ความสามารถในการย่อยสลายได้ของมันสำปะหลังแช่กรดแลคติกในกระเพาะหมักโดยวิธีถุงไนล่อน

Rumen digestibility of lactic acid-steeped cassava using nylon bag technique

ฤทธิชัย พิลาไชย*, วลัยลักษณ์ แก้ววงษา, อนันต์ เพชรล้ำ, เยาวพล ชุมพล และ วีระชัย ทองดี

Rittichai Pilachai*, Walailuck Kaewwongsa, Anan Petlum, Yauvapol Chumpol and Weerachai Thongdee

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของมันสำปะหลังแช่ด้วยกรดแลคติกต่ออัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้งและแป้งในกระเพาะหมัก โดยศึกษาในโคเนื้อเพศผู้เจาะกระเพาะหมักและติดตั้งท่อขนาดเล็กจำนวน 3 ตัว โคแต่ละตัวได้รับการจุ่มถุงไนล่อนที่มีมันสำปะหลังบดแช่กรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 0, 0. 5 และ 1 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 น้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาณ 5 กรัมต่อถุง ในกระเพาะหมักตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ทำการเก็บตัวอย่างออกที่เวลา 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าอัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้งและแป้งของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อระยะเวลาการจุ่มในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้น แต่ที่เวลา 48 และ 72 ชั่วโมง หลังการจุ่มมันสำปะหลังบดแช่กรด แลคติกร้อยละ 1 มีค่าเฉลี่ยการย่อยสลายของวัตถุแห้งต่ำสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในขณะที่แป้งมีค่าเฉลี่ยการย่อยสลายต่ำสุดที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง หลังการจุ่ม แตกต่างอย่างมีนัยยิ่งสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารทดลองแช่ในน้ำกลั่นและแช่กรดแลคติกร้อยละ 0.5 และมีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งและแป้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่อัตราการไหลผ่านที่ 0.02 ส่งผลให้ระยะเวลาการย่อยสลายเพิ่มมากขึ้น จากข้อมูลสรุปได้ว่ามันสำปะหลังบดแช่กรดแลคติกร้อยละ 1 มีผลทำให้อัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้งและแป้งของมันสำปะหลังในกระเพาะหมักลดลงร้อยละ (ร้อยละ 77.8 และ 78.5 ตามลำดับ)

คำสำคัญ: มันสำปะหลังบด, กรดแลคติก, ประสิทธิภาพการย่อยสลาย, วัตถุแห้ง, แป้ง

ABSTRACT: The effects of cassava meal steeped in lactic acid on the degradation rates of dry matter and starch contents in the rumen were investigated. In this study, the nylon bag technique was used to determine dry matter and starch degradation kinetics of cassava meal steeped in 0%, 0.5% and 1.0% lactic acid (in a ratio of 1 to 1 wt/vol.). Three rumen fistulated cattle were used to assess in situ DM disappearance. Duplicates of each 5 g of cassava meal steeped in lactic acid were incubated in a nylon bag in the rumen of each cattle for 2, 4, 8, 16, 24, 48 and 72 h. Results reveal that rumen digestibility of dry matter and starch increased with increased incubation time ($P < 0.05$). However, at 48 and 72 h after incubation, cassava meal steeped in 1% lactic acid had lower ($P<0.01$) rumen digestibility of dry matter; while at 24, 48 and 72 h after incubation, the digestibility of starch was significantly lower ($P < 0.01$) when compared with that of the control diet and cassava meal steeped in 0.5% lactic acid. Cassava meal steeped in 1% lactic acid demonstrated significantly lower fraction degradation rate at 0.02 ($P < 0.05$) which was associated with increased time digestion of dry matter and starch. It can be concluded that the treatment of cassava meal with 1% lactic acid decreased the degradation rates of dry matter and starch contents in the rumen (77.8% and 78.5%, respectively).

Keywords: cassava meal, lactic acid, degradability effectiveness, dry matter, starch

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี 41000

Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani 41000

* Corresponding author: r.pilachai@gmail.com

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารโคเนื้อและโคนมที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากมีแหล่งเพาะปลูกอย่างแพร่หลาย เกษตรกรสามารถเพาะปลูกด้วยตนเองภายในฟาร์ม ราคาถูก ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปเกษตรกรนิยมใช้หัวมันสำปะหลังสับตากแห้ง (มันเส้น) ผสมในอาหารโคเนื้อและโคนม ในสัดส่วน 50-70 ร้อยละ (Wanapat, 2003) เป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่าหัวมันสำปะหลังประกอบไปด้วยแป้งที่สามารถถูกย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วในกระเพาะหมัก (Chanjula et al., 2003) มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของกระบวนการย่อยสลายแป้งในกระเพาะหมักอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อการเพิ่มการผลิตกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะหมัก (Volatile fatty acid, VFA) ในสภาวะที่โคเกิดสภาวะขาดความสมดุลในการดูดซึม VFA เข้าสู่กระแสเลือด ทำให้ VFA สะสมในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้น และประกอบกับขาดความสมดุลของการหลั่งน้ำลาย ส่งผลต่อการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างในกระเพาะหมัก เมื่อค่าความเป็นกรดด่างในกระเพาะหมักลดลงต่ำกว่า 5.6 ในระยะเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมง/วัน โคจะเกิดสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะหมักอย่างไม่แสดงอาการ (Sub-acute rumen acidosis; Plaizer et al., 2008) จากการศึกษาของ Pilachai et al. (2012, 2014) พบว่า การเสริมมันสำปะหลังบดในอาหารโคนมร้อยละ 46.3 มีผลเหนี่ยวนำการเกิดสภาวะกรดในกระเพาะหมัก โดยพบว่า ค่าความเป็นกรดด่างในกระเพาะหมักลดลงต่ำ 5.6 อย่างน้อย 6 ชั่วโมง/วัน การเกิดสภาวะกรดในกระเพาะหมัก ส่งผลกระทบต่อการผลิตทั้งโคเนื้อและโคนมเป็นอย่างมาก โดยพบว่าแม่โคกินและย่อยอาหารได้ลดลง ผลผลิตน้ำนมและปริมาณไขมันในน้ำนมลดลง เกิดการอักเสบของผนังกระเพาะหมัก การเกิดฝีในตับ (Nagaraja and Titgemeyer, 2007) นอกจากนั้น ยังเป็นสาเหตุโน้มนำให้เกิดสภาวะกีบอักเสบ (Nocek, 1997) ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงของเกิดสภาวะขาเจ็บโดยพบมากในโคนม (Greenough et al., 2007)

จากผลกระทบของการเสริมมันสำปะหลังในสัดส่วนที่ไม่เหมาะสม จึงได้มีการศึกษาเพื่อหาแนวทางการควบคุมและป้องกันการเกิดสภาวะกรดในกระเพาะหมัก โดยการลดปริมาณการย่อยสลายของแป้งมันสำปะหลังในกระเพาะหมัก และเพิ่มการไหลผ่านไปยังลำไส้เล็ก การศึกษาที่ผ่านมาพบหลากหลายวิธีในการลดการย่อยสลายของแป้งในกระเพาะหมัก เช่น การทำแป้งอัดเม็ด การอบแห้ง รวมทั้งการใช้สารเคมีเช่นโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) และแอมโมเนีย (Ammonia) ซึ่งสามารถลดการย่อยสลายตัวในกระเพาะหมักได้ (Dehghan-Banadake et al., 2007) อย่างไรก็ตาม กรรมวิธีดังกล่าวมีความยุ่งยากในการปฏิบัติ รวมทั้งสารเคมีบางชนิดมีผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร และเพิ่มสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้นยังพบว่า การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ยังมีผลต่อการลดคุณค่าทางอาหารของแป้งด้วย (Dehghan-Banadake et al., 2007)

จากรายงานการศึกษาการการลดการย่อยแป้งในอาหารมนุษย์พบว่า การใช้กรดอินทรีย์จำพวกโซเดียมโพรพิโอเนต (Sodium propionate) หรือกรดแคลเซียมแลคเตท (Calcium lactate acid) สามารถเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลของแป้ง สามารถลดการย่อยสลายของเอ็นไซม์ได้ (Liljeberg et al., 1995) นอกจากนั้นยังมีรายงานการศึกษาการใช้กรดแลคติกแช่ในแป้งข้าวบาร์เลย์ สามารถลดอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักโคนม และเพิ่มค่าความเป็นกรดด่างในกระเพาะหมักได้ (Iqbal et al., 2009) อย่างไรก็ตาม ในสภาพการจัดการอาหารโคเนื้อและโคนมในประเทศไทยที่มีการเสริมมันสำปะหลังในอัตราส่วนที่สูง ยังไม่พบข้อมูลการศึกษาการใช้กรดแลคติกแช่ในแป้งมันสำปะหลังต่ออัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักโคทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ เพื่อศึกษาผลของมันสำปะหลังบดแช่ด้วยกรด แลคติกต่ออัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้งและแป้งในกระเพาะหมักโค โดยผลของการศึกษาที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการลดสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะหมักโคต่อไป

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลองและสัตว์ทดลอง

ทำการวางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized completely block design) โดยใช้โคเนื้อเพศผู้เจาะกระเพาะและติดตั้งท่อขนาดเล็ก สายพันธุ์พื้นเมือง น้ำหนักเฉลี่ย 450 ± 10.5 (± SD) กิโลกรัม จำนวน 3 ตัว โคแต่ละตัวได้รับการจุ่มถุงไนล่อนที่มีตัวอย่างมันสำปะหลังบดแช่กรดแลคติกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5 และ 1 โคถูกเลี้ยงภายในโรงเรือนและคอกขังเดี่ยวพื้นคอนกรีตขนาด 3 x 3 ตารางเมตร ที่มีระบบระบายอากาศตามธรรมชาติ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาท้องถิ่น บ้านตาด คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ในระยะการเตรียมและปรับสัตว์ทดลอง 14 วัน โคได้รับฟางข้าวกินอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) และเสริมอาหารข้นสำเร็จรูปที่มีโปรตีนหยาบประมาณร้อยละ12 ในปริมาณร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักตัว โดยให้อาหาร 2 ครั้ง/วัน เวลา 08:00 นาฬิกา และ 17:00 นาฬิกา และมีน้ำสะอาดเตรียมให้กินตลอดเวลา

อาหารทดลองและการเตรียม

มันสำปะหลังถูกบดผ่านตะแกรงขนาด 0.2 มิลลิเมตร หลังจากนั้นนำไปแช่ในกรดแลคติก (Lactic acid, 85%, Ajax Finechem Pty Ltd, Australia) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1, น้ำหนัก/ปริมาตร (wt./vol.) นาน 48 ชั่วโมง ส่วนกลุ่มควบคุม (แช่น้ำกลั่น) มันสำปะหลังบดถูกนำไปแช่ในน้ำกลั่นในอัตราส่วนเท่ากัน หลังจากนั้นตัวอย่างทั้งหมดนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง ทำการบดตัวอย่างอาหารผ่านตะแกรง 0.2 มิลลิเมตร ชั่งตัวอย่างอาหารปริมาณ 5 กรัมใส่ในถุงไนล่อน (Dragon polyester bag) ที่มีขนาด 7 × 14 เซนติเมตร ขนาดรู 40 ไมครอน หลังจากนั้นนำไปจุ่มลงในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ทำการเก็บตัวอย่างออกที่เวลา 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยตัวอย่าง ณ เวลาชั่วโมงที่ 0 จะทำการแช่ในน้ำกลั่นเท่านั้น

ถุงตัวอย่างที่ผ่านการจุ่มในกระเพาะหมักในแต่ละช่วงเวลาถูกนำมาล้างด้วยน้ำก๊อกไหลผ่าน และเครื่องซักผ้าขนาดเล็กตามวิธีของ Cherney et al. (1990) นำถุงตัวอย่างที่ล้างสะอาดแล้วไปอบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง ชั่งถุงตัวอย่างและบันทึกข้อมูล

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ร้อยละวัตถุแห้งของตัวอย่างทำโดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมงตามวิธีของ (AOAC, 1990) การวิเคราะห์เถ้าโดยการเผาในเตาเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 16 ชั่วโมง องค์ประกอบโปรตีนทำการวิเคราะห์ตามวิธีของ Macro Kjeldahl method (International Dairy Federation, 1986) ส่วนค่าเยื่อใย Neutral detergent fiber (NDF) and Acid detergent fiber (ADF) ทำการวิเคราะห์ตามวิธีของ Van Soest et al. (1991) วิเคราะห์ร้อยละแป้งในอาหารทดลอง โดยวิธี Amylogluco sidase-α-amylase method ตามวิธีของ McCleary et al. (1997)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และแป้ง นำไปคำนวณค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ (Effective degradability) ที่ Out flow rate 0.02, 0.05 และ 0.08 (k) ตามสมการเอ็กซ์โปเนนเทียล ตามวิธีของ Ørskov and McDonald (1979) ส่วนค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ (Washing loss rate) และค่าคงที่ของอัตราการย่อยสลาย (Degradability rate constant) ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุโดยใช้ Non-linear regression procedure ตามวิธีของ SAS (1996) ตามสมการ $P = a + b (1-e^{-ct})$ โดยที่ P = ปริมาณที่ถูกย่อยสลาย เมื่อเวลา t , a = ส่วนที่ถูกย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว หรือค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ, b = ส่วนที่ไม่ละลาย แต่สามารถหมักย่อยได้, c = ค่าคงที่ของอัตราการย่อยสลาย, t = ช่วงเวลาที่แช่ในกระเพาะหมัก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS® version 17 for window เปรียบเทียบความแตกต่าง

ระหว่างร้อยละการย่อยสลายของวัตถุแห้งและแป้งมันสำปะหลังในแต่ละชั่วโมง ด้วยวิธี Repeated measures analysis of variance ข้อมูลประสิทธิภาพการย่อยสลายได้นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังบดแช่ด้วยกรดแลคติก

กรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1 แช่มันสำปะหลังบด ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับ Crude protein (CP), NDF, ADF และแป้ง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาหารควบคุม (**Table 1**) ค่าองค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังทั้ง 3 กลุ่มทดลอง มีค่า CP, NDF, ADF และ แป้งที่ใกล้เคียงกัน และมีค่าสอดคล้องกับรายงานของคณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย กรมปศุสัตว์ (2551) นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับรายงานการวิจัยที่ผ่านมา (Chanjula et al., 2003; Charles et al., 2005; Chumpawadee et al., 2005; Suksombat et al., 2006) พบว่ามันสำปะหลังมีร้อยละองค์ประกอบ CP อยู่ระหว่าง 1.2 - 3.0 ของวัตถุแห้ง ร้อยละเยื่อใย NDF ระหว่าง 6-10 ของวัตถุแห้ง ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังมีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว และสภาพพื้นที่เพาะปลูก ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละของแป้งในมันสำปะหลังทั้ง 3 กลุ่มอาหารทดลองมีค่าเท่ากับ 80.2 ± 1.05 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการรายของ Charles et al. (2005) ที่พบว่ามันสำปะหลังประกอบไปด้วยแป้งร้อยละ ระหว่าง 80 - 86 ของวัตถุแห้ง

Table 1 Chemical composition of lactic acid steeped cassava meal

Chemical composition (% DM)	Cassava meal steeped lactic acid (%)		
	0	0.5	1
Dry matter	95.2	95.1	95.2
Crude protein	2.3	2.4	2.3
NDF	10.1	9.8	10.8
ADF	5.8	6.5	6.2
Starch	80.1	81.3	79.2

การย่อยสลายของวัตถุแห้ง (DM) ของมันสำปะหลังบดแช่กรดแลคติกในกระเพาะหมักโค

ร้อยละการย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของมันสำปะหลังบดแช่ด้วยกรดแลคติก พบว่า เมื่อระยะเวลาการจุ่มในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นอัตราการย่อยสลายตัวของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกแช่มันสำปะหลังบด ไม่มีผลต่อร้อยละการย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะหมัก ที่เวลาการจุ่ม 2, 4, 8, 16 และ 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามที่เวลาการจุ่ม 48 และ 72 ชั่วโมง กลุ่มอาหารทดลองที่แช่ในกรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 1 มีร้อยละการย่อยสลายของวัตถุแห้งต่ำสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P = 0.003$ และ $P = 0.004$ ตามลำดับ, **Figure 1**) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาหารทดลองที่แช่ในน้ำกลั่นและกรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 0.5

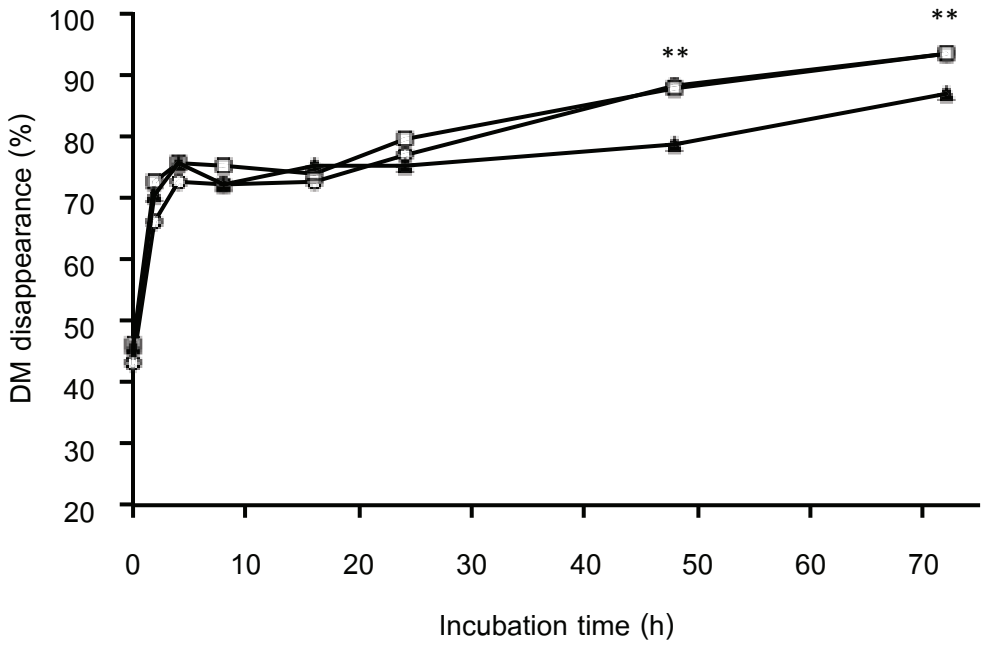

Figure 1 Dry matter disappearance of cassava meal steeped lactic acid 0% (○), 0.5% (□) and 1% (▲) wt./vol. incubated with Dragon bags for 72 h in the rumen.

** Significant ($P < 0.01$).

ค่าดัชนีการย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของมันสำปะหลังบดแช่กรดแลคติกแสดงใน **Table 2** พบว่ามันสำปะหลังแช่น้ำกลั่นและกรดแลคติกไม่มีผลต่อร้อยละของวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันที (a, $P = 0.458$) และร้อยละของส่วนที่ถูกย่อยสลาย (b, $P = 0.337$) เป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่าร้อยละการละลายได้ทันทีของของแข็งขึ้นอยู่กับขนาดของตัวอย่าง กระบวนการเตรียมตัวอย่างและขนาดของถุงไนล่อนที่ใช้ (Ørskov, 1992) อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้พบค่าการละลายได้ทันทีมีค่าต่ำกว่าการศึกษาของ Chanjula et al. (2003) ที่บดผ่านตะแกรงขนาดเดียวกัน (2 มิลลิเมตร) ซึ่งอาจเนื่องมาจากขนาดรูของถุงไนล่อนที่แตกต่างกัน แต่เมื่อบดผ่านตะแกรงมีความละเอียดเพิ่มขึ้น (1 มิลลิเมตร) พบว่า ค่าการละลายได้ทันทีของวัตถุแห้งมีค่าเพิ่มขึ้น (Chumpawadee et al., 2005) กรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 1 มีผลทำให้ร้อยละอัตราการย่อยสลายของมันสำปะหลัง (c) ต่ำสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P = 0.004$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มมันสำปะหลังบดแช่กรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และกลุ่มควบคุม จากข้อมูลชี้ให้เห็นว่าค่าอัตราการย่อยสลายวัตถุแห้งของมันสำปะหลังในกลุ่มที่แช่กรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่ลดลงมีผลต่อการเพิ่มระยะเวลาในการย่อยสลายของของแข็งในกระเพาะหมัก และอาจเพิ่มการไหลผ่านของวัตถุแห้งไปยังลำไส้เล็กได้มากขึ้น สามารถลดการผลิต VFA และทำให้ค่าความเป็นกรดด่างในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นได้ (Iqbal et al., 2009)

การย่อยสลายแป้งมันสำปะหลังบดแช่กรดแลคติกในกระเพาะหมักโค

ร้อยละการย่อยสลายแป้งในกระเพาะหมักของมันสำปะหลังบดแช่ด้วยกรดแลคติก พบว่าเมื่อระยะเวลาการจุ่มในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นอัตราการย่อยสลายตัวของแป้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$; **Figure 2**) ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกไม่มีผลต่อร้อยละการย่อยสลายของแป้งในกระเพาะหมักที่เวลาการจุ่มในกระเพาะหมัก 2, 4, 8, และ 16 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มันสำปะหลังบดแช่ในกรดแลคติกความเข้มข้น ร้อยละ 1

มีร้อยละการย่อยสลายของแป้งต่ำสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P = 0.010, 0.001 และ 0.004 ตามลำดับ, Figure 2) กับกลุ่มอาหารทดลองที่แช่ในน้ำกลั่นและกรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 0.5

ค่าดัชนีการย่อยสลายของแป้งในกระเพาะหมักของมันสำปะหลังบดแช่กรดแลคติกแสดงใน Table 2 พบว่า มันสำปะหลังบดแช่น้ำกลั่นและกรดแลคติกไม่มีผลต่อร้อยละของแป้งที่ละลายได้ทันที (a, P = 0.261) อย่างไรก็ตาม กรดแลคติก มีผลต่อร้อยละของส่วนที่ถูกย่อยสลายของแป้งในมันสำปะหลัง (b) ลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.045) มันสำปะหลังบดแช่กรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 1 มีร้อยละอัตราการย่อยสลาย (c) ต่ำสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.041) กับกลุ่มมันสำปะหลังบดแช่กรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และกลุ่มควบคุมกรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 1 แช่มันสำปะหลังบด มีผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของแป้งที่อัตราการไหลผ่าน 0.02 (k) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.05; Table 2) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มมันสำปะหลังบดแช่ในน้ำกลั่นและกรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 อาจเนื่องมาจากอัตราการไหลผ่านที่ร้อยละ 2 ต่อชั่วโมง ส่งผลให้ระยะเวลาของแป้งมันสำปะหลังคงอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้น และกรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 1 มีผลทำให้โครงสร้างของแป้งแข็งขึ้น (Östman et al., 2002) ส่งผลทำให้อัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักลดลง อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของกรดแลคติกไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายของแป้งมันสำปะหลังในกระเพาะหมักเมื่ออัตราการไหลผ่านของอาหารเพิ่มขึ้น (k=0.05 และ 0.08) อาจเนื่องจากการย่อยสลายของแป้งในกระเพาะหมักมีอัตราที่สูงในระยะ 24 ชั่วโมงแรก (ร้อยละ 75-80, Huntington et al., 2006) ทำให้ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับค่าร้อยละของแป้งที่หายไป ที่ระยะเวลาการจุ่มในกระเพาะหมักระหว่าง 0-16 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างอาหารทดลอง (Figure 2) จากข้อมูลชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพการย่อยสลายของแป้งในมันสำปะหลังมีค่าที่สอดคล้องกับประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ซึ่งอาจเนื่องมาจากในมันสำปะหลังมีส่วนประกอบของแป้งที่สูง ทำให้เมื่อมีการสลายตัวของวัตถุแห้ง ย่อมมีผลต่อการสลายตัวของแป้งในมันสำปะหลังด้วย

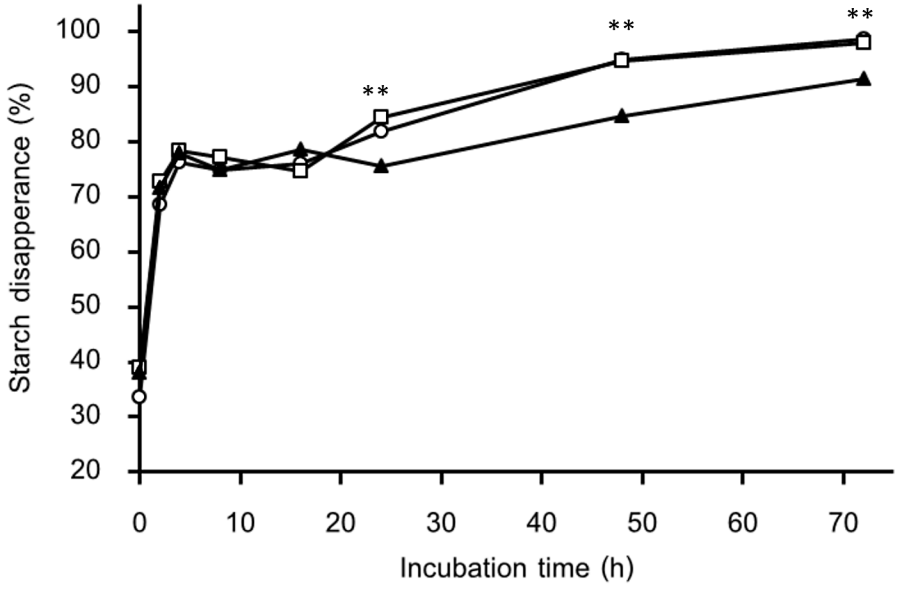

Figure 2 Starch disappearance of cassava meal steeped lactic acid 0% (○), 0.5% (□) และ 1% (▲) wt./vol. incubated with Dragon bags for 72 h in the rumen.

** Significant (P < 0.01).

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 1 มีผลในการป้องกันการย่อยสลายของแป้งในกระเพาะหมักได้ ซึ่งอาจส่งผลให้เพิ่มการไหลผ่านของแป้งไปยังลำไส้เล็กได้มากขึ้น Iqbal et al. (2009, 2012) รายงานว่า กรดแลคติกมีผลชะลอการย่อยสลายทั้งวัตถุแห้งและแป้งของข้าวบาร์เลย์ในกระเพาะหมัก เพิ่มการไหลผ่านของแป้งไปยังลำไส้เล็ก มีผลทำให้ความเข้มข้นของ VFA ในกระเพาะหมักลดลง และค่าความเป็นกรดด่างในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้น ดังนั้น มันสำปะหลังแช่กรดแลคติกจึงน่าจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสูตรอาหารโคเนื้อและโคนมเพื่อป้องกันการเกิดสภาวะกรดในกระเพาะหมักได้ (Zebeli et al., 2008; Iqbal et al., 2009)

การศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Zebeli et al. (2008) และ Iqbal et al. (2009) ที่ได้ทำการศึกษาการแช่แป้งข้าวบาร์เลย์ด้วยกรดแลคติก พบว่าสามารถลดอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักโคนม และเพิ่มค่าความเป็นกรดด่างในกระเพาะหมักได้ ถึงแม้ว่า กระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแป้งจากผลของกรดยังไม่แน่ชัด ซึ่งอาจเนื่องจากกรดแลคติกไปทำลายพันธะภายในโมเลกุลของแป้ง ทำให้แรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุลลดลง ส่งผลให้ความหนืดของแป้งลดลง ซึ่งลักษณะโครงสร้างแป้งที่แข็งขึ้นอาจทำปริมาณการย่อยสลายของแป้งในกระเพาะหมักลดลง และเพิ่มการไหลผ่านไปยังลำไส้เล็ก จากรายงานการศึกษาของ Zhao and Lin (2009) พบว่า กรดไปมีผลทำให้ความสามารถการย่อยสลายของอะไมโลเพกติน (Amylopectin) ลดลง มีผลทำให้โมเลกุลของแป้งทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ นอกจากนั้น McCleary and Monaghan (2002) ได้เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนะของข้าวบาร์เลย์บด ข้าวบาร์เลย์แช่น้ำ และข้าวบาร์เลย์หมักกรดแลคติก พบว่าข้าวบาร์เลย์หมักกรดแลคติก มีร้อยละของแป้งที่ไม่ละลายสูงกว่ากลุ่มที่แช่ในน้ำและการบด Östman et al. (2002) พบว่ากรด แลคติกช่วยลดอัตราการย่อยแป้ง โดยการสร้างการปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนและแป้ง ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงปฏิกิริยาเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) ทำให้การย่อยสลาย และการดูดซึมลดลง จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า การแช่มันสำปะหลังบดในกรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 1 สามารถลดอัตราการย่อยสลายของของแข็งและแป้งในกระเพาะหมักได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในรูปแบบ *in situ* ซึ่งเป็นการศึกษาเบื้องต้นเท่านั้น ข้อมูลที่ได้ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ทันที ดังนั้นเพื่อเป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลในสัตว์ทดลองจริงจึงควรมีการศึกษาผลของการแช่กรดแลคติกต่อขบวนการหมักค่าความเป็นกรดด่างเพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันสภาวะกรดในกระเพาะหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Table 2 The kinetics parameters of DM and starch disappearance of different substrates of cassava meal steeped lactic acid incubated with Dragon bags for 72 h in the rumen of 3 beef cattle

Coefficient [1/]	Cassava steeped lactic acid (% of wt./vol.)			SEM[2/]	Sig.[3/]
	0	0.5	1		
Dry matter (%)					
a (%)	42.4	47.5	38.3	6.71	ns
b (%)	41.8	38.2	37.4	1.90	ns
c (%, h^{-1})	2.1[a]	1.8[a]	1.3[b]	0.23	*
$EDMD_{0.02}$	80.8[a]	82.2[a]	77.8[b]	0.61	*
$EDMD_{0.05}$	72.9	74.2	73.1	0.47	ns
$EDMD_{0.08}$	70.7	72.5	71.4	0.41	ns
Starch (%)					
a (%)	35.0	40.4	38.3	1.75	ns
b (%)	50.9[a]	48.6[b]	43.5[b]	1.45	*
c (%, h^{-1})	3.5[a]	2.7[a]	1.4[b]	0.19	*
$EDMD_{0.02}$	87.8[a]	87.6[a]	78.5[b]	2.11	*
$EDMD_{0.05}$	81.5	81.7	74.9	2.27	ns
$EDMD_{0.08}$	78.7	78.8	73.2	2.07	ns

[1/] c = rate of dry matter degradation, a = quickly soluble fraction, b = potential degradable fraction, EDMD = effective dry matter degradability, [2/] SEM = Standard error of the mean, [3/] Sig. = significant level, Means within the same row with various superscripts were significant different (*P<0.05), ns = non-significant.

สรุป

การศึกษาครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าการแช่มันสำปะหลังในกรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 1 มีผลทำให้อัตราการย่อยสลายของมันสำปะหลังในกระเพาะหมักลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยวัตถุแห้งลดลงที่เวลา 48 และ 72 ชั่วโมง และแป้งลดลงที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง หลังการจุ่มในกระเพาะหมัก ประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งและแป้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) ที่อัตราการไหลผ่านที่ 0.02 แต่ความเข้มข้นของกรดแลคติกไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายของแป้งในมันสำปะหลังที่อัตราการไหลผ่านของอาหารที่ 0.05 และ 0.08 ตามลำดับ

คำขอบคุณ

งบประมาณการวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาท้องถิ่น บ้านตาด คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี และบุคคลากรทุกคน ที่สนับสนุนสถานที่สัตว์ทดลอง ผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์เทคนิคการตรวจปริมาณแป้งในมันสำปะหลัง ขอขอบคุณนางสาวธนัทอร ทาสีแสง, นางสาวมณีนุช จันทาคีรี และนางสาวสุจิตรา อินทสร้อย ที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย กรมปศุสัตว์. 2551. ความต้องการโภชนะของโคเนื้อในประเทศไทย. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, กรุงเทพฯ.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.

Chanjula, P., M. Wanapat, C. Wachirapakorn, S. Uriyapongson, and P. Rowlinson. 2003. Ruminal degradability of tropical feed and their potential use in ruminant diets. Asain-Aust. J. Sci. 16: 211-216.

Charles, A. B., K. Klanarong Sriroth, and T. Huang. 2005. Proximate composition, mineral contents, hydrogen cyanide and phytic acid of 5 cassava genotypes. Food Chem. 92: 615–620.

Cherney, D. J. R., J. A. Paterson, and R.P. Lemenager. 1990. Influence of in situ bag rinsing technique on determination of dry matter disappearance. J. Dairy Sci. 73: 391–397.

Chumpawadee, S., K. Sommart, T. Vongpralub, and V. Pattarajinda. 2005. In: *sacco* degradation characteriatics of energy feed sources in Brahman-Thai native crossbred steers. J. Agr. Technol. 2: 192-206.

Dehghan-Banadaky, M., R. Corbett, and M. Oba. 2007. Effects of barley grain processing on productivity of cattle. Anim. Feed Sci.Technol. 137: 1–24.

Greenough, P. R., C. Bergsten, A. Brizzi, and C.-K. W. Mulling. 2007. Bovine Laminitis and Lameness - A Hands on Approach. Saunders Elsevier, Philadelphia, PA.

Huntington, G. B., D. L. Harmon, and C. J. Richards. 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. J. Anim. Sci. 84: E14-E24.

International Dairy Federation. 1986. IDF Standard 20A. International Dairy Federation. Brussels, Belgium.

Iqbal, S., Q. Zebeli, A. Mazzolari, G. Bertoni, S. M. Dunn, W. Z. Yang, and B. N. Ametaj. 2009. Feeding barley grain steeped in lactic acid modulates rumen fermentation patterns and increases milk fat content in dairy cows. J. Dairy Sci. 92: 6023–6032.

Liljeberg, H. G. M., C. H. Lonner, and I. M. E. Bjorck. 1995. Sourdough fermentation or addition of organic acids or corresponding salts to bread improves nutritional properties of starch in healthy humans. J. Nutr. 125: 1503–1511.

McCleary, B. V., and D. A. Monaghan. 2002. Measurement of resistant starch. J. AOAC Int. 85: 665–675.

Nagaraja, T. G., and E. C. Titgemeyer. 2007. Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. J. Dairy Sci. 90: E17-E38.

Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis: implications on laminitis. J. Dairy Sci. 80: 1005-1028.

Ørskov, E. R. 1992. Protein Nutrition in Ruminant. Second Edition, Academic Press Inc., San Diego, CA.

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. Agr. Sci. 92: 499-503.

Östman, E.M., N. Nilssont, H. G. Lilberg, M. Molin, and I. M. E. Bjarck. 2002. The effect of lactic acid on blood glucose and insulin responses to cereal products: mechanistic studies in healthy subjects and *in vitro*. J. Cereal Sci. 36: 339–346.

Pilachai, R., J. Th. Schonewille, C. Thamrongyoswittayakul, S. Aiumlamai, C. Wachirapakorn, H. Everts, B. Vlaeminck, G. Doekes, and W. H. Hendriks. 2014. Hydrate sodium calcium aluminosilicate does not reduce rumen lipopolysacharide concentrations in cows. Anim. Feed Sci. Tech. 191: 111-115.

Pilachai, R., J. Th. Schonewille, C. Thamrongyoswittayakul, S. Aiumlamai, C. Wachirapakorn, H. Everts, and W.H. Hendriks. 2012. Starch source in high concentrate rations does not affect rumen pH, histamine and lipopolysaccharide concentrations in dairy cows. Livest. Sci. 150: 135-142.

Plaizier, J. C., D. O. Krause, G. N. Gozho, and B. W. McBride. 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. Vet. J. 176: 21–31.

SAS, 1996: User's Guide: Statistics. SAS Institute Inc., Cary North Carolina.

Suksombat, W., P. Lounglawan, and P. Noosen. 2006. Energy and protein evaluation of feedstuffs used in diet in which cassava pulp as main energy source for lactating dairy cows. Suranaree J. Sci. Technol. 14: 99-107.

Van Soest, P.J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.

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

Zebeli, Q., J. Dijkstra, M. Tafaj, H. Steingass, B. N. Ametaj, and W. Drochner. 2008. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cow based on responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. J. Dairy Sci. 91: 2046–2066.

Zhao, X-H., and Y. Lin. 2009. Resistant starch prepared from high-amylose maize starch with citric acid hydrolysis and its simulated fermentation in vitro. Eur. Food Res. Technol. 228: 1015–1021.