

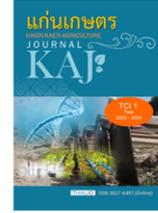


วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

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



ผลของการใช้สารเสริมในการช่วยหมักที่แตกต่างกันต่อคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้ากินนีสีม่วงหมัก

Effects of using different fermentation aids on the quality and chemical composition of fermented purple guinea grass

ศิวพร พิบูลกุลสัมฤทธิ์¹ และธีรชัย หายทุกข์^{1*}

Siwaporn Piboonkunsamrit¹ and Theerachai Haitook^{1*}

¹ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ต. ในเมือง อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40002

¹ Faculty of Agriculture Khon kaen University, Nai Muang, Muang, Khon Kaen, 40002

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพทางโภชนาและกายภาพของหญ้ากินนีสีม่วงหมัก ที่หมักด้วยสารเสริม 5 ชนิด คือ เกลือ, กากน้ำตาล, กรดฟอร์มิก, เชื้อแบคทีเรียแลคโตบาซิลลัสแพลนทาร์ม (*Lactobacillus plantarum*) และเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยหมักหญ้าด้วยถุงสุญญากาศและเปิดถุงหญ้าหมักเพื่อประเมินค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลักษณะทางกายภาพของหญ้าหมักในวันที่ 3, 7, 14 และ 21 วันของการหมัก ปริมาณกรดแลคติก กรดไขมันระเหยง่ายและปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในวันที่ 21 ของการหมัก โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีก่อนและหลังการหมัก จากการศึกษาพบว่าหญ้ากินนีสีม่วงหมักทุกกลุ่มมีคุณภาพทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก โดยค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มลดลงที่ระยะเวลา 3 วันของการหมัก และลดลงอย่างต่อเนื่องที่ระยะเวลา 7 วันของการหมัก เริ่มคั่งที่ในระยะเวลาการหมัก 14 วันและมีความเสถียรภาพที่ระยะเวลาการหมัก 21 วัน มีปริมาณกรดแลคติก กรดอะซิติก และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ไม่พบกรดโพรพิโอนิกและบิวทิริก นอกจากนี้ผลขององค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมัก ประกอบด้วยปริมาณวัตถุแห้ง (DM), อินทรีย์วัตถุ (OM), โปรตีนหยาบ (CP), ไขมัน (EE), เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF) เยื่อใยที่ไม่สามารถละลายได้ในสารฟอกที่เป็นกรด (ADF) และลิกนิน (ADL) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่ใช้สารเสริมการหมักด้วยกากน้ำตาลมีปริมาณโปรตีนหยาบเพิ่มสูงขึ้น และมีปริมาณเยื่อใย NDF, ADF และ ADL ลดต่ำลงกว่าการใช้สารเสริมการหมักกลุ่มอื่น และมีแนวโน้มที่จะมีลักษณะทางกายภาพดีกว่าสารเสริมกลุ่มอื่นตลอดระยะเวลาการหมัก จากการศึกษาในครั้งนี้จึงสรุปได้ว่ากากน้ำตาลส่งผลให้คุณภาพของหญ้ากินนีสีม่วงหมักมีองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพทางกายภาพดีกว่าการหมักด้วยสารเสริมชนิดอื่น

คำสำคัญ: หญ้ากินนีสีม่วง; พืชอาหารสัตว์หมัก; สารเสริมหญ้าหมัก

ABSTRACT: The purpose of this study was to assess the nutritional and physical quality of purple guinea grass silage fermented with five different additives: salt, molasses, formic acid, *Lactobacillus plantarum*, and cellulase enzyme. The study adopted a completely randomized design (CRD) as an experiment plan. The purple guinea grass was fermented in a vacuum of airtight bags. The silage bags were then measured on pH level and physical characteristics on days 3, 7, 14, and 21 of the fermentation periods. Therefore, measurement was on the concentrations of lactic acid, volatile fatty acids, and ammonia-nitrogen on day 21 of fermentation. While lactic acid, acetic acid, and ammonia-nitrogen were within the appropriate range, propionic and butyric acids were not detected. Moreover, the nutritional content of the silage analysis was determined before and after fermentation. The study found that the

* Corresponding author: theerachai.anisci@gmail.com

Received: date; January 17, 2024 Revised: date; February 1, 2024

Accepted: date; February 15, 2024 Published: date;

purple guinea grass silage exhibited excellent physical quality throughout the fermentation period, from all and non-additive adding. The pH level decreased from day 3 and continuously decreased until it became more consistent on day 14 and became more stable on day 21. The chemical composition of silage on the content of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and lignin (ADL) at 21 days was significantly different among the types of additives ($P < 0.05$). The silage fermented with molasses as an additive exhibited an increased CP content and decreased NDF and ADF levels compared with other additives, showing a tendency for better physical characteristics throughout the fermentation period. Therefore, from this study, it can be concluded that molasses positively impacts the quality of purple guinea grass silage, showing better chemical composition than other fermentation supplements.

Keywords: purple guinea grass; silage; silage additives

บทนำ

ปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์เป็นปัญหาที่สำคัญในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นอย่างมาก เนื่องจากไม่สามารถผลิตหญ้าได้เพียงพอต่อความต้องการและต่อเนื่องตลอดทั้งปี ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ (Khota et al., 2016) ด้วยผลจากหลายปัจจัยรวมทั้งการมีฤดูแล้งที่ยาวนาน (ยิ่งยงและมณี, 2564) การถนอมพืชอาหารสัตว์ด้วยการทำหญ้าหมักจึงเป็นวิธีการที่สามารถช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ในช่วงฤดูแล้งได้ ทั้งนี้การหมักเป็นการเก็บรักษาพืชอาหารสัตว์ให้คงสภาพทางโภชนา ในสภาพไร้อากาศ โดยกระบวนการหมักจะทำให้สามารถเก็บรักษาคุณภาพของหญ้าหมักไว้ได้ มีพืชอาหารสัตว์หลายชนิดที่เหมาะสมกับการนำมาหมัก แต่พบว่าหญ้าน้ำส้มม่วงเป็นหญ้าที่ทนแล้ง ทนต่อการเหยียบย่ำของสัตว์ ทนต่อสภาพรมเงา ตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ยในโตรเจน มีผลผลิตสูง โดยได้ผลผลิตน้ำหนักรวมประมาณ 2.5-3.0 ตันต่อไร่ต่อปี (กรมปศุสัตว์, 2545) ในฤดูแล้งหากมีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอจะสามารถให้ผลผลิตได้ดี มีโปรตีนหยาบ (CP) 8 % มีโภชนาที่ย่อยได้รวม (TDN) 59 % มีเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF) 67 % มีเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADF) 38 % และมีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) 5.17 % อย่างไรก็ตามก่อนนำหญ้าน้ำส้มม่วงมาหมักต้องมีการปรับสภาพพืชให้เหมาะสมเสียก่อน โดยสับหญ้าหรือหั่นเป็นท่อนให้มีขนาด 1-2 ซม. และควรใช้สารเสริมในการช่วยหมักเนื่องจากหญ้าน้ำส้มม่วงมีปริมาณน้ำตาลน้อย (กรมปศุสัตว์, 2545; วิโรจน์, 2555) โดยวัตถุประสงค์ของสารเสริมที่เติมลงไปหญ้าเพื่อช่วยให้หญ้ามักมีคุณภาพตามที่ต้องการ ซึ่งสารเสริมการหมักแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ 1) กลุ่มที่ใส่ไปเพื่อช่วยให้เกิดสภาพกรดที่พอเหมาะกับการหมัก โดยกรดที่นิยมใช้ในการทำหญ้าหมัก เนื่องจากเป็นกรดที่มีฤทธิ์กัดกร่อนน้อย คือกรดฟอร์มิก (formic acid) โดยใช้กรดฟอร์มิกความเข้มข้น 4 % เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม (กานต์สิริเกศ, 2563) ซึ่งจะมีกลไกในการยับยั้งแบคทีเรียกลุ่มที่ไม่พึงประสงค์ เช่น แบคทีเรียกลุ่มคลอสทริเดียม เป็นต้น และยังช่วยปรับปรุงการเก็บรักษาโปรตีนของพืชระหว่างการหมัก (Muck et al., 2018) 2) กลุ่มที่ใส่ไปเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เช่น เกลือ โดย Ergin and Gumus (2020) ใช้เกลือในอัตราส่วน 1 % ต่อน้ำหนักหญ้าสด 1 กก. พบว่าการหมักด้วยเกลือจะส่งผลให้พืชมีความชื้นและค่า water activity ลดลง มีส่วนสำคัญที่ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของพืชหมัก (microbial spoilage) และกากน้ำตาล เป็นสารเสริมการหมักที่ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาและเพิ่มน้ำตาลให้กับพืชหมัก ซึ่งแบคทีเรียที่ใช้เพื่อผลิตกรดแลคติกทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ซึ่งจะสามารถยับยั้งการเน่าเสียของหญ้าหมักไว้ได้ จากรายงานของ วารุณ (2548) รายงานว่า ปริมาณกากน้ำตาลที่เหมาะสมกับการใช้เป็นสารเสริมการหมักคือ 3-6 % ต่อน้ำหนักหญ้าสด 1 กก. ซึ่งปริมาณที่ใช้จะขึ้นอยู่กับชนิด อายุ และปริมาณน้ำตาลในพืช และ 3) กลุ่มสารจุลชีพและเอนไซม์ เพื่อทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ ตัวอย่างของจุลชีพ เช่น เชื้อแบคทีเรียแลคโตบาซิลลัส แพลนทาร์ม (*Lactobacillus plantarum*) เป็นแบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่ม Homolactic bacteria มีคุณสมบัติในการผลิตกรดแลคติก การเติมลงไปหญ้าหมักเพื่อต้องการให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างรวดเร็ว (Weinberg et al., 1993) จากการศึกษาของ พิพัฒน์ และ วิศิษฐ์พร (2558) พบว่า หญ้าหมักที่ใช้จุลินทรีย์แลคโตบาซิลลัส แพลนทาร์ม เป็นสารเสริมการหมักจำนวน 1×10^5 cfu/g มีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.95 ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมที่จะทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และยับยั้งการสูญเสียคุณค่าของหญ้าหมักได้ และตัวอย่างของเอนไซม์ เช่น เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลสความเข้มข้น 7,500 iu/ml เป็นระดับที่เหมาะสมที่จะช่วยเร่งปฏิกิริยาการหมักให้เกิดเร็วขึ้น โดยจะส่งผลให้เกิดการสลายของผนังเซลล์พืช ซึ่งจะช่วยให้หญ้ามักมีเยื่อใยลดลง (Oladosu et al., 2016)

อย่างไรก็ตามจากการทบทวนการวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า สารเสริมแต่ละกลุ่มนั้นมีวัตถุประสงค์ในการเติมลงไปเพื่อช่วยให้หญ้าเกิดสภาพเป็นกรดพอที่จะเหมาะสมกับกระบวนการหมักเหมือนกัน แต่สารเสริมแต่ละกลุ่มนั้นอาจจะส่งผลให้หญ้าเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักแล้วนั้นมืองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันได้ การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นไปที่ผลของสารเสริมแต่ละชนิดซึ่งเป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มสารเสริมต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพเมื่อนำมาใช้เป็นเป็นสารเสริมการหมักในหญ้ากินนีสีม่วง ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพทางกายภาพและทางโภชนาการของหญ้ากินนีสีม่วงหมักด้วยสารเสริมการหมัก ได้แก่ เกลือ กากน้ำตาล กรดฟอร์มิก เชื้อแบคทีเรียแลคโตบาซิลลัสแพลนทาร์ม และเอนไซม์เซลลูเลส

วิธีการศึกษา

การเตรียมหญ้าหมัก

หญ้ากินนีสีม่วงซึ่งเป็นหญ้าหลังการเจริญเติบโตใหม่ (Regrowth) อายุ 45 วันหลังการตัด ซึ่งตัดหญ้าสูงจากพื้นดินประมาณ 10 ซม. นำมาทำการสับให้เป็นท่อนขนาด 1-3 ซม. โดยใช้เครื่องสับหญ้าขนาดเล็ก รุ่น 4 ใบมีด จากนั้นนำไปผสมกับสารเสริมที่เตรียมไว้และคลุกเคล้าให้เข้ากัน ชั่งน้ำหนัก 200 กรัมต่อถุง ใส่ในถุงพลาสติกสำหรับซิลขนาด 17x28 ซม. ไล่อากาศออกให้หมดและปิดปากถุงโดยใช้เครื่อง Vacuum Sealing Machine นำมาเก็บไว้ในที่ร่มและปลอดภัยจากหนูและแมลงเป็นระยะเวลา 21 วัน

การจัดกลุ่มสิ่งทดลองและการเตรียมสารเสริม

สารเสริมการหมักที่ใช้ในการทดลองนี้มีทั้งสิ้น 5 ชนิด ได้แก่ เกลือ กากน้ำตาล กรดฟอร์มิก เชื้อแบคทีเรียแลคโตบาซิลลัสแพลนทาร์ม และเอนไซม์เซลลูเลส โดยแต่ละทรีตเมนต์มี 4 ซ้ำ ใช้ตัวอย่างละ 16 ถุง สุ่มเก็บตัวอย่างครั้งละ 4 ถุงต่อทรีตเมนต์ ในวันที่ 3, 7, 14 และ 21 ของการหมัก โดยเตรียมสารเสริมการหมัก ดัดแปลงจากวิธีการของ ชิตัมพร และ ศุภชัย (2561) และ กานต์ศิริเกศ (2563) มีปัจจัยที่ศึกษาครั้งนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ไม่ใช้สารเสริมในการหมัก กลุ่มที่ 2 เสริมเกลือปริมาณ 1 % ของน้ำหนักหญ้าสด กลุ่มที่ 3 เสริมกากน้ำตาลปริมาณ 3 % ของน้ำหนักหญ้าสด โดยเตรียมกากน้ำตาลเจือจางกับน้ำเล็กน้อยเพื่อลดความหนืดแล้วนำไปคลุกเคล้ากับหญ้าสด กลุ่มที่ 4 เสริมกรดฟอร์มิกความเข้มข้น 4 % ใช้ในอัตราส่วน 2 ลิตรต่อ 1,000 กก. ของหญ้าสด โดยนำกรดฟอร์มิกเข้มข้น 85 % ปริมาตร 100 มล. มาทำละลายให้ความเข้มข้น 4 % โดยเติมน้ำกลั่นปริมาณ 2,125 มล. กลุ่มที่ 5 เสริมแบคทีเรียแลคโตบาซิลลัสแพลนทาร์ม จำนวน 100,000 เซลล์ต่อน้ำหนักหญ้าสด 1 กก. โดยนำแบคทีเรียชนิดผสมกับน้ำกลั่นปริมาณ 5 มล. นำใส่ขวดสเปรย์แล้วฉีดพ่นลงบนหญ้าสดและคลุกเคล้าให้เข้ากัน กลุ่มที่ 6 เสริมเอนไซม์เซลลูเลส ความเข้มข้น 7,500 iu ใช้ในปริมาณ 0.1 % ต่อน้ำหนักหญ้าสด 1 กก. โดยนำเอนไซม์เซลลูเลส ความเข้มข้น 13,000 iu มาทำละลายให้มีความเข้มข้น 7,500 iu โดยใช้เอนไซม์ 58 มล. และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 42 มล. ให้ได้เอนไซม์เซลลูเลส ความเข้มข้น 7,500 iu ปริมาตร 100 มล.

การเก็บตัวอย่าง

เปิดถุงหญ้าหมักที่ 3, 7 และ 14 วันของการหมัก ชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 100 ก. แขน้ำกลั่น 250 มล. เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้ววัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันที เมื่อหมักหญ้าครบ 21 วัน เปิดถุงหญ้าหมักแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 100 ก. แขน้ำกลั่น 250 มล. เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้ววัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันที จากนั้นเก็บตัวอย่างของเหลวในขวดเก็บตัวอย่างประมาณ 50 มล. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4,200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ใช้น้ำใสที่อยู่ด้านบน (supernatant) เก็บไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติก (lactic acid) กรดอะซิติก (acetic acid) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) กรดบิวทิริก (butyric acid) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH₃-N) ส่วนที่ 2 นำตัวอย่างหญ้าหมักที่เป็นทรีตเมนต์เดียวกันทั้ง 4 ซ้ำมาคลุกเคล้าให้เข้ากันสุ่มตัวอย่างชั่งน้ำหนัก 500 ก. นำเข้าเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตามวิธีการของ AOAC (1990) แล้วนำไปบดให้มีขนาดเล็ก โดยบดผ่านตะแกรงขนาด 0.1 มม. เก็บใส่ถุงซิปลาสติกไล่อากาศออกให้หมดและปิดถุงให้สนิทเพื่อนำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์คุณภาพหญ้าหมัก

1. การศึกษาลักษณะทางกายภาพของหญ้าหมัก

ประเมินลักษณะทางกายภาพของหญ้าหมักสามารถแบ่งได้ 4 ระดับคือ 1) ระดับที่ 1 คือพืชหมักชั้นดี (good) 2) ระดับที่ 2 พืชหมักคุณภาพพอใช้ (butyric silage) 3) ระดับที่ 3 พืชหมักคุณภาพเลว (overheated silage) 4) ระดับที่ 4 พืชหมักคุณภาพเลวมาก (composted silage) โดยพิจารณาจากสี รสชาติ กลิ่น เนื้อพืชหมักและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยวิธีการของ กรมปศุสัตว์ (2547) การวัดค่า pH โดยวิธีการของ Bailey (1985) โดยใช้เครื่อง pH meter (HANNA instruments HI 98153 microcomputer pH meter) วิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติก กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริก โดยใช้เครื่อง Gas chromatography (Agilent Technologies รุ่น GC7890) ใช้คอลัมน์ 30 m x 0.25 mm (DB-WAX Ultra Inert GC Columns., USA) ดัดแปลงตามวิธีของ Darwin et al. (2017) โดยเตรียมขวด vial ขนาด 2 มล. จากนั้นเติมสาร Periodic acid 100 mM จำนวน 240 µl Formic acid 10 % จำนวน 150 µl ตัวอย่างน้ำหญ้าหมัก จำนวน 300 µl และ 2-5-methylvaleric acid 50 mM จำนวน 60 µl ตามลำดับ ปิดฝาแล้วผสมให้เข้ากัน นำไปบ่ม 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลาแล้วจึงนำเข้าสู่เครื่อง Gas chromatography และวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Bio-Spectrophotometer, Eppendorf, Germany) ใช้ความยาวคลื่นแสง UV เท่ากับ 630 nm ดัดแปลงตามวิธีการของ Fawcett and Scott (1960) โดยเตรียมตัวอย่างน้ำหญ้าหมักลงใน centrifuge tube ขนาด 15 มล. ปริมาตร 40 µl จากนั้นเติมสาร Phenol color reagent ปริมาตร 2,500 µl และเติมสาร Alkaline hypochlorite reagent ปริมาตร 2,000 µl ปิดฝาให้สนิทแล้วนำไป Vortex แล้วบ่มแบบไร้แสงใน water bath ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีเมื่อครบเวลาแล้วจึงนำเข้าวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมัก

นำตัวอย่างหญ้ากินนีสีม่วงหมักที่ 21 วัน ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเพื่อหาวัตถุแห้ง, ฝักร, อินทรีย์วัตถุ, โปรตีนหยาบ และไขมัน ตามวิธีของ AOAC (1990) การวิเคราะห์หาองค์ประกอบของเยื่อใย ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางและเยื่อใยที่ไม่สามารถละลายได้ในสารฟอกที่เป็นกรด โดยใช้เครื่อง ANKOM 200 Fiber Analyzer (ANKOM Technology, USA) และลิกนิน ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

สถิติที่ใช้ในการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยใช้ Proc ANOVA (SAS, 1996) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองโดย Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของสารเสริมการหมักต่อลักษณะทางกายภาพของหญ้ากินนีสีม่วงหมัก

ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของหญ้ากินนีสีม่วงหมักในวันที่ 3 7 14 และ 21 ของการหมัก จากลักษณะสี กลิ่น เนื้อพืชหมัก และค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามวิธีการประเมินของ กรมปศุสัตว์ (2547) (Table 1) พบว่าหญ้ากินนีสีม่วงหมักทุกกลุ่มอยู่ในเกณฑ์คุณภาพดีมากตั้งแต่วันที่ 3 ของการหมัก โดยกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาลและแบคทีเรียแลคโตบาซิลลัสแพลนทาร์ม เป็นสารเสริมการหมักมีผลคะแนนการประเมินลักษณะทางกายภาพสูงที่สุด คือ 23 ± 0.82 และ 23 ± 0.82 คะแนน ตามลำดับ ($P < 0.01$) ในวันที่ 7 ของการหมักกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมักมีผลคะแนนการประเมินลักษณะทางกายภาพสูงที่สุด คือ 24 ± 0.82 คะแนน ($P < 0.01$) อย่างไรก็ตามผลคะแนนการประเมินลักษณะทางกายภาพเริ่มคงที่ในวันที่ 14 และ 21 ของการหมัก ซึ่งหญ้าหมักทุกกลุ่มยังมีคุณภาพทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ($P > 0.05$) โดยกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมักมีแนวโน้มที่จะมีผลคะแนนการประเมินลักษณะทางกายภาพสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการหมัก

Table 1 Evaluate the quality of fermented purple guinea grass from physical characteristics

Item	Physical appearance			
	Days of fermentation (Days)			
	3	7	14	21
Purple guinea grass silage, Score				
Control	20±0.82 ^{1b}	21±0.82 ^c	24±0.50	24±0.82
Salt	21±0.82 ^b	23±0.58 ^b	24±0.82	24±0.82
Molasses	23±0.82 ^a	24±0.82 ^a	25±0.50	25±0.00
Formic acid	21±0.96 ^b	22±0.82 ^{bc}	23±0.50	24±0.82
<i>Lactobacillus plantarum</i>	23±0.82 ^a	22±0.96 ^{bc}	24±0.82	24±0.82
Cellulase	20±0.82 ^b	22±0.82 ^{bc}	24±0.50	24±0.82
SEM	0.421	0.404	0.312	0.373
Significant	<0.01	<0.01	0.252	0.349

Score 20-25 good; Score 15-19 butyric silage; Score 6-14 overheated silage; Score 0-5 composted silage

^{a-c} Means within columns with different superscript letters differ at $P < 0.05$; ns = non-significant; SEM = Standard error of the mean; ¹Average±SD

ผลของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่อคุณภาพของหญ้ากินนีสีม่วงหมัก

ผลของค่า pH ของหญ้ากินนีสีม่วงก่อนการหมัก (Table 2) พบว่า มีค่า pH ก่อนการหมัก เท่ากับ 5.73 ในวันที่ 3 ของการหมัก พบว่าหญ้าหมักทุกกลุ่มมีค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็ว มีค่าอยู่ในช่วง 4.10-4.47 ขณะที่ในวันที่ 7 ของการหมัก ค่า pH ลดลงอย่างต่อเนื่อง (3.89-4.45) ในวันที่ 14 ของการหมัก พบว่าทุกกลุ่มมีค่า pH ลดลงเล็กน้อยและมีความเสถียรมากขึ้นในทุกกลุ่ม (3.79-4.30) จนถึงวันที่ 21 ของการหมัก อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มที่ใช้กากน้ำตาลเสริมการหมักมีค่า pH ลดลงต่ำที่สุด ตลอดระยะเวลาการหมักที่ 3 7 14 และ 21 วัน โดยมีค่า pH เท่ากับ 4.10 3.89 3.78 และ 3.79, ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงที่มี pH ที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากกากน้ำตาลมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้สูง (Napompeth, 1992) ส่งผลให้เกิดการผลิตกรดแลคติก เพราะจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานได้ทันที ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างรวดเร็ว จึงสามารถยับยั้งจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการได้ เกิดการสูญเสียระหว่างกระบวนการหมักน้อย (อุดมศักดิ์, 2550)

อย่างไรก็ตามจากข้อมูลพบว่า การเสริมและไม่เสริมสารช่วยหมักส่งผลให้หญ้าหมักมีความเป็นกรดได้รวดเร็ว จนถึงระดับที่เหมาะสมในระยะเวลาการหมักที่ 21 วัน สามารถรักษาสภาพหญ้าให้คงคุณภาพดีต่อการใช้ประโยชน์ได้ ดังข้อมูลหญ้าหมักที่ทุกกลุ่มมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก สอดคล้องการศึกษาของ McDonald et al. (1991) รายงานว่า หญ้าหมักที่ดีจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.8-4.2 โดยค่า pH ที่ลดลงต่ำกว่า 4.2 จะส่งผลให้เกิดกระบวนการหมักที่สมบูรณ์ ไม่เกิดการเน่าเสียในระหว่างกระบวนการหมัก จึงทำให้สามารถคงคุณภาพของหญ้าหมักให้มีคุณภาพดีได้ อย่างไรก็ตามหากหมักในระยะเวลาานานกว่านี้ ค่า pH อาจจะเพิ่มขึ้นถึงช่วงการหมักที่ค่า pH ในระดับที่ไม่เหมาะสม ขณะที่ ทวีศักดิ์ (2560) ได้พบว่าหญ้ากินนีสีม่วงหมักที่อายุการเก็บรักษา 4 เดือน มีค่า pH เท่ากับ 4.81 ซึ่งยังสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ นอกจากนี้ วิทยา และคณะ (2554) รายงานว่า หญ้ากินนีสีม่วงหมักร่วมกับกากน้ำตาล 6 % สามารถเก็บได้นาน 3 เดือน มีคุณค่าทางโภชนาการและการใช้ประโยชน์ได้ไม่ต่ำกว่าก่อนหมัก หากเก็บไว้นาน 6-12 เดือน ลักษณะทางกายภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงชัดเจนซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำไปเลี้ยงสัตว์

Table 2 pH of purple guinea grass silages at 0, 3, 7, 14, and 21 days of ensiling

Item	Days of fermentation (Days)				
	0	3	7	14	21
Purple guinea grass					
Fresh	5.73	-	-	-	-
Silage					
Control	-	4.46 ^a	4.45 ^a	4.29 ^a	4.30 ^a
Salt	-	4.36 ^b	4.24 ^b	4.21 ^a	4.18 ^c
Molasses	-	4.10 ^d	3.89 ^c	3.78 ^b	3.79 ^d
Formic acid	-	4.38 ^b	4.27 ^b	4.26 ^a	4.29 ^{ab}
<i>Lactobacillus plantarum</i>	-	4.26 ^c	4.34 ^b	4.27 ^a	4.28 ^{ab}
Cellulase	-	4.47 ^a	4.26 ^b	4.24 ^a	4.24 ^b
SEM		0.012	0.031	0.046	0.022
Significant		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

^{a-d} Means within columns with different superscript letters differ at P < 0.05; SEM = Standard error of the mean.

ผลของการเสริมสารการหมักหญ้ากินีสีม่วงต่อปริมาณกรดแลคติก (lactic acid)

ผลผลิตปริมาณกรดแลคติกของหญ้ากินีสีม่วงหมักกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่หมักด้วยสารเสริมชนิดต่างๆ ในระยะการหมัก 21 วัน (Table 3) พบว่าสารเสริมทุกชนิดให้ผลต่อปริมาณกรดแลคติก ในหญ้าหมักใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (2.46-3.35 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณวัตถุดิบ) (P>0.05) สืบสนับสนุนจากผลการศึกษาของ McDonald et al. (1991) ที่พบว่าพืชหมักคุณภาพดีควรมีปริมาณกรดแลคติกอยู่ในช่วง 3-13 % ของปริมาณวัตถุดิบ ซึ่งในหญ้าหมักทุกกลุ่มมีปริมาณกรดแลคติกอยู่ในช่วงดังกล่าว ยกเว้นกลุ่มที่หมักโดยใช้สารเสริมเกลือที่มีแวนิลาซึ่งจะมีปริมาณกรดแลคติกต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสมเล็กน้อย นอกจากนี้กลุ่มควบคุมก็มีผลผลิตกรดแลคติกอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมเช่นกัน

ผลของการเสริมสารการหมักหญ้ากินีสีม่วงต่อปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย (VFA)

ผลของสารเสริมและการไม่ใส่สารเสริมของหญ้ากินีสีม่วงหมักต่อปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย (Table 3) พบว่าส่งผลต่อผลผลิตปริมาณกรดอะซิติกในหญ้าหมัก (P<0.01) โดยหญ้ากินีสีม่วงหมักกลุ่มควบคุมมีปริมาณต่ำที่สุดเท่ากับ 1.31 % และกลุ่มที่ใช้สารเสริมเอนไซม์เซลลูเลส มีปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุด คือ 2.72 % เนื่องจากในระหว่างกระบวนการหมัก เอนไซม์เซลลูเลสจะย่อยเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของเซลล์พืช ในช่วงวันที่ 2-4 ของการหมัก ได้ผลิตก๊าซสุดท้ายเป็น CO₂ H₂ ethanol และกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก เป็นต้น นอกจากนี้ในหญ้าหมักทุกกลุ่มไม่พบกรดโพรพิโอนิกและกรดบิวทิริก เนื่องจากหญ้าหมักทุกกลุ่มมีปริมาณกรดแลคติกอยู่ในช่วงที่เหมาะสม จึงทำให้การย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในพืชหยุดลงจึงไม่เกิดการสร้างกรดโพรพิโอนิกและกรดบิวทิริก (ทิฆัมพร และ ศุภชัย, 2561) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Silva et al. (2017) หญ้าหมักที่มีคุณภาพดีควรมีกรดอะซิติกอยู่ในช่วง 1-3 % มีปริมาณของกรดโพรพิโอนิกน้อยกว่า 0.1 % และต้องไม่พบกรดบิวทิริก จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการหมักด้วยสารเสริมและไม่ใช้สารเสริมใดๆ ส่งผลให้มีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายอยู่ในเกณฑ์คุณภาพเหมาะสม

ผลของการเสริมการหมักหญ้ากินีสีม่วงต่อปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH₃-N)

ผลของสารเสริมและการไม่ใส่สารเสริมของหญ้ากินีสีม่วงหมักต่อความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Table 3) พบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนทุกกลุ่มอยู่ในช่วง 5.77-11.57 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (P<0.01) มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสม สอดคล้องกับรายงานของ Carpintero et al. (1969) ที่พบว่าหญ้าหมักคุณภาพดีควรมีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน น้อยกว่าหรือ

เท่ากับ 11 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยหญ้าหมักกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนต่ำที่สุด คือ 5.77 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เนื่องจากการหมักด้วยสารเสริมกากน้ำตาลมีค่า pH ต่ำ (3.79) ซึ่งส่งผลให้แบคทีเรียกลุ่มคลอสตริเดียม (*Clostridium sp.*) และเชื้อรา (fungi) ไม่สามารถขยายจำนวนได้ ทำให้ไม่สามารถสลายกรดแลคติก น้ำตาลและโปรตีนในพืชหมักได้ ส่งผลให้การผลิตแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลง (Dibb et al., 1970)

Table 3 Lactic acid, VFA and NH₃-N of Guinea grass silage at 21 days of ensiling

Item	Lactic acid (% of DM)	Acetic acid (% of DM)	Propionic acid (% of DM)	Butyric acid (% of DM)	NH ₃ -N (% of Total N)
Purple Guinea grass					
Silage					
Control	3.05	1.31 ^e	ND	ND	10.60 ^a
Salt	2.46	1.87 ^{cd}	ND	ND	11.42 ^a
Molasses	3.13	1.66 ^{de}	ND	ND	5.77 ^b
Formic acid	3.03	1.92 ^c	ND	ND	11.57 ^a
<i>Lactobacillus plantarum</i>	3.35	2.35 ^b	ND	ND	9.86 ^a
Cellulase	3.28	2.72 ^a	ND	ND	11.03 ^a
SEM	0.750	1.970			0.504
Significant	0.192	<0.01			<0.01

^{a-d} Means within columns with different superscript letters differ at $P < 0.05$; ND = not detected; SEM = Standard error of the mean.

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้ากินนีสีม่วงหมัก (chemical composition)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้ากินนีสีม่วงก่อนการหมักและหญ้ากินนีสีม่วงหมักทุกกลุ่ม ในระยะ 21 วัน ดังแสดงในตาราง (Table 4)

ผลของการเสริมการหมักต่อปริมาณวัตถุแห้ง (DM) ในหญ้ากินนีสีม่วงหมัก

หญ้ากินนีสีม่วงหลังการหมักมีปริมาณวัตถุแห้งลดลงในทุกกลุ่ม ($P < 0.01$) อย่างไรก็ตามด้วยระบบการหมักในถุงหมักแบบสุญญากาศมีข้อจำกัดในการระบายน้ำออกจากระบบทำให้น้ำสะสมในถุงหมักมากขึ้น ขณะที่ส่วนองค์ประกอบอินทรีย์วัตถุถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ให้เป็นกรดทำให้มีส่วนส่วนของวัตถุแห้งลดลงมีความชื้นสะสมมากขึ้น สอดคล้องกับกับรายงานของ Frame (1994) ได้รายงานว่ากระบวนการหมักจึงทำให้ปริมาณวัตถุแห้งลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์จะใช้คาร์โบไฮเดรตจากหญ้าเป็นแหล่งพลังงาน จะพบได้ในการใช้กากน้ำตาลเสริมจะมีค่าวัตถุแห้งลดลงมากที่สุด ด้วยคาร์โบไฮเดรตในกากน้ำตาลถูกใช้โดยจุลินทรีย์ในการสร้างกรด ทำให้สร้างกรดได้มาก ค่า pH จึงลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ในระบบการหมักทั่วไป กองหญ้าหมักจะถูกบีบอัดให้แน่น ส่วนของเหลวจะไหลออกจากกองหญ้าหมักช้าๆ ทำให้มีค่าสิ่งแห้งต่อหน่วยเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป

ผลของการเสริมการหมักต่อปริมาณเถ้า (Ash) ในหญ้ากินนีสีม่วงหมัก

หญ้ากินนีสีม่วงกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้เอนไซม์เซลลูเลสเป็นสารเสริมการหมัก พบว่ามีปริมาณเถ้าต่ำสุด ไม่แตกต่างจากก่อนการหมัก ขณะที่การเสริมเกลือช่วยในการหมักส่งผลให้มีปริมาณเถ้าหลังการหมักสูงกว่าทุกกลุ่ม ($P < 0.01$) เนื่องจากเกลือเป็นอนินทรีย์สารเป็นองค์ประกอบสูงจึงทำให้มีค่าเถ้าสูง

ผลของการเสริมการหมักต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ในหญ้ากินนีสีม่วงหมัก

หญ้ากินนีสีม่วงก่อนการหมักมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (94.49 %) สูง ไม่แตกต่างจากหญ้ากินนีสีม่วงหมักกลุ่มควบคุม (94.32 %) และกลุ่มที่เสริมด้วยเอนไซม์เซลลูเลส (94.21 %) ส่วนกลุ่มอื่นๆ มีอินทรีย์วัตถุลดลงหลังการหมักอย่างชัดเจน ($P < 0.01$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณอินทรีย์วัตถุจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณเถ้า ถ้ามีปริมาณเถ้าในอาหารสูงก็จะทำให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยลง พบได้ในกลุ่มที่ใช้เกลือเป็นสารเสริมในการหมักจะมีค่าอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด

ผลของการเสริมการหมักต่อปริมาณโปรตีนหยาบ (CP) ในหญ้ากินนีสีม่วงหมัก

หญ้ากินนีสีม่วงหลังการหมักแล้วทุกกลุ่มทดลอง มีค่าโปรตีนหยาบสูงกว่าหญ้ากินนีสีม่วงก่อนหมักอย่างชัดเจน ($P < 0.01$) พบว่า กลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้ใช้สารเสริมก็มีปริมาณโปรตีนหยาบ (10.62 %) เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน ส่วนปริมาณโปรตีนหยาบสูงสุด พบได้ในกลุ่มที่ใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริม (11.15 %) ซึ่งส่วนหนึ่งของโปรตีนจะมาจากกากน้ำตาล ซึ่งมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ 4.5 % (เกียรติศักดิ์, 2552) ส่วนสารเสริมชนิดอื่นๆ มีค่าโปรตีนหยาบหลังการหมักอยู่ระหว่าง 9.59-9.88 %

ผลของการเสริมการหมักต่อปริมาณไขมัน (EE) ในหญ้ากินนีสีม่วงหมัก

หญ้ากินนีสีม่วงหลังการหมักทุกกลุ่มมีสัดส่วนของไขมันสูงกว่าหญ้ากินนีสีม่วงก่อนการหมัก ($P < 0.01$) และกลุ่มที่ใช้แบคทีเรียแลคโตบาซิลลัสแพลนทาร์มเสริมการหมัก มีปริมาณไขมันสูงสุด (2.20 %) ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใช้เอนไซม์เซลลูเลสและกลุ่มที่ใช้เกลือเป็นสารเสริมการหมัก ขณะที่กลุ่มที่เสริมด้วยกากน้ำตาลและกรดฟอร์มิกมีปริมาณไขมันใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับรายงานของ นริสรา และคณะ (2563) รายงานว่าหญ้าหมักที่หมักโดยใช้เชื้อแบคทีเรียแลคโตบาซิลลัสแพลนทาร์ม เป็นสารเสริมการหมักมีปริมาณไขมันมากกว่าการใช้สารเสริมชนิดอื่น

ผลของการเสริมการหมักต่อปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF) ในหญ้ากินนีสีม่วงหมัก

หญ้ากินนีสีม่วงก่อนหมักมีปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางเท่ากับ 74.20 % ซึ่งไม่แตกต่างกับหญ้ากินนีสีม่วงหมักกลุ่มควบคุม (73.42 %) ขณะที่กลุ่มที่ใช้สารเสริมอื่นๆ มีปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางต่ำกว่าหญ้ากินนีสีม่วงก่อนหมัก (67.24-72.67 %) ($P < 0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่มที่ใช้เกลือและกากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางต่ำที่สุด เนื่องจากการลดลงปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกในระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งพบว่ากลุ่มที่ใช้เกลือและกากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมัก มีค่า pH ต่ำ (4.18 และ 3.79 ตามลำดับ) ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมในการทำงานของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกจะใช้เยื่อใยเป็นแหล่งตั้งต้นของสารอาหารจึงทำให้มีปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ O'kiely and Muck (1998) รายงานว่า เอนไซม์เซลลูโลสที่มีอยู่ในพืชจะถูกใช้เป็นแหล่งตั้งต้นของสารอาหาร เช่น เพนโทส จึงทำให้เกิดการ hydrolysis โดยเอนไซม์ในพืช ส่งผลให้มีการใช้เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางในกระบวนการหมัก

ผลของการเสริมการหมักต่อปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADF) ในหญ้ากินนีสีม่วงหมัก

ปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรดของหญ้ากินนีสีม่วงก่อนและหลังการหมัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยหญ้ากินนีสีม่วงหมักกลุ่มที่ใช้เกลือและกากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมัก มีปริมาณเยื่อใยที่ไม่สามารถละลายได้ในสารฟอกที่เป็นกรดต่ำสุด ขณะที่หญ้ากินนีสีม่วงก่อนหมักและหญ้ากินนีสีม่วงหมักที่ใช้กรดฟอร์มิก แบคทีเรียแลคโตบาซิลลัสแพลนทาร์ม และเอนไซม์เซลลูเลส เป็นสารเสริมการหมัก มีค่าอยู่ในช่วง 47.90-48.44 % จากการศึกษาของ Campbell and Buchanan-Smith (1991) รายงานเกี่ยวกับเยื่อใยที่ไม่สามารถละลายได้ในสารฟอกที่เป็นกรด ว่าแบคทีเรียที่อยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนจะใช้ส่วนของผนังเซลล์ที่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างเป็นแหล่งพลังงานเพื่อใช้ในการเติบโต ส่งผลให้ปริมาณเยื่อใยที่ได้จากการหมักลดลง จึงส่งผลให้หญ้ากินนีสีม่วงหลังหมักมีปริมาณเยื่อใยที่ไม่สามารถละลายได้ในสารฟอกที่เป็นกรดลดลง

ผลของการเสริมการหมักต่อปริมาณลิกนิน (ADL) ในหญ้ากินนีสีม่วงหมัก

หญ้ากินนีสีม่วงก่อนหมักมีปริมาณลิกนินสูงไม่แตกต่างจากหญ้ากินนีสีม่วงหมักกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใช้กรดฟอร์มิก แบคทีเรียแลคโตบาซิลลัสแพลนทาร์ม และเอนไซม์เซลลูเลสเป็นสารเสริมการหมัก แต่พบว่ากลุ่มที่ใช้กากน้ำตาลและเกลือเป็นสารเสริมการหมัก

มีปริมาณลิกนินต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องด้วยลิกนินเป็นส่วนประกอบหลักในผนังเซลล์พืช ทำหน้าที่ห่อหุ้มเส้นใยของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเข้าด้วยกัน มีความทนทานต่อการย่อยสลายสูง จึงทำให้ปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางและเยื่อใยที่ไม่สามารถละลายได้ในสารฟอกที่เป็นกรดหลังการหมักลดลงจึงทำให้ปริมาณลิกนินลดลงด้วย (กานต์สิริเกศ, 2563; อานูภาพ, 2552)

ผลขององค์ประกอบทางเคมีของหญ้ากินนีสีม่วงหมักต่อศักยภาพในการนำไปเลี้ยงสัตว์

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีนี้ แสดงให้เห็นว่าหญ้ากินนีสีม่วงหมักมีส่วนของโภชนะกลุ่มโปรตีนหยาบที่ดีขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเสริมการหมักด้วยกากน้ำตาล มีส่วนของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง, เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด และลิกนินลดลง ซึ่งส่งผลดีต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องในการใช้ประโยชน์ของเยื่อใยได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้สารเสริมการหมักมีแนวโน้มช่วยให้หญ้ากินนีสีม่วงหมักมีคุณภาพทางโภชนะดีขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ ชิมัมพร และ ศุภชัย (2561) รายงานว่า การทำหญ้าหมักให้ได้คุณภาพดี มักมีปัจจัยหลายอย่างมาเกี่ยวข้องโดยเฉพาะด้านเทคนิคในการผลิตและคุณภาพของวัตถุดิบ ดังนั้นจึงต้องเติมสารลงไปให้หญ้าเพื่อช่วยให้หญ้าหมักมีคุณภาพตามที่ต้องการ

Table 4 Chemical composition of purple guinea grass silages before and at 21 days of ensiling

Item	DM (%)	Ash	OM	CP	EE (% of DM)	NDF	ADF	ADL
Purple guinea grass								
Fresh	30.62 ^a	5.51 ^d	94.49 ^a	8.46 ^f	1.29 ^c	74.20 ^a	48.44 ^a	10.61 ^a
Silage								
Control	26.87 ^e	5.68 ^d	94.32 ^a	10.62 ^b	1.92 ^{ab}	73.42 ^{ab}	47.90 ^a	9.94 ^a
Salt	26.71 ^f	11.16 ^a	88.84 ^d	9.88 ^d	1.90 ^{ab}	67.59 ^d	45.53 ^b	7.38 ^{bc}
Molasses	25.73 ^g	6.12 ^b	93.88 ^c	11.15 ^a	1.88 ^b	67.24 ^d	44.47 ^c	6.63 ^c
Formic acid	27.54 ^c	6.29 ^b	93.71 ^c	10.36 ^c	1.83 ^b	71.76 ^c	47.92 ^a	9.28 ^{ab}
<i>Lactobacillus plantarum</i>	27.73 ^b	6.05 ^{bc}	93.95 ^{bc}	9.89 ^d	2.20 ^a	72.67 ^{bc}	48.72 ^a	8.43 ^{abc}
Cellulase	27.20 ^d	5.79 ^{cd}	94.21 ^{ab}	9.59 ^e	2.00 ^{ab}	71.69 ^c	48.71 ^a	8.89 ^{abc}
SEM	0.102	0.100	0.100	0.199	0.095	0.406	0.313	0.708
Significant	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05

DM = dry matter; OM = organic matter; CP = crude protein; EE = ether extract; NDF = neutral- detergent fiber; ADF = acid- detergent fiber; ADL = acid- detergent lignin

^{a-e} Means within columns with different superscript letters differ at P < 0.05; SEM = Standard error of the mean.

สรุป

จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่าหญ้าหมักทั้งที่ไม่ใช้สารเสริมและการใช้สารเสริมทุกกลุ่ม ส่งผลให้หญ้าหมักมีคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีดีขึ้นกว่าก่อนหมัก โดยค่าความเป็นกรด-ด่างมีความเสถียรที่ระยะเวลาการหมัก 21 วัน มีปริมาณกรดแลคติก กรดอะซิติก และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้หญ้าหมักสามารถคงคุณภาพไว้ได้นาน และยังสามารถให้องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมักดีขึ้นกว่าก่อนหมัก กล่าวคือมีปริมาณโปรตีนหยาบและไขมันที่สูงขึ้น มีปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง, เยื่อใยที่ไม่สามารถละลายได้ในสารฟอกที่เป็นกรด และลิกนินที่ลดต่ำลง ซึ่งการใช้กากน้ำตาลเป็นสารเสริมการหมักมีแนวโน้มจะส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้ากินนีสีม่วงหมักดีกว่าการไม่ใช้สารเสริมและการใช้สารเสริมชนิดอื่น อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีถึงระยะเวลาการหมักที่ 21 วันเท่านั้น การศึกษาใน

อนาคตอาจศึกษาคุณภาพของหญ้าหมักที่ระยะเวลาการหมักที่มากกว่า 21 วัน อาจเป็นการนำมาซึ่งข้อมูลของสารเสริมแต่ละชนิดต่ออายุการเก็บรักษาหญ้าหมักต่อไป

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการ Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2566 ด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ นักวิชาการ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และนักวิทยาศาสตร์ ศูนย์เครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2545. หญ้ากินนีสีม่วง. โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพฯ.
- กรมปศุสัตว์. 2547. มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักคุณภาพดี. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กานต์สิริเกศ เลิศสรรสิริ. 2563. อิทธิพลของความสูงของการตัดในหญ้าพืชอาหารสัตว์ 4 ชนิด และคุณภาพหญ้าหมักต่อผลผลิตองค์ประกอบทางเคมี และความสามารถในการย่อยได้ที่ปลูกในฤดูหนาวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- เกียรติศักดิ์ กล้าเอม. 2552. องค์ประกอบทางเคมีจากน้ำตาล. แหล่งข้อมูล: <http://www.dld.go.th>. ค้นเมื่อ 4 มกราคม 2567.
- ทิฆัมพร ธรรมชีวัน และศุภชัย นาควิสูตร. 2561. ผลของความแตกต่างของสารเสริมหญ้าหมักที่มีผลต่อคุณภาพ และคุณค่าทางอาหารต่อการทำหญ้าหมัก. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์.
- ทวีศักดิ์ ทองไฟ. 2560. การเปรียบเทียบคุณภาพอาหารของหญ้าอาหารสัตว์หมักที่อายุการเก็บรักษา 4 เดือนในจังหวัดสงขลา. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, สงขลา.
- นริสรา คงสุข, ศิวชัย สังข์ศรีทวงษ์, เวทชัย เปล่งวิทยา, กิตติมา กองทอง และเสาวลักษณ์ แยมหมื่นอาจ. 2563. ผลของการเสริม *Lactobacillus plantarum* BCC 65951 ต่อคุณภาพการหมักของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมัก โดยวิธีวัดแก๊สในห้องปฏิบัติการและการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน. วารสารเกษตร. 36(1): 145-153.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. หลักโภชนศาสตร์สัตว์ เอกสารการสอนชุดวิชาหลักโภชนศาสตร์และอาหารสัตว์หน่วยที่ 2 สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.
- พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ และวิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. 2558. การศึกษาการใช้ *Lactobacillus spp.* ต่อกระบวนการหมักของพืชหมัก. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- ยิ่งยง เมฆลอย และมณี อัครานนท์. 2564. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของพืชอาหารหมักจากข้าวฟ่างหวาน. วารสารวิจัยราชชมงคลกรุงเทพ. 15: 35-44.
- วิทยา สุมาลย์, ราไพโร นามสีลี, วิโรจน์ ฤทธิฤชัย, สุมน โพธิ์จันทร์ และณัฐนาถ โคตรพรหม. 2554. การศึกษาคุณภาพของพืชหมักในถุงพลาสติกดำที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- วารุณี พานิชผล. 2548. เทคนิคการทำพืชอาหารสัตว์หมัก. แหล่งข้อมูล: <https://nutrition.dld.go.th/nutrition/index.php/2017-04-20-03-10-51/783-2017-07-12-08-26-57>. ค้นเมื่อ 30 มกราคม 2567.
- วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2555. โภชนศาสตร์สัตว์เลี้ยงและสัตว์ป่า. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สาโรช คำเจริญ และ เยวมาลย์ คำเจริญ. 2560. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น.

- เสมอใจ บุรีนอก, คำสอน สีสะอาด, วรางคณา หอมไผ่, ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส, เฉลิมพล เยื้องกลาง และไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ. 2554. คุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนาการของหญ้ากินนีสีม่วงและถั่วอาหารสัตว์หมัก. *แก่นเกษตร*. 39: 137-146.
- อุดมศักดิ์ ริยะสาร. 2550. คุณค่าทางโภชนาการและการใช้ประโยชน์ได้ของหญ้าเนเปียร์หมักสำหรับโค. *วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต*. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- อานุกาพ เสี่ยงสาย. 2552. วิธีวิเคราะห์แบบ Detergent. แหล่งข้อมูล: <http://km.dld.go.th/th/index.php/th/research-system/knowledge-office/82-present-general/114-detergent>. ค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2566.
- AOAC. 1990. Official Method of Analysis. 15th ed., Association of official Agriculture Chemicals, Arlington, VA, USA.
- Bailey, S. 1985. The analysis of agricultural material. 3rd edition. Her Majesty's stationery office, London.
- Campbell, C.P., and J.G. Buchanan-Smith. 1991. Effect of alfalfa grass silage dry matter content on ruminal digestion and milk production in lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*. 71: 457-467.
- Carpintero, C. M., A.J. Holding, and P. McDonald. 1969. Fermentation studies on lucerne. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 20: 677-681.
- Darwin, W., and R. Cord-Ruwisch. 2017. Concurrent lactic and volatile fatty acid analysis of microbial fermentation samples by gas chromatography with heat pre-treatment. *Journal of Chromatography Science*. 56: 1-5.
- Dibb, C., J.L. Payne, J.R. Griffiths, W.R. Raymond, and R.R. Sayce. 1970. Silage. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Bulletin, USA.
- Ergin, S., and H. Gumus. 2020. Silage quality, fermentation dynamics and chemical composition of alfalfa silage prepared with salt and lactic acid bacteria inoculants. *Animal Nutrition and Feed Technology*. 20: 367-380.
- Frame, J. 1994. Improve grassland management. Farming Press Books. United Kingdom.
- Fawcett, J.K., and J.E. Scott. 1960. A rapid and precise method for the determination of urea. *Journal of Clinical Pathology*. 13: 156-159.
- Khota, W., S. Pholsen, D. Higgs, and Y. Cai. 2016. Natural lactic acid bacteria population of tropical grasses and their fermentation factor analysis of silage prepared with cellulase and inoculant. *Journal of Dairy Science*. 99: 9768-9781.
- McDonald, P., A.R. Henderson, and S.J.E. Heron. 1991. The biochemistry of silage. 2nd Edition. Chalcombe Publications, Marlow.
- Napompets, B. 1992. Determination of sucrose, glucose and fructose in sugarcane juice and molasses by high performance thin layer chromatography, pp. 875-882. In *Proceeding XXI Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists 5-14 March 1992*. Bangkok, Thailand.
- O'Kiely, P., and R.E. Muck. 1988. Grass Silage. CABI Publishing. New York, USA.
- Oladosu, Y., M. Y. Rafii, N. Abdullah, U. Magaji, G. Hussin, A. Ramli, and G. Miah. 2016. Fermentation quality and additives: A case of rice straw silage. *BioMed Research International*. 1-15.
- Muck, R.E., E.M.G. Nadeau, T. A. McAllister, F.E. Contreras-Govea, M. C. Santos, and L. Kung Jr. 2018. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*. 101: 3980-4000.
- Sas. 1996. SAS/STAT User's Guide: Statistics, Version 6.12. ed. SAS Inc., Cary, NC: USA.

- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583-3597.
- Weinberg, Z.G., G. Ashbell, A. Azrieli, and I. Brukental. 1993. Ensiling peas, ryegrass and wheat with additives of lactic acid bacteria (LAB) and cell wall degrading enzymes. *Grass and Forage Science*. 48(1):70-78.