



ผลของการใช้กลีเซอรินดิบร่วมกับแหล่งของอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จ
สำหรับโคขุน ต่อผลผลิตแก๊สโดยวิธีเทคนิคการผลิตแก๊สในหลอดทดลอง

Effects of Using Crude Glycerin with Roughage Source in Total Mixed Ration Diets
of Feedlot Steers on Gas Production by *in vitro* Gas Production Technique

นิรันดร์ นกแดง^{1*}, เลอชาติ บุญเอก¹, ศิริรัตน์ บัวผัน¹

Nirandom Nakdaeng^{1*}, Lerchart Boon-ek¹, Sirirat Buaphan¹

(Received: May 3, 2021; Revised: July 12, 2021; Accepted: August 5, 2021)

บทคัดย่อ

การทดลองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กลีเซอรินดิบร่วมกับแหล่งของอาหารหยาบ 2 แหล่งในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคขุน ต่อผลผลิตแก๊สสะสมและแก๊สมีเทน ในระบบ *in vitro* วางแผนการทดลองแบบ 2 x 4 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 แหล่งของอาหารหยาบ คือ ฟางข้าว และหญ้าเนเปียร์ และปัจจัยที่ 2 คือ ระดับกลีเซอรินดิบที่ระดับ 0, 6, 12 และ 18% ผลการทดลอง พบว่า แหล่งอาหารหยาบร่วมกับกลีเซอรินดิบ ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมและลักษณะของการผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จ ผลการผลิตแก๊สสะสมที่ชั่วโมงต่าง ๆ ปริมาณแก๊สที่ผลิตจากส่วนที่ละลายได้ง่าย (a) ปริมาณแก๊สจากส่วนที่ถูกย่อยสลาย (b) และอัตราการผลิตแก๊ส (c) ของแต่ละกลุ่มทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยผลผลิตแก๊สสะสม ณ ชั่วโมงที่ 72 หลังจากการบ่มของอาหารผสมสำเร็จที่มีฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับกลีเซอรินดิบที่ระดับ 0, 6, 12 และ 18% มีค่าเท่ากับ 147.5, 150.3, 145.8, 144.1, 148.2, 146.1, 146.6 และ 145.6 มล./0.5 กรัม (วัตถุแห้ง) ตามลำดับ รวมถึงค่าปริมาณแก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ มีค่าใกล้เคียงกันในทุกกลุ่มทดลอง สรุปได้ว่าการใช้กลีเซอรินดิบในสูตรอาหารที่ระดับสูงสุด 18% ไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตแก๊สและแก๊สมีเทน

คำสำคัญ: กลีเซอรินดิบ, ผลผลิตแก๊สรวม, แก๊สมีเทน, การผลิตแก๊สในหลอดทดลอง

¹ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Kampaeng Saen Campus

*Corresponding Author: Nirandom.n@pnu.ac.th



Abstract

This study was conducted to evaluate effects of crude glycerin with roughage sources in diets of feedlot steers on gas production and methane by using *in vitro* gas production technique. The experiment was determined according to 2x4 factorial arrangements in completely randomized design (CRD). Two factors were of roughage sources (rice straw and napier grass) and crude glycerin level (0, 6, 12 and 18 %). The result showed that roughage sources and level of crude glycerin were no interaction between roughage source and crude glycerin levels on cumulative gas production and kinetics gas production. Gas production from the immediately soluble fraction (a), insoluble fraction (b), and rate of gas production from insoluble fraction (c) were not differences ($P>0.05$) among treatments. Gas production at 72 h after inoculation for rice straw with 0, 6, 12 and 18 % crude glycerin and napier grass with 0, 6, 12 and 18% of crude glycerin was 147.5, 150.3, 145.8, 144.1, 148.2, 146.1, 146.1 and 145.6 ml/0.5 g.DM, respectively. Moreover, total CH_4 and CO_2 production did not differ among treatment ($P>0.05$). This indicated that crude glycerin could be used as an alternative feedstuff for energy sources up to 18% of DM in diets without any effect on total gas production and CH_4 .

Key Words: Crud glycerin, Gas production, Methane production, *in vitro*

บทนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมีปริมาณสูงขึ้น แต่แหล่งพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งธรรมชาตินั้นจำนวนน้อยลง ส่งผลให้ราคาน้ำมันดิบสูงขึ้น การมองหาพลังงานทางเลือกเพื่อทดแทนจึงเป็นแนวทางที่สำคัญ ซึ่งน้ำมันไบโอดีเซลเป็นน้ำมันทางเลือกใหม่ที่ผลิตจากพืช หรือไขมันสัตว์ ไบโอดีเซล คือ เชื้อเพลิงทดแทนประเภทดีเซลจากธรรมชาติ โดยการนำเอาน้ำมันจากพืชหรือสัตว์ ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทไตรกลีเซอไรด์ มาผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification) โดยทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ (Ethanol หรือ Methanol) และมีด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะได้ผลิตผลเป็นเอสเตอร์ (Ester) และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้กลีเซอริน (Glycerin) ซึ่งมีกลีเซอรอล (Glycerol) เป็นองค์ประกอบหลัก ในการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร จะได้กลีเซอรินประมาณ 80 กรัม (Thompson & He, 2006) กลีเซอรินดิบประกอบไปด้วยกลีเซอรอล 80-90% และส่วนของ น้ำ แร่ธาตุ (เกลือ) กรดไขมัน เมทานอล และโปรตีน มีค่าเท่ากับ 10% (Kerr, Weber, Dozier, & Kidd, 2009) กลีเซอรินดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลสามารถใช้



เป็นแหล่งพลังงานสำหรับสัตว์ปีก (Dozier et al., 2008) สุกกร (Lammers et al., 2007) แปะ (Chanjula, Pakdeechanuan, & Wattanasit, 2014) แกะ (Gunn, Neary, Lemenager, & Lake, 2010) โคเนื้อ (Parsons, Shelor, & Drouillard, 2009) และ โคนม (Donkin, Koser, White, Doane, & Cecava, 2009) ทั้งนี้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องกลีเซอรินดิบสามารถเปลี่ยนเป็นกลูโคสในตับโคและสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในเซลล์ได้ (Goff & Horst, 2001) อีกทั้งการเสริมกลีเซอรินดิบยังมีผลในทางบวกต่อการลดปริมาณการเกิดแก๊สมีเทน แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลการศึกษาวิจัยดังกล่าวยังมีไม่มากนัก ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กลีเซอรินดิบที่ระดับต่าง ๆ ในอาหารผสมสำเร็จ (TMR) สำหรับโคขุน ที่ใช้แหล่งอาหารหยาบแตกต่างกันต่อผลผลิตแก๊สและคุณลักษณะของการผลิตแก๊สด้วยเทคนิคการผลิตแก๊สในหลอดทดลอง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการใช้กลีเซอรินดิบที่ระดับต่าง ๆ ร่วมกับแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคขุนต่อผลผลิตแก๊สและคุณลักษณะของการผลิตแก๊ส ด้วยวิธีเทคนิคการผลิตแก๊สในหลอดทดลอง

วิธีการวิจัย

การศึกษากการใช้กลีเซอรินดิบร่วมกับแหล่งของอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคขุน ต่อผลผลิตแก๊ส โดยวิธีเทคนิคการผลิตแก๊สในหลอดทดลอง มีรายละเอียดของการวิจัย ดังนี้

1. อาหารทดลองและแผนการทดลอง

การทดลองใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ที่มีการจัดปัจจัยการทดลองแบบ 2x4 Factorial โดยมีปัจจัย การทดลอง 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย 1 คือแหล่งอาหารหยาบ ได้แก่ ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ ที่ระดับ 10% ในสูตรอาหาร โดยตัดหญ้าเนเปียร์ที่อายุ 60 วัน แล้วนำมาตัดให้เป็นชิ้นเล็กขนาดความยาว 1 เซนติเมตร แล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นจึงฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์มาทำการบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อเตรียมผสมในอาหารผสมสำเร็จ และปัจจัยที่ 2 คือกลีเซอรินดิบที่ระดับ 0, 6, 12 และ 18% ดังนั้นจึงมีสูตรอาหารทดลอง 8 สูตร (8 ทรีทเมนต์) ดังแสดงในตารางที่ 1 หลังจากทำการผสมอาหารผสมสำเร็จในแต่ละสูตรแล้ว ทำการสุ่มอาหารทดลองที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อทำการวิเคราะห์เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM) และ โปรตีนหยาบ (Crude protein,



CP) ตามวิธีการของ AOAC (1995) และวิเคราะห์เชื้อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) ตามวิธีการของ Van Soest, Robertson, & Lewis (1991)

กลีเซอรินดิบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จาก บริษัท วีระสุวรรณ จำกัด จ.สมุทรสาคร (Biodiesel Producers, Verasuwan CO., LTD, Samutsakorn Province, Thailand) ผลิตมาจากน้ำมันปาล์มดิบ (Crude palm oil) และ น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว (Used vegetable oil) มีกลีเซอรอล ความชื้น เกลือ และเมทานอล เท่ากับ 88.2, 3.1, 3.87 และ 0.42% ตามลำดับ

2. การเตรียมสารละลาย

การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์และแร่ธาตุ ตามวิธีของ Makkar, Blummel, & Becker (1995) นำสารละลายบัฟเฟอร์และแร่ธาตุอาหารผสมกันแล้วใส่ในขวดรูปชมพู่ ปล่อย CO_2 ไล่ออกซิเจนตลอดเวลา อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เพื่อนำของเหลวที่เก็บจากกระเพาะรูเมนมาผสม ทั้งนี้ของเหลวจากกระเพาะรูเมน ได้จากการนำของเหลวที่เก็บจากกระเพาะหมัก (Rumen inoculums) ของโคนมเพศผู้ที่ได้รับการเจาะกระเพาะแบบถาวรแล้ว โดยทำการเก็บในช่วงเช้าก่อนให้อาหารโค ของเหลวจากกระเพาะหมักที่เก็บได้จะนำไปใส่ใน Thermos และกรองผ่านผ้าขาวบาง 3 ชั้น ก่อนนำไปผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์และแร่ธาตุที่เตรียมไว้ จากนั้นชั่งอาหารผสมสำเร็จ ปริมาณ 0.5 กรัม ลงในขวดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร เพื่อวัดปริมาณผลผลิตแก๊สรวม และขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร สำหรับวัดปริมาณแก๊สมีเทน ทำการไล่ออกซิเจนด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วปิดฝาให้สนิทด้วยจุกยาง จากนั้นเติม Rumen fluid inoculums ไล่แก๊สออกซิเจนออกโดยใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และปิดฝาให้สนิท จากนั้นนำเข้าบ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่อง Hot air oven

3. การเก็บตัวอย่าง

การวัดปริมาณผลผลิตแก๊ส ทำการวัดแก๊สที่เกิดขึ้น 12 ชั่วโมงแรก และทำการบันทึกผลทุก ๆ 1 ชั่วโมง ต่อมาบันทึกทุก ๆ 3 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 24 จากนั้นบันทึกทุก ๆ 6 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 72 เพื่อนำปริมาณผลผลิตแก๊สที่ได้มาอธิบายจลศาสตร์การผลิตแก๊สตามโมเดล

$$Y = a + b(1 - \text{Exp}^{-ct}) \quad (\text{Orskov \& McDonald, 1979})$$

เมื่อ Y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t , a = ส่วนที่ละลายได้ง่าย (มิลลิลิตร), b = ค่าปริมาณผลผลิตแก๊สที่ผลิตได้ (มิลลิลิตร) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงศักยภาพในการย่อยสลายอาหาร, c = อัตราการผลิตแก๊ส มีหน่วยเป็น %/ชั่วโมง e = Exponential และ t = เวลาการเกิดแก๊ส

นอกจากนี้ทำการเก็บตัวอย่างของแก๊สที่ 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้เครื่อง Gas chromatograph (GC) Shimadzu model CG-8A ที่มี Flam ionization detector (FID) เป็น Detector ตามวิธีของ Lopez & Newbold (2007)



4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นอาหารผสมสำเร็จที่มีฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบ ที่ระดับ 10% ในสูตรอาหาร และใช้กลีเซอรินดิบเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 6, 12 และ 18% องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองแสดงในตารางที่ 1 จากผลการทดลอง พบว่าค่าวัตถุแห้ง โปรตีน ผนังเซลล์ และโกชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดของแต่ละสูตรอาหารทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 88.80-89.88, 11.76-11.88, 23.38-26.43 และ 72.53-74.78% ตามลำดับ

ตารางที่ 1 วัตถุุดิบและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

วัตถุดิบ (%)	ฟางข้าว				หญ้าเนเปียร์			
	CG0 ¹	CG6 ²	CG12 ³	CG18 ⁴	CG0 ¹	CG6 ²	CG12 ³	CG18 ⁴
ฟางข้าว	10	10	10	10	0	0	0	0
หญ้าเนเปียร์	0	0	0	0	10	10	10	10
กลีเซอรินดิบ ⁵	0	6	12	18	0	6	12	18
มันเส้น	58	52	46	40	58	52	46	40
กากถั่วเหลือง	3.6	4.0	4.4	4.8	3.3	3.7	4.1	4.4
กากปาล์มเนื้อในชนิดคั้นน้ำมัน	3	3	3	3	3	3	3	3
กากเนื้อในปาล์มสกัดน้ำมัน	19.0	18.6	18.2	17.8	19.3	18.9	18.5	18.2
กากน้ำตาล	2	2	2	2	2	2	2	2
ยูเรีย	2	2	2	2	2	2	2	2
กำมะถัน	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
เกลือ	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5



ตารางที่ 1 (ต่อ)

วัตถุดิบ (%)	ฟางข้าว				หญ้าเนเปียร์			
	CG0 ¹	CG6 ²	CG12 ³	CG18 ⁴	CG0 ¹	CG6 ²	CG12 ³	CG18 ⁴
ไคแอลเชียมฟอสเฟต	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
พรีมิกซ์	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (%)								
วัตถุแห้ง	89.36	89.53	89.71	89.88	88.80	88.97	89.14	89.31
โปรตีนรวม	11.87	11.84	11.81	11.78	11.88	11.85	11.82	11.76
แคลเซียม	0.53	0.50	0.48	0.46	0.50	0.48	0.46	0.44
ฟอสฟอรัส	0.23	0.22	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23
ผนังเซลล์	26.43	25.73	25.04	24.34	25.41	24.72	24.02	23.38
โภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมด	73.47	73.16	72.84	72.53	74.78	74.47	74.15	73.83

¹CG0, 0 % Crude glycerin; ²CG6, 6 % Crude glycerin; ³CG12, 12 % Crude glycerin; ⁴CG18, 18 % Crude glycerin

⁵contained 88.2% crude glycerin, 3.1% water, 3.87% salt and 0.42% methanol (Biodiesel Producers, Verasuwan CO., LTD, Samutsakorn Province, Thailand.)

ผลของการใช้กลีเซอรินดิบในสูตรอาหารโคขุนต่อปริมาณผลผลิตแก๊ส

ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมและลักษณะของการผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จ ที่มีแหล่งเชื้อไขจากฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ ร่วมกับการใช้กลีเซอรินดิบในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 6, 12 และ 18% แสดงในตารางที่ 2 และ ภาพที่ 1 ผลการทดลองพบว่าผลของแหล่งอาหารหยาบร่วมกับกลีเซอรินดิบไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมและลักษณะของการผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จ ปริมาณผลผลิตแก๊สและลักษณะของการผลิตแก๊ส มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) การใช้ฟางข้าวร่วมกับกลีเซอรินดิบระดับ 0, 6, 12 และ 18% มีค่าผลผลิตแก๊สสะสม ณ ชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 12, 24, 48 และ 72 ของ อยู่ในช่วง 3.54-147.45, 2.96-150.29, 5.37-145.78, 6.09-144.07 มิลลิลิตร/0.5 กรัม วัตถุแห้ง ตามลำดับ และการใช้หญ้าเนเปียร์ร่วมกับกลีเซอรินดิบระดับ ระดับ 0, 6, 12 และ 18% มีค่าอยู่ในช่วง 6.81-148.17, 5.42-146.12, 5.88-146.55 และ 5.40-145.59 มิลลิลิตร/0.5 กรัม วัตถุแห้ง ตามลำดับ และลักษณะของการผลิตแก๊สของการใช้ฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ร่วมกับกลีเซอรินดิบระดับ

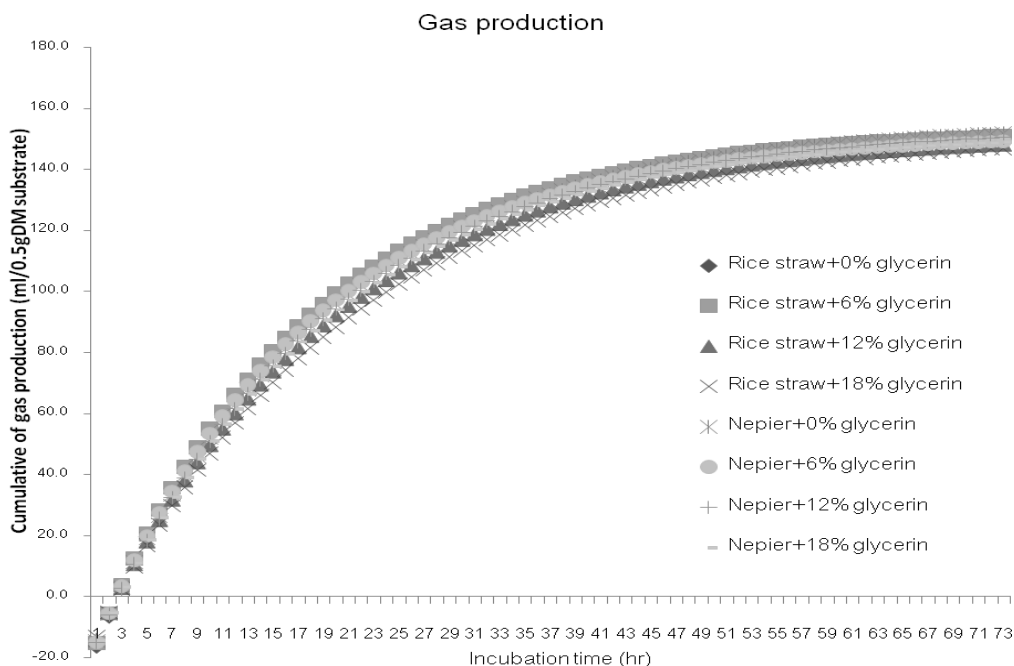


0, 6, 12 และ 18% จากส่วนที่ละลายได้ง่าย (a) มีค่าอยู่ในช่วง -13.25 ถึง -16.43 มิลลิลิตร ผลผลิตแก๊สที่ผลิตได้ซึ่งบ่งบอกถึงศักยภาพในการย่อยสลาย (b) มีค่าอยู่ในช่วง 164.42 – 169.70 มิลลิลิตร ค่าอัตราการผลิตแก๊ส (c) มีค่าอยู่ในช่วง 0.05-0.06%/ชั่วโมง และส่วนที่ละลายได้ง่ายร่วมกับปริมาณแก๊สที่ผลิตได้ (dplot) มีค่าอยู่ในช่วง 177.66-185.15 มิลลิลิตร

ตารางที่ 2 ผลิตแก๊สและค่าจลนศาสตร์การเกิดแก๊สของอาหารทดลอง

ระยะเวลาบ่ม (ชั่วโมง)	ฟางข้าว				หญ้าเนเปียร์				p-value
	CG0 ¹	CG6 ²	CG12 ³	CG18 ⁴	CG0 ¹	CG6 ²	CG12 ³	CG18 ⁴	
ผลผลิตแก๊ส, มิลลิลิตร/0.5 กรัม วัสดุแห้ง									
2	3.54	2.96	5.37	6.09	6.81	5.42	5.88	5.40	0.32
4	8.70	9.11	10.47	11.17	11.92	11.31	11.15	11.04	0.20
8	36.74	42.39	34.94	30.58	33.53	37.11	32.80	34.90	0.74
12	69.53	71.94	61.58	56.24	64.54	67.95	62.10	62.20	0.51
24	119.81	113.86	118.97	111.44	116.25	118.86	117.58	119.30	0.80
48	141.18	141.55	138.36	136.83	141.92	140.53	141.04	140.03	0.86
72	147.45	150.29	145.78	144.07	148.17	146.12	146.55	145.59	0.71
ค่าจลศาสตร์การเกิดแก๊ส									
a (ml)	-16.43	-15.43	-14.00	-13.25	-14.77	-14.97	-14.92	-14.42	0.82
b (ml)	168.73	168.51	165.46	164.42	169.70	166.49	168.38	166.32	0.88
c (%/h)	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.62
dplot (ml)	185.15	183.93	179.46	177.66	184.47	181.46	183.3	180.74	0.38

¹CG0, 0 % Crude glycerin; ²CG6, 6 % Crude glycerin; ³CG12, 12 % Crude glycerin; ⁴CG18, 18 % Crude glycerin
a, the intercept which ideally reflects the fermentation of the soluble fraction; b, the gas production from insoluble fraction; c = the rate of gas production, |a|+b = the potential gas production



ภาพที่ 1 ผลผลิตแก๊สของอาหารทดลอง

ผลของการใช้ลิเชอรินดิบในสูตรอาหารโคขุนต่อการผลิตแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาณแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของอาหารผสมสำเร็จที่มีแหล่งอาหารหยาบจากฟางข้าวหรือหญ้าเนเปียร์ ร่วมกับการใช้ลิเชอรินดิบเป็นแหล่งพลังงานทดแทนมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 6, 12 และ 18% แสดงตารางที่ 3 ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั่วโมงที่ 12, 24, 48 และ 72 มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่าผลผลิตแก๊สมีเทนของสูตรอาหารที่ใช้ฟางข้าวหรือหญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบ ร่วมกับการใช้ลิเชอรินดิบในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 6, 12 และ 18% จะมีปริมาณสูงสุดในชั่วโมงที่ 48 ของการบ่ม ทั้งนี้ ค่าผลผลิตแก๊สมีเทนที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมสำเร็จ มีค่าเท่ากับ 13.76, 11.83, 10.75 และ 11.68% มิลลิลิตร ตามลำดับ และค่าผลผลิตแก๊สมีเทนที่ใช้หญ้าเนเปียร์เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมสำเร็จ มีค่าเท่ากับ 11.68, 11.79, 10.13 และ 14.87% มิลลิลิตร ตามลำดับ



ตารางที่ 3 ปริมาณแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของอาหารทดลอง

ระยะเวลาบ่ม (ชั่วโมง)	ฟางข้าว				หญ้าเนเปียร์				p-value
	CG0 ¹	CG6 ²	CG12 ³	CG18 ⁴	CG0 ¹	CG6 ²	CG12 ³	CG18 ⁴	RS*NS
ปริมาณแก๊สมีเทน, %มิลลิลิตร									
12	8.30	4.75	7.52	7.86	8.17	6.30	6.87	6.82	0.39
24	7.89	8.20	6.97	8.43	9.78	8.23	6.60	7.30	0.50
48	13.76	11.83	10.75	11.86	11.68	11.79	10.13	14.87	0.31
72	6.98	6.82	9.19	8.81	8.60	6.08	4.11	6.53	0.16
ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, %มิลลิลิตร									
12	71.59	44.58	67.21	73.16	75.71	61.85	62.66	64.71	0.15
24	55.81	57.4	53.21	56.99	69.06	60.87	49.28	61.71	0.56
48	67.97	64.97	61.06	68.60	67.19	67.11	59.29	66.23	0.89
72	36.43	37.01	49.92	49.52	48.31	34.89	35.72	23.84	0.16

¹CG0 = 0 % Crude glycerin, ²CG6 = 6 % Crude glycerin, ³CG12 = 12 % Crude glycerin,

⁴CG18 = 18 % Crude glycerin

อภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารผสมสำเร็จ ที่ใช้ในการทดลอง พบว่ามีค่าเฉลี่ยของวัตถุดิบ และโปรตีนหยาบใกล้เคียงกัน โดยมีวัตถุดิบในช่วง 88.80-89.88% โปรตีนหยาบในช่วง 11.76-11.88 % ผนังเซลล์ ในช่วง 23.38-26.43% และโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 72.53-74.78% ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีของกลีเซอรินดิบไม่มีเชื้อยีสหรือผนังเซลล์ (Gunn et al., 2010) การเสริมกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารระดับที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้ระดับผนังเซลล์ลดลง ทั้งนี้อาหารผสมสำเร็จทุกสูตร มีองค์ประกอบทางโภชนะที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการเป็นอาหารสำหรับโคขุน ที่มีน้ำหนัก 400 กิโลกรัม สอดคล้องตามคำแนะนำของ NRC (2000)

ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมและลักษณะของการผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จ ที่มีแหล่งอาหารหยาบจากฟางข้าวและหญ้าเนเปียร์ ร่วมกับการใช้กลีเซอรินดิบในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 6, 12 และ 18% พบว่าผลของแหล่งอาหารหยาบร่วมกับกลีเซอรินดิบไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมและลักษณะของการผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จ ปริมาณผลผลิตแก๊สและลักษณะของการผลิตแก๊สมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้ในงานทดลองครั้งนี้อาหารทดลองเป็น



อาหารผสมสำเร็จประกอบด้วยวัตถุดิบที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ข่อยง่ายสูงจึงส่งผลให้มีการย่อยและผลิตแก๊สมากในปริมาณมาก (Getachew, Robins, Depeters, & Taylor, 2003; Meal, Chaves, Ding, Bush, & McAllister 2013) รายงานว่า การเพิ่มระดับกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 6 และ 12% ไม่มีผลทำให้ปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมมีความแตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 121.2, 125.8 124.9 มิลลิลิตร/กรัม วัตถุแห้ง ตามลำดับ เป็นผลมาจากการผลิตโพธิโอเนตที่เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายของการหมักกลีเซอรอล เนื่องจากโพธิโอเนตผลิตได้น้อยกว่าอะซิเตท (Blümmel, Makkar, & Becker, 1997) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานทดลองของ Avila et al. (2011) ทำการเสริมกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารที่ระดับสูงสุด 21% ก็ไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตแก๊สสะสม แต่ในการทดลองของ Krueger et al. (2010) รายงานว่าการเพิ่มระดับกลีเซอรินดิบในสูตรอาหารที่ในระดับสูงขึ้นก็มีผลทำให้ผลผลิตแก๊สมีค่าลดลง ทั้งนี้เป็นผลมาจากการปรับตัวของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนต่อกลีเซอรอล (Ferraro, Mendoza, Miranda, & Gutierrez, 2009)

ปริมาณแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของอาหารผสมสำเร็จที่มีแหล่งอาหารหยาบจากฟางข้าวหรือหญ้าเนเปียร์ ร่วมกับการใช้กลีเซอรินดิบทดแทนมันสำปะหลังที่ระดับ 0, 6, 12 และ 18% ผลการทดลองพบว่าปริมาณแก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ในชั่วโมงที่ 12, 24, 48 และ 72 มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากการศึกษาของ Meale, Chaves, Ding, Bush, & McAllister (2013) มีการใช้กลีเซอรินดิบในสูตรอาหารที่ระดับ 12% ไม่มีผลทำให้ปริมาณแก๊สมีเทนมีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับรายงานของ Avila et al. (2011) พบว่าการทดแทนข้าวบาร์เลย์ด้วยกลีเซอรินที่ระดับ 0, 70, 140 และ 210 กรัม/กิโลกรัม มีปริมาณของแก๊สมีเทนมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน โดยอยู่ในช่วง 7.1-7.5 mg/g DM ในทางตรงกันข้ามงานทดลองของ Lee et al. (2011) รายงานว่าการเสริมกลีเซอรินในหญ้าอัลฟาฟาแห้งและข้าวโพด มีผลทำให้สัดส่วนของกรดอะซิติก: กรดโพธิโอเนก ลดลงซึ่งมีส่วนทำให้ค่าการผลิตแก๊สมีเทนลดลง ซึ่งให้เห็นว่ากระบวนการหมักของกลีเซอรินไม่มีผลต่อการทำให้เกิดผลผลิตของไฮโดรเจนมาก (H_2 sink) เพราะสามารถเปลี่ยน ผลผลิตจากการหมักคาร์โบไฮเดรตจากการผลิต C_2 เป็น C_3 ซึ่งอาจมีผลต่อสมดุลของอิเล็กตรอน (Electron balance) ในกระเพาะรูเมน และลดจำนวนไฮโดรเจนที่สามารถนำไปผลิต หรือสร้างเป็นแก๊สมีเทน ในกระเพาะรูเมน การใช้กลีเซอรอลนั้นสามารถลดการผลิตแก๊สมีเทนจากอาหาร ซึ่งจะเพิ่มพลังงานและสารตั้งต้นในการผลิตกลูโคสต่อตัวสัตว์ โดยการเสริมกลีเซอรอลในอาหารสำหรับสัตว์กระเพาะรวมสามารถลดการผลิตแก๊สมีเทนและทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ดีขึ้นได้



สรุป

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ ระดับของกลีเซอรินดิบและแหล่งของอาหารหยาบไม่มีอิทธิพลร่วมกัน จึงสามารถเลือกใช้ฟางข้าวหรือหญ้าเนเปียร์ก็ได้ในสูตรอาหารสำเร็จรวมกลีเซอรินดิบ นอกจากนี้ยังสามารถใช้กลีเซอรินดิบในสูตรอาหารได้สูงที่ระดับ 18% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตแก๊สรวม และปริมาณของแก๊สมีเทน อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาระดับของใช้กลีเซอรินดิบในสูตรอาหารต่อความสามารถในการย่อยได้และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (*in vivo*) เพื่อยืนยันผลที่ถูกต้องต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การศึกษารั้งต่อไปควรมีการศึกษาผลของระดับกลีเซอรินดิบที่ระดับต่าง ๆ ในสัตว์ทดลองเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการกินได้ การเจริญเติบโต การย่อยได้ ค่าชีวเคมีในกระแสเลือด และผลต่อคุณลักษณะของซากและคุณภาพซากของสัตว์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา ภายใต้งานโครงการพัฒนาอาจารย์และบุคลากรสำหรับสถาบันอุดมศึกษาในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ และสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ภายใต้งานโครงการ “การใช้กลีเซอรินเป็นแหล่งพลังงานสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง” ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

รายการอ้างอิง (References)

- AOAC. (1995). *Official Method of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Avila, J.S, Chaves, A.V, Hernandez-Calva, L.M, Beauchemin, K.A, McGinn, S.M, Wang Y, ... McAllister T.A. (2011). Effects of replacing barley grain in feedlot diets with increasing levels of glycerol on *in vitro* fermentation and methane production. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 265-268.
- Blümmel, M., Makkar, H.P.S., & Becker, K. (1997). *In vitro* gas production: A technique revisited. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 77, 24-34.
- Chanjula, P., Pakdeechanuan, P., & Wattanasit, S. (2014). Effects of Dietary Crude Glycerin Supplementation on Nutrient Digestibility, Ruminal Fermentation, Blood Metabolites, and Nitrogen Balance of Goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27, 365-374.



- Donkin, S.S., Koser, S.L., White, H.M., Doane, P.H., & Cecava, M.J. (2009). Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92, 5111-5119.
- Dozier, W.A., Kerr, B.J., Corzo, A., Kidd, M.T., Weber, E., & Bregendals K. (2008). Apparent metabolism energy of glycerin for broiler. *Poultry Science*, 87, 317-32.
- Ferraro, S.M., Mendoza, G.D., Miranda, L.A., & Gutierrez, C.G. (2009). In vitro gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. *Animal. Feed Science and Technology*, 154, 112-118.
- Getachew, G., Robins, P.H., Depeters, E.J., & Taylor, S.J. (2003). Relationships between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feed. *Animal Feed Science and Technology*, 111, 57-71.
- Goff, J. P., & Horst, R. L. (2001). Oral glycerol as an aid in the treatment of ketosis/fatty liver complex. *Journal of Dairy Science*, 84(Suppl. 1), 153-184.
- Gunn, P.J., Neary, M.K., Lemenager R.P., & Lake, S.L. (2010). Effects of crude glycerin on performance and carcass characteristics of finishing weather lambs. *Journal of Animal Science*, 88, 1771-1776.
- Kerr, B.J., Weber, T.E., Dozier, W.A., III, & Kidd, M.T. (2009). Digestible and metabolizable energy content of crude glycerin originating from different sources in nursery pigs. *Journal of Animal Science*, 87, 4042-4049.
- Krueger, N.A., Anderson, R.C., Tedeschi, L.O., Callaway, T.R., Edrington, T.S., & Nisbet, D.J. (2010). Evaluation of feeding glycerol on free-fatty acid production and fermentation kinetics of mixed ruminal microbes in vitro. Short communication, *Bioresource Technology*, 101, 8469-8472.
- Lammers, P.J., Kerr, B.J., Weber, T.E., Dozier III, W.A., Kidd, M.T., Bregendahl, K., & Honeyman, M.S. (2007). Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 86, 602-608.
- Lee, S.Y., Lee, S.M., Cho, Y.B., Kam, D.K., Lee, S.C., Kim, C.H., & Seo, S. (2011). Glycerol as a feed supplement for ruminants: In vitro fermentation characteristics and methane production. *Animal Feed Science Technology*, 166-167, 269-274.
- Lopez, S., & Newbold, C.J. (2007). *Chapter1: Analysis of Methane*. P.1-13. In: H. P. S. Makkar and P. E. Vercoe (ed), *Measuring Methane Production from Ruminantes*. Springer, Netherlands.



- Makkar, H.P., Blummel, M., & Becker, K. (1995). Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in in vitro techniques. *British Journal of Nutrition*, 73, 897-913.
- Meale, S.J., Chaves, A.V., Ding, S., Bush, R.D., & McAllister, T.A. (2013). Effects of crude glycerin supplementation on wool production, feeding behavior, and body condition of Merino ewes. *Journal of Animal Science*, 91, 878-885.
- NRC. (2000). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*: Seventh Revised Edition, National Academies Press, Washington, DC.
- Orskov, E.R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92, 499.
- Parson, G.L., Shelor, M.K., & Drouillard, J.S. (2009). Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *Journal of Animal Science*, 87, 653-657.
- Thompson, J.C., & He, B.B. (2006). Characterization of crude glycerin from biodiesel production from multiple feedstocks. *Applied Engineering in Agriculture*, 22, 261-265.
- Van Soest, P.J., Robertson J.B., & Lewis B.A. (1991). Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.