

ผลของการใช้สิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตกรดซิตริกหลังการใช้เอนไซม์และ การอัดพองในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อการย่อยได้และ जननफलศาสตร์ของการผลิตแก๊ส

Effect of waste obtained from citric acid manufacturing with enzyme and extrusion process in total mixed ratio on digestibility and *In Vitro* of gas production

สุภทรานี ชาญเวช¹ และ จลอง วชิราภกร^{1*}

Supataranee Chanvech¹ and Chalong Wachirapakorn^{1*}

บทคัดย่อ: การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตกรดซิตริก (waste obtained from citric acid manufacturing) หรือกากซิตริก (citric acid waste; CW) หลังการใช้เอนไซม์และการอัดพองในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อการย่อยได้และผลผลิตแก๊สจากกระบวนการหมัก โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สในหลอดทดลอง โดยมีการจัดทริทเมนต์แบบ 2x3 factorial with control experiment ภายใต้แผนงานทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ แหล่งของกากซิตริกหลังการใช้เอนไซม์และการอัดพอง ปัจจัย B คือ ระดับของการใช้กากซิตริกหลังการใช้เอนไซม์และการอัดพอง ที่ระดับ 0, 10, 20, และ 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร จากการศึกษา พบว่าการใช้กากซิตริกปรุงแต่งด้วยเอนไซม์มีผลผลิตแก๊สสะสมและการย่อยได้ต่ำกว่า ($P<0.05$) การใช้กากซิตริกปรุงแต่งด้วยการอัดพองในสูตรอาหาร การใช้กากซิตริกปรุงแต่งด้วยเอนไซม์ในระดับที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตแก๊สสะสมลดลง แต่การใช้กากซิตริกปรุงแต่งด้วยการอัดพอง พบว่า เมื่อเพิ่มระดับการใช้จะส่งผลให้ผลผลิตแก๊สสะสมเพิ่มขึ้น ยกเว้นการใช้ที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารที่ส่งผลให้ผลผลิตแก๊สสะสมลดลง ($P<0.05$) การใช้กากซิตริกปรุงแต่งด้วยการอัดพองที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีผลทำให้ผลผลิตแก๊สที่ได้จากกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน เพิ่มขึ้น ค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบที่ 24 ชั่วโมง พบว่าในสูตรอาหารที่ใช้กากซิตริกปรุงแต่งด้วยการอัดพองที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร และในสูตรอาหารควบคุมมีค่าการย่อยได้ไม่แตกต่างกัน แต่สูงกว่าการใช้กากซิตริกปรุงแต่งด้วยเอนไซม์ นอกจากนี้ พบว่าผลผลิตแก๊สที่ 24 ชั่วโมง สามารถใช้ประเมินค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบได้

คำสำคัญ: กากซิตริก แก๊สโปรดักชัน อาหารผสมสำเร็จ

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the effect of waste obtained from citric acid manufacturing or citric acid waste (CW) with enzyme and extrusion process in total mixed ration (TMR) on digestibility and gas production by using in vitro gas production technique. The experiment was designed in a 2X3 factorial with control experiment in a completely randomized design. Factor A was level of waste obtained from citric acid manufacturing with enzyme (CWenz) and the level were factor B was level of waste obtained from citric acid manufacturing with extrusion process (CWext) 0, 10, 20, 40% of

¹ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

*Corresponding author: chal_wch@kku.ac.th

TMR. The results showed that the gas production of diet containing CWenz was lower than that of diet containing CWext ($P<0.05$). Increase level of treated CW in diet resulted in decrease gas production and in vitro dry matter digestibility (IVDMD). However using CWext at 20% in TMR was similar in gas production and IVDMD as compare to the control. In addition IVDMD could be predicted from accumulative gas production at 24 h.

Key words: citric waste, gas production technique, TMR

บทนำ

ต้นทุนของการผลิตสัตว์ถึง 70 เปอร์เซ็นต์เป็นต้นทุนในด้านอาหาร รวมถึงในปัจจุบันราคาของวัตถุดิบอาหารชั้นมีราคาสูงขึ้น ทำให้ต้องหาวัตถุดิบอาหารสัตว์จากแหล่งอื่น เพื่อทดแทนวัตถุดิบอาหารที่มีราคาแพง สิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตกรดซิตริก (citric acid waste; CW) หรือกากซิตริก เป็นสิ่งเหลือทิ้งที่มีจำนวนมากจากโรงงานผลิตกรดซิตริก กากซิตริกเหล่านี้มีคุณค่าทางอาหารเพียงพอที่จะใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ หากนำมาใช้ประกอบในอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคเนื้อ ซึ่งเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ใช้อาหารหยาบคุณภาพต่ำได้สูง นอกจากเป็นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบอย่างมีประสิทธิภาพแล้วยังเป็นการกำจัดของเสียจากโรงงานแป่งมันสำปะหลังอีกด้วย การใช้กากซิตริกผสมในสูตรอาหารชั้นของโคเนื้อพบว่าใช้ได้ถึงระดับ 10% โดยไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต (ประพันธ์ศิลป์, 2551) แต่อย่างไรก็ตามกากซิตริกมีสถานะเป็นกรดและลิกนินสูงซึ่งอาจส่งผลต่อการย่อยได้ของสัตว์ ดังนั้น วัตถุประสงค์ในการทดลองครั้งนี้ จึงเพื่อศึกษาแนวทางการปรับเปลี่ยนสภาพของกากซิตริก และระดับที่เหมาะสมในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สและการย่อยได้โดยได้ทำการทดลองในหลอดทดลอง

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยจัดทรีท

เมนต์แบบ 2x3 factorial with control experiment ประกอบด้วยปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ 2 ปัจจัย คือ ปัจจัย A คือ แหล่งของกากซิตริกปรุงแต่งเอนไซม์ (CWenz) และกากซิตริกอัดพอง (CWext) ปัจจัย B คือ ของการใช้กากซิตริกหลังการใช้เอนไซม์และการอัดพอง ที่ระดับ 0, 10, 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ

การจัดเตรียมกากซิตริกปรุงแต่งทั้งสองรูปแบบ คือ กากซิตริกปรุงแต่งเอนไซม์ ได้จากการนำกากซิตริกไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 เซนติเมตร จากนั้นผสมเอนไซม์ 350 กรัมต่อ 1,000 กิโลกรัมของกากซิตริก โดยเอนไซม์ที่ใช้เป็นเอนไซม์ที่ได้จากเชื้อ *Bacillus lentus* และ *Trichoderma longibrachiatum*. มีเอนไซม์ไซแลนเนส 440×10^6 ยูนิตต่อกิโลกรัม และเอนไซม์กลูคาเนส 170×10^6 ยูนิตต่อกิโลกรัม ส่วนกากซิตริกอัดพอง ได้จากการอัดพองกากซิตริกพร้อมกับปลายข้าวในอัตราส่วน 30:70 โดยนำไปบดละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 เมช จากนั้นนำวัตถุดิบทั้งสองมาผสมตามสัดส่วน และปรับความชื้นเริ่มต้นที่ 16 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงนำเข้าเครื่องเอ็กซ์ทรูด (extruder) ซึ่งสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ในการทดลองมีสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารชั้นที่ 40:60 มีระดับโปรตีนหยาบ 14 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 2.4 McalME/kgDM

การศึกษาลจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส (kinetics of gas production) ดัดแปลงวิธีการของ Menke and Steingass (1988) โดยการศึกษาการผลิตแก๊สใช้ตัวอย่าง 0.2 กรัม ลงในขวดวิคชินขนาด 50 มิลลิลิตร บรรจุสารละลายของเหลวจากกระเพาะรูเมนจากโคเนื้อเจาะกระเพาะเพศผู้จำนวน 2 ตัว แล้วมาผสม

ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในขวดที่บรรจุสูตรอาหารทดลองขวดละ 45 มิลลิลิตร พร้อมทั้งปิดจุกยางและฝาครอบอะลูมิเนียมให้สนิท สำหรับใช้ในการวัดการย่อยได้ แล้วนำเข้าบ่มรักษาที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเข้าบ่มในตู้บ่มร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียสทำการจดบันทึกปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น โดยใน 6 ชั่วโมงแรกทำการบันทึกผลทุกๆ ชั่วโมง ต่อมาบันทึกผลทุกๆ 3 ชั่วโมงไปจนถึงชั่วโมงที่ 24 จากนั้นทำการจดบันทึกทุกๆ 6 ชั่วโมงไปจนถึงชั่วโมงที่ 72 และทำการบันทึกผลครั้งสุดท้ายในชั่วโมงที่ 96 และวัดปริมาณแก๊สมีเทนที่ผลิตขึ้น ที่ 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ตามวิธีการของ Fievez et al. (2005)

นำค่าผลผลิตแก๊สที่ได้มาหาค่าคงที่ a, b และ c โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1985) เพื่ออธิบายจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊สตามแบบจำลองสมการของ Ørskov and McDonald (1979) ดังนี้

$$y = a + b [1 - \exp(-ct)]$$

เมื่อ y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t, a = ส่วนที่ละลายได้ง่าย (มิลลิลิตร), b = ค่าปริมาณปริมาณผลผลิตแก๊สที่ผลิตได้ (มิลลิลิตร)

เมื่อค่า a เป็นลบ ให้คำนวณเป็นค่าระยะการปรับตัวของจุลินทรีย์ (lag time) ตามสมการของ McDonald (1981) ดังนี้

$$\text{Lag time} = (1/c) \ln[b/(a+b)]$$

สูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ฟางข้าว 40 กิโลกรัม มันสำปะหลัง 20 กิโลกรัม รำอ่อน 16 กิโลกรัม กากน้ำตาล 4 กิโลกรัม น้ำมันปาล์ม 0.1 กิโลกรัม กากถั่วเหลือง 16 กิโลกรัม ยูเรีย 0.9 กิโลกรัม เกลือ 1 กิโลกรัม ไคคลาเซียมฟอสเฟต 0.8 กิโลกรัม ซัลเฟอร์ 0.2 กิโลกรัม และแร่ธาตุพรีมิกซ์ 1 กิโลกรัม

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ ที่จัดทริทเมนต์แบบแฟกทอเรียลและวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

ทดลองโดย Duncan's New Multiple Range Test และ Orthogonal contrast และ Orthogonal polynomial โดยการใช้ Proc GLM ของ SAS (SAS, 1985)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าสังเกตพบว่า มีปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างปัจจัยที่ทำการศึกษามีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) จลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊สในการทดลองนี้ พบว่าการใช้กากกรดซัลฟริกที่ถูกปรุงแต่งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน และระดับของการใช้ทดแทนในสูตรอาหาร มีผลต่อปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก ภายในกระเพาะรูเมนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่า การใช้กากกรดซัลฟริกที่ถูกปรุงแต่งด้วยการอัดฟองจะมีค่าปริมาณผลผลิตแก๊สสะสมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักและค่าการย่อยได้สูงกว่า การใช้กากกรดซัลฟริกที่ถูกปรุงแต่งด้วยเอนไซม์ อีกทั้งยังพบว่า ค่าระยะการปรับตัวของจุลินทรีย์ (lag time) ที่มีการใช้กากซัลฟริกอัดฟองที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารมีค่าต่ำที่สุดในขณะที่การใช้การซัลฟริกปรุงแต่งเอนไซม์ที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารจะมีค่าสูงที่สุด ($P < 0.05$) แต่พบว่าเมื่อมีการใช้กากซัลฟริกที่ปรุงแต่งทั้งสองรูปแบบในระดับที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าอัตราการผลิตแก๊ส (c) และปริมาณแก๊สที่ผลิตได้จากส่วนที่ละลายได้ง่ายและส่วนที่ละลายได้ยาก (D) มีแนวโน้มต่ำลง (ตารางที่ 1) จากการประเมินค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (in vitro digestibility, IVDMD) ในสูตรอาหารทดลอง หลังบ่มที่ 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างสูตรอาหารทดลอง โดยในสูตรอาหารที่ใช้สิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตกรดซัลฟริกปรุงแต่งเอนไซม์ที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารมีค่าการย่อยได้ต่ำที่สุดในขณะที่สูตรอาหารที่ใช้สิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตกรดซัลฟริกปรุงแต่งด้วยการอัดฟองที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารมีค่าการย่อย

ได้สูงที่สุดและไม่มี ความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับ สูตรอาหารควบคุม (Table 1)

นอกจากนี้ปริมาณผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น สามารถนำไปทำนายค่าการย่อยได้ของอาหารได้ โดยจากการวิเคราะห์ค่าความถดถอย (regression) เพื่อ หาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตแก๊สและการย่อยได้ ของวัตถุแห้งที่ 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง พบว่าค่า สัมประสิทธิ์การกำหนด (the coefficient of determination, R^2) ระหว่างค่าผลผลิตแก๊ส และการย่อย ได้ของวัตถุแห้งที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.916 (ภาพที่ 1) ในขณะที่ ค่าผลผลิตแก๊ส และการย่อยได้ของวัตถุ แห้งที่ 48 ชั่วโมง มีค่าความสัมพันธ์การกำหนด เท่ากับ 0.694 (ภาพที่ 2) ดังนั้น การประเมินค่าการย่อย ได้จากค่าผลผลิตแก๊สของสมการการประมาณค่าที่ 24 ชั่วโมง จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้เพื่อประเมินค่า ผลผลิตแก๊สมากกว่า สมการการประเมินค่าที่ 48 ชั่วโมง

สรุป

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า การใช้กากชัตริคอัดฟองส่งผลให้มีค่าการย่อยได้และผลผลิตแก๊สสะสม สูงกว่าการใช้กากชัตริคปรุงแต่งเอนไซม์ โดยการใช้ กากชัตริคปรุงแต่งด้วยการอัดฟองที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารส่งผลทำให้มีค่าการย่อยได้ที่ 24 ชั่วโมงและผลผลิตแก๊สสะสมดีที่สุด อีกทั้งยังพบว่า สามารถนำค่าผลผลิตแก๊สที่ 24 ชั่วโมง ไปประเมินหา ค่าการย่อยได้ที่ 24 ชั่วโมงได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้ สนับสนุนทุนวิจัย ประจำปี 2553 และขอขอบคุณ หมวคโคเนื้อ ห้องปฏิบัติการสัตวเคี้ยวเอื้อง และ ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะ

เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อำนวยความสะดวกในการทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ประพันธ์ศิลป์ ฤทธิลา. 2551. ผลของการใช้สิ่งเหลือทิ้ง จากโรงงานผลิตกรดชัตริคในสูตรอาหารชั้น ต่อ ปริมาณการกินได้ การ เจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และคุณภาพ เนื้อของโคเนื้อ. วิทยานิพนธ์ ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- 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. Anim Feed Sci. and Techno. 123 : 197-210.
- McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. J. Agric. Sci. 96 : 251-252.
- Menke, K. H., and H. Steingass. 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. Anim. Res. Dev. 28 : 7.
- Ørskov, E.R., and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agri. Sci. (Camb.) 92 : 499-503.
- SAS. 1985. User's Guide : Statistic, Version 5. Edition. SAS. Inst Cary, NC., U.S.A.
- Schnieder, B.H., and W.P. Flatt. 1975. The evaluation of feed through Digestibility Experiment Athens: The Univ. of Georgia Press. Georgia, U.S.A.

Table 1 Effect of enzyme treated and extruded of citric acid waste on gas production and digestibility

Item	Control	CWenz, %			CWext, %			SEM	p-value	Level of	
										CW	
		10	20	40	10	20	40			L	Q
Kinetics of gas production, ml/0.2 gDM											
Lag time, h	1.01 ^b	0.97 ^b	0.8 ^b	1.44 ^a	0.83 ^b	0.29 ^c	0.44 ^c	0.084	<0.01	**	*
D, ml/0.2	68.2 ^a	64.2 ^{ab}	60.0 ^{dc}	57.1 ^d	68.1 ^a	68.2 ^a	62.2 ^{bc}	1.196	<0.01	**	NS
gDM											
C, ml/h	0.050 ^a	0.044 ^b	0.036 ^c	0.026 ^d	0.046 ^{ab}	0.043 ^b	0.042 ^b	0.001	<0.01	NS	**
DM digestibility, %											
24h	58.3 ^a	56.7 ^{ab}	51.7 ^b	40.0 ^c	51.7 ^b	60.0 ^a	55.0 ^{ab}	2.189	<0.01	**	NS
48h	67.5 ^{ab}	58.3 ^b	61.7 ^{ab}	61.7 ^{ab}	68.3 ^a	65.0 ^{ab}	63.3 ^{ab}	2.467	0.18	NS	NS

^{a, b, c} Means within a row different superscripts differ (P<0.05)

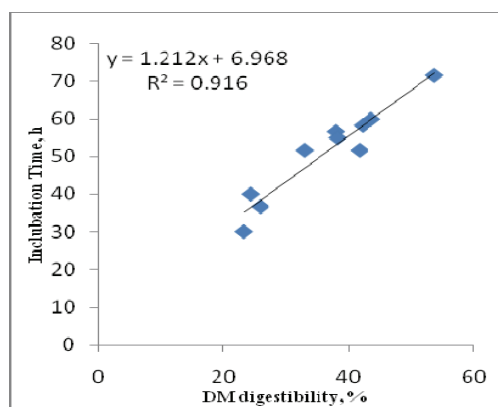


Figure 1 Relationship between gas production at 24 h of incubation and in vitro dry matter

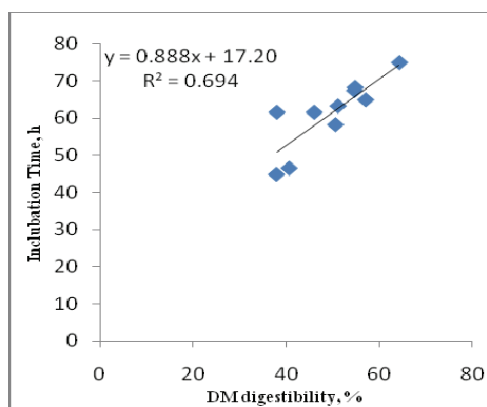


Figure 2 Relationship between gas production at 48 h of incubation and in vitro drv matter digestibility