ผลของการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท ทดแทนอาหารข้นต่อประสิทธิภาพกระบวนการหมักในกระเพาะหมักและการเจริญเติบโตในโคพื้นเมือง

Effects of Supplementing Yeast - Malate Fermented Cassava as a Replacement Concentrate on Rumen Fermentation Efficiency and Growth in Native Cattle

สิทธิศักดิ์ คำผา[1] พละ เชาวรัตน์[1] รังสรรค์ สิงหเลิศ[2] และเมธา วรรณพัฒน์[3]
1.คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2. คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
3. ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรอาหารสัตว์เขตร้อน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Sittisak Khampa[1], Pala Chawarat[1], Rungson Singhalert[2] and Metha Wanapat[3]
1.Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University
2.Faculty of Humanities and Social Sciences, Rajabhat Maha Sarakham University
3.Tropical Feed Resources Research and Development Center (TROFREC), Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท ทดแทนอาหารข้นต่อประสิทธิภาพกระบวนการหมักในกระเพาะหมักและการเจริญเติบโตในโคพื้นเมือง การทดลองครั้งนี้ใช้โคพื้นเมืองเพศผู้ อายุ 1 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 200 ± 10 กิโลกรัม จำนวน 10 ตัว เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากรสองกลุ่ม โดยทรีทเมนต์ที่ทดสอบได้แก่ ทรีทเมนต์ที่ 1: เสริมอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และทรีทเมนต์ที่ 2: เสริมมันสำปะหลัง หมักยีสต์-มาเลท ปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากรทั้งสองกลุ่มด้วยวิธี T-test โดยสัตว์ทดลองทุกตัวได้รับฟางข้าวกินเต็มที่และถูกเลี้ยงขังในคอกเดี่ยวมีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา ผลการทดลองพบว่ากลุ่มโคเนื้อที่ได้รับการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลททดแทน อาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์มีผลต่อความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของของเหลวในกระเพาะหมักและยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณการกินได้อิสระไม่แตกต่างกัน ในขณะที่อัตราการเจริญเติบโตของโคเนื้อที่ได้รับการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลทมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในกลุ่มโคที่ได้รับการเสริมอาหารข้น

โปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ (P<0.05) (235 และ 203 กรัม/วัน ตามลำดับ) และสามารถเพิ่มจำนวนซูโอสปอร์ของราและประชากรของแบคทีเรียในกระเพาะหมักได้สูงขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ประชากรของโปรโตซัวลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังนั้นจากการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่ามันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลทสามารถทดแทนอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์และเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักในกระเพาะหมักเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตตลอดจนช่วยลดต้นทุนการผลิตด้านอาหารในโคพื้นเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ *มันสำปะหลัง ยีสต์ มาเลท อาหารข้น โคพื้นเมือง*

Abstract

The objective of this study was to determine the influence of supplementing yeast-malate fermenting cassava as a replacement for concentrate on rumen fermentation efficiency and growth in native cattle. Ten, one year old male native cattles with initial body weight of 200 ± 10 kg were randomly divided into two groups and received concentrate 14 %CP (1% BW) + *ad libitum* rice straw as the roughage (T1); yeast-malate fermented cassava chip (YMFCC) at 1 %BW + *ad libitum* rice straw as the roughage (T2). Means were compared using T-test. All animals were kept in individual pens and received free access to water. The results have revealed that replacement of YMFCC was significantly (P<0.05) affected ruminal pH, ammonia-nitrogen and blood urea nitrogen concentration in cattle. However, feed intake was not significantly different (P>0.05), while average daily gain (ADG) was higher in cattle fed YMFCC (T2) treatments than those cattle fed 14 %CP concentrates (T1) (235 vs 203 g/d, respectively). In addition, supplementing YMFCC (T2) could improve bacteria population and fungal zoospore. Furthermore, *Holotrich* and *Entodiniomorph* protozoa populations were decreased significantly (P<0.05). The results indicate that supplementation of yeast-malate fermented cassava as a replacement for 14 %CP concentrate could improve rumen fermentation efficiency and growth as well as reduce cost of production in native cattle.

Key words: *cassava, saccharomyces cerevisae, malate, concentrate, native cattle*

บทนำ

ปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการสร้างเศรษฐกิจพอเพียงแก่ชุมชนและเกษตรกรทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรผู้เลี้ยงโคและกระบือในประเทศไทย ซึ่งควรได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนตลอดจนการให้ความรู้ในการนำวัตถุดิบท้องถิ่นมาใช้เป็นอาหารสัตว์

เพื่อช่วยในการลดต้นทุนการผลิต เป็นการสร้างรายได้หลักและรายได้เสริมแก่เกษตรกรทำให้สามารถดำรงชีพอยู่ได้ด้วยตนเอง โดยทั่วไปประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก เช่น ปลูกข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอื่นๆ เพื่อเป็นอาชีพหลักและอาชีพรอง สำหรับการผลิตปศุสัตว์ที่สำคัญได้แก่ การเลี้ยงโคเนื้อ-โคนมและกระบือที่มีอยู่มากมาย เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสมและมีแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ได้ประสบวิกฤติด้านวัตถุดิบอาหารสัตว์ราคาแพง ซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตสัตว์และบริโภคเป็นอย่างมาก

นอกจากนี้ ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับแนวทางการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ท้องถิ่นเพื่อเพิ่มมูลค่าและลดต้นทุนการผลิตเช่น มันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการปลูกกว้างขวาง ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคอื่นๆ และเป็นพืชที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งหัวและใบเพื่อเป็นอาหารสัตว์ทั้งเป็นแหล่งของโปรตีนและพลังงานตลอดจนช่วยในการกำจัดพยาธิในระบบทางเดินอาหาร (Wanapat, 2003; Wanapat and Khampa, 2006; Granum et al., 2007) จากการศึกษาโดย กฤษฎา และคณะ (2551) พบว่ามันสำปะหลังหมักยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* สามารถเป็นแหล่งโปรตีน ทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารข้นสำหรับโคเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจากรายงานของ Khampa et al. (2006b) พบว่า การใช้สารอินทรีย์มาเลทเสริมในอาหารข้นที่มีมันสำปะหลังเป็นองค์ประกอบในระดับสูงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักและการสังเคราะห์จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักในโคนม (Khampa and Wanapat, 2007) และช่วยลดต้นทุนด้านอาหาร ซึ่งการวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มคุณค่าโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ท้องถิ่นจะเป็นแนวทางที่สำคัญที่จะนำไปสู่การลดต้นทุนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องและเป็นแนวทางการนำไปสู่การพัฒนาการผลิตปศุสัตว์ในประเทศต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ

สัตว์ทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ใช้โคพื้นเมืองเพศผู้ อายุ 1 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 200 (±10) กิโลกรัม จำนวน 10 ตัวหลังจากนั้นทำการฉีดวิตามินเอ ดี3 และอี พร้อมทั้งฉีดวัคซีนป้องกันโรคปากเท้าเปื่อยและโรคคอบวมให้สัตว์ทุกตัวก่อนการทดลอง

แผนการทดลองและกลุ่มการทดลอง

ทำการเปรียบเทียบประชากรสองกลุ่มที่อิสระต่อกัน โดยสุ่มสัตว์ทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม มีจำนวน 5 ตัวต่อกลุ่ม ซึ่งมีทรีทเมนต์ที่ทดสอบดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1: เสริมอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์

ทรีทเมนต์ที่ 2: เสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท

หมายเหตุ: สัตว์ทดลองทั้งสองกลุ่มได้รับทรีทเมนต์ปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ร่วมกับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบกินเต็มที่ *(ad libitum)*

วิธีการดำเนินการทดลอง

1. ให้สัตว์แต่ละตัวขังในคอกเดี่ยวและได้รับการเสริมแร่ธาตุก้อนเพื่อป้องกันการขาดแร่ธาตุด้วยวิธีการให้สัตว์ได้เลียแบบอิสระ
2. มีน้ำสะอาดให้โคกินตลอดเวลา
3. สัตว์ทดลองทุกตัวได้รับอาหารตามทรีทเมนต์ที่กำหนดเป็นระยะเวลา 120 วัน

กระบวนการผลิตมันสำปะหลังหมักยีสต์ –มาเลท

ขั้นตอนที่ 1 กระตุ้นยีสต์ Saccharomyces cerevisiae

เตรียมยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* 20 กรัม + น้ำตาลทราย 20 กรัม
+สารโซเดียมดีแอลมาเลท 5 กรัม + น้ำ 100 มิลลิลิตร
(ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง)

ขั้นตอนที่ 2 เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์

เตรียมกากน้ำตาล 24 กรัม + ยูเรีย 48 กรัม + น้ำ 100 มิลลิลิตร
(ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้ 10 นาที)

เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น เพื่อปรับ pH ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 3.5 – 3.8
(ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง)

ขั้นตอนที่ 3 เลี้ยงยีสต์ในอาหารเหลว

นำยีสต์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาเทลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจาก ขั้นตอนที่ 2 และใช้เครื่องปั๊มออกซิเจนเป็นเวลา 60 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 4 ผสมน้ำหมักยีสต์-มาเลทร่วมกับมันสำปะหลัง

เมื่อครบ 60 ชั่วโมง นำของเหลวน้ำหมักยีสต์-มาเลทมาผสมกับมันสำปะหลังแห้ง ในสัดส่วนคือ มันสำปะหลังแห้ง 1 กิโลกรัม: น้ำหมักยีสต์-มาเลท 500 มิลลิลิตร (ผสมให้เข้ากันและหมักใส่ถุงพลาสติกปิดถุงให้แน่นเป็นเวลา 72 ชั่วโมง)

ขั้นตอนที่ 5 ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท

นำมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลทมาตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 2 วัน และนำไปให้สัตว์กินต่อไป

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท และอาหารหยาบ ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ไขมัน โปรตีนหยาบ ตามวิธีของ AOAC (1990) และเยื่อใยได้แก่ neutral detergent fiber (NDF) และacid-detergent fiber (ADF) ตามวิธีการของ Van Soest (1994)

การเก็บข้อมูลและสุ่มเก็บตัวอย่าง

1. บันทึกปริมาณการกินได้อิสระของอาหารข้นและอาหารหยาบ โดยบันทึกปริมาณการให้อาหารหยาบทุกครั้งที่ให้ โดยชั่งน้ำหนักก่อนให้และอาหารหยาบที่เหลือจะชั่งออกในตอนเช้าของวันถัดไปก่อนให้อาหารตอนเช้าและคำนวณปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งในแต่ละวัน

2. เก็บตัวอย่างเลือด ที่เวลา 0, 2 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารในวันที่ 1, 15, 30, 60, 90 และวันสุดท้ายของการทดลอง ซึ่งสุ่มเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) นำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) และเก็บส่วน plasma เพื่อนำมาวิเคราะห์หายูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen; BUN)

3. ชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองโดยชั่งน้ำหนักในวันแรกของการทดลอง และทุก 30 วันของการทดลองเพื่อคำนวณหาปริมาณการกินได้

4. เก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมัก (rumen fluid) ของสัตว์ทดลองทุกตัวที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารในวันที่ 1, 30, 60, 90 และวันสุดท้ายของการทดลอง โดยวิธีการใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump แล้วแบ่ง rumen fluid เป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่หนึ่ง ประมาณ 100 มิลลิลิตร นำมาวัดความเป็นกรด–ด่าง (pH) โดยใช้เครื่อง pH meter (Orion Research Model SA 230) จากนั้นนำ rumen fluid ปริมาตร 30 มิลลิลิตร แล้วปรับให้มีค่า pH ประมาณ 2 ด้วยการเติม 1M H_2SO_4 ในสัดส่วน 1M H_2SO_4 ต่อของเหลวจากกระเพาะหมักคือ 1:20 เพื่อหยุดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาส่วนใส แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการวิเคราะห์หาแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) โดยใช้เครื่อง KJELTEC Auto 1030 Analyzer ตามวิธีของ Bromner and Keeney (1965)

ส่วนที่สองนำ rumen fluid ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดที่บรรจุ 10% formaline in normal saline with methyl green ในปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าขวดเพื่อผสมให้เข้ากัน จากนั้นจึงนำไปนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยวิธีการนับตรง เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว และรา

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบประชากรสองกลุ่มโดย Proc TTEST (SAS, 1998)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางโภชนะในอาหาร

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ใช้อาหารข้นที่ทำการผสมสูตรเอง โดยมีมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานหลักร่วมกับการใช้แหล่งวัตถุดิบอื่นๆ ซึ่งมีโปรตีนในระดับ 14.2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทดลองในครั้งนี้ใช้ยูเรียที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 1 ร่วมกับแหล่งวัตถุดิบอื่นๆ ที่หาได้ง่ายและมีอยู่ในท้องถิ่น นอกจากนี้ มันสำปะหลัง (มันเส้น) เกษตรกรสามารถปลูกได้เองและเตรียมมันสำปะหลังได้เองภายในฟาร์มด้วย

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของอาหารข้น (%As fed)

วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารข้น
มันสำปะหลัง	65
รำอ่อน	6
กากปาล์ม	10
กากเบียร์แห้ง	10
ยูเรีย	2
กากน้ำตาล	5
กำมะถันบด	0.5
เกลือ	0.5
แร่ธาตุพรีมิกซ์	1
รวม	**100**

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้น มันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท และฟาง ข้าว

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)	อาหารข้น	มันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท	ฟางข้าว
วัตถุแห้ง (DM)	91.5	89.1	91.2
อินทรียวัตถุ (OM)	90.3	89.5	86.2
โปรตีนหยาบ (CP)	14.2	36.1	3.0
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN)[1]	78.3	78.9	46.9
เถ้า (Ash)	9.7	10.5	13.8
เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF)	25.7	17.5	76.5
เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (ADF)	14.6	6.1	54.6
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME; Mcal/kg)[2]	3.1	3.3	1.5
ราคา (บาท/กก.)	7.8	7.5	1.5

[1]TDN = dig CP + Dig CF + dig EE x 2.25 +dig NFE, [2]ME = TDN x 0.04409 x 0.82

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณโภชนะในอาหารที่ใช้ในการทดลองพบว่าอาหารข้นมีระดับค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนหยาบ ผนังเซลล์ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด เถ้า และพลังงาน(ME) มีค่าเท่ากับ 91.5, 90.3, 14.2, 25.7, 14.6, 78.3, 9.7 เปอร์เซ็นต์ และ 3.1 Mcal/kg ตามลำดับ มันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท จากการวิเคราะห์หาปริมาณโภชนะต่างๆ พบว่า มีระดับค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนหยาบ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด เถ้าและพลังงาน (ME)มีค่าเท่ากับ 89.1, 89.5, 36.1, 17.5, 6.1, 78.9, 10.5 เปอร์เซ็นต์ และ 3.3 Mcal/kg ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโปรตีนที่เพิ่มสูงขึ้นในมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท มาจากเซลล์จุลินทรีย์ (single cell protein, SCP) ในการทดลองครั้งนี้มาจากยีสต์ *S. cerevisiae* สอดคล้องกับรายงานการทดลองของ Akindahunsi et al. (1999) โดยศึกษาถึงผลของรา (*Rhizopus oryzae*) ว่าสามารถเพิ่มโปรตีนในมันสำปะหลังจาก 2.1 เป็น 10.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใช้กระบวนการหมัก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Oboh (2006) ที่หมักมันสำปะหลังโดยใช้เปลือกมันสำปะหลังหมักร่วมกับเชื้อ *S. cerevisiae* พบว่า สามารถเพิ่มโปรตีนหยาบในเปลือกมันสำปะหลังได้ถึง 21.5 เปอร์เซ็นต์ และมันสำปะหลังที่มีระดับกรดไฮโดรไซยานิคต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมื่อหมักร่วมกับ *R. oryzae* และ *S. cerevisae* สามารถเพิ่มโปรตีนจาก 8.8 เป็น 10.5 และ 9.6 เป็น 12.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Oboh and Elusiyan, 2007)

ฟางข้าวมีคุณค่าทางโภชนะดังนี้ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนหยาบ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด เถ้า และพลังงาน (ME) มีค่าเท่ากับ 91.2, 86.2, 3.0, 76.5, 54.6, 46.9, 13.8 เปอร์เซ็นต์ และ 1.5 Mcal/kg ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ปริมาณการกินได้อิสระ อัตราการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิต

จากการทดลองพบว่า ผลต่อปริมาณการกินได้อิสระของฟางข้าวและปริมาณการกินได้ทั้งหมด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามในกลุ่มโคเนื้อที่ได้รับการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลทมีแนวโน้มปริมาณการกินได้อิสระที่สูงกว่ากลุ่มโคเนื้อที่ได้รับการเสริมอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตและต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด พบว่าแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มโคเนื้อที่ได้รับมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงกลุ่มโคเนื้อที่ได้รับการเสริมอาหารข้นโปรตีน 14

เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 235 และ 203 กรัม/วัน และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสัตว์เฉลี่ย 85 และ 103 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของการกินได้อิสระอาจเนื่องมาจากยีสต์ไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของราและแบคทีเรียทำให้เพิ่มการย่อยได้ของอาหารที่สัตว์ได้รับ ส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของอาหารเพิ่มขึ้น จากการศึกษาภายในหลอดทดลองของ Girard and Dawson (1995) โดยการเสริมเซลล์ยีสต์มีชีวิตต่อการเจริญเติบโตของรา *N. frontalis* พบว่า ราสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นเซลยูโลสและสามารถเพิ่มประชากรของราได้ จากการทดลองของ Callaway and Martin (1997) ที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของยีสต์ *S. cerevisiae* ต่อการเจริญเติบโตของ *F. succinogenes* S85, *R. albus, R. flavefaciens*, *B. fibrisolvens* พบว่ายีสต์ไปกระตุ้นให้นิเวศวิทยาในกระเพาะหมักให้เหมาะสมและสามารถเพิ่มประชากรแบคทีเรียกลุ่มย่อยสลายเยื่อใย โดยไปลดระยะเวลาในการเจริญเติบโตในช่วง lag phase และเซลล์ยีสต์ที่ตายแล้วจะเป็นแหล่งของวิตามินบีและจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการเจริญเติบโตต่อไป Chaucheyras-Durand and Fonty (2001) ซึ่งศึกษาในลูกแกะที่กระเพาะหมักกำลังพัฒนาและพัฒนาแล้วร่วมกับการเสริมเซลล์ยีสต์มีชีวิตพบว่าในกลุ่มที่ได้รับยีสต์สามารถกระตุ้นให้กระเพาะหมักที่กำลังพัฒนาสามารถพัฒนาได้เร็วขึ้น โดยดูความสัมพันธ์ของแบคทีเรียที่ย่อยสลายเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไม่เสริมและในสัตว์ที่กระเพาะหมักพัฒนาเต็มที่แล้วพบว่าการเสริมยีสต์สามารถเพิ่มเอนไซม์ดังต่อไปนี้ CMCase, Avicelase, Xylanase, β-galactosidase, β–glucosidase, β-xylosidase , β-cellobiohydrolase เพื่อไปย่อยสลายเซลยูโลสและเฮไมเซลยูโลสให้สูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะและปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3 แสดงผลของการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท ทดแทนอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ต่อปริมาณการกินได้อิสระและอัตราการเจริญเติบโตในโคพื้นเมือง

ปริมาณการกินได้อิสระ	T1	T2	*P-value*
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน			
อาหารข้น	2.1	-	-
มันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท	-	2.1	-
ฟางข้าว	3.1	3.2	0.0712^{NS}
การกินได้ทั้งหมด	5.2	5.3	0.0935^{NS}
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว			
อาหารข้น	1.0	-	-
มันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท	-	1.0	-
ฟางข้าว	1.5	1.6	0.7732^{NS}
การกินได้ทั้งหมด	2.5	2.6	0.6841^{NS}
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	203	235	0.0278*
ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสัตว์ (บาท/กิโลกรัม)	103	85	0.0351*

T1 = เสริมอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์

T2 = มันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท

NS = Non significant *(P>0.05)*

* = Significant *(P<0.05)*

ความเป็นกรด-ด่างของเหลวในกระเพาะหมัก

ความเป็นกรด-ด่างของของเหลวภายในกระเพาะหมักหลังจากได้รับทรีทเมนต์ทดสอบ พบว่ากลุ่มโคเนื้อที่ได้รับการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า (P<0.05)ในกลุ่มโคเนื้อที่ได้รับอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะหมักเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก โดยสภาวะความเป็นกรด - ด่างของของเหลวในกระเพาะหมักครั้งนี้อยู่ในระดับที่เหมาะสมคือ 6.6 – 6.9 ซึ่งสอดคล้องกับเมธา (2533) ที่รายงานว่า สภาวะความเป็น กรด – ด่างที่เหมาะสมต่อนิเวศวิทยาของจุลินทรีย์ในสัตว์เคี้ยวเอื้องเขตร้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5 -7.0 ซึ่งเป็นผลดีต่อจุลินทรีย์ในการปรับตัวกับสภาพภายในกระเพาะหมัก โดยจะมีผลทำให้การสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยได้และการสังเคราะห์จุลินทรีย์มีประสิทธิภาพสูงสุด ในสภาวะที่สัตว์ได้รับ

อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่ายในระดับสูงจะส่งผลให้เกิดกรดแลคติกเพิ่มขึ้น และสภาวะภายในกระเพาะหมักมี pH ต่ำ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถดำรงชีพ ส่งผลให้ประชากรของจุลินทรีย์ลดลงอย่างรวดเร็ว (Hungate, 1966) ซึ่งจุลินทรีย์แกรมบวกที่ทำหน้าที่สร้างกรดแลคติกที่สำคัญได้แก่ *Steptococcus bovis* และ *Lactobaciilus spp.* ในสภาวะที่เกิดกรดแลคติกเพิ่มสูงขึ้น ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ได้หมดจะส่งผลให้เกิดปัญหาภาวะอะซิโดซีสในสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยสารอินทรีย์มาเลทจะช่วยเพิ่มการนำไปใช้กรดแลคติกของแบคทีเรีย *Selenemonas ruminantium* เพื่อไปสังเคราะห์กรดโพรพิออนิคและเพิ่มอัตราการสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ให้มากขึ้น (Martin et al., 1999) และจากการศึกษาโดย Khampa et al. (2006 a, 2006 b) พบว่าการเสริมมาเลทในอาหารข้นที่มีมันสำปะหลังเป็นองค์ประกอบในระดับสูงสามารถป้องกันสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะหมักและช่วยเพิ่มการสังเคราะห์จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของโคนมเพศผู้และเพิ่มผลผลิตน้ำนมในโครีดนม

จากรายงานการศึกษาความสัมพันธ์ของการใช้ประโยชน์จากกรดแลคติก โดยจุลินทรีย์ในกลุ่ม *M. elsdenii* และ *S. ruminantium* ร่วมกับการเสริมเซลล์ยีสต์ที่มีชีวิตและเซลล์ยีสต์ที่ตายเปรียบเทียบกับไม่เสริม พบว่าการเสริมสามารถเพิ่มระดับของค่าความเป็นกรด-ด่างได้ เมื่อเปรียบเทียบกับไม่เสริม (Bach et al., 2007) ในแพะที่ได้รับเมล็ดธัญพืชระดับสูงร่วมกับมีการเสริมยีสต์พบว่า การเสริมยีสต์มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการใช้ประโยชน์จากเมล็ดแป้งโดยโปรโตซัวและแบคทีเรียที่ย่อยสลายแป้ง ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ระดับของค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่มีการเสริมยีสต์ (Brossard et al., 2006) และในโครีดนมพบว่า การเสริมยีสต์ร่วมในอาหารข้นที่มีคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยสลายได้ง่ายในระดับสูงสามารถเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่างและลดระดับกรดแลคติกในของเหลวในกระเพาะหมัก (Guedes et al., 2007)

ความเข้มข้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในกระเพาะหมัก

จากการทดลองเปรียบเทียบการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลททดแทนอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ พบว่าระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนภายในกระเพาะหมักมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่า ในกลุ่มโคเนื้อที่ได้รับมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มโคเนื้อที่ได้รับการเสริมอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ (21.4 และ 17.2 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) ดังแสดงในตารางที่ 4 ผลจากการทดลองพบว่า ระดับของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นมาจากหลายส่วนดังนี้ ส่วนที่หนึ่งอาจเนื่องมาจากมันเส้นหมักยีสต์มี

สารอินทรีย์มาเลทเป็นส่วนประกอบ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารอินเตอร์มีเดียตที่สำคัญในการกระตุ้นการนำใช้กรดแลคติกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก เพื่อเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดโพรพิออ-นิคของแบคทีเรียกลุ่ม *Selenomonas ruminantium* ช่วยให้สภาวะ pH ของของเหลวในกระเพาะหมักและประชากรของแบคทีเรียเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ขนาดของชิ้นมันเส้นหมักยีสต์-มาเลท ที่มีขนาดใหญ่สามารถช่วยกระตุ้นให้สัตว์เคี้ยวเอื้องมากขึ้นและมีการหลั่งน้ำลายออกมาสู่กระเพาะหมักเพิ่มขึ้น ปริมาณการกินได้ของอาหารข้นที่ได้รับในสูตรอาหารที่มีมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท สามารถกระตุ้นปริมาณการกินได้อิสระของฟางข้าวให้เพิ่มขึ้น และส่วนที่สองคือปริมาณการย่อยได้ของโปรตีนและปริมาณการกินได้จากอาหารทั้งหมดเพิ่มขึ้นส่งผลโดยตรงต่อประชากรของแบคทีเรียที่ย่อยสลายโปรตีนเป็นเปปไทด์ กรดอะมิโน และให้ผลผลิตสุดท้ายคือแอมโมเนียที่เพิ่มสูงขึ้น

ยูเรียซึ่งเป็นแหล่งแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่สำคัญสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก แอมโมเนีย-ไนโตรเจนสามารถเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์เพื่อนำไปสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโนร่วมกับกรดคีโตที่ได้จากการย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรทที่ถูกหมักได้อย่างรวดเร็ว (Church, 1979) ปัจจัยที่มีผลต่อระดับของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นนั้น มาจากความหลากหลายของสูตรอาหารต่อการใช้ประโยชน์จากโปรตีนและความสัมพันธ์ของเซลล์ยีสต์มีชีวิตต่อนิเวศวิทยาตลอดจนความหลากหลายของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (Chaucheyras-Durand et al., 2007) อย่างไรก็ตาม ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวในกระเพาะหมักมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อนิเวศวิทยาของจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในกระเพาะหมัก ซึ่งสอดคล้องกับ Wanapat and Pimpa (1999) และ Perdok and Leng (1990) ที่รายงานว่าสภาพนิเวศวิทยาภายในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสมมีค่าอยู่ระหว่าง 15 – 30 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายยูเรียได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งให้ผลผลิตสุดท้ายคือแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้นและสามารถใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับการสังเคราะห์โปรตีนในเซลล์จุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

ตารางที่ 4 แสดงผลของการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลททดแทนอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมักในโคพื้นเมือง

กระบวนการหมักภายในกระเพาะหมัก	T1	T2	*P-value*
ความเป็นกรด-ด่าง	6.6	6.9	0.0372*
ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะหมัก (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)	17.2	21.4	0.0432*
ความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)	8.6	13.4	0.0457*

T1= เสริมอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์; T2 = มันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท; * = Significant *(P<0.05)*

ความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด

จากผลการทดลองตารางที่ 4 แสดงความเข้มข้นของระดับยูเรียไนโตรเจน (blood urea nitrogen; BUN) ในกระแสเลือดแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) พบว่า กลุ่มโคเนื้อที่ได้รับการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มโคเนื้อที่ได้รับการเสริมอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ (13.4 และ 8.6 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) โดยรายงานการวิจัยของ เมธา (2533) ว่าระดับของความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของโคนมและกระบือปกติจะอยู่ในช่วง 6.3-25.5 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดที่เพิ่มขึ้น เกิดจากการหมักย่อยของโปรตีนได้เป็นแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะหมักเข้าสู่กระแสเลือด ก่อนที่จะถูกนำไปเปลี่ยนเป็นยูเรียโดยผ่านวัฏจักรยูเรีย (urea cycle) ที่ตับ ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมักจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (Van Soest, 1982) Hino and Russell (1986) ให้เหตุผลว่าในช่วงนี้แอมโมเนียมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์จะถูกจุลินทรีย์นำไปสังเคราะห์โปรตีน สอดคล้องกับปริมาณโปรตีนจากจุลินทรีย์ที่ผลิตได้เมื่อประเมินโดยใช้อนุพันธ์พิวรีน จึงทำให้ความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดลดต่ำลงไปด้วย ทั้งนี้เพราะแอมโนเนียถูกจุลินทรีย์นำไปสังเคราะห์โปรตีนมากกว่าที่ดูดซึมผ่านผนังกระเพาะหมักเข้าสู่กระแสเลือดและถูกนำไปเปลี่ยนเป็นยูเรียโดยผ่านวัฏจักรยูเรียที่ตับอีกครั้ง

อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือดมีความสัมพันธ์กับการรักษา nitrogen pool ของร่างกายสัตว์ เนื่องจากร่างกายสัตว์สามารถนำกลับยูเรียในกระแส

เลือดมาใช้ใหม่เพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนโดยการดูดซึมผ่านทางกระเพาะหมักและทางน้ำลาย (Church, 1979) ดังนั้นจึงไม่สามารถระบุระดับยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดที่เหมาะสมได้ เนื่องจากการนำกลับมาใช้ประโยชน์จะได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสมดุลของ nitrogen pool ระดับอาหารโปรตีนที่สัตว์ได้รับและสภาพสรีระวิทยาของสัตว์

Broderick (2003) และ Nousiainen et al. (2004) รายงานว่าระดับยูเรียในกระแสเลือดที่เหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 12-15 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้สามารถใช้บ่งบอกได้ว่า กระบวนการใช้ไนโตรเจนในกระเพาะหมักมีประสิทธิภาพเพียงใด โดยหากประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในกระเพาะหมักเป็นไปอย่างเหมาะสม ความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนจะใกล้เคียงกับความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน แต่หากพบว่าความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนสูงกว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนมาก อาจบ่งบอกได้ว่าการใช้ไนโตรเจนในกระเพาะหมักมีประสิทธิภาพต่ำ ทำให้แอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมักถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะหมักเข้าสู่กระแสเลือดจำนวนมาก ซึ่งเป็นการสูญเสียไนโตรเจนจากอาหารทางหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือดมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมัก แสดงว่ากระบวนการนำใช้ไนโตรเจนในกระเพาะหมักเป็นไปอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัวและซูโอสปอร์ของรา

จากการตรวจนับประชากรของจุลินทรีย์ในของเหลวในกระเพาะหมักหลังการให้อาหารทดสอบโดยวิธีการนับตรงพบว่า จำนวนแบคทีเรียและราในกระเพาะหมักมีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยพบว่า ในกลุ่มโคเนื้อที่ได้รับการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มโคเนื้อที่ได้รับการเสริมอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ โดยประชากรจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.4 และ6.8×10^{11} เซลล์/มิลลิลิตร และซูโอสปอร์ของรามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.8 และ 4.9×10^{6} เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ จากรายงานของ Newbold and Rode (2006) พบว่า การเสริมเซลล์ยีสต์มีชีวิตสามารถเพิ่มประชากรแบคทีเรียได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และประชากรของราเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chaucheyras et al. (1995) ที่พบว่าการเสริมเซลล์ยีสต์ร่วมกับวิตามินสามารถเพิ่มประชากรของราได้และกลุ่มประชากรของโปรโตซัวของทั้ง 2 สปีชีส์ได้แก่ *Holotric and Entodiniomorph* ในกระเพาะหมักมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มโคพื้นเมืองที่ได้รับการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท ทำให้ประชากรของโปรโตซัวในกระเพาะหมักลดลงต่ำกว่าในกลุ่มโคเนื้อที่

ได้รับการเสริมอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Arcos-Garcia et al. (2000) ที่พบว่า การเสริมเซลล์ยีสต์มีชีวิตในสูตรอาหารข้นที่มีแหล่งพลังงานหลักมาจากคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยสลายได้ง่ายและได้รับอาหารข้นในระดับที่สูง สามารถลดจำนวนประชากรโปรโตซัว *Entodinidae* และ *Holotrichidae* ซึ่ง ฉลอง (2541) สรุปว่าโปรโตซัวกลุ่ม *Entodiniomorph* จะชอบกินอาหารพวกแป้งมากกว่าน้ำตาล และ Owens et al. (1998) พบว่าการกลืนกิน (engulfing) เม็ดแป้งและกลูโคสเพื่อเก็บสะสมในรูปของโพลี่แซคคาไรด์ในเซลล์ของโปรโตซัว จะช่วยชะลอไม่ให้แป้งถูกหมักอย่างรวดเร็ว โดยแบคทีเรียทำให้สามารถลดการเกิดกรดในปริมาณมาก และสามารถรักษาสภาพภายในกระเพาะหมักได้อย่างเหมาะสม

จากการศึกษาในกระบือโดย Kumar et al. (1997) ถึงผลการเสริมยีสต์ร่วมกับการได้อาหารหยาบในระดับสูงต่อประชากรจุลินทรีย์ พบว่า การเสริมยีสต์สามารถเพิ่มประชากรของแบคทีเรียที่ย่อยสลายเยื่อใยและแบคทีเรียรวมทั้งหมดรวมทั้งมีแนวโน้มทำให้ค่าเฉลี่ยของประชากรแบคทีเรียที่ย่อยสลายแป้งเพิ่มสูงขึ้นและจากรายงานของ Koul et al. (1998) พบว่า การเสริมเซลล์ยีสต์มีชีวิตสามารถช่วยปรับสภาพนิเวศวิทยาของกระเพาะหมักให้เหมาะสมต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์และเพิ่มการเจริญเติบโตของสัตว์เมื่อเปรียบเทียบกับไม่เสริม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Jouany (2006) ที่ได้อธิบายว่ายีสต์ จะไปช่วยย่อยน้ำตาล และ โอลิโกแซคคาไรด์ ได้ผลผลิตเป็น เอทานอล กลีเซอรอล เปปไทด์ และกรดอะมิโน ซึ่งจะเป็นแหล่งอาหารสำหรับแบคทีเรียต่อไป นอกจากนี้ยีสต์ยังทำหน้าที่เป็นจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นการเสริมยีสต์จะช่วยทำให้ออกซิเจนที่ติดมากับอนุภาคของอาหารถูกใช้และแบคทีเรียในกระเพาะหมักที่ไม่ใช้ออกซิเจนก็จะเข้าเกาะติดกับอนุภาคอาหารได้ดีขึ้น จากงานทดลองนี้อาจเป็นไปได้ว่า มันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลทมียีสต์ที่มีชีวิตติดที่มันสำปะหลังด้วยจึงส่งผลดังกล่าวข้างต้น

ตารางที่ 5 แสดงผลของการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท ทดแทนอาหารข้นโปรตีน14 เปอร์เซ็นต์ ต่อจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักในโคพื้นเมือง

ประชากรจุลินทรีย์ (เซลล์/มล.)	T1	T2	*P-value*
แบคทีเรีย (x 10^{11})	6.8	8.4	0.0452*
โปรโตซัว			
Holotric (x 10^{3})	6.5	4.6	0.0463*
Entodiniomorph (x 10^{5})	5.1	2.7	0.0374*
ซูโอสปอร์ของรา (x 10^{6})	4.9	6.8	0.0472*

T1 = เสริมอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์

T2 = มันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลท

* = Significant *(P<0.05)*

สรุปและข้อเสนอแนะ

การทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการเสริมมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลททดแทนอาหารข้นโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักในกระเพาะหมักและเพิ่มอัตราการ เจริญเติบโต ตลอดจนเพื่อเป็นการพัฒนาและเพิ่มคุณค่าโภชนะของมันสำปะหลังเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามที่สนับสนุนทุนวิจัยและศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรอาหารสัตว์เขตร้อน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา บุญนพ, เมธา วรรณพัฒน์ และ ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์. 2551.**การศึกษากระบวนการผลิตและการใช้ประโยชน์ของโปรตีนจากมันสำปะหลังหมักยีสต์ต่อกระบวนการหมัก การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน และความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฉลอง วชิราภากร. 2541. **โภชนศาสตร์ และการให้อาหารสัตว์เบื้องต้น.** ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โ**ภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** กรุงเทพมหานคร: หจก.ฟันนี่พลับลิชชิ่ง.

Akindahunsi, A.A., Oboh, G. and Oshodi, A.A. 1999. **Effect of fermenting cassava with Rhizopus oryzae on the chemical composition of its flour and gari. Riv.** Ital. Sostanze Grasse. 76:437.

Arcos-Garcia, J.L., Castrejon, F.A., Mendoza, G.D. and Perez-Gavilana, E.P. 2000. Effect of two commercial yeast cultures with Saccharomyces cerevisiae on ruminal fermentation and digestion in sheep fed sugar cane tops. **Livest. Prod. Sci.** 63: 153.

AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis. 15th edn.** Association of Official Analytical Chemists, Virginia.

Bach, A., Iglesias, C. and Devant, M. 2007. Daily rumen pH pattern of loose-housed dairy cattle as affected by feeding pattern and live yeast supplementation. **Anim. Feed Sci. Technol.** 136:156.

Brossard, L., Chaucheyras-Durand, F., Michalet-Doreau, B. and Martin, C. 2006. Dose effect of live yeasts on rumen microbial communities and fermentations during butyric latent acidosis in sheep: newtype of interaction. **J. Anim. Sci.** 82:1-11.

Broderick, G.A. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 86:1370.

Bromner, J.M. and Keeney, D.R. 1965. Steam distillations methods of determination of ammonia, nitrate and nitrite. **Anal. Chem. Acta.** 32: 363.

Callaway, T.S. and Martin, S.A. 1997. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. **J. Dairy Sci.** 80:2035.

Chaucheyras-Durand, F. and Fonty, G. 2001. Establishment of cellulolytic bacteria and development of fermentative activities in the rumen of gnotobiotically-reared lambs receiving the microbial additive *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077. **Reprod. Nutr. Dev**. 41:57.

Chaucheyras-Durand, F., Fonty, G., Bertin, G. and Gouet, P. 1995. Effects of live *Saccharomyces cerevisiae* cells on zoospore germination, growth, and cellulolytic activity of the rumen anaerobic fungus, *Neocallimastix frontalis* MCH3. **Curr. Microbiol.** 31:201.

Chaucheyras-Durand, F., Walker, N.D. and Bach, A. 2007. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. **Anim. Feed Sci. Technol**. (Article in press).

Church, D.C. 1979. **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants.** Vol. I. O&B Books Inc. Corvallis, Oregon, USA.

Girard, I.D. and Dawson, K.A. 1995. Effect of a yeast culture on growth characteristics of representative ruminal bacteria. **J. Anim. Sci.** 73:264.

Guedes, C.M., Goncalves, D. M., Rodrigues, A.M. and Dias-da-Silva, A. 2007. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* yeast on ruminal fermentation and fibre degradation of maize silages in cows. **Anim. Feed Sci. Technol**. (Article in press).

Granum, G., Wanapat, M., Pakdee, P., Wachirapakorn, C. and Toburan, W. 2007. A comparative study on the effect of cassava hay supplementation in swamp buffaloes (*Bubalus bubalis*) and cattle (*Bos indicus*). **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 20:1389-1392.

Hino, T. and Russell, J.B. 1986. The effect of reducing equivalent divalent disposal and NADH/NAD on the deamination of amino acids by intact and cell-free extracts of rumen microorganisms. **Appl. Environ. Microbiol.** 50:1368-1374.

Hungate, R.E. 1966. **The Rumen and Its Microbes**. Academic Press. New York and London.

Jouany, J.P. 2006. Optimizing rumen functions in the close-up transition period and early lactation to drive dry matter intake and energy balance in cows. **Anim. Feed Sci. Technol.** 96:250.

Khampa, S and Wanapat, M. 2007. **Manipulation of Rumen Fermentation with Organic Acids Supplementation in Ruminants Raised in the Tropics**. Pakistan J. Nutr. **6: 20-27.**

Khampa, S., Wanapat, M., Wachirapakorn, C., Nontaso, N. and Wattiaux, M. 2006a. Effect of levels of sodium dl-malate supplementation on ruminal fermentation efficiency in concentrates containing high levels of cassava chip in dairy steers. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 19: 368-375.

Khampa, S., Wanapat, M., Wachirapakorn, C., Nontaso, N. and Wattiaux, M. 2006b. Effects of urea level and sodium dl-malate in concentrate containing high cassava chip on ruminal fermentation efficiency, microbial protein synthesis in lactating dairy cows raised under tropical condition. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 19: 837-844.

Koul, V., Kumar, U., Sareen, V.K. and Singh, S. 1998. Mode of action of yeast culture (YEA-SACC1026) for stimulation of rumen fermentation in buffalo calves. **J. Sci. Food. Agric.** 77:407.

Kumar, U., Sareen, V.K. and Singh, S. 1997. Effect of yeast culture supplement on ruminal microbial populations and metabolism in buffalo calves fed a high roughage diet. **J. Sci. Food. Agric.** 73:231.

Martin, S.A., Streeter, M.N., Nisbet, D.J., Hill, G.M. and Williams, E.E. 1999. Effect of DL-malate on ruminal metabolism and performance of cattle fed a high concentrate diets. **J. Anim. Sci.** 77:1008-1015.

Newbold, C.J. and Rode, L.M. 2006. Dietary additives to control methanogenesis in the rumen. **International Congress Series.** 1293:138.

Nousiainen, J., Shingfield, K.J. and Huhtanen, P. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. **J. Dairy Sci.** 87:386.

Oboh, G. 2006. Nutrient enrichment of cassava peels using a mixed culture of Saccharomyces cerevisae and *Lactobacillus spp* solid media fermentation techniques. **Food. Chem**. 9:46.

Oboh, G. and Elusiyan, C.A. 2007. Changes in the nutrient and anti-nutrient content of micro-fungi fermented cassava flour produced from low and medium-cyanide variety of cassava tubers. **Afr. J. Biotechnol.** 6:2150.

Owens, F.N., Scrist, D.S., Hill, W.J. and Gill, D.R.. 1998. Acidosis in cattle : a review. **J. Anim. Sci.** 76:275.

Perdok, H.G. and Leng, R.A. 1990. Effect of supplementation with protein meal on the growth of cattle given a basal diet of untreated or ammoniated rice straw. Asian-Aust. **J. Anim. Sci.** 3:269.

SAS, 1998. **User's Guide: Statistic, Version 5. Edition.** SAS. Inst Cary, NC., U.S.A.

Van Soest, P.J. 1982. **Nutritional Ecology of the Ruminant.** O&B Books. Inc., Corvallis Oregan, U.S.A.

Van Soest, P.J. 1994. **Nutritional Ecology of the Ruminant, second ed.** Cornell University Press, Ithaca, NY. 476p.

Wanapat, M. 2003. Manipulation of cassava cultivation and utilization to improve protein to energy biomass for livestock feeding in the tropics. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 16: 463-472.

Wanapat, M. and Khampa, S. 2006. Effect of cassava hay in high-quality feed block as anthelmintics in steers grazing on ruzigrass. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 19:695-699.

Wanapat, M. and Pimpa, O. 1999. Effects of ruminal NH_3-N levels on ruminal fermentation, purine derivatives, digestibility and rice straw intake in swamp buffaloes. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.**12:904-907.