

การใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในโคพื้นเมือง

กันยา พลแสน ฉลอง วชิราภากร* จันทิรา วงศ์เนตร และ วรางคณา แตนสีแก้ว

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับกากเอทานอลหมักยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* (yeast-fermented ethanol cassava waste, YEW) ในสูตรอาหารผสมสำเร็จของโคพื้นเมือง โดยใช้โคพื้นเมืองเพศเมียน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 140±5 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 4x4 จัตรัสลาติน มีสูตรอาหารทดลอง คือ กากเอทานอลหมักยีสต์ที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ จากการทดลองพบว่า ระดับกากเอทานอลหมักยีสต์ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารผสมสำเร็จไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ ($P>0.05$) แต่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบอินทรีย์วัตถุ โปรตีนหยาบ เยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง และเยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้มีค่าลดลงแบบเป็นเส้นตรง ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มระดับกากเอทานอลหมักยีสต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน และยูเรียในกระแสเลือดของโคพื้นเมือง ($P>0.05$) นอกจากนี้ ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด กรดโพรพิโอนิกและกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมนไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ในขณะที่ความเข้มข้นของกรดอะซิติกและสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสองจากการเพิ่มระดับกากเอทานอลหมักยีสต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ จากการทดลองสรุปได้ว่ากากเอทานอลหมักยีสต์สามารถใช้ได้ในระดับที่เหมาะสมคือ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ

คำสำคัญ : กากเอทานอลหมักยีสต์ อาหารผสมสำเร็จ และโคพื้นเมือง

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: chal_wch@kku.ac.th

Effect of Yeast-fermented Bio-ethanol Waste on Feed Intake, Digestibility and Rumen Fermentation in Thai Native Cattle

Kanya Phonsean, Chalong Wachirapakorn^{*}, Chantira Wongnen
and Warangkana Daenseekaew

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

Abstract

The purpose of this study was to determine level of bio-ethanol waste fermented with *Saccharomyces cerevisiae* (yeast-fermented bio-ethanol waste, YEW) in total mixed ration (TMR) for Thai native cattle. Four female Thai native cattle with 140 ± 5 kg initial body weight were randomly allotted according to a 4x4 Latin Square Design. Four dietary treatments were TMR containing YEW at 0, 10, 20 and 30%. The results showed that increasing levels of YEW in TMR were not affected feed intake ($P>0.05$), but digestion coefficients of DM, OM, CP, NDF and ADF were linearly decreased ($P<0.05$). Moreover, metabolizable energy of TMR was linearly decreased as YEW was increased ($P<0.01$). Furthermore, levels of YEW in TMR were not affected ruminal pH, ruminal $\text{NH}_3\text{-N}$ and blood urea nitrogen of Thai native cattle ($P>0.05$). However, it was found that total volatile fatty acids, propionic acid and butyric acid were no significant different by increasing YEW level ($P>0.05$), but acetic acid and acetic: propionic acid ratio were cubically increased by increasing level of YEW in TMR. In conclusion, this experiment indicated that optimum level of YEW used in TMR for Thai native cattle was 10%.

Keywords : Yeast-fermented ethanol waste, TMR and Thai Native Cattle

^{*} Corresponding author: E-mail: chal_wch@kku.ac.th

ปัจจุบันเกษตรกรได้เน้นถึงการให้อาหารสัตว์ที่ถูกต้องตรงกับความต้องการของสัตว์ ทั้งจากการให้อาหารหยาบและอาหารข้นอย่างมีประสิทธิภาพสามารถนำไปสู่การให้ผลผลิตสูงสุด (ฉลอง, 2541) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญมีอยู่หลายประการ โดยฉลองและคณะ (2540) รายงานว่าปัจจัยที่ควรคำนึงถึงเป็นอันดับแรกคือ ปัจจัยทางด้านอาหารและวิธีการให้อาหาร ซึ่งต้นทุนการผลิตสัตว์ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้นทุนในด้านอาหารสัตว์ นอกจากนี้ ประเทศไทยมีภูมิประเทศตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นจึงทำให้มีข้อจำกัดทางด้าน ชนิด แหล่งและปริมาณอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง วัตถุประสงค์อาหารสัตว์ขาดแคลนและมีคุณภาพต่ำผันแปรตามฤดูกาล การนำใช้ประโยชน์วัตถุประสงค์อาหารสัตว์จากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตรเป็นแหล่งโปรตีนและเยื่อใยมีเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตรยังมีค่าความสามารถในการย่อยได้และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้อยู่ในเกณฑ์ดี (พีรพจน์ และกฤตพล, 2550) ดังนั้นการพัฒนาทางด้านอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องจากสิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตรมาเป็นวัตถุประสงค์อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงควรได้รับการศึกษาวิจัยจากนักโภชนาการศาสตร์สัตว์มากขึ้น

จากสถานการณ์ความต้องการพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทำให้หลายประเทศให้ความสำคัญและได้มีความพยายามหาแหล่งพลังงานใหม่ๆ เข้ามา เพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนในอนาคต เช่น เอทานอล (ethanol) การผลิตเอทานอลภายในประเทศไทยมีการใช้วัตถุดิบหลักคือ มันสำปะหลัง โดยกำลังการผลิตเอทานอลในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2555 เท่ากับ 1.4 ล้านลิตรต่อวัน และจะเพิ่มขึ้นเป็น 6.2 ล้านลิตรต่อวัน ในปี พ.ศ. 2559 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) ในแต่ละวัน โรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังมีสิ่งเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตได้กากเอทานอล (bio-ethanol waste) ในปริมาณ 100-200 ตันต่อวัน (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร, 2549) ซึ่งอาจเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในการกำจัดกากเอทานอล วราพันธ์ และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของกากเอทานอล พบว่ามีโปรตีน 6.8 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ 31.5 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.9 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 17.0 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ฉลอง และคณะ

(2559) ได้ศึกษาการใช้กากเอทานอลในสูตรอาหารโคนมพบว่า สามารถใช้กากเอทานอลได้เพียง 10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ (total mixed ration, TMR) ซึ่งการนำกากเอทานอลมาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ยังมีข้อจำกัด จึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพของกากเอทานอลให้เหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ วราภรณ์และฉลอง (2557) ได้ศึกษาการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของกากเอทานอล โดยการหมักกากเอทานอลด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นเวลา 5 วัน สามารถเพิ่มโปรตีนในกากเอทานอลสูงที่สุดที่ 25.5 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของกากเอทานอล

วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อศึกษาระดับการใช้กากเอทานอลหมักด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* ในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนาและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในโคพื้นเมือง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สัตว์ทดลองและการให้อาหารทดลอง

ใช้โคพื้นเมืองเพศเมีย อายุเฉลี่ย 2 ปี น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 140 ± 5 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว ก่อนการทดลองทำการชั่งน้ำหนัก ถ่ายพยาธิ และฉีดวิตามิน เอ ดี อี หลังจากนั้นสุ่มโคทดลองแต่ละตัวเข้าคอกขังเดี่ยวขนาด 2×4 เมตร ในแต่ละคอกจัดให้มีรางอาหารและรางน้ำแยกเฉพาะตัว มีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา โคทดลองแต่ละตัวได้รับอาหารทดลองอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) โดยแบ่งให้อาหาร 2 เวลา คือ ในตอนเช้าเวลา 7.00 นาฬิกา และตอนบ่ายเวลา 16.00 นาฬิกา ชั่งน้ำหนักอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือในแต่ละวัน โดยปรับปริมาณอาหารที่ให้ให้มีอาหารเหลือในรางอาหาร 10 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละวัน มีน้ำสะอาดและแร่ธาตุก้อนให้กินอย่างเพียงพอตลอดเวลา

2. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 4×4 จตุรัสลาติน (Latin square design) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ช่วงเวลาการทดลอง ช่วงเวลาการทดลองละ 21 วัน โดยใช้เวลาปรับเปลี่ยนแต่ละช่วงทดลอง 5 วัน และมีช่วงเวลาปรับสัตว์ให้ได้รับอาหารทดลองก่อนทำการทดลองเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 14 วัน ช่วงเก็บตัวอย่าง 7 วันสุดท้าย

3. สูตรอาหารทดลอง

กากเอทานอลหมักยีสต์ (yeast-fermented bio-ethanol waste, YEW) โดยนำกากเอทานอลแห้งจำนวน 1 กิโลกรัม ใส่ลงในถังหมัก ทำการเติมเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* 50 มิลลิลิตร ที่ระดับความเข้มข้น 1×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร เสริมด้วยยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์, กากน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์, แป้งมันสำปะหลัง 2 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายแร่ธาตุ ($MgSO_4 \cdot 2H_2O$ 7 กรัม และ H_2PO_4 13 กรัม) เพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนและพลังงานให้กับยีสต์ หลังจากนั้นทำการผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ปรับความชื้นด้วยการเติมน้ำ 800

มิลลิลิตร ใช้ผ้าชุบแอลกอฮอล์คลุมปากถังแล้วปิดฝาดังให้แน่นหมักเป็นเวลา 5 วัน (วารจณา และฉลอง, 2557) หลังจากนั้นนำมาประกอบสูตรอาหารผสมสำเร็จทั้งหมด 4 สูตร ที่มีระดับกากเอทานอลหมักยีสต์ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสัดส่วนระหว่างอาหารหยาบต่ออาหารข้น 30:70 มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ ในสูตรอาหารที่ใช้ทดลองปรับให้มีระดับโปรตีนหยาบ 14 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 2.4 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (NRC, 2000) สำหรับส่วนประกอบของสูตรอาหารผสมสำเร็จในการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง

Feed ingredients (%)	YEW level, % of TMR			
	0	10	20	30
Rice straw	30.0	30.0	30.0	30.0
YEW	0.0	10.0	20.0	30.0
Cassava chip	20.0	20.0	18.0	16.0
Rice bran	12.0	9.0	9.0	8.0
Palm meal	4.0	4.0	4.0	3.5
Soybean meal	20.0	14.0	6.0	0.0
Urea	0.5	0.5	0.5	1.0
Oils	4.0	4.0	4.0	4.0
Molasses	5.0	5.0	5.0	5.0
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5
Dicalcium phosphate	1.0	0.5	0.5	0.5
Sodium bicarbonate	1.5	1.5	1.5	0.5
Sulfur	0.5	0.5	0.5	0.5
Premix	1.0	0.5	0.5	0.5

หมายเหตุ: YEW = yeast-fermented bio-ethanol waste

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ในการทดลอง

Feed composition (% DM)	YEW level, % of TMR				YEW	Rice straw
	0	10	20	30		
Dry matter (DM)	97.7	97.3	97.5	97.8	61.5	90.3
Organic matter (OM)	86.9	86.7	86.3	86.4	83.0	86.2
Ash	13.1	13.3	13.8	13.6	17.0	13.8
Crude protein (CP)	14.7	14.5	14.3	15.0	25.5	2.9
Ether extract (EE)	6.7	6.8	6.7	7.1	1.6	1.0
Neutral detergent fiber (NDF)	51.0	51.8	53.2	54.2	57.6	80.2
Acid detergent fiber (ADF)	30.0	31.6	32.2	33.1	49.7	56.4

หมายเหตุ: YEW = yeast-fermented bio-ethanol waste

3. การเก็บข้อมูล

บันทึกน้ำหนักอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือในแต่ละวันเพื่อคำนวณปริมาณการกินได้ในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน (kg/d), เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว (%BW) และกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว^{0.75} (g/kgW^{0.75})

ชั่งน้ำหนักโคทดลองสองครั้ง คือ ครั้งแรกในวันที่ 14 และครั้งที่สองในวันที่ 21 ณ เวลาเดียวกันของแต่ละช่วงเวลาการทดลอง เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารทุกสัปดาห์ และสุ่มเก็บตัวอย่างมูลของโคทดลองทุกตัวในช่วงวันที่ 17-21 ของช่วงการทดลอง เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโภชนะในอาหารและมูล ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM) เถ้า (ash) โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) และไขมัน (ether extract, EE) ตามวิธีของ AOAC (1985) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970) และวิเคราะห์เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA) ตามวิธีของ Van Keulen and Young (1977) เพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ตามวิธีของ Schneider and Flatt (1975)

เก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมนในวันสุดท้ายของช่วงการทดลอง โดยใช้ stomach tube สอดผ่านหลอดอาหาร ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH₃-N) ตามวิธีของ Bremner and Keeney (1965) และกรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acids, VFAs) ได้แก่ กรดอะซิติก (C₂) กรดโพรพิโอนิก (C₃) และกรดบิวทิริก (C₄) โดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) model Water 600 ; UV Detector (Millipore Corp) นอกจากนี้ทำการเก็บตัวอย่างเลือดที่เส้นเลือดดำบริเวณคอ (jugular vein) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณยูเรียในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN) ตามวิธีของ Crocker (1967)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้ออกจากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 4x4 จัดรูปร่างโดย Proc GLM

ปีที่ 13 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2559

(SAS, 2002) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และเปรียบเทียบแบบ Orthogonal Polynomial ตามวิธีของ Steel and Torrie (1980)

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีกากเอทานอลหมักยีสต์ในระดับต่างๆ และฟางข้าว ดังแสดงในตารางที่ 2 สูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ในการทดลองมีค่าโภชนะในระดับที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้จากการหมักกากเอทานอลด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* พบว่ามีโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 10.3 เป็น 25.5 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองนี้กากเอทานอลหมักยีสต์มีค่าโปรตีนเพิ่มขึ้น 61.49-76.82 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ กากเอทานอลหมักยีสต์ มีโปรตีนแท้ในสัดส่วน 94.1 เปอร์เซ็นต์ และไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนในสัดส่วน 5.9 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับ Kaewwongsa *et al.* (2011) ที่หมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ร่วมกับยูเรีย 10 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 1.3 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 5 วัน มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 26.4 เปอร์เซ็นต์ มีสัดส่วนโปรตีนแท้ 94.6 เปอร์เซ็นต์ และไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนในสัดส่วน 5.4 เปอร์เซ็นต์

2. ปริมาณการกินได้อย่างอิสระ

จากผลการทดลอง พบว่า การใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักโคทดลอง ($P>0.05$) แต่น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงในสูตรอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีค่าเท่ากับ 0.7, 0.6, 0.5 และ 0.6 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จในโคพื้นเมือง โดยทำให้โคพื้นเมืองมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3) แต่อย่างไรก็ตามศุภกิจ (2556) ได้ศึกษาผลของการใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จในโคนม ที่ระดับ 0, 25, 35 และ 45 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ในระดับที่สูงขึ้นทำให้โคนมมีน้ำหนักตัวลดต่ำลง

การใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 สูตร ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระใน

หน่วยกิโลกรัมวัตถุแห้งต่อวันเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวของโคทดลอง และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว^{0.75} และปริมาณการกินได้ของโภชนะ (P>0.05) (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับการรายงานของศุภทรานี (2556) ที่ศึกษาจากมันจากอุตสาหกรรมการผลิตกรดซิตริกหมักเอนไซม์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จในโคเนื้อ พบว่า มีปริมาณการกินได้ระหว่าง 3.01-4.50 และ 2.31-3.01 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อวัน และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ของโคในหน่วยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวและกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว^{0.75} มีค่าเพิ่มขึ้นจากการเสริมกากเอทานอลหมักยีสต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ อาจเนื่องจากสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีการเพิ่มระดับกากเอทานอลหมักยีสต์มีค่าของเยื่อใย NDF เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อปริมาณ

พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากอาหารมีความฟามและความเข้มข้นของพลังงานต่ำ สอดคล้องกับการรายงานของฉลอง (2541) ที่กล่าวว่าอาหารที่มีพลังงานน้อยสัตว์จะกินได้มากกว่าอาหารที่มีพลังงานมาก โดยความฟามของสูตรอาหารที่เสริมกากเอทานอลหมักยีสต์ เป็นผลจากการมีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสปริมาณมากในอาหาร ส่งผลให้อาหารอยู่ในกระเพาะรูเมนนานขึ้น (เมธา, 2533) เช่นเดียวกับรายงานของ ศุภกิจ (2556) ที่รายงานว่าเมื่อโคได้รับอาหารที่มีเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางในปริมาณสูงจะส่งผลให้อาหารมีความฟามมากขึ้น และอาหารมีระยะเวลาหมักในกระเพาะรูเมนนานขึ้น (สุภาพร, 2549; อานนท์, 2551)

ตารางที่ 3 ผลของการใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ *S. cerevisiae* ในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวและปริมาณการกินได้ในโคพื้นเมือง

รายการ	YEW level, % of TMR				SEM	P-value	Contrast ¹		
	0	10	20	30			L	Q	C
Initial BW	163.2	162.4	164.1	161.2					
BW change (kg/d)	0.7	0.6	0.5	0.6	0.14	0.75	0.56	0.61	0.96
Feed intake									
kg/d	4.5	4.4	4.4	4.5	0.13	0.93	0.68	0.65	0.99
%BW	2.7	2.7	2.7	2.8	0.08	0.89	0.83	0.52	0.75
g/kg ^{0.75}	96.4	96.4	96.7	99.2	3.40	0.78	0.79	0.39	0.71
Nutrient intake									
(kg/d)									
OM	4.0	3.9	3.8	3.9	0.12	0.89	0.57	0.63	0.91
CP	0.7	0.6	0.6	0.7	0.01	0.21	0.93	0.06	0.47
EE	2.3	2.3	2.4	2.4	0.07	0.69	0.32	0.59	0.89
NDF	1.4	1.4	1.4	1.5	0.05	0.52	0.17	0.91	0.84
ADF	0.3	0.3	0.3	0.3	0.01	0.43	0.26	0.27	0.69

หมายเหตุ: ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

¹ เปรียบเทียบระดับอิทธิพลของระดับกากเอทานอลหมักยีสต์ *S. cerevisiae* ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ;

YEW = yeast-fermented bio-ethanol waste

L= เส้นตรง, Q= เส้นโค้งกำลังสอง, C= เส้นโค้งกำลังสาม

3. สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

สูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีระดับของกากเอทานอลหมักยีสต์แตกต่างกัน ทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนหยาบ เยื่อใยที่ละลายในฟอกที่เป็นกลาง และเยื่อใยที่ละลายในฟอกที่เป็นกรดแตกต่างกัน

ทางสถิติ (P<0.05) แต่ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 4) อย่างไรก็ตาม ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนหยาบ ไขมัน และเยื่อใยที่ละลายในฟอกที่เป็นกลาง และเยื่อใยที่ละลายในฟอกที่เป็นกรดมีค่าลดลง

แบบเป็นเส้นตรง (Linear, $P < 0.01$) ตามระดับของกากเอทานอลหมักยีสต์ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ในระดับ 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบอินทรีย์วัตถุ และโปรตีนหยาบ ไม่แตกต่างกัน แต่สูงกว่าในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ในระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกากเอทานอลหมักยีสต์มีระดับของเยื่อใยที่ละลายในฟอกที่เป็นกลาง และเยื่อใยที่ละลายในฟอกที่เป็นกรดค่อนข้างสูง เมื่อการใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ในระดับที่เพิ่มขึ้น (สุภาพร, 2549; Ruiz *et al.*, 1995)

การใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (microbial crude protein, MCP) ลดลงจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกากเอทานอลหมักยีสต์มีระดับโปรตีนที่สูง เมื่อนำมาใช้ในสูตรอาหารผสมสำเร็จในระดับเพิ่มขึ้น ส่งผลลดประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะลง เป็นผลให้โคได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนลดลง อีกทั้งยังพบว่าโคพื้นเมืองที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จมีระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้มีความแตกต่างกันและมีแนวโน้มลดลงแบบเป็นเส้นตรง (Linear, $P < 0.01$) จากการเพิ่มระดับการเสริมกากเอทานอลหมักยีสต์

4. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองที่ได้รับสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีระดับกากเอทานอลหมักยีสต์แตกต่างกัน มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับศุภกิจ (2556) ศึกษาการใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จในโครีดนม พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของโคนมหลังให้อาหารไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารอยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือ 6.0-7.0 ซึ่งเหมาะกับการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (เมธา, 2533; Van Soest, 1983) การให้อาหารแบบสูตรอาหารผสมสำเร็จสามารถช่วยรักษาความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนให้คงที่หรือมีความผันแปรของความเป็นกรด-ด่างภายในกระเพาะรูเมนน้อยกว่าการให้อาหาร

แบบแยกให้ ส่งผลให้การทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนดีกว่า (Ørskov, 1994; Moat and Foster, 1995) ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมนในโคมีค่าสูงขึ้นตามระดับของกากเอทานอลหมักยีสต์ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (7.0, 6.9, 7.0 และ 7.0 ตามลำดับ) สอดคล้องกับ Brossard *et al.* (2004) กล่าวว่าระดับของค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของสัตว์ที่ได้รับการเสริมยีสต์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสัตว์ที่ไม่ได้รับการเสริมยีสต์

5. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$)

ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (20.6, 20.8, 21.7 และ 21.9 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) มีค่าสูงขึ้นจากการเพิ่มระดับกากเอทานอลหมักยีสต์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 5) อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ได้จากงานทดลองนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 5.0-25.0 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ สูงกว่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้มีการผลิตมวลของจุลินทรีย์ได้ผลดีจากสสารที่มีอยู่ (ฉลอง, 2541) สอดคล้องกับ Satter and Slyter (1974) ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ พบว่าจุลินทรีย์มีความต้องการแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจากของเหลวในกระเพาะรูเมน เพื่อการเจริญเติบโตประมาณ 5-8 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์เท่านั้น แต่ในตัวสัตว์มีความต้องการแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวในกระเพาะรูเมนเพิ่มเป็น 15 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Song and Kennelly, 1990; Wanapat (2000) และเมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจากของเหลวในกระเพาะรูเมนสูงถึง 23.8 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ทำให้มีการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงสุด (Preston and Leng, 1984)

6. ยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN)

ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดมีค่าเท่ากับ 19.08, 15.25, 15.42 และ 16.00 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับการรายงานของเมธา (2533) ที่กล่าวถึงระดับของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดว่าในสัตว์เคี้ยวเอื้องควรมีอยู่ที่ระดับ 6.3-25.5 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ การให้สูตรอาหารผสมสำเร็จมีผลทำให้ค่ายูเรียในกระแสเลือดไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากสัตว์

ได้รับโปรตีนหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ความเข้มข้นของระดับยูเรียในกระแสเลือดยังมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับระดับแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน (Broderick and Clayton, 1997; Hof *et al.*, 1997) และหากค่ายูเรียในกระแสเลือดที่สูงมากเกินไป บ่งบอกถึงการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนในอาหารของโคนมนั้นไม่มีประสิทธิภาพ (Nousiainen *et al.*, 2004)

7. ปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA)

ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดในโคพื้นเมืองที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 103.3, 101.0, 101.3 และ 101.5 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลเนื่องจากปริมาณโภชนาที่กินได้ย่อยได้ไม่แตกต่างกันในแต่ละสูตรอาหารทดลอง (ตารางที่ 4) อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองนี้ไม่สอดคล้องกับ ศุภกิจ (2556) ที่ศึกษาการใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ในระดับ 0, 25, 35 และ 45 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารสูตรผสมสำเร็จโครตินม พบว่า กรดไขมันที่ระเหยได้รวมหลังการให้อาหารมีค่าลดลงจากการเพิ่มระดับกากเอทานอลหมักยีสต์ในสูตรอาหาร อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดของงานทดลองมีค่าอยู่ในช่วงปกติของกรดไขมันที่ระเหยได้ที่เกิดจากการย่อยอาหารในกระเพาะรูเมนมีค่าเท่ากับ 96.3–104.0 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับ ฉลอง (2541) ที่กล่าวว่าโคมีการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 80.0–150.0 มิลลิโมลต่อลิตร โดยผลิตสูงสุดในชั่วโมงที่ 2-4 หลังการให้อาหาร

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ พบว่า กรดโพรพิโอนิกและกรดบิวทีริกไม่มีความแตกต่างกัน แต่กรดอะซิติก ($P=0.04$) และสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก ($P=0.01$) มีแนวโน้มแบบเส้นโค้งกำลังสาม เนื่องจากว่าปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยได้และสัดส่วนของกรดไขมันที่ระเหยได้จะเปลี่ยนแปลงไปตามการให้อาหาร สัดส่วนของอาหาร ปริมาณเยื่อใย ขนาดของควายาวของเยื่อใยและระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายง่ายในกระเพาะรูเมน (อานนท์, 2551) ซึ่งจากการทดลองนี้การเสริมกากเอทานอลหมักยีสต์ส่งผลเพิ่มปริมาณการกินได้ โดยเฉพาะการกินได้ของเยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางเนื่องจากกากเอทานอลหมักยีสต์มีเยื่อใยสูง

โดยผลผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้หลักจากการย่อยเยื่อใยในกระเพาะรูเมน คือ กรดอะซิติก (ฉลอง, 2541) จึงส่งผลให้ความเข้มข้นของกรดอะซิติกและสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มระดับการเสริมกากเอทานอลหมักยีสต์ในสูตรอาหารทดลอง

นอกจากนี้ จากการทดลองครั้งนี้พบว่ากรดอะซิติกมีสัดส่วนที่ต่ำ ส่วนกรดโพรพิโอนิกและกรดบิวทีริก มีสัดส่วนที่สูงกว่าปกติ ทั้งนี้อาจเป็นผลจากอาหารทดลองมีสัดส่วนของอาหารชั้นต่ออาหารหยาบสูงคือ 70:30 ซึ่งสัดส่วนของอาหารชั้นต่ออาหารหยาบที่สูงจะทำให้มีการผลิตกรดอะซิติกน้อย แต่การผลิตกรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกสูง และส่งผลทำให้มีสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกต่ำ สอดคล้องกับ Ishler *et al.* (1996) ที่รายงานว่า การเพิ่มสัดส่วนของอาหารชั้นต่ออาหารหยาบจาก 50:50 เป็น 80:20 จะพบว่าสัดส่วนของกรดอะซิติกจะลดลง ส่วนกรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกจะสูงขึ้นตามสัดส่วนของอาหารชั้นต่ออาหารหยาบ (65.3:18.4:10.4 เป็น 53.6:30.6:10.7 ตามลำดับ)

สรุปผลการศึกษา

กากเอทานอลหมักยีสต์ *S. cerevisiae* มีระดับโปรตีนที่สูง (25.5 เปอร์เซ็นต์) สามารถใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีนในสูตรอาหารผสมสำเร็จของโคเนื้อพื้นเมืองได้ พื้นเมือง โดยระดับการเสริมกากเอทานอลหมักยีสต์ *S. cerevisiae* ที่เหมาะสมในสูตรอาหารผสมสำเร็จคือ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ ค่าพลังงาน และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมือง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบคุณกลุ่มวิจัยเพื่อการพัฒนากระบวนการผลิตไฮโดรเจนจากวัตถุดิบมวลชีวภาพ โดยจุลินทรีย์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ซึ่งได้ให้ความอนุเคราะห์สารเคมีและเครื่องมือในการวิเคราะห์ และขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 5 แสดงผลของการใช้กากเอทานอลหมักยีสต์ *S. cerevisiae* ในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมน, แอมโมเนียไนโตรเจน (NH₃-N), ยูเรีย-ไนโตรเจน (BUN) และกรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA)

Items	YEW level, % of TMR				SEM	P-value	Contrast ¹		
	0	10	20	30			L	Q	C
Ruminal pH	7.0	6.9	7.0	7.0	0.10	0.59	0.38	0.79	0.95
NH ₃ -N, mg%	20.6	20.8	21.7	21.9	0.80	0.16	0.13	0.28	0.26
BUN, mg%	19.1	15.3	15.4	16.0	1.02	0.90	0.08	0.06	0.46
Total VFA, mmol/L	103.3	101.0	101.3	101.5	1.50	0.71	0.47	0.43	0.70
Acetic acid, mol/100 mol	54.2	53.0	55.1	54.5	0.53	0.11	0.24	0.60	0.04
Propionic acid, mol/100 mol	28.1	29.2	27.4	27.6	0.68	0.35	0.50	0.65	0.12
Butyric acid, mol/100 mol	17.7	17.7	17.5	17.6	0.28	0.89	0.55	0.90	0.67
Acetic acid : propionic acid ratio	1.7 ^b	1.8 ^b	2.0 ^a	2.0 ^a	0.05	0.05	0.24	0.57	0.01

หมายเหตุ: ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

¹ เปรียบเทียบระดับอิทธิพลของระดับกากเอทานอลหมักยีสต์ *S. cerevisiae* ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ;

L= เส้นตรง, Q= เส้นโค้งกำลังสอง, C= เส้นโค้งกำลังสาม

YEW = yeast-fermented bio-ethanol waste

เอกสารอ้างอิง

- ฉลอง วชิราภกร, เทิดศักดิ์ ประมวงคล และวุฒิกกร สีเผือก. 2540. อาหารที่เอ็มอาร์ (Total Mixed Ration, TMR) หรืออาหารสมบูรณ์ (Complete Ration, CR) สำหรับโคนม. วารสารโคนม.5: 53-63.
- ฉลอง วชิราภกร, จันทิรา วงศ์เนตร, อนุสรณ์ เข็ดทอง และกันยา พลแสน. 2559. ผลของกากเอทานอลแห้งในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโคให้นม. วารสารเกษตร. 32:247-259.
- ฉลอง วชิราภกร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- พีรพจน์ นิตพิจน์ และ กฤตพล สมมาตย์. 2550. การประเมินคุณค่าทางโภชนะวัตถุบอาหารหยาบและแหล่งเยื่อใยที่ไม่ใช่ อาหารสัตว์ในหลอดทดลองการผลิตแก๊ส. แก่นเกษตร. 35: 397-409.
- เมธา วรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟันนี้พลับลิชชิง: กรุงเทพฯ.
- วรางคณา แคนสีแก้ว และฉลอง วชิราภกร. 2557. ผลของการใช้กากเอทานอลหมักด้วยยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) และเชื้อรา (*Aspergillus niger*) ในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อการย่อยได้และเจลาตินพลาสติกส์ของการผลิตแก๊ส. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วราพันธ์ จินตณวิชัย, สุภัญญา จัดตุพรพงษ์ และอุทัย คันโธ. 2551. การศึกษาองค์ประกอบเศษเหลือจากการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์และเป็นปุ๋ยสำหรับพืช. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวจากกลิจเพื่อการค้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

- ศุภกิจ สุนาโท. 2556. ผลการใช้กากเอทานอลจากมันสำปะหลังหมักยีสต์ต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการให้ผลผลิตของโคนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศุภทรานี ชาญเวช. 2556. ผลของสิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตกรดซิตริกหมักเอนไซม์ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และกระบวนการหมักในโคเนื้อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุภาพร แซ่เตียว. 2549. ผลของระดับความเคดแห้งที่ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ การให้ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโครีดนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อานนท์ ประเสริฐกั้ง. 2551. ผลของการเสริมน้ำตาลและขนาดชิ้นอาหารหยาบต่อการลดความเครียดและการให้ผลผลิตของโคนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
- AOAC. 1985. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
- Agricultural Research Council 1984. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock, Suppl. 1. (HMSO, London).
- Bremner, J.M. and Keeney, D.R. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Anal Chem. Acta*.32: 485-492.
- Broderick, G.A. and Clayton, M.K. 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.* 80: 2964-2971.
- Brossard, L., Martin, C., Chaucheyras-Durand, F. and Michalet-Doreau, B. 2004. Protozoa involved in butyric rather than lactic fermentative pattern during latent acidosis in sheep. *Reprod. Nutr. Dev.* 44: 195-206.
- Crocker, C.L. 1967. Rapid determination of urea-nitrogen in serum or plasma without deproteinization. *Amer. J. Med. Tech.* 33: 361-372.
- Goering, H. K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagent, Procedures and some Application). *Agric. Handbook*. Washiton, D. C. No. 397.
- Hof, G., Vervoorn, M.D., Lenaers, P.J., and Tamminga, S. 1997. Milk urea nitrogen as a tool to monitor protein nutrition of dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 80: 3333-3340.
- Ishler, V., Heinrichs, A.J. and Varga, G. 1996. From feed to milk: Understanding rumen function. The Pennsylvania State University Extension Circular 422.
- Kaewwongsa, W., Traiyakun, S., Yuangklang, C., Wachirapakorn, C. and Paengkoum, P. 2011. Protein enrichment of cassava pulp fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Anim. Vet. Adv.* 10: 2434-2440.
- Kearl, L.C. 1982. Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. International feedstuff Institute, Utah Agri. Exp. Sta., Utah State University, Logan.
- Moat, A.G. and Foster, J.W. 1995. *Microbial Physiology*. Wiley-Liss Publisher. New York, USA. 580 pp.
- Nousiainen, J., Shingfield, K.J. and Huntanen, P. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as diagnostic of protein feeding. *J. Dairy Sci.* 87: 386-395.

- NRC. 2000. Nutrient Requirement of Beef Cattle. 7th Ed. National Research Council/National Academy Press, Washington, DC, USA.
- Ørskov, E.R. 1994. Recent advances in understanding of microbial transformation in ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 39: 53-60.
- Preston, T.R., and Leng, R.A. 1984. Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Sub-tropics. Penambul Book, Armidale, Australia.
- Ruiz, T.M., Bernal, E. and Staples, C.R. 1995. Effect of dietary neutral detergent fiber concentration and forage source on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 78: 305-319.
- SAS. 2002. User's Guide: Statistic, Version 9.1. Ed. 2002. SAS. Inst Cary, NC.
- Satter, L.D. and Slyter, R.E. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vivo. *Brit. J. Nutr.* 32:199-208.
- Schneider, B.H. and Flatt, W.P. 1975. The evaluation of feeding through digestibility experiments. p. 169 Univ. Georgia Press, Athens.
- Song, M.K. and Kennelly, J.J. 1990. Ruminal fermentation pattern, bacterial population and ruminal degradation of feed ingredients as influenced by ruminal ammonia concentration. *J. Anim. Sci.* 68: 1110-1120.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. Principles and Procedure of Statistics. McGraw Hill Book Co., New York.
- Van Keulen, J. and Young, B.A. 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a neutral marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.* 44: 282-292.
- Van Soest, P.J. 1983. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd. U.S.A.: Your Town Press
- bat, M. 2000. Rumen manipulation to increase the efficient use of local feed resources and productivity of ruminants in the tropics. *Asian-Aust. J. Anim.Sci.* 13: 59-67.