



การเสริมยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) และลูกแป้งต่อคุณค่าทางโภชนาและเจลาตินพลาสติกการ
ย่อยสลายของเปลือกสับประรดโดยเทคนิคการวัดปริมาณแก๊ส

สิริวดี พรหมน้อย¹ และณรภมล เลาห์รอดพันธ์^{2,*}

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์ 53000

²คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 65000

บทคัดย่อ: การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) และลูกแป้งต่อคุณค่าทางโภชนาและเจลาตินพลาสติกการย่อยสลายของเปลือกสับประรดโดยเทคนิคการวัดปริมาณแก๊ส โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial บนการสุ่มแบบสมบูรณ์ แบ่งการศึกษาเป็น 2 ปัจจัยคือ รูปแบบการหมัก 3 รูปแบบ (หมักโดยไม่เติมเชื้อจุลินทรีย์ หมักร่วมกับยีสต์ 0.04% และหมักร่วมกับลูกแป้ง 0.04%) และปัจจัยด้านระยะเวลาการหมัก (0 7 และ 14 วัน) จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนา และวัดค่าการย่อยได้โดยใช้เทคนิคการวัดแก๊ส ผลการทดลองพบว่า เปลือกสับประรดหมักลูกแป้งมีโปรตีนหยาบสูงกว่าเปลือกสับประรดหมักยีสต์และเปลือกสับประรดหมัก (P<0.01) แต่วัตถุดิบ ความชื้น และไขมันที่ไม่แตกต่างกัน และระยะเวลาที่เริ่มพบค่าโภชนาที่แตกต่างกันคือ ในวันที่ 7 โดยเฉพาะค่าโปรตีนหยาบที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่วนปริมาณแก๊สในหลอดทดลองที่ชั่วโมงต่างๆ พบว่าเปลือกสับประรดหมักด้วยยีสต์และลูกแป้งมีปริมาณแก๊สสะสมน้อยกว่ากลุ่มควบคุม (P>0.05) ค่าผลผลิตแก๊สที่ผลิตได้ที่บ่งบอกประสิทธิภาพของการย่อยสลายของอาหาร และค่าศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหารของเปลือกสับประรดหมักไม่เติมเชื้อจุลินทรีย์ สูงกว่ากลุ่มเปลือกสับประรดหมักด้วยยีสต์ และเปลือกสับประรดหมักด้วยลูกแป้ง (P<0.01) จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การหมักเปลือกสับประรดด้วยยีสต์หรือลูกแป้งทำให้โปรตีนหยาบของเปลือกสับประรดสูงขึ้น แต่ทำให้ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในการทดลองลดลง ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าการหมักด้วยจุลินทรีย์ช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของเปลือกสับประรดได้

คำสำคัญ: ยีสต์ ลูกแป้ง คุณค่าทางโภชนา เปลือกสับประรด

*ผู้รับผิดชอบบทความ

สัตวแพทยมหาวิทยาลัย. 2564. 16(1): 129-138.

E-mail address: naikaset119@hotmail.com

Supplementation of Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and Traditional fermentation Starter (Loog-Pang) on Nutritive Value and Kinetic of degradation of of Pineapple Peel by In vitro Gas Production Technique

Siriwadee Phromnoi¹ and Norakamol Laorodphan^{2,#}

¹Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, 53000

²Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

Abstract: This research study investigated supplementation of Yeast (*saccharomyces cerevisiae*) and traditional fermentation starter (Loog-Pang) on nutritive value of and kinetic of degradation of of pineapple peel by in vitro gas production technique. A 3x3 factorial experiment was conducted in a 3x3 factorial completely randomized design (CRD), which divided into 2 factors: 3 fermentation processes (non-microbial fermentation, fermentation with 0.04% *saccharomyces cerevisiae* and fermentation with 0.04% traditional fermentation starter), and fermentation time (0, 7 and 14 days). Proximate analysis was performed to determine the nutritive value, and digestibility was measured using the gas production technique. The results showed that pineapple peels fermented with traditional fermentation starter had higher crude protein than those with the other fermentation processes ($P < 0.01$), but showed no difference in dry matter, moisture and lipid. It was found that the nutritive value started to change on the 7th day, particularly crude protein content which was significantly increased ($P < 0.01$). The gas accumulation at different hours showed that pineapple peels fermented with yeast and traditional fermentation starter had less accumulated gas than the control group ($P > 0.05$). The gas production from the degradable fraction (b), and the potential extent of gas production (a+b) of the pineapple peels (control group) was higher than the pineapple peels fermented with yeast and with traditional fermentation starter ($P < 0.01$). It can be concluded that fermentation with yeast and traditional fermentation starter increased crude protein in the pineapple peels, but decreased the gas accumulation in the experiment, indicating that microbial fermentation processes potentially enhance the nutritive value of pineapple peels.

Keywords: Yeast, Traditional fermentation starter, Nutritive value, Pineapple peel

[#]Corresponding author

J. Mahanakorn Vet. Med. 2021 16(1): 129-138.

E-mail address: naikaset119@hotmail.com

บทนำ

ปัจจัยด้านอาหารสัตว์เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อผลกำไรตอบแทนของเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทั้งอาหารข้นและอาหารหยาบ ส่วนมากเกษตรกรมักจะละเลยความสำคัญของคุณภาพอาหารหยาบและมุ่งเน้นแต่อาหารข้น ทั้งที่สัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนใหญ่กินอาหารหยาบเป็นหลัก ยกเว้นระยะสุดท้ายของโคขุนที่สัตว์ต้องกินอาหารข้นในสัดส่วนที่มากกว่าอาหารหยาบ อาหารหยาบที่มีคุณภาพเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องประสบผลสำเร็จในแง่ผลผลิตและความคุ้มค่า ดังนั้นฟาร์มสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ประสบความสำเร็จมักให้ความสำคัญในการทำการแปลงหญ้าเลี้ยงสัตว์ อย่างไรก็ตามพื้นที่ฟาร์มสัตว์เคี้ยวเอื้องลดลงสวนทางกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น การถือครองและใช้ประโยชน์จากที่ดินเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลทำให้แปลงหญ้าเพื่อเป็นอาหารสัตว์ย่อมเล็กลงและไม่เพียงพอต่อการเลี้ยงสัตว์ตลอดทั้งปี ที่สำคัญพืชอาหารสัตว์ในฤดูแล้งมักมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางสรีรวิทยาของพืชทำให้อาหารหยาบมีโปรตีนหยาบลดลง มีน้ำตาลน้อยลง และมีเยื่อใยหยาบสูงขึ้น จึงทำให้การใช้ประโยชน์ได้ในตัวสัตว์ลดลง การเลือกใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรจึงเป็นทางออกเพื่อให้มีอาหารหยาบที่เพียงพอ แม้ว่าผลพลอยได้ทางการเกษตรมีปริมาณมาก แต่ผลพลอยได้ทางการเกษตรส่วนมากมักมีคุณภาพต่ำ จึงควรนำมาผ่านการแปรรูปหรือปรับปรุงทางชีวภาพ (Biological treatment) เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สามารถเพิ่มสมรรถภาพการผลิตแก่สัตว์ด้วย (Nopparatmaitree et al., 2013)

การนำเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้ปรับปรุงคุณภาพอาหารสัตว์กำลังเป็นที่นิยม การใช้โปรไบโอติกมาช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น จุลินทรีย์ยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) มักร่วมกับผลพลอยได้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้มีโปรตีนสูงขึ้นได้

(Phakachoe et al., 2019), (Kaewprachum, 2020) นอกจากนี้ยีสต์แล้วยังมีการนำลูกแป้ง (Fermentation starter) ซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นและกระบวนการหมักที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ในลูกแป้งจะเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างราและยีสต์ มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบและผลพลอยได้ทางการเกษตร (Phakachoe et al., 2019) Hantai et al. (2019) ได้มีการศึกษาการเสริมมันเส้นและลูกแป้งข้าวหมากในอ้อยต่อค่าองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในหลอดทดลองพบว่า โปรตีนหยาบของกลุ่มที่เสริมลูกแป้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสลดลง จากผลการศึกษาที่ผ่านมาจึงน่าจะพัฒนาเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเพิ่มมูลค่าของเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรได้ ซึ่งอาจจะส่งผลให้สัตว์มีผลผลิตที่ดี ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น และช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันในสัตว์ ตลอดจนทำให้ต้นทุนการผลิตทางด้านอาหารสัตว์ลดลง

สับปะรด เป็นไม้ผลทางเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของภาคเหนือ เช่น จังหวัดอุตรดิตถ์ เชียงราย และพิษณุโลก รวมถึงปลูกได้แพร่หลายทุกภูมิภาคของประเทศ ผลผลิตส่วนใหญ่จะเป็นการปลูกเพื่อการบริโภคผลสด และยังมีการนำสับปะรดเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีก ได้แก่ สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรด สับปะรดแช่แข็ง และสับปะรดแห้ง สิ่งที่มาคือ ผลพลอยได้หรือเศษเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปทั้ง เปลือกสับปะรด เศษเนื้อ แกน (ไส้) เป็นต้น ซึ่งโดยปกติผลพลอยได้จากการผลิตสับปะรดสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ตั้งอยู่แล้ว เพราะมีน้ำตาลมาก มีความน่ากินสูง แต่ปัญหาสำคัญของการใช้สับปะรด คือ เน่าเสียง่าย มีโปรตีนต่ำ และมีความชื้นสูงเกินไป หากมีการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรรมวิธีหมักร่วมกับจุลินทรีย์ น่าจะเป็นทางออกที่สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ ผลพลอยได้จากการผลิตสับปะรดอย่างหนึ่งที่น่าสนใจคือ เปลือกสับปะรด จากรายงานของ Jamsawat et al.

(2015) พบว่า เปลือกสับประรดมีวัตถุดิบแห้ง 58.05% โปรตีนหยาบ 5.32% เยื่อใย 20.12% NFE 27.96% ไขมัน 0.05% และเถ้า 4.6% ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการเพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ได้ (The working committee of Thai feeding standard for ruminant, 2008) นอกจากนี้ยังมีการประเมินค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้และการย่อยได้ในโคแล้วพบว่า มีปริมาณแก๊ส และให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าวัตถุดิบพิเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตรชนิดอื่น บ่งบอกถึงศักยภาพในการนำเปลือกสับประรดมาเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (Phonmun et al., 2015) จึงเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจในการนำมาปรับปรุงทางชีวภาพ ด้วยเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก เพื่อพัฒนาคุณค่าทางโภชนาการที่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ให้เพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ยีสต์ที่หาได้ตามท้องตลาด และลูกแบ่งที่หาได้ในท้องถิ่นต่อการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของเปลือกสับประรด เพื่อนำไปใช้เป็นทางเลือกตามบริบทและความเหมาะสมของเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาผลของการเสริมยีสต์และลูกแบ่งต่อคุณค่าทางโภชนาการของเปลือกสับประรด รวมถึงการผลิตแก๊สในหลอดทดลอง เพื่อเป็นการหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพเปลือกสับประรด และเป็นแนวทางในการนำเปลือกสับประรดหมักยีสต์หรือลูกแบ่งไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ ช่วยลดต้นทุนการผลิต แก้ปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ อีกทั้งยังเป็นการใช้วัตถุดิบที่เป็นเศษเหลือหรือผลพลอยได้จากการเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอยู่ในท้องถิ่นให้เป็นประโยชน์อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเตรียมเปลือกสับประรดพันธุ์ห้วยมุ่น ที่อายุการเก็บเกี่ยว 14 เดือน ที่ได้จากการทำแปรรูปสับประรดกระป๋องมาทำการสับโดยเครื่องสับให้มีขนาดชิ้นส่วนประมาณ 1 นิ้ว ทำการวางแผนการทดลองแบบ 3x3

Factorial บนการสุ่มแบบสมบูรณ์ (3x3 Factorial Completely Randomized Design: CRD) ปัจจัยที่ 1 คือการออกแบบการหมัก โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลองดังนี้ กลุ่มที่ 1 เปลือกสับประรดหมักแบบไม่เติมเชื้อจุลินทรีย์ (T1) กลุ่มที่ 2 เปลือกสับประรดหมักด้วย 0.4% ยีสต์ กากน้ำตาล 0.8% และยูเรีย 0.8% (T2) และกลุ่มที่ 3 เปลือกสับประรดหมักด้วย 0.4% ลูกแบ่ง กากน้ำตาล 0.8% (T3)

จากนั้นนำสัดส่วนที่ผสมคลุกให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำมาใส่ในถุงพลาสติก ทำการเอาอากาศออก และปิดมิให้อากาศเข้า-ออก และศึกษาปัจจัยที่ 2 คือระยะเวลาการหมัก โดยแบ่งระยะเวลาการหมักเป็น 3 ระยะ คือหมักเป็นระยะเวลา 0 วัน 7 วัน และ 14 วัน จำนวนปัจจัยละ 3 ซ้ำต่อหน่วยการทดลอง และทำการสุ่มตัวอย่างอาหารมาทำการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ปริมาณวัตถุดิบ โปรตีนหยาบ ไขมัน และเยื่อใยหยาบ ตามวิธี Proximate analysis (AOAC, 2000) และวิเคราะห์เยื่อใยที่สำคัญตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

ทำการเก็บของเหลวจากระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองเพศผู้เจาะกระเพาะผิงท่อ Rumen fistula บริเวณสวาปด้านซ้ายของตัวโค (Apichartsrungkoon and Vearasip, 1989) จำนวน 3 ตัวอายุประมาณ 8 – 10 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 263 ± 12 กิโลกรัม เลี้ยงในคอกขังเดี่ยว มีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา อาหารหยาบเป็นต้นข้าวโพดหมักให้กินเต็มที่ โดยจะได้รับอาหารวันละ 2 ช่วงคือ 7.00 น. และ 17.00 น. มาศึกษาจุลนาศาสตร์การผลิตแก๊สเพื่อประเมินการย่อยได้ของอาหารทดลองโดยการบ่มสารละลาย Rumen liquor buffer จำนวน 30 มิลลิลิตร ลงหลอดที่มีตัวอย่างอาหารบดผ่านตะแกรง 1 มิลลิลิตร ประมาณ 200 มิลลิลิตร นำไป incubate ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส โดยอ่านค่าปริมาณแก๊ส ณ ชั่วโมงที่ 0, 2, 4, 8, 10, 12, 24, 48, 72 และ 96 ทำการ

บันทึกปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นและนำไปคำนวณอัตราแก๊สที่เกิดขึ้น วิธีวัดปริมาณแก๊ส (Gas production technique) ตามวิธีการของ Menke and Steingass (1998) ทำการคำนวณค่าแก๊สสุทธิที่ 24 ชั่วโมง

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple range Test (Steel and Torrie, 1980)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการหมักเปลือกสับประรดด้วยยีสต์และลูกแป้งต่อคุณค่าทางโภชนา

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของเปลือกสับประรดที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) และลูกแป้ง พบว่าปัจจัยด้านระยะเวลาการหมักพบว่า ทุกกลุ่มการทดลองในระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้นทำให้ระดับโปรตีนหยาบมากขึ้นตามระยะเวลาการหมัก โดยจะเพิ่มขึ้นสูงสุด ($P < 0.05$) และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ง่าย (Nitrogen free extract; NFE) จะลดลงต่ำที่สุดในระยะเวลาการหมัก 14 วัน เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการหมักเพิ่มขึ้นส่งผลให้เชื้อสามารถเจริญเติบโตและเกิดการย่อยสลายได้มากขึ้น โดยยีสต์จะใช้คาร์บอนจากน้ำตาลในกระบวนการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์และขับถ่ายอาหารที่ประกอบด้วยสารพวกโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ รวมทั้งตัวเซลล์ของยีสต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อถูกย่อยสลายจะได้สารอาหารโปรตีนเพิ่มขึ้นด้วย (Nopparatmaitree et al., 2013), (Kaewhom, 2020), (Phromnoi et al., 2021)

ปัจจัยด้านรูปแบบการหมัก พบว่ากลุ่ม T3 มีปริมาณโปรตีนหยาบสูงกว่ากลุ่ม T2 และกลุ่ม T1 ($P < 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลุ่ม T3 ที่ใช้ลูกแป้งมีจุลินทรีย์ที่ใช้ประโยชน์จากสารอาหารจำพวก

คาร์โบไฮเดรตในเปลือกสับประรด สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ในสภาวะที่ไร้อากาศได้ดีกว่ายีสต์ และการเพิ่มจำนวนส่งผลทำให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น เพราะยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่ชอบอากาศมากกว่า (Nopparatmaitree et al., 2013) ในช่วงแรกยีสต์จะใช้อากาศที่มีหลงเหลือในถุงหมักใช้ในการเจริญเติบโต แต่เมื่ออากาศหมดไปยีสต์จึงไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ และเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่ากลุ่มที่เสริมจุลินทรีย์ (T2 และ T3) มีปริมาณโปรตีนหยาบสูงกว่า ซึ่งผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Nopparatmaitree et al. (2013) ที่ศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเปลือกสับประรดโดยใช้ยีสต์และบาซิลลัสเพื่อพัฒนาเป็นอาหารสัตว์พบว่าการใช้เชื้อผสมระหว่างยีสต์และบาซิลลัสชนิดลิสให้ค่าโปรตีนในเปลือกสับประรดสูงกว่าเชื้อแบบเดี่ยวในระยะเวลาการหมัก 30 วัน จาก 3.72 เป็น 10.80 เปอร์เซ็นต์ และ Phromnoi et al. (2021) ที่ศึกษาผลของการหมักยีสต์ต่อการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของผลพลอยได้และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร พบว่า สับประรดที่หมักยีสต์ มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบเพิ่มขึ้น จาก 6.86 เป็น 25.11 ที่ระยะเวลาการหมัก 14 วัน เปอร์เซ็นต์ถั่วในเปลือกสับประรดที่หมักด้วยยีสต์และลูกแป้งสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้ยีสต์และลูกแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนคาร์โบไฮเดรตที่ง่ายได้ง่ายของเปลือกสับประรดที่หมักด้วยยีสต์ (T2) และลูกแป้ง (T3) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) อาจเป็นเพราะจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในกระบวนการหมักใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตที่ง่ายได้ง่าย ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ง่ายได้ง่ายลดลง (Hantai et al., 2019) แต่ในกระบวนการหมักของแต่ละกลุ่มการทดลองไม่ส่งผลต่อปริมาณวัตถุแห้ง ($P > 0.05$)

สำหรับอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างรูปแบบการหมัก และระยะเวลาในการหมัก พบว่า มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาทุกค่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 1 Effect of quality improvement of pineapple peel using yeast and fermentation starter on nutritive value

Item	Chemical composition						
	DM	Moisture	CP	EE	Ash	NFE	CF
Pineapple peel silage (T1)							
Day 0	91.53 ^b	8.46 ^a	3.53 ^c	0.23 ^c	4.54 ^b	82.16 ^a	22.96 ^c
Day 7	93.10 ^a	6.90 ^b	7.29 ^a	1.23 ^a	9.14 ^a	74.96 ^b	37.91 ^a
Day 14	92.87 ^a	7.12 ^b	6.75 ^b	1.07 ^b	9.04 ^a	75.82 ^b	26.78 ^b
SEM	0.163	0.163	0.391	0.103	0.505	0.757	1.495
Pineapple peel using yeast 0.4% (T2)							
Day 0	93.22 ^a	6.776 ^b	18.47 ^a	0.35 ^b	7.63 ^b	65.11 ^a	25.19 ^c
Day 7	92.39 ^b	7.61 ^a	26.19 ^a	0.96 ^a	4.86 ^c	59.48 ^b	26.69 ^b
Day 14	92.27 ^b	7.73 ^a	25.09 ^b	1.07 ^a	8.40 ^a	56.03 ^c	27.17 ^a
SEM	0.100	0.100	0.804	0.075	0.359	0.882	0.340
Pineapple peel using fermentation starter 0.4%(T3)							
Day 0	93.41 ^a	6.59 ^b	19.68 ^c	0.18 ^b	4.62 ^c	68.25 ^a	17.63 ^c
Day 7	92.32 ^b	7.67 ^a	27.17 ^b	1.01 ^a	11.72 ^a	55.72 ^b	25.26 ^b
Day 14	92.55 ^b	7.44 ^a	29.63 ^a	1.33 ^a	8.59 ^b	52.98 ^b	27.24 ^a
SEM	0.110	0.110	0.997	0.115	0.685	1.565	0.976
Main effect							
Fermentation process							
T1	92.50 ^a	7.49 ^a	5.86 ^c	0.84 ^a	7.57 ^b	77.65 ^a	29.22 ^a
T2	92.62 ^a	7.37 ^a	23.25 ^b	0.79 ^a	6.96 ^c	60.21 ^b	25.01 ^b
T3	92.76 ^a	7.23 ^a	25.49 ^a	0.84 ^a	8.31 ^a	58.98 ^b	23.38 ^c
SEM	0.025	0.025	2.068	0.006	0.129	2.009	0.580
Fermentation time							
วันที่ 0	92.72 ^a	7.27 ^a	13.89 ^b	0.25 ^b	5.60 ^b	71.84 ^a	21.93 ^c
วันที่ 7	92.60 ^a	7.39 ^a	20.22 ^a	1.07 ^a	8.57 ^a	63.39 ^b	26.95 ^a
วันที่ 14	92.56 ^a	7.43 ^a	20.49 ^a	1.15 ^a	8.67 ^a	61.61 ^c	25.73 ^b
SEM	0.016	0.016	0.718	0.096	0.336	1.052	0.773
P-value							
Fermentation process	NS	NS	**	NS	**	**	**
Fermentation time	NS	NS	**	**	**	**	**
Fermentation process x Fermentation time	**	**	**	**	**	**	**

^{a-c} Means within the same row with different superscripts differ (P<0.05) NS = Not significant,

* = P<0.05, ** = P<0.01

ตารางที่ 2 *In vitro* gas production and gas kinetics at day 14 of fermentation period.

Items	T1	T2	T3	SEM	P-value
2 hr.	12.29 ^a	8.64 ^b	9.74 ^{ab}	0.679	0.049
4 hr.	15.71 ^a	11.75 ^b	13.23 ^b	0.671	0.018
6 hr.	21.17 ^a	17.28 ^b	18.80 ^{ab}	0.720	0.055
8 hr.	24.58 ^a	22.12 ^b	22.28 ^b	0.486	0.036
10 hr.	31.08 ^a	27.99 ^b	27.16 ^b	0.743	0.046
12 hr.	35.17 ^a	25.92 ^b	25.07 ^b	1.658	<0.001
24 hr.	56.85 ^a	43.72 ^b	43.70 ^b	2.261	<0.001
48 hr.	65.73 ^a	49.94 ^b	50.66 ^b	2.667	<0.001
72 hr.	69.83 ^a	54.09 ^b	56.25 ^b	2.495	<0.001
96 hr.	70.52 ^a	54.78 ^b	56.94 ^b	2.529	<0.001
a (ml.)	1.22	0.79	2.12	0.305	0.207
b (ml./0.2 g DM)	69.77 ^a	53.53 ^b	54.40 ^b	2.669	<0.001
c (% / hr.)	0.05	0.06	0.05	0.001	0.239
a +b	70.99 ^a	54.33 ^b	56.52 ^b	2.656	<0.001

^{a,b}Means within the same row with different superscripts differ ($P < 0.05$)

T1 = pineapple peel silage; T2= pineapple peel silage supplementation with yeast 0.04%;

T3 = pineapple peel silage supplementation with look-pang 0.04%.

a = the gas production from the soluble fraction; b = the gas production from the degradable fraction; c = the gas production rate; |a|+b = the potential extent of gas production.

($P < 0.01$) โดยการหมักโดยใช้ยีสต์ในช่วงเริ่มตั้งแต่วันที่ 7 ทำให้เชื้อยีสต์เจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าโปรตีนเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 26.19 และที่หมักด้วยลูกแป้งมีค่าโปรตีนเพิ่มขึ้นเท่ากับ 27.17 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้ยีสต์และลูกแป้ง ซึ่งมีค่าโปรตีนเท่ากับร้อยละ 7.29 และทำให้ระดับเยื่อใยหยาบและถั่วเพิ่มมากขึ้น ($P < 0.01$) และทำให้ให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายลดลง ($P < 0.01$)

ผลการศึกษาปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น

ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงคุณภาพของเปลือกสับประรดด้วยยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) และลูกแป้งที่ระยะเวลาการหมัก 14 วัน

พบว่า ปริมาณแก๊สสะสม ณ ชั่วโมงที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72 และ 96 ของกลุ่มเปลือกสับประรดหมัก (T1) มากกว่าหมักโดยใช้ยีสต์และลูกแป้ง ($P < 0.05$) อาจเนื่องมาจากยีสต์และลูกแป้งเป็นจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่ ทำให้จุลินทรีย์ดังกล่าวทำการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายเพื่อใช้เป็นพลังงานของตัวจุลินทรีย์แล้วเพิ่มจำนวนขึ้น จึงเป็นผลทำให้ระดับโปรตีนหยาบเพิ่มสูงขึ้นจาก Single cell protein และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่าย (Nitrogen free extract) ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Forsberg et al. (2000) ที่รายงานว่า ปริมาณน้ำตาลที่เพียงพอจะช่วยในกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ จึงทำให้

ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นลดลงตามปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายที่น้อยลงและปริมาณเยื่อใยที่เพิ่มมากขึ้น

ส่วนค่าจลนศาสตร์การผลิตแก๊สของการปรับปรุงคุณภาพของเปลือกสับประรดและเปลือกสับประรดหมักโดยใช้ยีสต์และลูกแป้ง พบว่า ค่า a (ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในการย่อยสลายขององค์ประกอบที่ละลายน้ำได้) และ ค่า c (อัตราการผลิตแก๊สโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการหมักของอาหาร) ของแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ค่า b (ผลผลิตแก๊สที่ผลิตได้ที่บ่งบอกประสิทธิภาพของการย่อยสลายของอาหาร) และค่า a + b (ค่าศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหาร) ของเปลือกสับประรดหมักไม่เติมเชื้อจุลินทรีย์ (T1) สูงกว่ากลุ่มเปลือกสับประรดหมักโดยใช้ยีสต์ (T2) และเปลือกสับประรดหมักโดยลูกแป้ง (T3) ($P<0.01$) ซึ่งบ่งชี้ว่าเปลือกสับประรดที่มีปริมาณ NFE หลงเหลือมากกว่าเพราะเปลือกสับประรดหมักโดยใช้ยีสต์และลูกแป้งมีการใช้ NFE จึงทำให้เหลือแป้งน้อยลง (ดังข้อมูลในตารางที่ 1) จึงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตแก๊สที่ผลิตได้ที่บ่งบอกประสิทธิภาพของการย่อยสลายของอาหารและศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหาร สอดคล้องกับ Puramongkon and Thummasaeng (2016) ที่รายงานว่า การเพิ่มระดับของปริมาณแป้งจากกากมันสำปะหลังจะช่วยเพิ่มศักยภาพในการผลิตแก๊สเมื่อเทียบกับการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลเพียงอย่างเดียว

สรุป

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การหมักเปลือกสับประรดหมักด้วยยีสต์หรือลูกแป้งทำให้คุณค่าทางโภชนาการของเปลือกสับประรดดีขึ้น โดยเฉพาะในด้านปริมาณโปรตีนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของสัตว์ นอกจากนี้การหมักเปลือกสับประรดด้วยจุลินทรีย์ยังมีผลทำให้เปลือกสับประรดหมักมีลักษณะกลิ่น

หอม มีความน่ากินมากขึ้น และทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาเปลือกสับประรดได้ จึงเป็นแนวทางในการนำเศษเหลือของเปลือกสับประรดจากการเกษตรหรือโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ นำสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ปีงบประมาณ 2563 ภายใต้โครงการศึกษาการใช้ประโยชน์จากส่วนเหลือทิ้งจากสับประรดห่วยหมักหลังการแปรรูปเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือ ตลอดจนห้องปฏิบัติการในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Apichartsrungkoon, T. and T. Vearasip. 1989. Duodenal and ileum cannulation in cattle. *Journal of Agriculture*. 5(1): 29-36. (in Thai).
- AOAC. 2000. Official Method of Analysis of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.
- 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, UK.
- Hantai P., C. Chueaphudi, W. Tartrakoon, T. Incharoen, B. Plangsungnern, S. Yammuenart, T. Kassanuk and N. Laorodphan. 2019.

- Supplementation of Cassava Chip and Traditional Fermentation Starter (Loog-Pang) in Sugar Cane Silage on Chemical Composition and in vitro digestibility. Khon Kean Agr. J. 47 (Suppl. 1): 825-832. (in Thai).
- Jamsawat, V. , S. Sareepatcharaporn and J. Chinsuwan. 2015. Research on efficiency of using pineapple waste as roughage, cassava by-product as based energy and local legume as protein supplement for feeding beef cattle. Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal. 8(1) January-June 2015: 91-99. (in Thai).
- Kaewhom, P. 2020. Nutritive value and methods of improving sugarcane bagasse quality for apply in animal feeds. J. Mahanakorn Vet. Med. 2020. 15(2): 131-140.
- Kaewprachum, C. 2020. Effects of recipe development on turkey production performance. Journal of Vocational Institute of Agriculture. 2(1) January-June 2020: 58-65. (in Thai).
- 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. *Anim. Res. Dev.*, 28, 7-55.
- Nopparatmaitree, M., P. Seanphoom, W. Kitpipit and K. Lertchunhakiat. 2013. The study on single cell protein production from pineapple peel by *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis* for development as animal feedstuff. Khon Kean Agr. J. 41 (Suppl. 1): 80-86. (in Thai).
- Phakachoe, N., T. Boonmatan, T. Pongjongmit and T. Norrapoke. 2019. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and lookpang-khaomak on nutritive value of fermented cassava peel. Khon Kean Agr. J. 47 (Suppl. 2): 819-824. (in Thai).
- Phonmun, T., T. Subanrat and S. Chumpawadee. 2015. Evaluation of metabolizable energy and digestibility of agro-industrial residues as ruminant feed. Khon Kean Agr. J. 43 (Suppl. 1): 491-499. (in Thai).
- Phromnoi, S., C. Mingchai, S. Manoi, N. Kongloes and P. Aphaikawee. 2021. Effect of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) fermentation for nutritive value improvement by-products and waste for feeding beef cattle. Academic Journal Uttraradit Rajabhat University Science and Technology (For local development). 16 (1) January-June 2021: 39-50. (in Thai)
- Puramongkon, T. and K. Thummasaeng. 2016. Nutritive Value and Kinetic of Degradation of Cassava Ethanol Waste by in vitro Gas Production Technique. Prawarun Agricultural Journal. 13 (2) July – December 2016: 173-195. (in Thai).
- Steel, R. G. D., and J. H., Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. Second Edition. New York: McGraw-Hill.
- The working committee of Thai feeding standard for ruminant. 2008. Nutrient Requirement

of Beef Cattle in Thailand. Klungnana
Vitthaya Press. Khon Kean. 193 p.

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. J. Dairy. Sci. 74: 3.

