล่งอาหารหยาบไม่มีผลต่อจลศาสตร์การผลิตแก๊ส อัตราการผลิตแก๊สไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่วิธีการทำอาหารผสมครบส่วนหมักและไม่หมักมีผลทำให้การผลิตแก๊สต่างกัน โดยที่อาหารผสมครบส่วนที่ไม่ผ่านกระบวนการหมักจะทำให้เกิดการผลิตแก๊สได้สูงกว่ากลุ่มที่ผ่านกระบวนการหมัก ($P<0.05$) แต่อัตราการผลิตแก๊สจะเกิดได้เร็วในช่วง 12 ชั่วโมงแรกของการหมักบ่มของกลุ่มอาหารผสมครบส่วนหมัก ดังแสดงในตารางที่ 4.4 อย่างไรก็ตามหลังการหมักบ่ม 24 ชั่วโมงไปแล้วจะพบว่าการผลิตแก๊สจะสูงกว่าอย่างชัดเจนในอาหารผสมครบส่วนไม่หมัก (ภาพที่ 4.4) อาหารที่มีส่วนประกอบของเยื่อใยสูงจะมีการผลิตแก๊สเกิดได้ช้าและผลิตได้น้อย (Ngamsaeng et al., 2006) ซึ่งอาจเป็นเพราะขาดแหล่งพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ทำให้กระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์เกิดช้า แต่ในการวิจัยนี้ใช้แหล่งอาหารหยาบแตกต่างกันแต่พบว่าผลการย่อยได้และการผลิตแก๊สไม่แตกต่างกันอาจเป็นเพราะในสูตรอาหารคำนวณให้มีปริมาณของผนังเซลล์และสารเยื่อใยไม่แตกต่างกัน

ผลผลิตการหมักย่อยอาหาร

การหมักย่อยอาหารแบบ *in vitro* gas production แก๊สที่ผลิตได้จากการหมักย่อยนำมาประเมินผลผลิตจากการหมักย่อยได้ เช่น กรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acids, SCFA) การผลิตจุลินทรีย์โปรตีน (microbial protein, MCP) และสามารถประเมินการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (*in vitro* organic matter, OMD) และการย่อยได้วัตถุแห้ง (dry matter degradability, DMD) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) Tafaj et al. (2005) รายงานว่า ผลผลิตแก๊สจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความเข้มข้นของกรดไขมันสายสั้นในกระเพาะรูเมนโคจากการศึกษาทดลองตัวสัตว์

จากการศึกษาพบว่า แหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนทั้งสี่ชนิด คือ ฟางข้าว ฟางผักบุ้ง เปลือกถั่วเขียวและ ฟางข้าวผสมกับเปลือกถั่วเขียว ไม่มีผลทำให้การย่อยได้ของอินทรียวัตถุและการย่อยได้วัตถุแห้ง การผลิตจุลินทรีย์โปรตีน การผลิตกรดไขมันสายสั้น และพลังงานใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ส่วนวิธีการทำอาหารผสมครบส่วนแบบหมักและไม่หมักพบว่า อาหารผสม

ครบส่วนหมักทำให้การย่อยได้สิ่งแห้งสูงกว่าอาหารไม่หมัก และพบว่าอาหารผสมครบส่วนไม่หมักจะทำให้การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ การผลิตกรดไขมันสายสั้น ผลผลิตแก๊สและพลังงานใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าอาหารผสมครบส่วนหมัก ($P<0.05$) ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของ Cao et al. (2010) ได้รายงานไว้ว่าแพะที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมครบส่วนหมักจะเพิ่มการย่อยได้ของสิ่งแห้ง โปรตีน สารเยื่อใยพวกผนังเซลล์และอินทรียวัตถุสูงกว่าอาหารผสมครบส่วนที่ไม่หมัก นอกจากนี้ยังเพิ่มการผลิตกรดไขมันระเหยง่ายด้วย อย่างไรก็ตามวิธีการทำอาหารผสมครบส่วนไม่มีผลต่อการผลิตจุลินทรีย์โปรตีน ($P>0.05$) และไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างแหล่งอาหารหยาบกับกรรมวิธีการทำอาหารผสมครบส่วน ดังแสดงในตารางที่ 4.5

Table 4.4 Fermentation kinetics of roughage source in total mixed ration (TMR) and fermented or non fermented total mixed ration (FTMR)

Items	Source of Roughage in TMR[1]				Method of TMR		SEM	*P*-value[4]		
	RS	WSS	MBP	RSMBP	NF	F		S	M	S * M
In vitro gas production parameter[2]										
b	145.5	153.7	153.8	154.7	164.7	139.2	6.21	ns	**	ns
c	0.102	0.115	0.092	0.111	0.084	0.128	0.018	ns	**	ns
In vitro accumulative gas production (mL g^{-1} DM)[3]										
GP4	26.22	27.47	26.14	26.23	22.29	30.75	3.45	ns	**	ns
GP8	58.80	60.43	57.43	60.03	55.81	62.53	4.72	ns	ns	ns
GH12	80.04	81.46	79.07	81.79	79.73	81.46	4.63	ns	ns	ns
GH24	109.2	111.1	112.6	112.3	117.7	104.9	4.22	ns	**	ns
GH48	120.4	125.0	130.1	125.1	136.9	113.5	5.63	ns	**	ns

[1] RS= rice straw, WSS= water spinach straw, MBP= mung bean pods, RSMBP= rice straw mixed with mung bean pods, NF = non fermented TMR, F = fermented TMR, S = source of roughage in TMR, M= Method of TMR

[2] *b*, asymptotic gas production (mL g^{-1} DM) ; c, rate of gas production (h^{-1})

[3] GP = gas production at time 4 h, 8 h, 12 h, 24 h, 48 h

[4] ns = non significant, * = significant ($p<0.05$), ** = significant ($p<0.01$)

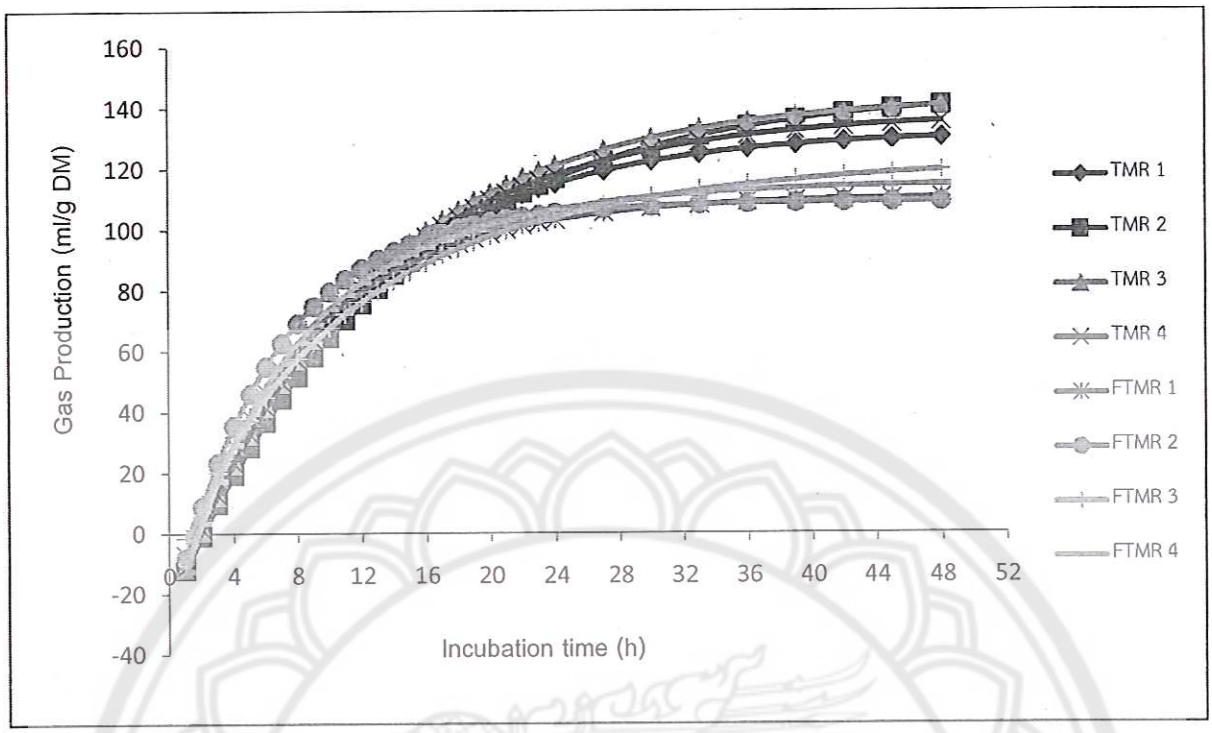


Figure 4.4 Cumulative gas production of roughage source in total mixed ration ; TMR 1 = rice straw, TMR 2= water spinach straw, TMR 3= mung bean pods, TMR4= rice straw mixed with mung bean pods, FTMR = fermented total mixed ration

จากการศึกษาของ Pi et al. (2005) พบว่าอาหารผสมครบส่วนที่ใช้ฟางเป็นแหล่งอาหารหยาบซึ่งผ่านการอัดเมล็ดและไม่อัดเมล็ดไม่ส่งผลต่อการผลิตจุลินทรีย์โปรตีน แต่การอัดเมล็ดจะเพิ่มการผลิตแก๊ส เพิ่มพลังงานใช้ประโยชน์ได้และการย่อยได้อินทรียวัตถุ การหมักอาหารผสมครบส่วนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์ จะเพิ่มการผลิตแก๊ส พลังงานใช้ประโยชน์ได้และการย่อยได้อินทรียวัตถุ (Pi et al., 2005) ผลผลิตกรดไขมันสายสั้นจะมีปริมาณลดลง สัดส่วนของกรดอะซิติกจะสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณอาหารหยาบจาก 28 เป็น 42 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารผสมครบส่วนเลี้ยงโคหลังหย่านม (Ackeren et al., 2009) อาหารผสมครบส่วนที่ผ่านการหมักยังสามารถลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทน อาจเป็นเพราะอาหารถูกหมักไปเป็นกรดโพรพิโอนิก ทำให้ลดการสร้างมีเทน (Cao et al., 2010) ความยาวหรือขนาดอนุภาคของอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนจะมีผลต่อกระบวนการหมักย่อยอาหารในกระเพาะหมักของโค พบว่า การลดความยาวอนุภาคอาหารหยาบลง จะทำให้กระบวนการหมักย่อยอาหารในกระเพาะหมักโคเพิ่มขึ้น และการลดลงของขนาดอนุภาคอาหารหยาบจาก 25 เป็น 11 และ 5.5 มิลิลิเมตร จะเพิ่มการผลิตแก๊ส (Tafaj et al., 2005) การเพิ่มปริมาณอาหารหยาบจาก 28 เป็น 42 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารผสมครบส่วนจะทำการกินได้ลดลงและมีผลต่อการเจริญเติบโตในลูกโคหลังอย่านมลดลง (Ackeren et al., 2009)

Table 4.5 Rumen fermentation profile of roughage source in total mixed ration (TMR) ensiled or not ensiled

Items	Source of Roughage in TMR[1]				Method of TMR[2]		SEM	*P*-value[4]		
	RS	WSS	MBP	RSMBP	NF	F		S	F	S * F
Rumen fermentation profile[3]										
DMD	790	772	797	792	777	799	30.78	ns	**	ns
ME	10.67	10.78	10.91	10.89	11.22	10.41	0.288	ns	**	ns
OMD	491.57	495.55	481.91	492.42	498.58	482.14	7.279	ns	**	ns
SCFA	0.482	0.490	0.497	0.494	0.518	0.462	0.018	ns	**	ns
PF_{72}	14.52	14.02	14.27	14.26	13.27	15.27	0.825	ns	**	ns
GY_{24}	138.2	147.2	141.3	142.0	153.0	131.3	10.23	ns	**	ns
MCP	550	527	549	545	518	568	34.27	ns	ns	ns

[1] RS= rice straw, WSS= water spinach straw, MBP= mung bean pods, RSMBP= rice straw mixed with mung bean pods

[2] NF = not fermented TMR, F = fermented TMR

[3] DMD, dry matter degradability (mg g^{-1} DM); ME, metabolizable energy (MJ kg^{-1} DM); OMD, in vitro organic matter degradability (g kg^{-1} OM); SCFA, short chain fatty acids (mmol 200 mg^{-1} DM); PF_{72} , partitioning factor (mg DMD/ml gas); GY_{24}, gas yield at 24 h (mL gas g^{-1} DMD); MCP, microbial crude protein production (mg g^{-1} DM)

[4] ns = non significant, * = significant ($p<0.05$), ** = significant ($p<0.01$)

4.4 การทดลองที่ 4

การศึกษาผลของสารสกัดจากเมล็ดชาในอาหารผสมครบส่วนที่มีแหล่งอาหารหยาบต่างกันต่อกระบวนการหมักย่อยและการผลิตแก๊สมีเทนโดยวิธีวัดแก๊ส (gas production technique)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จลศาสตร์การผลิตแก๊ส

จากการทดลองผลของแหล่งอาหารหยาบและสารสกัดจากเมล็ดชาต่อการย่อยได้ในกระเพาะหมัก พบว่า การผลิตและอัตราการผลิตแก๊สจะเพิ่มขึ้นจากการหมักบ่มอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางผักบุ้งและเปลือกถั่วเขียวเป็นองค์ประกอบในอาหาร (ตารางที่ 4.6) สารสกัดจากเมล็ดชาทำให้การผลิตแก๊สลดลงตามระดับของสารสกัดจากเมล็ดชาที่เพิ่มขึ้นในอาหาร ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการลดลงของการผลิตแก๊สมีเทน ส่วนการผลิตแก๊สใน 6 ชั่วโมงแรกของการบ่มจะไม่ต่างกัน แต่เมื่อระดับของสารสกัดจากเมล็ดชาเพิ่มขึ้นในอาหารและหลังจากหมักบ่ม 12 ชั่วโมงไปแล้ว การผลิตแก๊สจะลดลงตามระดับของกากชาที่เพิ่มขึ้นในอาหาร ดังแสดงในภาพที่ 4.5 ผลผลิตแก๊สสะสมที่ 72 ชั่วโมงหลังหมักบ่ม จะลดลงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารที่มีสารสกัดจากเมล็ดชา 6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ไม่เติมกากเมล็ดชา (ตารางที่ 4.6) ส่วนอัตราการย่อยสลายก็ให้ผลเช่นเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อเติมสารสกัดจากเมล็ดชาจะทำให้อัตราการย่อยสลายลดลงตามระดับสารสกัดที่เติม ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าสารสกัดจากเมล็ดชาจะมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์โดยเฉพาะกลุ่มโปรโตรซัว (Hu et al., 2005; 2006)

Table 4.6 In vitro gas production parameters and cumulative gas volume at various incubation times of roughage source in total mixed ration (TMR) with or without Tea seed extracted

Items	Source of Roughage in TMR[1]			Tea Seed Extracted (%)			SEM	*P*-value[4]		
	WSS	MBP	RSMBP	0%	3%	6%		S	T	S * T
In vitro gas production parameter[2]										
b	130.3^{a}	124.5^{ab}	121.9^{b}	148.3^{A}	123.2^{B}	105.3^{C}	3.886	**	***	*
c	0.087^{a}	0.082^{ab}	0.078^{b}	0.095^{A}	0.082^{B}	0.071^{C}	0.004	+	***	*
In vitro accumulative gas production (mL g^{-1} DM)[3]										
GP6	45.72^{a}	45.66^{a}	41.43^{b}	46.52	43.89	42.39	2.315	*	ns	ns
GH12	76.26^{a}	75.49^{a}	69.29^{b}	77.08^{A}	75.74^{A}	68.23^{B}	3.367	*	**	ns
GH24	106.5^{a}	103.9^{ab}	98.1^{c}	113.0^{A}	104.4^{B}	91.1^{C}	3.805	*	***	ns
GH48	122.7^{a}	117.8^{ab}	114.9^{a}	135.6^{A}	119.2^{B}	100.7^{C}	3.81	+	***	ns
GH72	125.4^{a}	119.7^{ab}	118.1^{b}	140.1^{A}	121.3^{B}	101.7^{C}	3.847	+	***	*

[1] WSS= water spinach straw, MBP= mung bean pods, RSMBP= rice straw mixed with mung bean pods

[2] *b*, asymptotic gas production (mL g^{-1} DM) ; c, rate of gas production (h^{-1})

[3] Mean of the accumulative gas volume at time of 6, 12, 24, 48 and 72 h

[4] ns = non significant ($p>0.05$), + = significant ($p<0.07$), * = significant ($p<0.05$), ** = significant ($p<0.01$), *** = significant ($p<0.001$)

$^{a\,b\,c}$ mean within a row in source of roughage in TMR within different superscripts are significant different ($p<0.05$)

$^{A\,B\,C}$ mean within a row in tea seed extracted in TMR within different superscripts are significant different ($p<0.05$)

ผลผลิตการหมักย่อยอาหาร

แหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนและการเติมและไม่เติมสารสกัดจากเมล็ดชาต่อกระบวนการหมักบ่มอาหารด้วยน้ำจากกระเพาะรูเมนของโคโดยวิธี in vitro gas technique โดยผลผลิตจากกระบวนการหมักอาหารทดลองพบว่าแหล่งอาหารหยาบไม่มีผลต่อการผลิตจุลินทรีย์โปรตีน แก๊สมีเทน และการย่อยได้วัตถุแห้ง ส่วนการเติมสารสกัดจากเมล็ดชามีผลทำให้การผลิตแก๊ส ความเป็นกรดด่าง แอมโมเนียไนโตรเจน พลังงานใช้ประโยชน์ได้ การย่อยได้อินทรียวัตถุ และกรดไขมันสายสั้นลดลง ตามปริมาณของสารสกัดจากเมล็ดชาที่เพิ่มขึ้นในอาหาร (ตารางที่ 4.6) สอดคล้องกับรายงานของ Hu et al. (2005a, b) การใช้สารซาโปนินที่สกัดจากเมล็ดชา (Tea saponin) ในอัตรา 0.2 และ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ศึกษาแบบ *in vitro* พบว่า ซาโปนินทำให้ลดการผลิตแอมโมเนีย และแก๊สมีเทน 19.6 และ 26 เปอร์เซ็นต์ และสารสกัดจากเมล็ดชาสามารถลดการผลิตมีเทนและแอมโมเนียได้อาจเป็นเพราะการลดจำนวนของโปรโตซัวจากการเติมสารสกัดจากเมล็ดชาในอาหารสัตว์ (Hu et al., 2006) จากการเติมชาเขียวบดในอาหารผสมครบส่วนหมักเลี้ยงสัตว์จะทำให้ลดแอมโมเนียไนโตรเจนและกรดอะซิตริกในกระเพาะหมักลงตามระดับที่เติมในอาหาร (50-150 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของอาหาร) (Xu et al., 2007) ในขณะที่การใช้กากชาเขียวเปียกในอาหารผสมครบส่วนหมักเลี้ยง

แกะพบว่าความเป็นกรดด่าง แอมโมเนียไนโตรเจนและกรดไขมันสายสั้นในกระเพาะหมักของแกะไม่ต่างกัน (Cao et al., 2009)

Table 4.7 Rumen fermentation profile of roughage source in total mixed ration (TMR) with or without tea seed extracted

Items	Source of Roughage in TMR[1]			Tea Seed extracted (%)			SEM	*P*-value[2]		
	WSS	MBP	RSMBP	0%	3%	6%		S	T	S * T
Rumen fermentation profile[3]										
pH	5.51	5.49	5.48	5.58^{A}	5.49^{B}	5.41^{C}	0.03	ns	***	ns
NH_3-N	6.72^{a}	6.45^{ab}	6.11^{b}	6.75^{A}	6.53^{A}	5.99^{B}	0.27	*	**	**
Met	45.50	44.16	43.88	48.63^{A}	45.26^{B}	39.66^{C}	0.86	+	***	*
DMD	742.4	722.5	715.5	727.9	727.0	725.5	27.96	ns	ns	ns
ME	10.44^{a}	10.30^{ab}	9.88^{b}	10.90^{A}	10.31^{B}	9.41^{C}	0.26	*	***	ns
OMD	470.2	467.9	474.7	488.8^{A}	474.3^{B}	449.6^{C}	6.67	ns	***	ns
SCFA	0.47^{a}	0.46^{ab}	0.43^{b}	0.49^{A}	0.46^{B}	0.39^{C}	0.01	*	***	ns
PF_{72}	14.81	14.09	14.06	16.12^{A}	13.96^{B}	12.88^{B}	1.09	ns	***	ns
GY_{24}	143.9	143.6	138.3	155.8^{A}	144.3^{A}	125.7^{B}	7.69	ns	***	ns
MCP	508.0	499.7	493.8	526.7	495.7	479.1	29.46	ns	ns	ns

[1] WSS= water spinach straw, MBP= mung bean pods, RSMBP= rice straw mixed with mung bean pods

[2] ns = non significant (p>0.05), + = significant (p<0.07), * = significant (p<0.05), ** = high significant (p<0.01), *** = very high significant (p<0.001)

[3] NH_3-N , ammonia (mg%); Met, methane (mg g^{-1} DM); DMD, dry matter degradability (mg g^{-1} DM); ME, metabolizable energy (MJ kg^{-1} DM); OMD, in vitro organic matter degradability (g kg^{-1} OM); SCFA, short chain fatty acids (mmol 200 mg^{-1} DM); PF_{72}, partitioning factor (mg DMD/ml gas); GY_{24}, gas yield at 24 h (mL gas g^{-1} DMD); MCP, microbial crude protein production (mg g^{-1} DM)

^{abc} mean within a row in source of roughage in TMR within different superscripts are significant different (p<0.05)

^{ABC} mean within a row in tea seed extracted in TMR within different superscripts are significant different (p<0.05)

จากรายงานของ Getachew et al. (2005) จากการศึกษาในอาหารผสมครบส่วนของโคนม พบว่าการผลิตแก๊สมีเทนจะเกิดขึ้นประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 24 ชั่วโมงแรกหลังการหมักบ่ม (มีค่าเฉลี่ย 33.4 mL/g DM of incubated) โดยแก๊สมีเทนถูกผลิตขึ้นในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง และถูกปลดปล่อยโดยการเรอของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตมีเทนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีหลายปัจจัย คือ ขนาดน้ำหนักของตัวสัตว์ คุณภาพของอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการหมักย่อยอาหารในกระเพาะหมัก (Getachew et al., 2005) จากรายงานของ Hristov et al. (2014) กล่าวว่า อัตราการผลิตมีเทนจากโคในอเมริกาประมาณ 8-13 เปอร์เซ็นต์ หรือ คิดเป็น 20 กรัมต่อกิโลกรัมอาหารแห้งที่กิน ดังนั้นการจัดการให้สัตว์มีประสิทธิภาพในการใช้อาหาร โดยการย่อยอาหารเปลี่ยนเป็นผลผลิตกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะหมักจะส่งเสริมการลดการ

ปลดปล่อยแก๊สมีเทนสู่บรรยากาศได้ ซึ่งในกระบวนการหมักย่อยอาหารในกระเพาะหมักของโคจะเกิดขึ้นสองขั้นตอน กล่าวคือ อาหารพวกคาร์โบไฮเดรตถูกหมักย่อยเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกหรือกรดไพรูวิก และถูกเปลี่ยนเป็นกรดโพรพิโอนิก และสัตว์เคี้ยวเอื้องนำกรดโพรพิโอนิกไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งในกระบวนการหมักย่อยกรดแลคติกโดยจุลินทรีย์ที่ใช้กรดแลคติกในกระเพาะหมักและได้ผลผลิตกรดโพรพิโอนิกนั้นจะลดการสร้างแก๊สมีเทนเพราะว่าอิเล็คตรอนจะถูกใช้ในการสร้างกรดโพรพิโอนิก ทำให้ไม่เหลือไฮโดรเจนอะตอมที่จะนำไปรวมกับคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสร้างแก๊สมีเทน ทำให้ลดการปลดปล่อยมีเทนได้ (Cao et al., 2010) การให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องในรูปแบบอาหารผสมครบส่วนก็ถือว่าเป็นการจัดการด้านอาหารในการทำให้สัตว์ใช้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการปรับสมดุลย์การทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักทำให้ลดการสูญเสียพลังงานในรูปแก๊สมีเทนที่ถูกปลดปล่อยออกมา (Getachew et al., 2005)

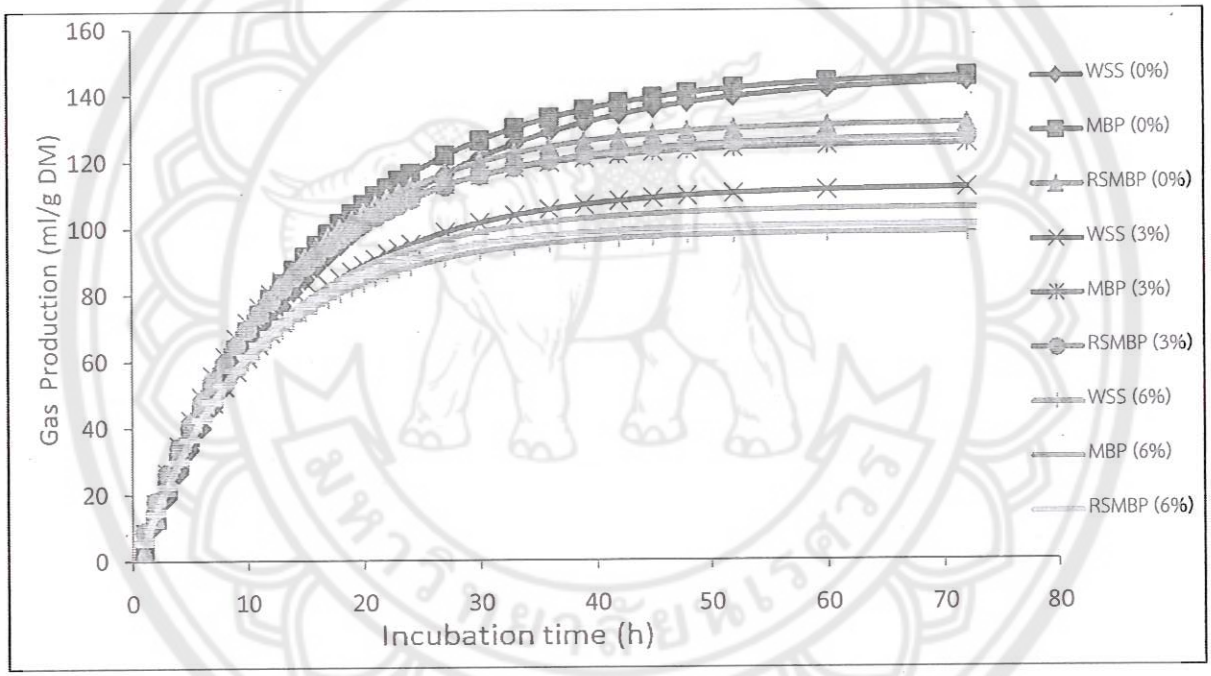


Figure 4.5 Cumulative gas production of roughage source in total mixed ration with or without Tea seed extracted (0, 3 and 6 %); WSS= water spinach straw, MBP= mung bean pods, RSMBP= rice straw mixed with mung bean pods

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการศึกษาผลของแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนแบบหมักและไม่หมักต่อการคุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้ของอาหารแบบ *in vitro* gas technique และแบบวิธีถุงไนล่อน จากการทดลองสรุปได้ว่า อาหารผสมครบส่วนหมักจะเพิ่มโปรตีน ไขมัน และส่วนของเยื่อใยพวกผนังเซลล์ลดลง แหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนไม่มีผลต่อการผลิตแก๊ส การย่อยได้วัตถุแห้ง การย่อยได้อินทรียวัตถุ กรดไขมันสายสั้น การผลิตจุลินทรีย์โปรตีน และการผลิตแก๊สมีเทน ส่วนอาหารผสมครบส่วนหมักจะเพิ่มการย่อยได้สิ่งแห้งแต่ลดการย่อยได้อินทรียวัตถุและการผลิตไขมันสายสั้น อย่างไรก็ตามการย่อยได้สิ่งแห้งจะมีแนวโน้มสูงในอาหารผสมครบส่วนหมักที่มีส่วนของฟางผักบุ้งและเปลือกถั่วเขียวเป็นแหล่งอาหารหยาบแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ส่วนการเติมสารสกัดจากเมล็ดชา 3 และ 6 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการผลิตมีเทนจากการหมักย่อยอาหารในการหมักบ่มในหลอดทดลองได้ดี ยิ่งเติมในประมาณสูงก็ยิ่งลดการผลิตมีเทนได้สูงขึ้น

ดังนั้นแหล่งอาหารหยาบที่เหมาะสมจะนำมาประกอบเป็นอาหารผสมครบส่วนควรเลือกฟางผักบุ้งและเปลือกถั่วเขียว เพราะมีขนาดอนุภาคพอเหมาะสำหรับทำอาหารผสมครบส่วนไม่ต้องสับหรือบดทำให้ง่ายสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่ไม่มีเครื่องสับ และการทำอาหารผสมครบส่วนจะหมักหรือไม่หมักก็ได้ และระดับของสารสกัดจากเมล็ดชาเพื่อลดการปลดปล่อยมีเทนควรใส่ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร เพื่อป้องกันความผิดปกติของกระบวนการหมักย่อย

อย่างไรก็ตามการทดลองนี้เป็นการศึกษาแบบ *in vitro* ผลการทดลองที่ได้เป็นค่าการประเมิน ถ้ามีการนำไปใช้เลี้ยงในสัตว์จริงอาจมีความแปรปรวนบ้าง ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยทดลองในสัตว์จริง เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำเพราะมีการศึกษาในสัตว์จริงจะให้ผลที่ถูกต้องแน่นอนกว่า

เอกสารอ้างอิง

กรกฤษณ์ พินศรีสุข. 2554. การวิเคราะห์ปัญหาความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำของโคนมในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิทยาศาสตร์เกษตรเขตร้อน คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร. 160 หน้า.

ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ เฉลิมพล เยื้องกลาง ชเวง สารคล่อง ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส จำลอง มิตรชาวไทย และไพวัลย์ ศรีนานวล. 2550. ผลของอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ ค่าการย่อยได้ของโภชนะ และผลผลิตน้ำนมในโครีดนม. ออนไลน์ได้จาก http://kucon.lib.ku.ac.th/ Fulltext/KC4402021.pdf

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2541. อาหาร “TMR” กับการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ. เอกสารเผยแพร่โครงการเผยแพร่ความรู้และบริการด้านอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2547. การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. รายงานประจำปี 2547 กองอาหารสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 562-581.

จินดา สนิทวงศ์ฯ ยวงยศ จินดาทะจักร และคัมภีร์ ภักดีไทย. 2547. ผลการใช้ถั่วคาวาลเคดแห้งในอาหารผสมเสร็จสำหรับเลี้ยงสำหรับแม่โครีดนม. รายงานประจำปี 2547 กองอาหารสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 279-288.

เฉลิมพล เยื้องกลาง ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ ศิศพันธุ์ วงศ์สุทธาวาส เสมอใจ บุรีนอกและไพรวัลย์. 2551. การวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการอาหารผสมครบส่วนหมัก สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมรายย่อย สหกรณ์โคนมวาริชภูมิจำกัด อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร. สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร.

ประเสริฐ โพธิ์จันทร์ สุมน โพธิ์จันทร์ อรรถยา เกียรติสุนทร และธีระชัย ช่อไม้. 2544. ผลผลิตและคุณภาพน้ำนมของโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสร็จ. รายงานประจำปี 2544 กองอาหารสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 279-288.

ปรัชญา ปรัชญลักษณ์ เพ็ญศรี ศรประสิทธิ์ วิโรจน์ วนาสิทธชัยวัฒน์. 2544ก. การใช้ใบสับประรดหรือฟางข้าวในอาหารผสมเสร็จสำหรับโคขุน. รายงานประจำปี 2544 กองอาหารสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 269-281.

ปรัชญา ปรัชญลักษณ์ เพ็ญศรี ศรประสิทธิ์ วิโรจน์ วนาสิทธิชัยวัฒน์. 2544ข. การใช้ใบสับประรดในอาหารผสมเสร็จสำหรับโครีนม. รายงานประจำปี 2544 กองอาหารสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 257-268.

เศกสรรค์ สวนกูล ณัฐวุฒิ ปุรินทราภิบาล จินดา สนิทวงศ์ฯ และเฉลียว ศรีชู. 2547. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มและกากมะพร้าวในอาหารผสมเสร็จสำหรับโคขุน. รายงานประจำปี 2547 กองอาหารสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 333-342.

สมบัติ ตงเต๊า สมเกียรติ นวลละออง ทวีศักดิ์ แสงอุดม ศศิธร วสุนันท์ อนุภาพ ธีรกุล และนราดล นภาพรอมรจิตร. 2539. การรวบรวมพันธุ์และศึกษาพันธุ์สับปะรด รายงานสัมมนาวิชาการสับปะรด ครั้งที่ 2 ประจำปี 2539 วิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 176-205.

สุมน โพธิ์จันทร์ อานุภาพ เส็งสาย และประเสริฐ โพธิ์จันทร์. 2547. การใช้ยอดและใบมันสำปะหลังแห้งในอาหารผสมเสร็จสำหรับโครีดนม. รายงานประจำปี 2547 กองอาหารสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 300-311.

โสภณ ชินเวโรจน์ สมศักดิ์ เภาทอง วิโรจน์ วนาสิทธิชัยวัฒน์. 2544. การใช้อาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปะรดเป็นส่วนประกอบสำหรับโครีนม. รายงานประจำปี 2544 กองอาหารสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 257-268.

Abreu A. J.E. Carulla , C.E. Lascano, T.E. Diaz, M.Kreuzer and H. D. Hess. 2004. Effect of *Sapindus saponaria* fruits on ruminal fermentation nad duodenal nitrogen flow of sheep fed a tropical grass diet with and without legume. J. Anim. Sci. 82: 1392-1400.

Ackeren, C., H. Steinga, K. Hartung, R. Funk, W. Drochner. 2009. Effect of roughage level in a total mixed ration on feed intake, ruminal fermentation patterns and chewing activity of early-weaned calves with ad libitum access to grass hay. Anim. Feed. Sci. Technol. 153: 48-59.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Bhandari, S. K., S. Li, K. H. Ominski, K. M. Witenberg, and J. C. Plaizier. 2008. Effects of the chop lengths of alfalfa silage and oat silage on feed intake, milk production, feeding behavior, and rumen fermentation of dairy cows. J. Dairy Sci. 91 : 1942-1958.

Blummel M. and P. Lebzien. 2001. Predicting ruminal microbial efficiencies of dairy rations by in vitro techniques. Livest. Prod. Sci. 68: 107-117.

Blummel, M., H.P.S. Makkar and K. Becker. 1997. In vitro gas production : a technique revisted. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 77: 24-34.

Cao, Y., T. Takahashi, K. Horiguchi, N. Yoshida and Y. Cai. 2010. Methane emissions from sheep fed fermented or non-fermented total mixed ration containing whole-crop rice and bran. Anim. Feed Sci. Technol. 157: 72-78.

Cao, Y., Takahashi, T. and K. Horiguchi. 2009. Effect of addition of food by –products on the fermentation quality of a total mixed ration with whole crop rice and its digestibility, preference, and rumen fermentation in sheep. Animal Feed Science and Technology. 151: 1-11.

Eryavuz A. and B.A. Dehority. 2004. Effect of *Yucca schidigera* extract on the concentration of rumen microorganism in sheep. Anim. Feed Sci. Technol. 117: 215-222.

Extension. n.d. Forage and TMR particle size and effects on rumen fermentation of dairy cattle. available online http : //www.extension.org/pages/11319/forage-and-tmr-particle-size-and-effect-on-rumen-fermentation-of-dairy-cattle.

Fancis G., Z. Kerem, H. P. S. Makkar, and K. Becker. 2002. The biological action of saponins animal systems: a review. Brith. J. Nutri. 88: 587-605.

Fievez, V., O.J. Babayemi, D. Demeyer. Estimation of direct and indirect gas production in syringes : A tool to estimate short chain fatty acid production that requires minimal laboratory facilities. Anim. Feed. Sci. Technol. 123-124: 197-210.

Gatachew, G., M. Blummel, H.P.S. Makkar and K. Becker. 1998. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feed : a review. Anim. Feed Sci. Technol. 72 : 261-281.

Getachew, G., G.M. Croventto, M. Fondevila, U. Krishnamoorthy, B. Singh, M. Spanghero, H. Steingass, P.H. Robinson and M.M. Kailas. 2002. Laboratory variation of 24 h in vitro gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. Anim. Feed Sci. Technol. 102: 169-180.

Getachew, G., E.J. DePeters, P.H. Robinson, J. G. Fadel. 2005. Use of an in vitro rumen gas production technique to evaluate microbial fermentation of ruminant feeds and its impact on fermentation productions. Anim. Feed Sci. Technol. 123-124: 547-559.

Getachew, G., P.H. Robinson, E.J. DePeters, S.J. Taylor, D.D. Gisi, G.E. Higginbotham and T.J. Riordan. 2005. Methane production from commercial dairy rations estimated using an in vitro gas technique. Anim. Feed Sci Technol. 123-124: 391-402.

Goering, H.K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses. ARS. USDA Agr. Handbook No. 379.

Grant, R. J., V. F. Colenbrander and D. R. Mertens. 1990. Milk Fat Depression in Dairy Cows: Role of Particle Size of Alfalfa Hay. J. Dairy Sci. 73 : 1823-1833.

Grings, E.E., M. Blummel and K.H. Sudekum. 2005. Methodogical considerations in using gas production techniques for estimating ruminal microbial efficiencies for silage-based diets. Anim. Feed Sci. Technol. 123-124: 527-454.

Hess H.D., M. Kreuzer, T. E. Diaz, C.E.Lascano, J.E. Carulla. C. R. Soliva and A. Machmuller. 2003. Saponin rich tropical fruits affect fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated rumen fluid. Anim. Feed Sci. Technol. 109 : 79-94.

Hristov, A.N., K. A. Johnson and E. Kebreab. 2014. Livestock methane emissions in the United States. The LETTET vol. 111 no. 14 : PNAS April 8, 2014. Available online : www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1401046111

Hristov, A.N., T.A. McAllister, F. H. Van Herk, K.J. Cheng, C.J. Newbold and P.R. Cheeke.1997. Effect of *Yucca schidigera* on ruminal fermentation and nutrient and digestion in heifers. J. Anim. Sci. 77: 2554-2563.

Hu W.L., J.X. Liu, J.A. Ye, U.M. Wu and Y. Q. Guo. 2005a. Effect of tea saponin on rumen fermentation in vitro. Anim. Feed Sci. Technol. 120 : 333-339.

Hu W.L., J.X. Liu, U.M. Wu, Y.Q. Guo and J.A. Ye. 2006. Effects of tea saponins on in vitro ruminal fermentation and growth performance in growing boer goat. Arch. Anim. Nutr. 60 : 89-97.

Hu W.L., Y.M. Wu, J. X. Liu, Y.Q. Guo and J.A. Ye. 2005b. Tea saponins affect in vitro fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated fluid. J. Zhejiang Univ. Sci. 6B: 787-792.

Ivan M., K.M. Koenig, B. Teferedegne, C.J. Newbold, T. Entz , L. M. Rode and M. Ibrahim. 2004. Effects of the dietary *Enterolobium cyclocarpum* foliage on the population dynamics of rumen ciliate protozoa in sheep. Small Rumin. Res. 52 : 81-91.

Kamar, D.N., N. Agarwal and L.C. Chaudhary. 2006. Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary compounds. International Congress Series. 1293 : 156-163.

Klita P.T., G.W. Mathison, T.W. Fenton and R.T. Hardin. 1996. Effect of Alfalfa root saponins on digestive function in sheep. J. Anim. Sci. 74: 1144-1156.

Kowsar, R., G. R. Ghorbani, M. Alikhani, M. Khorvash and A. Nikkhah. 2008. Corn silage partially replacing short alfalfa hay to optimize forage use in total mixed rations for lactating cows. J. Dairy Sci. 91 : 4755-4764.

Lila, Z.A., N. Mohammed, S. Kanda, T. Kamada and H. Itabashi. 2003. Effect of sarsaponin on ruminal fermentation with particular reference to methane production in vitro. J. Dairy Sci. 86 : 3330-3336.

Mantysaari, P., H. Khalili, and J. Sariola. 2006. Effect of feeding frequency of a total mixed ration on the performance of high-yielding dairy cows. J. Dairy Sci. 89 : 4312-4320.

Meagher L.P., B.L. Smith and A.L. Wilkins. 2001. Metabolism of diosgenin – derived saponins: implications for hepatogenous photosensitization diseases in ruminants. Anim. Feed Sci. 91 : 157-170.

Miller-Cushon, E. K. and T. J. DeVries. 2009. Effect of dietary dry matter concentration on the sorting behavior of lactating dairy cows fed a total mixed ration. J. Dairy sci. 92 : 3292-3298.

Negesse, T., H.P.S. Makkar and K. Becker. 2009. Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. Anim. Feed. Sci. Technol. 154: 204-217.

Ngamsaeng, A., M. Wanapat and S. Khampa. 2006. Evaluation of local tropical plants by *In vitro* rumen fermentation and their effects on fermentation end-products. Pakistan Journal of Nutrition. 5(5) : 414-418.

Nherera F. V., L.R. Ndlovu, and B.H. Dzowela. 1999. Reletionchips between in vitro gas production characteristics, chemical composition and in vivo quality measures in goats fed tree fodder supplements. Small Ruminant Research 31: 117-126.

Odenyo A.A., P.O. Osuji and O. Karanfil. 1997. Effect of multipurpose tree (MPT) supplements on ruminal ciliate protozoa. Anim. Feed Sci. Technol. 67: 169-180.

Pi, Z.K. Y.M. Wu and J.X. Liu. 2005. Effect of pretreatment and pelletization on nutritive value of rice straw-based total mixed ration, and growth performance and meat quality of growing Bore goats fed on TMR. Small Rumin. Res. 56: 81-88'

Rymer, C., J.A. Huntington, B. A. Williams and D.I. Givens. In vitro cumulative gas production techniques: History, methodological considerations and challenges. Anim. Feed Sci. Technol. 123-124: 9-30.

Saeed M.A. and Sabir A.W. 2003. Effects of *Fagonia cretica* L. constituents on various haematological parameteters in rabbits. J. Ethnopharmacology. 89 : 195-200.

Salem, A.Z.M., Z. Chuan-che, T. Zhi-liang, M. Mellado, M. C. Salazar, M.M.M.Y. Elghandopur and N. E. Odongo. 2013. In vitro ruminal gas production kinetics of four fodder trees ensiled with or without molasses and urea. Journal of Integrative Agriculture. 12 (7): 1234-1242.

Senevirathen, N.D., T. Okamoto, J. Takahashi, K. Umetsu and T. Nisda. 2012. Effect of mixed Microbial culture treatment on the nutritive value of Coffee, Green Tea and Oolong Tea Residues and the effect of the fermented Residues on *in vitro* rumen. APCBEE Procedia. 4: 66-72.

Sliwinski B.J., C. R. Soliva, A. Machmuller and M. Kreuzer. 2002. Effect of plant extracts rich in secondary constituents to modify rumen fermentation. Anim. Feed Sci. Technol. 101: 101-114.

Speroni E., R. Cervellati, G. Innocenti, S. Costa, M.C. Guerra, S. Dall' Acqua and P. Govoni. 2005. Anti-inflammatory, anti-nociceptive and antioxidant activities of *Balanites aegyptiaca* (L.) Delele. J. Ethnopharmacology. 98 : 117-125.

Tafaj, M., Q, Zebeli, Ch. Baes, H. Steingass and W. Drochner. 2007. A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. Anim. Feed Sci. Technol. 138 : 137-161.

Tafaj, M., Q. Zebeli, B. Junck, H. Steingass and W. Drochner. 2005. Effects of particle size of a total mixed ration on in vivo ruminal fermentation patterns and incocula

characteristics used for in vitro gas production. Anim. Feed Sci. Technol. 123-124: 139-154.

Tagliapietra, F., M. Cattani, H.H. Hansen, I.K. Hindrichsen, L. Bailoni and S. Schiavon. 2011. Metabolizable energy content of feeds based on 24 or 48 h in situ NDF digestibility and on in in vitro 24 h gas production methods. Anim. Feed Sci. Technol. 170: 182-191.

Tan, H.Y., C.C. Sieo, N. Abdullah, J.B. Liang, X.D. Huang and Y.W. Ho. 2011. Effects of condensed tannins from Leucaena on methane production, rumen fermentation and populations of methanogens and protozoa in vitro. Anim. Feed Sci. Technol. 169: 185-193.

Tatsapong, P. 2011. Study on protein requirement of growing male swamp buffaloes. Thesis of Docter of Philosophy. Suranaree University of Technology. Nakhon Ratchasima. Thailand. 211 pp.

Teferedegne B., F. McIntosh, P.O. Osuji, A. Odenyo, R.J. Wallace and C.J. Newbold. 1999. Influence of foliage from different accessions of the sub-tropical leguminous tree, *Sesbania sesban* on ruminal protozoa in Eithiopian and Scottish sheep. Anim. Feed Sci. Techol. 78 : 11-20.

Wang Y., T.A. McAllister, C.J. Newbold, L.M. Rode P.R. Cheeke and K.J. Cheng. 1998. Effect of *Yucca schidigera* extract on fermentation and degradation of steroidal saponins in the rumen simulation technique (RUSITEC). Anim. Feed Sci. Technol. 74: 143-153.

Wilson R.C., T.R. Overton and J.H. Clark. 1998. Effects of *Yucca shidigera* extract and soluble protein on performance of cows and concentrations of urea nitrogen in plasma and milk. J. Dairy Sci. 81: 1022-1027.

Wina E., S. Muetzel, E. Hoffmann, H.P.S. Makkar and K. Becker. 2005b. Saponins containing methanol extract of *Sapindus rarak* affect microbial community structure in vitro. Anim. Feed Sci. Technol. 121: 159-174.

Wina, E., S. Muetzel and K. Becker. 2005a. The impact of saponins or saponin-containing plant materials on ruminant production : A review. J. Agric. Food chem. 53: 8093-8105.

Wina, E., S. Muetzel and K. Becker. 2006. The dynamics of major fibrolytic microbes and enzyme activity in the rumen in response to short- and long –term feeding of Sapindus rarak saponins. J. Appl. Microbiol. 100: 144-22.

Witthawaskul, P., A. Panthong, D. Kanjanapothi, T. Taesothikul and N. Lertprasertsuke. 2003. Acute and subacute toxicities of the saponin mixture isolated from *Schefflera leucantha* Viguier. J. Ethnopharmacology. 89 : 115 – 121.

Woldemeskel, M., A. Tegegne, N.N. Umunna. R.J. Kaitho and S. Tamminga. 2001. Effects of *Leucaena pallida* and *Sesbania sesban* supplementation on testicular histology of tropical sheep and goats. Anim. Reprod. Sci.67 : 253-265.

Wu Z., M. Sadik, F.T. Sleiman, J.M. Simas, M. Pessarakli and J.T. Huber. 1994. Influence of Yucca Extract on ruminal metabolism in cows. J. Anim. Sci. 72: 1038-1042.

Xu, C., Y. Cai, N. Moriya, and M. Ogawa. 2007. Nutritive value for ruminants of green tea grounds as a replacement of brewers' grains in totally mixed ration silage. Anim. Feed Sci. Technol. 138: 228-238.

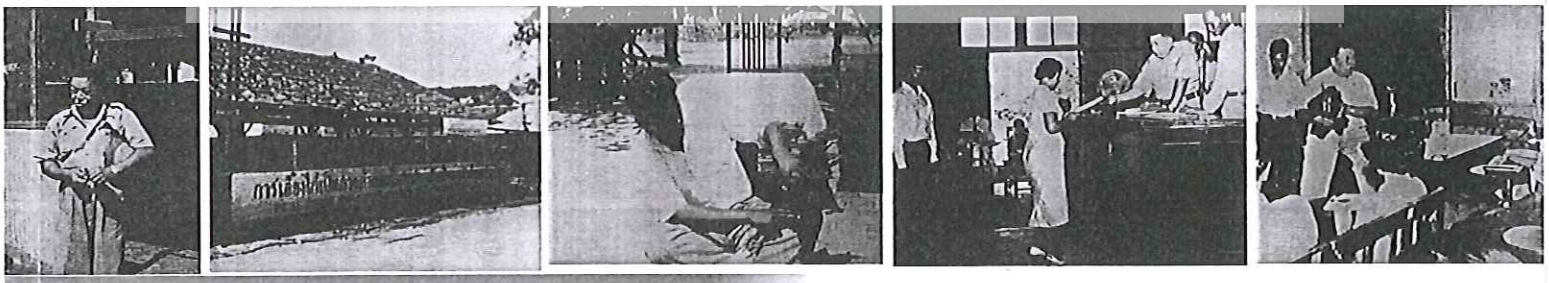
ผนวก

วารสาร
วิทยาศาสตร์เกษตร
Agricultural Science Journal
ปีที่ 44 ฉบับที่ 1 (พิเศษ) มกราคม–เมษายน 2556 Vol. 41 No.1 (Suppl.) January–April 2013

NEW PARADIGM SHIFT IN ANIMAL PRODUCTION

"กระบวนทัศน์ใหม่ในการผลิตสัตว์"

70 ปี หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ



การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติครั้งที่ 2 วันที่ 11 – 13 มีนาคม 2556
อาคารวชิรานุสรณ์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ISSN 0125–0369

Agricultural Sci. J. 44 : 1 (Suppl.) : 243-246 (2013) ว. วิทย. กษ. 44 : 1 (พิเศษ) : 243-246 (2556)

ผลของแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนต่อจลนศาสตร์การหมักย่อยโดยวิธี gas technique

Effect of roughage sources in total mixed ration on fermentation kinetics by using *in vitro* gas technique

ภัทรภร ทัศพงษ์[1*], ภาวิตา จงมีความสุข[1] และ ฐานิตา กมลสุรเชษฐ์[1]
Pattaraporn Tatsapong[1], Pavita ChongmeeKhwamsul[1] and Thanita Kamonsurachte[1]

Abstract

The objective of this study was conducted effects of roughage sources in total mixed ration (TMR) on fermentation kinetics by using *in vitro* gas production technique. Total mixed ration were formulated from difference source of roughage. The experiment was determined according to 2x4 factorial arrangement in completely randomized design (CRD) as First factor was total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR), Second factor 2 was roughage source (rice straw, water convolvulus straw, mung bean pods and rice straw mixed with mung bean pods. The results showed that source of roughage in TMR .The water convolvulus straw as a roughage source in TMR was lowest in NDF and highest in lignocelluloes (ADF) in TMR. Rice straw as a roughage source in TMR was highest in NDF than another. In conclusion, source of roughage in TMR had affected on cellulose and lignocelluloes of TMR, but did not influence on fermentation kinetics. The mung bean pods and mung bean pods mixed with rice straw as a good recommended for roughage source in TMR. The ensiling TMR did improve quality of TMR, although fermentation kinetics was lower than TMR.

Key words: total mixed ration, fermented total mixed ration, TMR ratios, crop residual

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนต่อจลนศาสาตร์การหมักย่อยโดยวิธี gas technique โดยทำการประกอบสูตรอาหารผสมครบส่วนจากแหล่งอาหารหยาบต่างกัน จัดแผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial in CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปัจจัยแรก คือ อาหารผสมครบส่วน 2 ชนิด คือ การหมัก และไม่หมัก และปัจจัยที่ 2 คือ แหล่งอาหารหยาบ 4 ชนิด คือ ฟางข้าว กากผักบุ้ง เปลือกฝักถั่วเขียว และฟางข้าวผสมกับเปลือกฝักถั่วเขียว ผลการทดลองพบว่า แหล่งอาหารหยาบที่แตกต่างกันเมื่อนำมาเป็นส่วนผสมในอาหารผสมครบส่วนก็จะมีผลทำให้เยื่อใยแตกต่างกันด้วย โดยพบว่าอาหารผสมครบส่วนที่มีกากผักบุ้งจะมีส่วนของสารเยื่อใย (NDF) ต่ำ ($P<0.05$) แต่มีสารลิกนินเซลลูโลสและเถ้าสูง ($P<0.05$) ส่วนฟางข้าวจะทำให้อาหารมีสารเยื่อใย (NDF) สูงกว่าอาหารสูตรอื่นๆ และแหล่งอาหารหยาบไม่มีผลต่อการการย่อยสลายและการผลิตแก๊ส ส่วนการหมักอาหารผสมครบส่วนจะทำให้เพิ่มคุณภาพอาหาร โดยเฉพาะโปรตีนและไขมันจะเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) สรุปได้ว่า แหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนมีผลต่อสารเยื่อในอาหาร แต่ไม่มีผลทำให้การหมักย่อยและผลิตแก๊สต่างกัน โดยพบว่าเปลือกฝักถั่วเขียว และเปลือกฝักถั่วเขียวผสมกับฟางข้าว เหมาะสมจะนำมาเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนกว่าชนิดอื่น และการหมักอาหารผสมครบส่วนไม่ได้เพิ่มคุณภาพของอาหารผสมครบส่วนเลย เพราะว่าการหมักย่อยและการผลิตแก๊สต่ำกว่าอาหารไม่หมัก

คำสำคัญ: อาหารผสมครบส่วน, อาหารผสมครบส่วนหมัก, อาหารทีเอ็มอาร์, ผลพลอยได้ทางการเกษตร

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
[1]Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resource and Environment, Naresuan University
*Corresponding author : puana57@hotmail.com

คำนำ

เกษตรกรผู้เลี้ยงโคในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยเฉพาะในจังหวัด พิษณุโลก สุโขทัย พิจิตร นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ ฯลฯ มีพื้นที่ในการปลูกสร้างแปลงหญ้าไม่เพียงพอ ทำให้ขาดแคลนหญ้าสดคุณภาพดีในฤดูแล้ง ดังนั้นวัสดุเศษเหลือทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว, กากผักบุ้ง (เศษเหลือจากการเก็บเมล็ด), ต้นถั่ว, เปลือกถั่ว, ต้นข้าวโพด, เปลือกและซังข้าวโพดหวาน, เปลือกและใบสับปะรด, ยอดอ้อย และอื่นๆ ก็เป็นอีกทางเลือกสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคที่จะนำมาเป็นแหล่งอาหารหยาบ (จินดา, 2547) อย่างไรก็ตามวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแต่ละชนิดจะมีคุณภาพผันแปรไปตามชนิด ตามสภาพพื้นที่ปลูก ช่วงเวลาตามฤดูปลูก และมีปริมาณโภชนะไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้เกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงประสบปัญหาด้านการจัดการอาหารหยาบและอาหารข้นที่มีองค์ประกอบของโภชนะที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของโคนม และสัดส่วนไม่เหมาะสม หากเกษตรกรให้อาหารข้นในปริมาณมาก โอกาสที่กระเพาะหมักหรือกระเพาะรูเมนมีความเป็นกรด (Acidosis) สูงขึ้น การเกิดกรดในกระเพาะหมักทำให้ระดับของ pH ในกระเพาะหมักลดลงน้อยกว่า 5.5 ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ลดลง โดยระดับ pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักควรอยู่ที่ 5.8–6.5 ดังนั้นการเลี้ยงโคนมด้วยอาหารผสมครบส่วนและการนำใช้ผลพลอยได้หรือเศษเหลือทางการเกษตรมากมายหลายชนิดมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบ จึงน่าจะเป็นการแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ การศึกษานี้เพื่อหาผลของแหล่งของอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนหมักและไม่หมักต่อคุณค่าทางโภชนะและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองในครั้งนี้ใช้โคนมลูกผสมที่เจาะกระเพาะแล้วเป็นแหล่งของของเหลวจากกระเพาะหมัก (rumen fluid) จัดแผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial in CRD โดยการศึกษานี้มี 3 ซ้ำ ปัจจัยแรก คือ กรรมวิธีการอาหารผสมครบส่วน คือ การหมัก และไม่หมัก และปัจจัยที่ 2 คือ แหล่งอาหารหยาบ 4 ชนิด คือ ฟางข้าว กากผักบุ้ง เปลือกฝักถั่วเขียว และฟางข้าวผสมกับเปลือกฝักถั่วเขียว คำนวนสูตรอาหารผสมครบส่วน 4 สูตร จากนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ของแต่ละสูตร ส่วนที่หนึ่งทำการหมักโดยใส่ในถุงพลาสติกขนาด 2 กิโลกรัม สูบอากาศออกให้หมด และอัดให้แน่น ปิดปากถุง และหมักไว้อย่างน้อย 4 สัปดาห์ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารแต่ละสูตรทั้งแบบหมัก และไม่หมัก นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธีของ AOAC (1990) นำตัวอย่างอาหารประมาณ 200 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดฉีดยาขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายบัฟเฟอร์ปริมาณ 20 มล./หลอด และของเหลวจากกระเพาะหมัก ปริมาณ 5 มล./หลอด (ตัวอย่างละ 4 ซ้ำ) ปิดด้วยตัวล็อค (three way) แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 39 °C และทำการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักย่อยอาหารทดลองโดยจุลินทรีย์ในระบบ in vitro ทำการบันทึกผลทุก ๆ 2 ชั่วโมงใน 12 ชั่วโมงแรก ต่อมาบันทึกผลทุกๆ 4 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 24 จากนั้นบันทึกผลทุกๆ 6 ชั่วโมงจนถึง 48 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาประมวลหาค่าจลศาสตร์การหมักย่อยตามสมการของ Orskov และ McDonald (1979) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS

ผลและวิจารณ์ผล

ความชื้นของอาหารผสมครบส่วนก่อนจะนำไปหมักมีค่าประมาณ 35-42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของไกรสิทธิ์ และคณะ (2550) พบว่าความชื้น 45 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้อาหารผสมครบส่วนหมักมีคุณภาพดี ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วนหมักพบว่ามีคุณค่าทางโภชนะโปรตีนและไขมันสูงกว่าอาหารที่ไม่ได้หมัก (17.91 ต่อ 16.68 % และ 4.39 ต่อ 2.65% ตามลำดับ) และสารเยื่อใย (NDF) มีค่าลดลงประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ด้วย แต่มีปริมาณของลิกนินเซลลูโลส และเถ้าเพิ่มขึ้นในอาหารผสมครบส่วนหมัก ซึ่งอาจมีผลต่อการย่อยได้ลดลง (อนันท์ และคณะ, 2555) ส่วนแหล่งของอาหารหยาบทั้ง 4 ชนิด คือ ฟางข้าว กากผักบุ้ง เปลือกถั่วเขียว และฟางข้าวผสมกับเปลือกถั่วเขียว มีผลต่อคุณค่าทางโภชนะในอาหารผสมครบส่วน โดยอาหารผสมครบส่วนที่ใช้กากผักบุ้งเป็นแหล่งอาหารหยาบจะทำให้มีส่วนของเยื่อใย (NDF) ไขมัน

และโปรตีนหยาบมีค่าลดลง (Table 1) และพบว่าส่วนของเถ้า และลิกนินเซลลูโลส (ADF) สูงขึ้น และอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบจะทำให้มีส่วนของเยื่อใย (NDF) สูงขึ้น อย่างไรก็ตามแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนไม่มีผลทำให้การหมักย่อยใน ระบบ in vitro ของอาหารแตกต่างกัน (P>0.05) ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 1 ส่วนการหมักอาหารผสมครบส่วนจะช่วยเพิ่มคุณภาพอาหารได้ โดยเฉพาะโปรตีนหยาบและ ไขมัน จะเพิ่มขึ้น และสามารถลดปริมาณของสารเยื่อใย (NDF) (P<0.05) แต่อย่างไรก็ตามมีปริมาณของลิกนินเซลลูโลสเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งอาจมีผลทำให้การย่อยได้ของอาหารลดลง (Figure 1) โดยเฉพาะอาหารที่มีส่วนของกากผักบุ้งเป็นแหล่งอาหารหยาบ จะมีส่วนของ ADF และ เถ้าสูง (P<0.05) นั่นอาจเพราะว่ากากผักบุ้งเป็นเศษเหลือจากการเก็บเมล็ดซึ่งในกระบวนการเก็บอาจจะมีดินติดมาด้วย (จากลักษณะทางกายภาพ) เฉลิมพล และคณะ (2551) รายงานไว้ว่าอาหารผสมครบส่วนมักเน่าเสียได้ง่าย เพราะต้องผสมกากน้ำตาลเพื่อเพิ่มความน่ากิน ดังนั้นการหมักก็เป็นการจัดการที่ทำให้ใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น ลดการสูญเสียและยังรักษาคุณภาพได้อีกด้วย (ไกรสิทธิ์ และคณะ, 2550) สรุปได้ว่า แหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนจะมีผลต่อองค์ประกอบของสารเยื่อใยในอาหาร แต่ไม่มีผลทำให้การย่อยสลายได้ของอาหารต่างกัน ซึ่งเปลือกฝักถั่วเขียวและเปลือกฝักถั่วเขียวผสมกับฟางข้าวเหมาะสมที่จะนำมาเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนกว่าชนิดอื่น อาหารผสมครบส่วนที่ผ่านกระบวนการหมักจะเพิ่มคุณค่าทางโภชนะสูงขึ้น แต่ลดการย่อยสลายได้โดยวิธีการศึกษาแบบ in vitro

Table 1 Chemical composition and fermentation kinetics of roughage source in total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR)

	Total mixed ration (TMR)				Fermented Total mixed ration (FTMR)				P-value		
	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4	FTMR 1	FTMR2	FTMR 3	FTMR 4	A	B	A*B
OM	83.89	84.45	87.66	84.13	87.04	83.97	86.05	86.50	ns	ns	ns
CP	16.63^{b}	16.69^{b}	16.57^{b}	16.84^{b}	18.09^{a}	17.16^{a}	18.18^{a}	18.21^{a}	**	ns	ns
EE	1.38^{e}	3.18^{c}	2.43^{d}	3.58^{c}	5.55^{a}	4.72^{b}	3.50^{c}	3.82^{c}	**	**	**
NDF	40.43^{a}	36.52^{bc}	38.26^{ab}	39.02^{ab}	36.45^{bc}	32.89^{d}	32.98^{d}	34.59^{cd}	**	**	ns
ADF	17.62^{c}	19.05^{bc}	18.31^{bc}	19.28^{abc}	19.45^{abc}	21.26^{a}	18.36^{bc}	20.14^{ab}	**	*	ns
DM	58.83	65.80	62.49	61.40	58.83	65.80	62.49	61.40	-	-	-
DMf	-	-	-	-	55.99	64.21	59.81	59.11	-	-	-
a	-13.74	-12.82	-13.45	-13.37	-11.81	-14.96	-7.91	-16.52	ns	ns	ns
b	84.99^{ab}	90.98^{a}	90.96^{a}	88.55^{a}	69.77^{c}	73.65^{c}	76.18^{bc}	77.76^{bc}	**	ns	ns
c	0.093^{bc}	0.074^{c}	0.084^{bc}	0.087^{bc}	0.122^{abc}	0.156^{a}	0.099^{abc}	0.136 ab	*	ns	ns
P	71.26^{ab}	78.16^{a}	77.51^{a}	75.18^{a}	57.95^{c}	58.69^{c}	68.27^{abc}	61.24^{bc}	**	ns	ns

DM = Dry matter, OM=Organic matter, CP=Crude protein, EE= Ether extract, NDF= Neutral detergent fiber, ADF= Acid detergent fiber, TMR 1 = rice straw, TMR 2= water convolvulus straw, TMR 3= mung bean pods , TMR4= rice straw mixed with mung bean pods, FTMR = fermented total mixed ration, a = the ideally reflects the fermentation of the soluble fraction, b= the fermentation of the insoluble fraction, c= rate of gas production, p= potentialextent of gas production (a+b), ns = non significant, * = significant (p<0.05), ** = significant (P<0.01); ^{abc} mean with in column with different superscripts are significant different

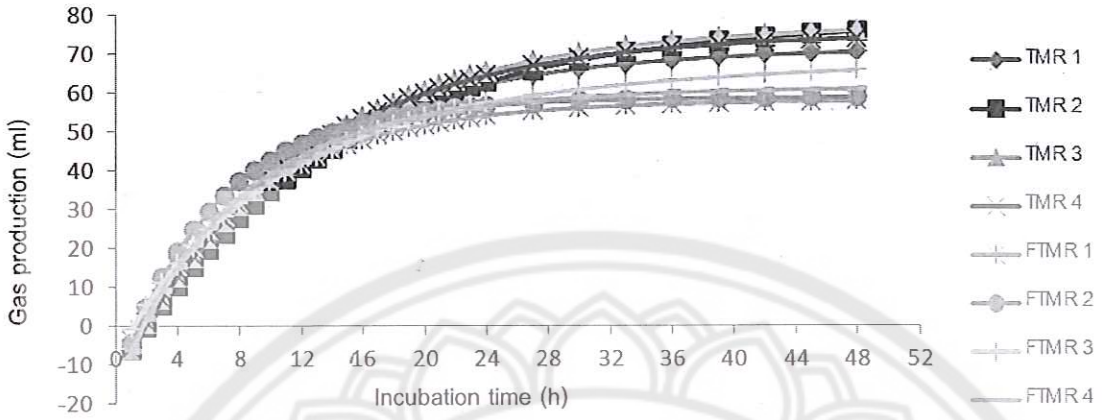


Figure 1 Cumulative gas production of roughage source in total mixed ration ; TMR 1 = rice straw, TMR 2= water convolvulus straw, TMR 3= mung bean pods, TMR4= rice straw mixed with mung bean pods, FTMR = fermented total mixed ration

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอบคุณ ผศ.ดร. เฉลิมพล เยื้องกลาง ผศ.ดร. ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ และคณะบัณฑิตศึกษา ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สกลนคร ที่ช่วยเหลือสนับสนุนห้องปฏิบัติการและสัตว์ทดลอง ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร และกองวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนแหล่งทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ, เฉลิมพล เยื้องกลาง, ชเวง สารคล่อง, ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส, จำลอง มิตรชาวไทย และไพวัลย์ ศรีนานวล. 2550. ผลของอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ ค่าการย่อยได้ของโภชนะ และผลผลิตน้ำนมในโครีดนม. ออนไลน์ได้จาก http://kucon.lib.ku.ac.th/ Fulltext/KC4402021.pdf

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2547. การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. รายงานประจำปี 2547 กองอาหารสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 562-581.

เฉลิมพล เยื้องกลาง, ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ, ศิศพันธุ์ วงศ์สุทธาวาส, เสมอใจ บุรีนอก และ ไพรวัลย์. 2551. การวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการอาหารผสมครบส่วนหมัก สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมรายย่อย สหกรณ์โคนมวาริชภูมิจำกัด อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร. สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร.

อนันท์ เชาเครือ, พิดลพรรณ รักการเขียน และ ไพลิน เฟ็งเพ่งพิศ. 2555. ผลของสัดส่วนกากเนื้อในสับปะรดกับอาหารข้นต่อจลนศาสตร์การหมักย่อยในระบบ in vitro. แก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ 2 :193-195.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Orskov, E.R and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92:499.

ผลของแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนต่อการย่อยได้ในกระเพาะหมักด้วยเทคนิคถุงไนล่อน

Effect of roughage sources in total mixed ration on rumen digestibility using nylon bag technique

ภัทรภร ทัศพงษ์[1]* วรวรรษ ผาสุกกิจ[1] และ ศุรกฤต กาทองทุ่ง[1]

Pattaraporn Tatsapong[1], Worawat Phasukkit[1] and Surakit Khatongthung[1]

Abstract

The objective of this study was conducted effects of roughage sources in total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR) on rumen digestibility using nylon bag technique. This study was measured *in sacco* digestibility of two cannulated Brahman crossbred (2 years old). Treatment were total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR) containing with difference roughage source (rice straw, water convolvulus straw, mung bean pods and rice straw mixed with mung bean pods. The results showed that water convolvulus straw, mung bean pods as a roughage source in total mixed ration were high potential degradability and effective degradability of dry matter and crude protein. The fermented total mixed ration was higher potential degradability and effective degradability of dry matter than total mixed ration. The potential of degradation of crude protein was highest in fermented total mixed ration. In conclusion, the mung bean pods and water convolvulus straw could be recommended for roughage source in TMR. The ensiling TMR can improve quality of TMR and use for feeding management in ruminant production.

Key words : total mixed ration, crop residual, rumen digestibility

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักต่อการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักด้วยเทคนิคถุงไนล่อน โดยทำการศึกษาการย่อยได้ในโคลูกผสมพันธุ์พื้นเมืองกับบาร์หมันเจาะกระเพาะจำนวน 2 ตัว อายุประมาณ 2 ปี สิ่งทดลองประกอบด้วยอาหารผสมครบส่วนหมัก และไม่หมักที่มีส่วนผสมของแหล่งอาหารหยาบต่างกัน 4 ชนิด คือ ฟางข้าว ฟางผักบุ้ง เปลือกฝักถั่วเขียว และฟางข้าวผสมกับเปลือกฝักถั่วเขียว ผลการทดลองพบว่า ฟางผักบุ้งและเปลือกถั่วเขียวที่เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนมีปริมาณการย่อยสลายได้และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งและโปรตีนหยาบสูงกว่าแหล่งอาหารหยาบชนิดอื่น อาหารผสมครบส่วนหมักมีปริมาณการย่อยสลายและประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งสูง

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

[1]Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resource and Environment, Naresuan University

*Corresponding author : puana57@hotmail.com

กว่าอาหารผสมครบส่วนที่ไม่หมัก ส่วนปริมาณในการย่อยสลายของโปรตีนในอาหารผสมครบส่วนหมักก็สูงด้วย สรุปได้ว่า เปลือกฝักถั่วเขียว และฟางผักบุ้งเหมาะสมที่นำมาเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนกว่าชนิดอื่นๆ ส่วนการหมักอาหารผสมครบส่วนสามารถเพิ่มคุณภาพและเพิ่มการย่อยสลายได้และสามารถนำมาใช้ในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องได้

คำสำคัญ : อาหารผสมครบส่วน, เศษเหลือจากการปลูกพืช, การย่อยได้ในรูเมน

คำนำ

การเลี้ยงโคบ้านเราได้มีการปรับตัวให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาดอย่างต่อเนื่องซึ่งมีความต้องการสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้โคมีชีวิตปรับราคาสูงขึ้นตามไปด้วย จากข้อมูลของจดหมายข่าวธุรกิจโคเนื้อปี 2556 โคเนื้อน้ำหนัก 250-350 กก. มีราคาประมาณ 19,000-20,000 บาท ทำให้มีเกษตรกรหันมาเลี้ยงโคกันมากขึ้น แต่ทุ่งหญ้าธรรมชาติและพื้นที่จัดสร้างทุ่งหญ้ามีจำกัด ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนอาหารสัตว์มากขึ้นส่งผลให้สัตว์ซูบผอม ผลผลิตต่ำและโตช้า ในขณะที่บ้านเราจะมีผลพลอยได้และเศษเหลือจากการเกษตรและอุตสาหกรรมหลายชนิดและมีจำนวนมาก แม้ว่าเกษตรกรก็นำมาใช้ในการเลี้ยงโค-กระบือกันอย่างแพร่หลาย แต่ก็ยังเกิดประโยชน์ได้ไม่เต็มที่ อาจเนื่องจากการขาดความรู้ ความชำนาญและวิธีการนำมาใช้อาจยุ่งยาก รวมถึงวัสดุเศษเหลือจากการปลูกพืชแต่ละชนิดจะมีคุณภาพผันแปรไปตามชนิด สภาพพื้นที่ปลูก ช่วงเวลาตามฤดูปลูก และมีปริมาณโภชนะไม่สม่ำเสมอ แต่ส่วนใหญ่จะมีคุณภาพค่อนข้างต่ำ (จินดา, 2547) นอกจากนี้รูปแบบการเลี้ยงโคก็มีการปรับเปลี่ยนจากอดีตที่เลี้ยงแบบครัวเรือนไว้ใช้แรงงาน เลี้ยงตามธรรมชาติ ไม่มีการจัดการด้านอาหาร ปัจจุบันเปลี่ยนรูปแบบเป็นการเลี้ยงผลิตเพื่อการค้า โดยการเปลี่ยนจากโคพื้นเมืองเป็นโคขุนลูกผสมเพื่อเพิ่มมูลค่าโคขุนที่ออกสู่ตลาด (ศิริพร, 2555) ซึ่งต้องมีการจัดการด้านอาหารเป็นอย่างดี ดังนั้นการเลี้ยงโคขุนหรือโคนมต้องเลี้ยงด้วยอาหารพลังงานสูงเพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำนมและน้ำหนักตัวตามกำหนดและคุณภาพเนื้อที่ดี ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ประสบความสำเร็จในการเลี้ยงสัตว์ อย่างไรก็ตามถ้าให้อาหารข้นปริมาณมากโอกาสที่กระเพาะหมักจะเป็นกรดมากขึ้นซึ่งจะมีผลต่อสุขภาพของโค จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนวิธีการให้อาหารเพื่อลดปัญหาดังกล่าว ด้วยการเลี้ยงอาหารผสมครบส่วนที่มีการนำอาหารหยาบและอาหารข้นมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมและคำนวณตามความต้องการโภชนะของโค อาหารผสมครบส่วนต้องมีส่วนของเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพเพื่อทำให้กระเพาะหมักของโค ใช้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น วัสดุเศษเหลือทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ฟางผักบุ้ง (กากผักบุ้ง) ต้นถั่ว เปลือกถั่ว ต้นข้าวโพด เปลือกและซังข้าวโพดหวาน เปลือกและใบสับปะรด ยอดอ้อย และอื่นๆ ก็เป็นอีกทางเลือกสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคที่จะนำมาเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนได้ (เฉลิมพล และคณะ 2551, ปรัชญา และคณะ 2544)

การศึกษาค่าการย่อยสลายได้ของอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ โดยการทดสอบในตัวสัตว์ (*in vivo*) ด้วยเทคนิคถุงไนล่อนซึ่งเป็นเทคนิคที่ง่ายและสะดวก เหมาะสำหรับใช้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความสามารถในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุในกระเพาะหมักโดยตรง และสามารถบอกถึงประสิทธิภาพการย่อยสลายและการใช้ประโยชน์ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ต่างๆ ในกระเพาะหมักได้เป็นอย่างดี ดังนั้น การทดลองนี้เพื่อศึกษาค่าการย่อยสลายได้ของอาหารผสมครบส่วนหมักและไม่หมักที่มีเศษเหลือจากการปลูกพืชเป็นแหล่งอาหารหยาบในกระเพาะหมัก โดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของอาหารผสมครบส่วนทีมีแหล่งอาหารหยาบต่างกัน เพื่อนำไปสู่การจัดการให้อาหารโคด้วยอาหารผสมครบส่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของอาหารผสมครบส่วนหมักและไม่หมักที่มีแหล่งอาหารหยาบ 4 ชนิด คือ ฟางข้าว ฟางผักบุ้ง เปลือกฝักถั่วเขียว และฟางข้าวผสมกับเปลือกฝักถั่วเขียวโดยใช้โคเนื้อพันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองกับบราห์มันที่เจาะกระเพาะจำนวน 2 ตัว อายุประมาณ 3 ปี คำนวณอาหารผสมครบส่วน 4 สูตรตามแหล่งอาหารหยาบ จากนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งทำการหมักไว้ 4 สัปดาห์ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารทั้งแบบหมัก และไม่หมัก นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธีของ AOAC (1990) และวิเคราะห์หาองค์ประกอบของเยื่อใย ตามวิธีของ Van Soest et al. (1991) นำตัวอย่างอาหารทั้ง 8 ชนิด มาชั่งน้ำหนักประมาณ 4 กรัม ใส่ถุงไนล่อนซึ่งมีขนาด 7 x 10 เซนติเมตร มีรูขนาด 40-60 ไมครอน ที่ทราบน้ำหนักถุงแล้ว มัดปากถุงด้วยหนังยางให้แน่น นำถุงไนล่อนผูกติดกับเชือก นำไปจุ่มแช่ในกระเพาะหมักโค ที่ระยะเวลาต่างๆ ดังนี้ คือ 0, 4, 8, 12, 24, 48, 72 ชั่วโมง ตามลำดับ เพื่อศึกษาค่าการย่อยสลายได้ของตัวอย่างในกระเพาะหมัก ตามวิธีของ Oskov et al. (1979) อาหารจุ่มในกระเพาะหมักของโคตัวๆ ละ 3 ซ้ำ เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วนำตัวอย่างอาหารออกจากกระเพาะหมักไปล้างจนสะอาด นำไปอบที่ 70°C นาน 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง ชั่งบันทึกน้ำหนักหลังอบเพื่อหาการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งและนำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาโปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) ตามวิธีของ AOAC (1990) เพื่อหาโปรตีนที่ย่อยสลายและไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักที่เวลาต่างๆ

นำสัดส่วนของอินทรียวัตถุที่สูญหายไปในระยะเวลาต่างๆ กันมาคำนวณหาอัตราการย่อยได้ของตัวอย่างอาหาร โดยใช้สมการ $P = a+b\ (1-exp)^{-ct}$ โดยที่ เมื่อ P = เป็นปริมาณการย่อยสลายที่เวลา t (Potential degradability)

a คือ ค่าการย่อยสลายที่ชั่วโมง 0 (Y intercept) เป็นค่าที่แสดงถึงส่วนที่ละลายได้และถูกย่อยสลายได้ทันที หรือเป็นส่วนที่ล้างออกจากถุงเร็ว หรือ washing loss

b คือค่าผลต่างระหว่างค่า intercept (a) กับค่าการย่อยสลายที่ชั่วโมงสุดท้าย เป็นส่วนที่ไม่ละลาย แต่สามารถที่จะถูกหมักย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

c คืออัตราความเร็วคงที่ในการย่อยสลายของอาหารส่วน b มีหน่วยเป็น fraction/h

โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการคำนวณหาค่า a, b และ c ในสมการ $P = a+b\ (1-exp)^{-ct}$ เมื่อนำค่า Fractional outflow rate (k) ของ Digesta ที่ไหลผ่านกระเพาะหมักมาพิจารณาด้วย จะสามารถคำนวณค่า Effective rumen degradability (ED) ซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ จากสมการ $ED = a+bc/(c+k)$

ผลการศึกษาและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วนดังแสดงในตารางที่ 2 อาหารผสมครบส่วนในการทดลองนี้เป็นอาหารสำหรับโครีดนม โดยคำนวณให้มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบ 16 เปอร์เซ็นต์ และมีสารเยื่อใยพวกผนังเซลล์ (NDF) เพียงพอต่อความต้องการของโครีดนม ตามคำแนะนำของ NRC (1988) ความชื้นของอาหารผสมครบส่วนก่อนหมักมีค่าเฉลี่ย 38 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความชื้นเพียงพอเหมาะสมสำหรับการหมักและทำให้อาหารผสมครบส่วนหมักมีคุณภาพดี (ไกรสิทธิ์ และคณะ 2550) ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมครบส่วนหมักพบว่ามีคุณค่าทางโภชนะโปรตีนสูงกว่าอาหารที่ไม่ได้หมัก (ตารางที่ 2) ปริมาณการย่อยได้และประสิทธิภาพการย่อยได้ของวัตถุแห้งจะมีค่าสูงในอาหารผสมครบส่วนที่มีเปลือกถั่ว และฟางผักบุ้งเป็นแหล่งอาหารหยาบ ส่วนอัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้งจะมีค่าสูงในอาหารที่มีเปลือกถั่วเป็นแหล่งอาหารหยาบ (ตารางที่ 3) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่ามีองค์ประกอบของอินทรียวัตถุสูง และมีค่าของลิกโนเซลลูโลส (ADF) และเถ้า (ash) น้อย ซึ่งอาจมีผลทำให้การย่อยได้เพิ่มขึ้น (อนันท์ และคณะ, 2555) ส่วนปริมาณการย่อยสลายได้และประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนพบว่าอาหารที่มีส่วนของฟางผักบุ้งและเปลือกถั่วเขียวเป็นแหล่งอาหารหยาบมีค่าสูงกว่ากลุ่มฟางข้าว อาจเพราะฟางข้าวมีส่วนของเยื่อใยสูง (ปิ่น และเมธา , 2546) อาหารผสมครบส่วนมักเกิดการเน่าเสียได้ง่าย เพราะต้องผสมกากน้ำตาลเพื่อเพิ่มความน่ากิน (เฉลิมพล และคณะ, 2551) ดังนั้นการหมักก็เป็นวิธีการจัดการที่ทำให้ใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น ลดการสูญเสียและยังรักษาคุณภาพได้อีกด้วย (ไกรสิทธิ์ และคณะ, 2550) ในการประกอบสูตรอาหารผสมครบส่วนนั้น จำเป็นจะต้องลดขนาดอาหารหยาบลงเพื่อลดความฟ่ามและเพื่อการผสมเข้ากันดีกับอาหารข้น (เฉลิมพล และคณะ, 2551) แต่หากขนาดอาหารหยาบมีขนาดเล็กเกินไปก็จะส่งผลทำให้ลดการเคี้ยวเอื้อง ลดการหลั่งน้ำลาย และทำให้การหมุนเวียนของน้ำลายน้อยลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (Bhandari et al., 2008) ในต่างประเทศแถบที่มีการเลี้ยงโคด้วยอาหาร TMR เป็นหลัก ขนาดของอาหารหยาบที่ใช้จะอยู่ที่ 19-1.8 มิลลิเมตร (Extention, n.d.) Tafaj et al. (2007) พบว่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมักจะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วน

ผลของแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนต่อการย่อยได้ในกระเพาะหมักด้วยเทคนิคถุงไนล่อน

Table 1 Ingredients of total mixed ration (kg/100kg)

ingredients	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4
Rice straw	28	-	-	15
Water convolvulus straw	-	33	-	-
Mung bean pods	-	-	32	16
Cassava meal	23	23	23	23
Rice bran	15	14.5	13	13.5
Ground corn	13.5	13	13.5	13
Soybean meal	8	4	6	7
Molasses	8	8	8	8
Urea	2	2	2	2
premixed	1	1	1	1
Dicalcium phosphate	0.5	0.5	0.5	0.5
Mineral	1	1	1	1

Table 2 Chemical composition of roughage source in total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR)

Ratios[2]	Chemical composition (% of DM)[1]					DM of	DM after	NH3-N
	OM	CP	Ash	NDF	ADF	TMR	fermented	(mg%)
TMR 1	83.89	16.63	9.67	40.43	17.62	58.83	-	-
TMR 2	84.45	16.69	9.79	36.52	19.05	65.80	-	-
TMR 3	87.66	16.57	7.18	38.26	18.31	62.49	-	-
TMR 4	84.13	16.84	8.68	39.02	19.28	61.40	-	-
FTMR 1	87.04	18.09	10.11	36.45	19.45	58.83	55.99	16.27
FTMR 2	83.97	17.16	10.24	32.89	21.26	65.80	64.21	15.14
FTMR 3	86.05	18.18	7.48	32.98	18.36	62.49	59.81	16.36
FTMR 4	86.50	18.21	8.99	34.59	20.14	61.40	59.11	16.17

[1]DM = Dry matter, OM=Organic matter, CP=Crude protein, EE= Ether extract, NDF= Neutral detergent fiber, ADF= Acid detergent fiber

[2] TMR 1 = rice straw, TMR 2= water convolvulus straw, TMR 3= mung bean pods dried, TMR4= rice straw mixed with mung bean pods dried, FTMR = fermented total mixed ration

Table 3 Dry matter and Crude protein degradation of roughage source in total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR)

Parameters	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4	FTMR 1	FTMR 2	FTMR 3	FTMR 4
Degradability of DM (%)								
a	53.98	53.15	49.49	50.69	60.74	58.93	53.84	52.48
b	26.06	32.50	35.59	30.55	24.49	33.6	34.33	34.30
c	0.032	0.041	0.053	0.056	0.025	0.028	0.044	0.041
Washing loss	45.95	49.42	49.32	48.02	47.09	52.84	47.19	46.49
P	80.04	85.65	85.08	81.24	85.23	92.53	88.17	86.78
ED	64.15	67.79	67.80	66.83	68.90	70.99	69.91	67.93
Degradability of CP (% DM)								
a	67.58	57.89	65.24	64.07	66.10	64.44	64.40	60.18
b	12.29	24.90	24.99	18.23	22.10	27.29	28.94	31.29
c	0.047	0.127	0.049	0.074	0.022	0.039	0.038	0.033
P	79.87	82.79	90.22	82.29	88.20	91.739	93.34	91.47
ED	73.53	75.75	77.60	74.95	72.85	76.40	76.89	72.62

TMR 1 = rice straw, TMR 2= water convolvulus straw, TMR 3= mung bean pods, TMR4= rice straw mixed with mung bean pods dried, FTMR = fermented total mixed ration, a= degradation of immediately soluble fraction, b= degradation of insoluble fraction , c= rate of degradation, P= potential of degradation, ED= effective degradability

สำหรับขนาดความยาวของอาหารหยาบที่เหมาะสมในสูตรอาหารผสมครบส่วนนั้น ควรมีขนาด 3-5 เซนติเมตร จึงจะทำให้กระบวนการย่อยสลายในกระเพาะหมักเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ (จินดา, 2541) เปลือกถั่วเขียว และฟางผักบุ้งมีขนาดความยาวไม่เกิน 3-5 เซนติเมตร ซึ่งมีความพอเหมาะสำหรับประกอบอาหารผสมครบส่วนได้โดยไม่ต้องบดหรือสับเพื่อลดขนาด ดังนั้น จึงเป็นความสะดวกสำหรับเกษตรกรในการนำใช้ได้เลยโดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อยที่ไม่มีเครื่องสับหรือเครื่องบด

สรุปผลการทดลอง

การย่อยสลายของวัตถุแห้งและโปรตีนหยาบของอาหารผสมเสร็จที่มีส่วนของเปลือกฝักถั่วเขียวและฟางผักบุ้ง เป็นแหล่งอาหารหยาบในกระเพาะหมักมีปริมาณและประสิทธิภาพการย่อยสลายสูงกว่าชนิดอื่น ดังนั้นเปลือกถั่วเขียวและฟางผักบุ้งเหมาะสมที่นำมาเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วน และการหมักอาหารผสมครบส่วนสามารถเพิ่มคุณภาพและเพิ่มการย่อยสลายได้

ผลของแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนต่อการย่อยได้ในกระเพาะหมักด้วยเทคนิคถุงไนล่อน

Table 4 *In sacco* degradation of dry matter and crude protein in total mixed ration (TMR) and fermented total mixed ration (FTMR)

Time	TMR 1	TMR 2	TMR 3	TMR 4	FTMR 1	FTMR 2	FTMR 3	FTMR 4
Degradability of DM (% DM)								
4	56.12	58.00	56.72	56.58	63.22	63.08	61.21	58.91
8	60.73	61.66	61.11	62.23	63.37	67.03	62.49	61.63
12	62.82	66.25	66.25	65.77	68.56	69.32	65.95	63.82
24	67.55	73.56	75.31	73.17	73.59	76.60	77.85	75.63
48	73.75	80.27	82.64	79.09	75.29	86.43	84.77	82.28
72	77.81	84.33	83.91	80.89	82.50	88.78	85.83	84.59
Degradability of CP (% DM)								
4	68.02	67.30	68.65	69.07	67.48	69.54	69.81	65.84
8	73.36	74.74	74.18	71.14	67.80	71.42	71.26	66.44
12	73.80	77.77	77.59	75.61	73.81	72.75	72.97	68.21
24	74.64	79.42	81.64	79.44	76.24	81.63	82.53	79.33
48	77.96	83.46	87.08	80.70	77.83	88.93	89.62	85.26
72	80.21	83.50	90.29	82.98	84.89	89.06	90.55	88.29

TMR 1 = rice straw, TMR 2= water convolvulus straw, TMR 3= mung bean pods, TMR4= rice straw mixed with mung bean pods dried, FTMR = fermented total mixed ration

เอกสารอ้างอิง

ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ เฉลิมพล เยื้องกลาง ชเวง สารคล่อง ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส จำลอง มิตรชาวไทย และไพวัลย์ ศรีนานวล. 2550. ผลของอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ ค่าการย่อยได้ของโภชนะ และผลผลิตน้ำนมในโครีดนม. ออนไลน์ได้จาก http://kucon.lib.ku.ac.th/ Fulltext/KC4402021.pdf

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2541. อาหาร "TMR" กับการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ. เอกสารเผยแพร่โครงการเผยแพร่ความรู้และบริการด้านอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2547. การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. รายงานประจำปี 2547 กองอาหารสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 562-581.

เฉลิมพล เยื้องกลาง ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ ศิศพันธุ์ วงศ์สุทธาวาส เสมอใจ บุรีนอกและไพรวัลย์. 2551. การวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการอาหารผสมครบส่วนหมัก สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมรายย่อย. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร.

ปรัชญา ปรัชญลักษณ์ เพ็ญศรี ศรประสิทธิ์ วิโรจน์ วนาสิทธชัยวัฒน์. 2544. การใช้ใบสับประรดหรือฟางข้าวในอาหารผสมเสร็จสำหรับโคขุน. รายงานประจำปี 2544 กองอาหารสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 269-281.

ปิ่น จันจุฬา และเมธา วรรณพัฒน์. 2546. บทบาทของอาหารเยื่อใยต่อกระบวนการหมักในรูเมน ปริมาณการกินได้ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโครีดนม. วารสาร โคนม. 20(1) : 8-22.

ศิริพร กิรติการกุล. 2555. วิถีการตลาดโคเนื้อในภาคเหนือตอนบน. จดหมายข่าวธุรกิจโคเนื้อ. 5 (3) : กันยายน-ตุลาคม 2555.

อนันท์ เชาเครือ พิดลพรรณ รักการเขียน และ ไพลิน เพ็งเพ่งพิศ. 2555. ผลของสัดส่วนกากเนื้อในสับปะรดกับอาหารข้นต่อจลนศาสตร์การหมักย่อยในระบบ in vitro. แก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ 2 :193-195.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Bhandari, S. K., S. Li, K. H. Ominski, K. M. Witenberg, and J. C. Plaizier. 2008. Effects of the chop lengths of alfalfa silage and oat silage on feed intake, milk production, feeding behavior, and rumen fermentation of dairy cows. J. Dairy Sci. 91 : 1942-1958.

Extension. n.d. Forage and TMR particle size and effects on rumen fermentation of dairy cattle. available online http : //www.extension.org/pages/11319/forage-and-tmr-particle-size-and-effect-on-rumen-fermentation-of-dairy-cattle.

NRC (National Research Council). (1988). **Nutrients requirements of dairy cattle**. 6th ed. National academy press, Washington, DC. p 157.

Orskov, E. R and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92:499.

Tafaj, M., Q, Zebeli, Ch. Baes, H. Steingass and W. Drochner. 2007. A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. Anim. Feed Sci. Technol. 138 : 137-161.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., and Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fibre and nonstarch polysaccharide in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci**. 74: 3583-3589.

วารสารสัตวศาสตร์แห่งประเทศไทย
Thai Journal of Animal Science

ปีที่ 1 ฉบับพิเศษ 1 • มกราคม-เมษายน 2557

การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติครั้งที่ 3
The 3rd National Animal Science Conference of Thailand, 2014
(NASCoT 2014)

"ปศุสัตว์ไทยไร้พรมแดน"
"Regional livestock beyond the border"

THAI JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE

ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ร่วมกับ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ISSN 2351-0188

จลศาสตร์การผลิตแก๊สจากแหล่งอาหารหยาบสามชนิดในอาหารผสมครบส่วนที่เติมและไม่เติมสารสกัดจากเมล็ดชา

In vitro Ruminal Gas Production Kinetics of Three Roughage Sources in Total Mixed Ration with or without Tea Seed Extracted

ภัทรภร ทัศพงษ์[1/ อมรรัตน์ วันอังคาร[1/] แสงดาว หารปัก[1/] และ รัตนาภรณ์ เทพสวัสดิ์[1/]*

Pattaraporn Tatsapong[1/, Amornrat Wanangkarn[1/], Sangdoaw Hanpok[1/] and Rattanaporn Tapsawad[1/]*

Abstract: This study was conducted to determine the addition of tea seed extracted in total mixed ration (TMR) of three roughage sources on fermentation kinetics and methane production. The experiment was determined according to 3x3 factorial arrangement in completely randomized design (CRD) as factor 1 was roughage source (water spinach straw (WSS), mung bean pods (MBP) and rice straw mixed with mung bean pods (RSMBP)) and factor 2 was level of tea seed extracted (0, 3 and 6% of DM). All feed samples were added with rumen fluid mixed with artificial saliva and incubated in *in vitro* gas fermentation for 72 h. The results showed that the roughage sources had no significant differences ($P>0.05$) for methane, microbial crude protein production (MCP), dry matter degradability (DMD). The addition of tea seed extracted decreased ($P<0.001$) gas production (b), methane, pH, ammonia nitrogen (NH_3-N), in vitro organic matter digestibility (OMD) and short-chain volatile fatty acids (SCFA) with increasing tea seed extracted levels. In conclusion, WSS and MBP as a good of roughage source in TMR and tea seed extracted can be used not more than 3% of feed, its affected on fermentation.

Keywords: Total mixed ration, tea seed extracted, methane production, crop residual

[1/] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

[1/] Faculty of Agriculture, Natural Resource and Environment, Naresuan University

*Corresponding Author, E-mail: puana57@hotmail.com

บทคัดย่อ : ศึกษาผลของการเติมสารสกัดจากเมล็ดชาในอาหารผสมครบส่วนที่มีแหล่งอาหารหยาบต่างกันต่อจลนศาสตร์การหมักย่อยและการผลิตแก๊สมีเทน จัดการทดลองแบบแฟกทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด โดยศึกษา 2 ปัจจัยๆ ละ 3 ระดับ ปัจจัยที่ 1 คือ แหล่งอาหารหยาบในอาหาร 3 ชนิด คือ กากผักบุ้ง เปลือกฝักถั่วเขียว และฟางข้าวผสมกับเปลือกฝักถั่วเขียว ปัจจัยที่ 2 คือ การเติมสารสกัดจากเมล็ดชา 3 ระดับ คือ 0 3 และ 6 (%DM) ทำการหมักบ่มอาหารกับน้ำลายเทียมผสมกับน้ำจากกระเพาะหมักของโคเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่า แหล่งอาหารหยาบไม่มีผลต่อการผลิตจุลินทรีย์โปรตีน แก๊สมีเทน และการย่อยได้วัตถุแห้ง ส่วนการเติมสารสกัดจากเมล็ดชามีผลทำให้การผลิตแก๊ส แอมโมเนียไนโตรเจน แก๊สมีเทน พลังงานใช้ประโยชน์ได้ การย่อยได้อินทรียวัตถุ และกรดไขมันสายสั้นลดลงตามระดับของสารสกัดจากเมล็ดชาที่เพิ่มขึ้น สรุปได้ว่า ฟางผักบุ้งและเปลือกถั่วเขียวเหมาะสมเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนและการเติมสารสกัดจากเมล็ดชาไม่ควรเกิน 3% เพราะอาจมีผลกระทบต่อกระบวนการหมักย่อย

คำสำคัญ: อาหารผสมครบส่วน สารสกัดจากเมล็ดชา แก๊สมีเทน วัสดุเศษเหลือทางการเกษตร

คำนำ

วัสดุเศษเหลือทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ฟางผักบุ้ง ต้นถั่ว เปลือกถั่ว และอื่นๆ สามารถนำมาเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคได้ แต่มีข้อจำกัดคือ วัสดุเหลือทางการเกษตรส่วนใหญ่จะมีคุณภาพต่ำ และในกระบวนการหมักย่อยอาหารคุณภาพต่ำในกระเพาะหมักของโคได้ผลผลิตสุดท้าย เช่น แก๊สมีเทน ซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อสัตว์ และยังเป็นการสูญเสียพลังงาน หรือแอมโมเนียถ้ามากเกินไปอาจเป็นโทษต่อตัวสัตว์ถ้ากำจัดทิ้งไม่ทัน และอาจเป็นสาเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อม เพราะว่ามีเทนอาจส่งเสริมให้เกิดภาวะเรือนกระจก ทำให้โลกร้อนขึ้น ทั้งนี้แก๊สมีเทนในบรรยากาศประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ ถูกปล่อยมาจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งเป็นแหล่งผลิตใหญ่ที่สุด ประมาณปีละ 80-115 ล้านตัน (Hu *et al*., 2005) นอกจากนี้ยังเป็นการสูญเสียพลังงานจากอาหารสัตว์ไปประมาณ 2 -15 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการศึกษาแหล่งของอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนและการเติมสารสกัดจากเมล็ดชาต่อการย่อยสลายได้และการผลิตแก๊สมีเทน เพื่อลดการเกิดและลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนออกสู่บรรยากาศ เป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อตัวสัตว์

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้โคพันธุ์ลูกผสมบราห์มันเพศผู้ เจาะกระเพาะ อายุประมาณ 3 ปี เป็นแหล่งของของเหลวจากกระหมัก จัดการทดลองแบบแฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Factorial in RCD) โดยศึกษา 2 ปัจจัยๆ ละ 3 ระดับ และมี 3 ซ้ำ ปัจจัยแรก คือ แหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วน (30:70) 3 ชนิด คือ ฟางผักบุ้ง เปลือกถั่วเขียวและฟางข้าวผสมเปลือกถั่วเขียว และปัจจัยที่ 2 คือ สารสกัดจากเมล็ดชา 3 ระดับ คือ 0 3 และ 6 (% DM) สารสกัดจากเมล็ดชาเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายโดย อสค. นำตัวอย่างอาหารมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มล. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธีของ AOAC (1990) และวิเคราะห์หาองค์ประกอบของเยื่อใย ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970) ชั่งอาหาร 500 มก. ใส่ในหลอดฉีดยาขนาด 60 มล. เติมน้ำลายเทียม 20 มล. และของเหลวจากกระเพาะหมัก 5 มล. (ตัวอย่างละ 5 หลอด) ปิดด้วยตัวล็อค แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 39°C และวัดการผลิตแก๊สมีเทนตามวิธีของ Fievez *et al*. (2005) ที่เวลา 12 ชั่วโมงแรก (ตัวอย่างละ 2 หลอด) และตัวอย่างอีก 3 หลอด ทำการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ในระบบ in vitro โดยทำการบันทึกผล

ทุก ๆ 2 ชั่วโมงใน 12 ชั่วโมงแรก ต่อมาบันทึกผลทุกๆ 4 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 24 จากนั้นบันทึกผลทุกๆ 6 ชั่วโมงจนถึง 72 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาประมวลหาค่าจลศาสตร์การหมักย่อยตามสมการของ Orskov and McDonald (1979) และวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

ผลการทดลองและวิจารณ์

การผลิตแก๊สจะเพิ่มขึ้นจากการหมักบ่มอาหารผสมครบส่วนที่มีฟางผักบุ้งและเปลือกถั่วเขียวเป็นองค์ประกอบ สารสกัดจากเมล็ดชาทำให้การผลิตลดลงตามระดับของกากชาที่เพิ่มขึ้นในอาหาร (ตารางที่ 1) ส่วนกระบวนการหมักในกระเพาะหมักพบว่าแหล่งอาหารหยาบไม่มีผลต่อการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนแก๊สมีเทน และการย่อยได้วัตถุแห้ง ส่วนการเติมสารสกัดจากเมล็ดชามีผลทำให้การผลิตแก๊ส ความเป็นกรดด่าง แอมโมเนียไนโตรเจน พลังงานใช้ประโยชน์ได้ การย่อยได้อินทรียวัตถุ และกรดไขมันสายสั้นลดลงตามปริมาณของสารสกัดจากเมล็ดชาที่เพิ่มขึ้นในอาหาร (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับรายงานของ Hu *et al.* (2005) สารสกัดจากเมล็ดชาสามารถลดการผลิตมีเทนและแอมโมเนียซึ่งอาจเป็นเพราะการลดจำนวนของโปรโตซัวจากการเติมสารสกัดจากเมล็ดชาในอาหารสัตว์ (Hu *et al.*, 2006) สรุปได้ว่า ฟางผักบุ้งและเปลือกถั่วเขียวเหมาะสมเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วน และการเติมสารสกัดจากเมล็ดชาควรไม่เกิน 3 % เพราะอาจมีผลกระทบต่อกระบวนการหมักย่อยได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ฯ และกองวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนแหล่งทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Fievez, V., O. J. Babayemi and D. Demeyer. 2005. Estimation of direct and indirect gas production in syringes: A tool to estimate short chain fatty acid production that requires minimal laboratory facilities. Animal Feed Science and Technology 123-124(1): 197-210.

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

Hu, W. L., J. X. Liu, J. A. Ye, U. M. Wu and Y. Q. Guo. 2005. Effect of tea saponin on rumen fermentation *in vitro*. Animal Feed Science and Technology 120(3-4): 333-339.

Hu, W. L., J. X. Liu, U. M. Wu, Y. Q. Guo and J. A. Ye. 2006. Effects of tea saponins on in vitro ruminal fermentation and growth performance in growing boer goat. Archives of Animal Nutrition 60(1): 89-97.

Table 1 In vitro gas production parameters and rumen fermentation profile of roughage source in total mixed ration (TMR) with or without tea seed extracted

Items	source of roughage inTMR[1]			tea seed extracted (%)			SEM	*P*-value[4]		
	SS	MBP	RSMBP	0%	3%	6%		S	T	S * T
In vitro gas production parameter[2]										
b	130.3^{a}	124.5^{ab}	121.9^{b}	148.3^{A}	123.2^{B}	105.3^{C}	3.88	**	***	*
c	0.087^{a}	0.082^{ab}	0.078^{b}	0.095^{A}	0.082^{B}	0.071^{C}	0.004	+	+	+
Rumen fermentation profile[3]										
pH	5.51	5.49	5.48	5.58^{A}	5.49^{B}	5.40^{C}	0.03	ns	***	ns
NH_3-N	6.72^{a}	6.45^{ab}	6.11^{b}	6.75^{A}	6.53^{A}	5.99^{B}	0.27	*	***	***
Met	45.50	44.16	43.88	48.63^{A}	45.26^{B}	39.66^{C}	0.86	ns	***	*
DMD	742.4	722.5	715.5	727.9	727.0	725.5	27.96	ns	ns	ns
ME	10.44^{a}	10.30^{ab}	9.88^{b}	10.90^{A}	10.31^{B}	9.41^{C}	0.26	*	***	ns
SCFA	0.47^{a}	0.46^{a}	0.43^{b}	0.49^{A}	0.46^{B}	0.39^{C}	0.01	*	***	ns
PF_{72}	14.81	14.09	14.06	16.12^{A}	13.96^{B}	12.88^{B}	1.09	ns	***	ns
GY_{24}	143.9	143.6	138.3	155.8^{A}	144.3^{A}	125.7^{B}	7.69	ns	***	ns
MCP	508.0	499.7	493.8	526.7	495.7	479.1	29.46	ns	ns	ns

[1] WSS= water spinach straw, MBP= mung bean pods, RSMBP= rice straw mixed with mung bean pods

[2] *b*, asymptotic gas production (mL g^{-1} DM) ; c, rate of gas production (h^{-1})

[3] NH_3-N , ammonia (mg%); Met, methane (mg g^{-1} DM); DMD, dry matter degradability (mg g^{-1} DM); ME, metabolizable energy (MJ kg^{-1} DM); OMD, *in vitro* organic matter degradability (g kg^{-1} OM); SCFA, short chain fatty acids (mmol 200 mg^{-1} DM); PF_{72} , partitioning factor (mg DMD/ml gas); GY_{24}, gas yield at 24 h (mL gas g^{-1} DMD); MCP, microbial crude protein production (mg g^{-1} DM)

[4] ns, non significant; +, significant (*P*<0.06); * , significant (*P* <0.05); ** , significant (*P*<0.01); *** , significant (*P* <0.001)

[abcd] mean within a row in tea seed extracted and source of roughage in TMR within different superscripts are significant different (*P* <0.05)

เลขทะเบียน.....

หนังสือยินยอมการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการบนเว็บไซต์ ฐานข้อมูล NU Digital Repository (http://obj.lib.nu.ac.th/media/) สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตามที่ข้าพเจ้า ดร.ภัทรภร ทัศพงษ์ (ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม) ได้ส่งผลงานทางวิชาการการรายงานการวิจัย (เรื่อง) รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการผลของแหล่งของอาหารหยาบในอาหารผสมครบส่วนและอาหารผสมครบส่วนหมักต่อคุณค่าทางโภชนะและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก

ปีที่พิมพ์ 2557

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานทางวิชาการเป็นลิขสิทธิ์ของข้าพเจ้า ดร.ภัทรภร ทัศพงษ์ เป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ และเพื่อให้ผลงานทางวิชาการของข้าพเจ้าเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและสาธารณชน จึงอนุญาตให้เผยแพร่ผลงาน ดังนี้

- ✓ อนุญาตให้เผยแพร่
- ○ ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ เนื่องจาก.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(ดร.ภัทรภร ทัศพงษ์)

วันที่ 9 พ.ย. 58

หมายเหตุ ลิขสิทธิ์ใดๆ ที่ปรากฏอยู่ในผลงานนี้เป็นความรับผิดชอบของเจ้าของผลงาน ไม่ใช่ของสำนักหอสมุด