วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

การเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของลำต้นกล้วยโดยใช้จุลินทรีย์ต่อองค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการย่อยได้ในโคเนื้อโดยใช้ *in vitro* gas production technique

Improving nutritional value of banana stem by using microorganism on chemical composition and digestibility of beef cattle using in *vitro gas* production technique

สินีนาฏ พลโยราช[1]*, รณชัย สิทธิไกรพงษ์[1], ปัณฑมาศ ผดุงชอบ[2] และ รัศมี นามภักดี[1]

Sineenart Polyorach[1]*, Ronachai Sitthigripong[1], Bpantamars Phadungchob[2] and Rutsamee Nampukdee[1]

[1] *ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จ.กรุงเทพมหานคร 10520*

[1] *Department of Animal Production Technology and Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520*

[2] *สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี จ.กรุงเทพมหานคร 10600.*

[2] *General Science Program, Faculty of Education, Dhonburi Rajabhat University Thonburi, Bangkok 10600.*

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณค่าทางโภชนาการของต้นกล้วยโดยใช้จุลินทรีย์ต่อการย่อยได้ของโคเนื้อโดยใช้เทคนิค การผลิตแก๊สในหลอดทดลอง (*in vitro* gas production technique) จากการทดลองครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบ 2×3 factorial in CRD ทำการศึกษาจำนวน 3 ซ้ำ โดยศึกษา 2 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัย A ชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้หมัก (Yeast และ Effective microorganism, EM) และปัจจัย B ระยะเวลาการหมัก 3 ระดับ คือ 0, 7 และ 14 วัน บันทึกผลผลิตแก๊สสะสมที่ 0, 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมงของการบ่ม พบว่า ต้นกล้วยที่หมักด้วยจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและโปรตีนเพิ่ม ในขณะที่ปริมาณวัตถุแห้งและเยื่อใย NDF ลดลง เมื่อเวลาหมักเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ในขณะที่วัตถุแห้ง และเยื่อใย NDF ลดลง ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาปัจจัยของชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้หมัก ระยะเวลาการหมัก และปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างแหล่งที่มาของจุลินทรีย์และเวลาหมักไม่มีผลต่อค่า ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ (a) ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการผลิตแก๊สจากส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (b) ค่าคงที่อัตราการผลิตแก๊สจากส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (c) ศักยภาพการผลิต (a + b) และการผลิตแก๊สสะสมที่ 96 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามการย่อยสลายในหลอดทดลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการหมัก จากการทดลองในครั้งนี้สรุปได้ว่าจุลินทรีย์สามารถปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของ OM และ CP รวมถึงเพิ่มการย่อยได้เมื่อระยะเวลาในการหมักของต้นกล้วยเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาการใช้ต้นกล้วยหมักร่วมกับจุลินทรีย์จุลินทรีย์ในตัวสัตว์ต่อไป

คำสำคัญ : ต้นกล้วย; จุลินทรีย์; ปรับปรุงกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน; การย่อยได้; การศึกษาในหลอดทดลอง

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the improvement of nutritional values of banana tree using microorganisms on the digestibility of beef cattle by *in vitro* gas production technique. The experimental design was a 2X3 factorial arrangement in a completely randomized design (CRD) with 3 replications. Factor A (microorganism sources) composed of two levels which were yeast and effective microorganisms (EM). Factor B (silage time) consisted of three levels which were 0, 7 and 14 days. Cumulative gas production was recorded at 0, 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 h of incubation. It was found that increasing silage time of banana tree fermented with both microorganisms increased organic matter (OM), crude protein (CP) ($P<0.05$). However, dry matter (DM) and

* Corresponding author: neenart324@hotmail.com, sineenart.po@kmitl.ac.th

Received: date; June 8, 2020 Accepted: date; July 7, 2021 Published: date; February 5, 2022

neutral detergent fiber (NDF) were decreased (P<0.05). Concerning sources of microorganisms, silage time and interaction between microorganism sources and silage time were not affected on the intercept value (a), gas production from the insoluble fraction (b), gas production rate constants for the insoluble fraction (c), potential extent of gas production (a+b) and cumulative gas production at 96 h. However, *In vitro* degradability tended to improve when silage time increased. In conclusion, microorganisms could improve the nutritional values of OM and CP. Moreover, they could increase digestibility when increased silage time. However, using microorganism fermentation for banana stem in *in vivo* trial should be further studied.
Keywords: banana tree; microorganism; improving nutritional value; digestibility; *in vitro* gas production

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องทั้งโคเนื้อและโคนมมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีความต้องการสัตว์เคี้ยวเอื้องมากขึ้นประกอบกับการที่ในประเทศไทยมีฤดูร้อนที่ยาวนาน จึงทำให้บางช่วงเวลามีการขาดแคลนวัตถุดิบอาหารที่มีคุณภาพอยู่เสมอ ดังนั้นการจัดการทางด้านอาหารสัตว์จึงมีความสำคัญและได้เล็งเห็นศักยภาพในการจัดการด้านอาหารสัตว์ว่าสามารถเพิ่มคุณประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้ไม่ว่าจะเป็นการการเพิ่มผลผลิตของเนื้อและการเพิ่มคุณค่าของน้ำนมให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นและสามารถลดต้นทุนการผลิต จึงได้มีการนำวัตถุดิบที่ได้จากผลพลอยได้ทางการเกษตร เช่น มันสำปะหลัง ต้นกล้วย มาใช้เพื่อลดต้นทุนทางด้านอาหารสัตว์ โดยในปัจจุบันได้มีการเอาต้นกล้วยมาใช้เป็นแหล่งอาหารสัตว์กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากต้นกล้วยเป็นพืชที่หาได้ง่านในท้องถิ่น และต้นกล้วยมีการเจริญเติบโตเร็ว จากการรายงานของ Viswanathan et al. (1989) ได้ทดลองเสริมใบกล้วยแห้งทดแทนหญ้าขนแห้งในแกะที่ระดับ 0, 20, 40 และ 50 % พบว่า ไม่มีผลกระทบต่อสัตว์ แต่ระดับการเสริมมากกว่า 40 % มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลงช่วงท้ายของการทดลอง ส่วนปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกัน และยังพบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยมีค่าสูงสุด จากการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนจากส่วนต่างๆ ของกล้วย พบว่าลำต้นเทียมที่เกิดจากกาบใบที่แผ่ออกมารวมตัวกันแน่นและเปลือกกล้วยมีศักยภาพที่จะนำมาเป็นอาหารสัตว์เคียวเอื้องมากกว่าใบกล้วย (Kimambo and Muya, 1991) จากการรายงานพบว่าในใบกล้วยประกอบไปด้วย 15% วัตถุแห้ง 10-17%โปรตีนหยาบ ส่วนของลำต้นเทียม (pseudo stems) ประกอบไปด้วย 5-8% วัตถุแห้ง และ 3-5% โปรตีนหยาบ นอกจากนี้ยังพบว่า เยื่อใย NDF และ ADF มีค่าประมาณ 50-70% และ 30-40% ตามลำดับ (Marie-Magdeleine et al., 2010) นอกจากนี้ยังพบว่าต้นกล้วยมีระดับแร่ธาตุแคลเซียม ประมาณ 1% โพแทสเซียมประมาณ 3% ฟอสฟอรัส 0.1% และแมกนีเซียมประมาณ 0.42% มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ (อรอนงค์, 2558) อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางเคมีของต้นกล้วยยังมีโปรตีนในระดับต่ำในปัจจุบันได้มีหลากหลายวิธีการในการปรับปรุงคุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ไม่ว่าจะเป็นวิธีการทางเคมีและทางชีวภาพ จากการรายงานของ สินีนาฏ และเมธา (2558) ได้กล่าวถึงการปรับปรุงวัตถุดิบอาหารสัตว์ทางชีวภาพโดยการใช้ยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นสายพันธุ์ที่นิยมนำมาใช้ เนื่องจากส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดยกำจัดออกซิเจนทำให้กระเพาะรูเมนอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic) จึงทำให้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile fatty acids; VFAs) และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (Microbial protein) เพิ่มสูงขึ้น วาสนา และกิตติ (2557) ได้รายงานว่าการใช้จุลินทรีย์ในกลุ่ม *Rhizopus oryzae*, *Aspergillus niger* สามารถลดองค์ประกอบของเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลังได้ นอกจากนี้ Oboh et al. (2006) พบว่า *Aspergillus niger* สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนหยาบในกากมันสำปะหลังได้อีกด้วย Huy et al. (2018) กล่าวว่าการหมักก้านกล้วยเทียม (*Musa spp.*) และรำข้าวด้วย *S. cerevisiae* สามารถเพิ่มระดับโปรตีนหยาบ (Crude protein) 17.63% และ โปรตีนจริง (True protein) 11.50% แต่ส่งผลต่อการลดลงของเยื่อใยหยาบ (Crude fiber) 31.65-15.55% Wajizah et al. (2019) หมักก้านกล้วย (*Musa paradisiaca*) และมันสำปะหลังร่วมกับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (Effective microorganisms; EM) สามารถเพิ่มปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน NH_3-N (6.4-9.5%) และการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (Organic matter) และ วัตถุแห้ง (Dry matter) ในหลอดทดลองอีกด้วย อย่างไรก็ตามข้อมูลของการใช้จุลินทรีย์เพื่อปรับปรุงคุณภาพทางโภชนะของต้นกล้วยยังมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่ศึกษาการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของลำต้นกล้วยโดยใช้จุลินทรีย์ต่อองค์ประกอบทางเคมีและความสามารถในการย่อยได้ในโคเนื้อโดยใช้ *in vitro* gas production technique

วิธีการศึกษา

การเตรียมอาหารทดลอง

การเตรียมต้นกล้วยหมักโดยตัดต้นกล้วยมาสับเป็นชิ้นเล็กๆประมาณ 5-10 เซนติเมตร แล้วนำมาผสมน้ำหมักยีสต์และหรือนำหมัก EM โดยเตรียมตามวิธีการของ Nampukdee et al. (2018) ในสัดส่วน 10:1 หลังจากนั้นคนให้เข้ากันแล้วหมักไว้ในถุงพลาสติกดำแล้วไล่อากาสออกให้หมดแล้วหมักไว้เป็นเวลา 0, 7 และ 14 วัน

การวางแผนการทดลองและอาหารทดลอง

งานทดลองครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial arrangements in a completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยทำการศึกษา 2 ปัจจัย คือ ปัจจัย A: ชนิดของจุลินทรีย์ (ยีสต์(*Saccharomyces cerevisiae*) และจุลินทรีย์ EM (Effective microorganism)), ปัจจัย B: จำนวนวันที่ใช้ในการหมัก คือ 0, 7 และ 14 วัน สัตว์ทดลองจะได้รับอาหารข้นที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (%BW) โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งของอาหารหยาบแบบเต็มที่ อาหารข้นมีระดับโปรตีนหยาบ 14 % และพลังงาน 80 % TDN โดยสูตรอาหารนี้ประกอบไปด้วย มันเส้น กากถั่งเหลือง รำข้าว กากปาล์มเป็นส่วนประกอบหลัก

สัตว์ทดลอง

งานทดลองครั้งนี้ใช้โคเนื้อเจาะกระเพาะพันธุ์ลูกผสม (พันธุ์บราห์มันและพันธุ์พื้นเมืองไทย) เพศผู้ น้ำหนักตัวเฉลี่ย 450±30 กิโลกรัม จำนวน 2 ตัว ซึ่งได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งของอาหารหยาบแบบเต็มที่ แบ่งการให้อาหารออกเป็น 2 เวลา คือช่วงเช้าให้อาหาร เวลา 08.00 น. และในช่วงเย็นให้อาหารเวลา 16.00 น. ปรับสภาพโคทดลองเป็นระยะเวลา 14 วัน หลังจากนั้นทำการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนจากโคทั้งสองตัวมาผสมกันในสัดส่วนเท่าๆ กัน เพื่อนำมาใช้ในหลอดทดลอง

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำตัวอย่างอาหาร เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter, DM), เถ้า (ash) โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) และไขมัน (Ether Extract, EE) ตามวิธีการของ AOAC (2016) และวิเคราะห์องค์ประกอบเยื่อใยที่สำคัญได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) และลิกนิน (acid detergent lignin, ADL) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส (kinetics of gas production) ดัดแปลงวิธีการของ Menke and Steingass (1988) นำอาหารทดลองที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร มาชั่งและจดน้ำหนักที่แน่นอน แล้วบรรจุประมาณ 0.2 กรัม ลงในขวดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) จากโคเนื้อเจาะกระเพาะ แล้วผสมภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในขวดที่บรรจุอาหารทดลองขวดละ 40 มิลลิลิตร พร้อมทั้งปิดจุกยางและฝาครอบอะลูมิเนียมให้สนิท หลังจากนั้นนำตัวอย่างเข้าบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ทำการวัดผลผลิตแก๊ส ณ ชั่วโมง 0, 2, 4, 6,12, 24, 48, 72 และ 96 จากนั้นทำการจดบันทึกปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น นำค่าผลผลิตแก๊สที่ได้มาหาค่าคงที่ a, b และ c โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป fit curve เพื่ออธิบายจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊สตามแบบจำลองสมการของ Ørskov and McDonald (1979) ดังนี้

$$y = a + b\,[1-e^{(-ct)}]$$

เมื่อ y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t, a = ส่วนที่ละลายได้ง่าย (มิลลิลิตร), b = ค่าปริมาณผลผลิตแก๊สที่ผลิตได้ (มิลลิลิตร) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงศักยภาพในการย่อยสลายอาหาร, c = อัตราการเกิดแก๊ส มีหน่วยเป็น %/ชม. e = exponential และ t = เวลาการเกิดแก๊ส

วัดค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter degradability, IVDMD) และการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ (*in vitro* organic matter degradability, IVOMD) (Tilley and Terry, 1963) นอกจากนั้นทำการสุ่มตัวอย่าง ณ ชั่วโมงที่ 48 หลังการบ่ม เพื่อทำการวัดการย่อยได้จริง (*in vitro* true digestibility) (Van Soest et al., 1991)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ Analysis of variance ตามแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial arrangements in completely randomized design (CRD) โดยการใช้ Proc ANOVA (SAS, 1996) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของต้นกล้วยหมักที่แตกต่างกันของชนิดของจุลินทรีย์และระยะเวลาในการหมัก ดังแสดงใน **Table 1** พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของจุลินทรีย์และระยะเวลาในการหมักหมักไม่มีผล ($p > 0.05$) ต่อ วัตถุแห้ง (dry matter, DM), อินทรียวัตถุ (organic matter, OM), เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) ในขณะที่โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) มีค่าสูงสุด ($p<0.05$) เมื่อหมักต้นกล้วยด้วย EM เป็นเวลา 14 วัน (7.46%)

เมื่อพิจารณาปัจจัยของแหล่งจุลินทรีย์พบว่า กลุ่มที่หมักต้นกล้วยด้วย EM มีค่า OM และ CP สูงกว่ากลุ่มที่หมักด้วยยีสต์ ($p<0.05$) ในขณะที่ไม่มีผลต่อความแตกต่างของค่า DM, NDF และ ADF ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาปัจจัยของระยะเวลาในการหมักพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหมักจาก 0 เพิ่มเป็น 7 และ 14 วัน ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า OM และ CP ($P<0.05$) ในขณะที่ค่า DM และ NDF มีค่าลดต่ำลงตามระยะเวลาในการหมักที่เพิ่มสูงขึ้น ($P<0.01$) อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้ในการหมักไม่มีผลต่อความแตกต่างของค่า ADF ($P>0.05$) ของต้นกล้วยหมัก ปริมาณโปรตีนหยาบที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากใน EM มีจุลินทรีย์กลุ่ม Azospirillum ที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนได้ (Roper and Ladha, 1995; ณฤกมล และคณะ, 2562) อีกทั้ง EM มีจุลินทรีย์กลุ่มของยีสต์ โดยผนังเซลล์ยีสต์มีวิตามินจาก cytosol, B-D-glucans และ mannoproteins ซึ่งเป็นสารอาหารให้กับจุลินทรีย์ (สินีนาฏ และเมธา, 2558) และภายในเซลล์ยีสต์อุดมไปด้วยโปรตีน 40-60 เปอร์เซ็นต์ รวมถึงยีสต์มีชีวิตจะสามารถใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมอยู่ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนเมื่อเกิดกระบวนการหมัก (Jouany, 2006) ส่งผลต่อการเพิ่มโปรตีนเซลล์เดียว (single cell protein) ที่มาจากกระบวนการเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าว สอดคล้องกับ สินีนาฏ และอรอนงค์ (2557) ได้ศึกษาถึงการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของรำข้าว พบว่าเมื่อหมักรำข้าวด้วยน้ำนมหมักเชื้อจุลินทรีย์ เช่น ยีสต์และ lactic acid bacteria (LAB) สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของรำข้าวได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถเพิ่มระดับโปรตีนหยาบจาก 7.7% เป็น 10.4% DM เมื่อใช้กากมันสำปะหลังหมักยีสต์ (YEFECAP) ร่วมกับผงเปลือกมังคุดที่ 300 กรัมต่อตัวต่อวัน สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการหมักภายในกระเพาะรูเมน, การย่อยได้, ผลผลิตน้ำนม และปริมาณโปรตีน อีกทั้งผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคนมด้วยฟางข้าว (Polyorach et al., 2015)

Table 1 Effect of microorganisms on the chemical composition of banana stem at different fermentation times

Microorganism source	Yeast			EM				Comparison		
Time silage (day)	0	7	14	0	7	14	SEM	Microorganism source	Time silage	Interaction
Chemical composition (% of DM)										
DM	21.65^{a}	11.08^{b}	9.77^{b}	22.85^{a}	11.31^{b}	10.53^{b}	0.86	ns	**	ns
OM	77.16^{c}	86.00^{b}	88.70^{a}	78.35^{c}	88.92^{a}	90.24^{a}	0.89	*	**	ns
CP	3.48^{b}	3.66^{b}	4.01^{b}	3.46^{b}	5.04^{b}	7.46^{a}	0.69	*	*	*
NDF	63.67^{a}	62.64^{a}	51.65^{b}	63.07^{a}	62.35^{a}	52.16^{b}	2.99	ns	**	ns
ADF	47.27	43.96	41.82	47.86	43.28	42.88	2.64	ns	ns	ns

*P< 0.05, **P< 0.01, ns = Non-significant, SEM = Standard error of the mean, EM = Effective microorganism.

DM=dry matter, OM=organic matter, NDF= neutral detergent fiber, ADF=acid detergent fiber, CP=crude protein

ค่าจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สและความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลอง

การผลิตแก๊สสะสมของแต่ละทรีทเมนต์จะนำเสนอในรูปแบบการผลิตแก๊สและระดับของจลนศาสตร์การผลิตแก๊สดังแสดงใน **Table 2** แหล่งของจุลินทรีย์, ระยะเวลาในการหมัก และปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งของจุลินทรีย์และระยะเวลาในการหมัก พบว่าต้นกล้วยที่หมักด้วยยีสต์และEM ที่เวลาการหมักต่างๆ ไม่มีผลต่อค่าการผลิตแก๊สจากส่วนที่ละลายได้ง่าย (a), ปริมาณแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ยาก (b), อัตราการผลิตแก๊ส (c), ส่วนที่ละลายได้ง่ายร่วมกับปริมาณผลผลิตแก๊สที่ผลิตได้ (a+b) และปริมาณแก๊สสะสมที่ 96 ชั่วโมง และการย่อยได้ในหลอดทดลอง แต่อย่างไรก็ตามต้นกล้วยที่หมักยีสต์และ EM ที่เวลาในการหมักเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มว่า การย่อยได้ของวัตถุแห้งในหลอดทดลอง (IVDMD) และการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในหลอดทดลอง (IVOMD) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการหมักที่นานขึ้นในต้นกล้วยหมักทำให้จุลินทรีย์ EM ในต้นกล้วยหมักสามารถเข้าหมักย่อยและใช้ประโยชน์จากต้นกล้วยได้เพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาในการหมักที่เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ สินีนาฏ และอรอนงค์ (2557) ได้ศึกษาผลของการเสริมแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงต่อความสามารถในการย่อยได้ โดย ศึกษา 2 ปัจจัย คือ แหล่งโปรตีนที่ใช้คือรำข้าวหมักยีสต์ในน้ำนม (RBFM) และกากถั่วเหลืองหมักยีสต์ในน้ำนม (SBMFM) พบว่าจากแหล่งของโปรตีนและระดับที่ใช้เสริม โดยปฏิสัมพันธ์ของทั้งสองปัจจัยนี้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อค่า a ,b และ c นอกจากนี้จากการรายงานของ Zhao et al. (2019) พบว่าฟางข้าวที่หมักด้วย LAB (*Lactobacillus plantrarum*) ร่วมกับกากน้ำตาลเป็นระยะเวลา 60 วัน ส่งผลต่อการลดลงของเยื่อใย ได้แก่ NDF, Cellulose และ Hemicellulose โดยคาร์โบไฮเดรทที่เป็นโครงสร้างจะถูกย่อยสลายด้วยกรดเมื่อค่า pH ต่ำ ซึ่งเกิดจากการผลิตกรดแลคติกซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จาก *L. plantrarum* อีกทั้งการใช้กากน้ำตาลร่วมสามารถกระตุ้นการหมักกรดแลคติก และส่งเสริมการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตเชิงโครงสร้างได้อีกด้วย (Chen et al., 2017) สอดคล้องกับ Forsberg et al. (2000) ที่รายงานว่าปริมาณน้ำตาลที่เพียงพอจะช่วยในกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์

Table 2 Effect of microorganism on gas production kinetics and *in vitro* true degradability of banana stem at different fermentation times

Microorganism source	Time silage (day)	Gas kinetics[1]				Gas (96h) mL /0.2 g DM substrate	*In vitro* degradability	
		a	b	c	a+b		IVDMD	IVOMD
Yeast	0	1.44	33.75	0.051	35.19	35.05	55.57	73.78
	7	1.89	40.41	0.071	42.31	42.047	56.78	75.91
	14	2.11	43.16	0.049	45.28	46.13	58.56	77.38
EM	0	1.39	34.94	0.107	36.27	37.013	51.96	70.78
	7	2.68	39.62	0.044	42.31	42.03	61.34	75.88
	14	2.28	43.44	0.056	45.73	46.39	60.54	78.63
SEM		0.214	0.163	0.19	0.176	0.195	0.57	0.51
Comparison								
Microorganism source		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Time of fermented		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Interaction		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns = Non-significant, SEM = Standard error of the mean, EM = Effective microorganism, [1]a = The gas production from the immediately soluble fraction, b = The gas production from the insoluble fraction, c = The gas production rate constant for the insoluble fraction (b), a+b = The gas potential extent of gas production

สรุป

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าจุลินทรีย์สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของต้นกล้วยได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง EM และหมักที่ 14 วัน เป็นช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการใช้จุลินทรีย์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของต้นกล้วยในตัวสัตว์

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ และอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณทุนโครงการนักวิจัยพี่เลี้ยง กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สัญญาเลขที่ KREF165903

เอกสารอ้างอิง

ณรกมล เลาห์รอดพันธ์, ประวิทย์ ห่านใต้, ทศพร อินเจริญ, บุญฑริกา ปลั่งสูงเนิน, เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ และ วิรัตน์ นาคเอี่ยม. 2562. การปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวด้วยหัวเชื้อพ.ด.1 และหัวเชื้ออีเอ็มต่อค่าองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในหลอดทดลอง. แก่นเกษตร. 47: 777-782.

วาสนา ศิริแสน, และกิตติ วิรุณพันธุ์. 2557. กลยุทธ์การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของเศษเหลือทางการเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกเพื่อเป็นอาหารสัตว์. การเกษตรราชภัฏ. 13(1): 1-10.

สินีนาฏ พลโยราช และ อรอนงค์ พวงชมภู. 2557. ผลของการเสริมแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงต่อความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะในกระเพาะรูเมนโดยวิธีถุงไนลอน. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร, สกลนคร.

สินีนาฏ พลโยราช และ เมธา วรรณพัฒน์. 2558. ศักยภาพในการใช้ยีสต์เป็นแหล่งโปรไบโอติกส์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. แก่นเกษตร. 43(1): 191-206.

อรอนงค์ ยามาเจริญ. 2558. ส่วนประกอบของต้นกล้วย. แหล่งข้อมูล:https://www.google.com/ Search ?ei=u93PXIeuEZzbz7sPt-CHwAY&q=%28.28. ค้นเมื่อ 3 พฤษภาคม 2563.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2016. Official Methods of Analysis. 20th Edition. AOAC, Gaithersburg, MD, USA.

Chen, X., W., Li, C. Gao, X. Zhang, B, Weng, and Y. Cai. 2017. Silage preparation and fermentation quality of kudzu, sugarcane top and their mixture treated with lactic acid bacteria, molasses and cellulase. Animal Science Journal. 88: 1715-1721.

Forsberg, C. W., E. Forano, and A. Chesson. 2000. Microbial adherence to the plant cell wall and enzymatic hydrolysis. P.79-97. In: P. B. Cronje. Ruminant physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Huy, S., Tran, T. T. Hong., L. D. Ngoan., L. D. Phung, and K. Borin. 2018. Nutritive Value of Fermented Banana Pseudo Stem (*Musa* spp.) and Rice Bran by *Saccharomyces cerevisiae*. IJAIR. 7: 209-216.

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. Animal Reproduction Science. 96: 250-264.

Kimambo, A.E., and H.M.H. Muya. 1991. Rumen degradation of dry matter and organic matter of different part of the banana plant. Livestock Research for Rural Development. 3(3): 35-40.

Marie-Magdeleine, C., M. Boval, L. Philibert, A. Borde, and H. Archimède. 2010. Effect of banana foliage (Musa paradisiaca) on nutrition, parasite infection and growth of lambs. Livestock Science. 131: 234–239.

Menke, K.H. and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Animal Research and Development. 28: 9-55.

Nampukdee, R., S. Polyorach, M. Wanapat, S. Kang, A. Cherdthong, P. Gunun, N. Gunun, and R. Sitthigripong. 2018. Effects of microbial fermented liquid (MFL) supplementation on gas production kinetics and digestibility using *in vitro* gas production technique. International Journal of Agricultural Technology. 14(7): 1495-1504

Oboh, G. 2006. Nutrient enrichment of cassava peels using a mixed culture *Saccharomyces cerevisae* and *Lactobacillus spp*. solid media fermentation techniques. Electronic Journal of Biotechnology. 9(1): 46-49.

Ørskov, E.R. and P. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. The Journal of Agricultural Science. 92: 499-503.

Polyorach, S., M. Wanapat, K. Phesatcha, and S. Kang. 2015. Effect of different levels of mangosteen peel powder supplement on the performance of dairy cows fed concentrate containing yeast fermented cassava chip protein. Tropical Animal Health and Production. 47: 1473–1480.

Roper, M.M., and J.K. Ladha. 1995. Biological N2 fixation by heterotrophic and phototrophic bacteria in association with straw. Plant and Soil. 174: 211-224.

SAS (1996) Statistical Analysis System. SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute Inc., Cary, USA.

Steel R. G. D., and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. 2nd Edition. McGraw-Hill. New York.

Tilley J.M.A. and R.A. Terry 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops Current Contents. Journal of the British Grassland Society. 18: 104-111.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B.A. Lewism. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74: 3583-3597.

Viswanathan, K., R. Kadirvel, and D. Chandrasekaran. 1989. Nutritive value of banana stalk (*Musa cavendishi*) as a feed for sheep. Animal Feed Science and Technology. 22: 93-113.

Wajizah, S., M. A. Akbar, and Y. Usman. 2019. *In vitro* digestibility assessment of banana stem silage (*Musa paradisiaca*) inoculated with EM-4 and different accelerators added as ruminant feed. Earth and Environmental Science. 387: 1-4.

Zhao, J., D. Zhihao, L. Junfeng, C. Lei, B. Yunfeng, J. Yushan, and S. Tao. 2019. Effects of lactic acid bacteria and molasses on fermentation dynamics, structural and nonstructural carbohydrate composition and *in vitro* ruminal fermentation of rice straw silage. Animal Feed Science and Technology. 32(6): 783-791.