

อิทธิพลของการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยต่อคุณภาพของข้าวฟ่างหมัก พันธุ์ IS 23585

ผสมกับถั่วคาวาคเคแห้งและมันเส้น

Effects of fibrolytic enzyme addition on silage quality of IS 23585 forage sorghum cultivar plus cavalcade hay and cassava chip

ภาณุภูมิ ขอนองบัว (Pakpoom Sawnongbua)* เดวิด ฮิกส์ (David Higgs)** สุรเดช พลเสน (Suradej Pholsen)***

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยต่อคุณภาพของข้าวฟ่างหมัก วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ มี 6 วิธีการ ได้แก่ ข้าวฟ่างพันธุ์ IS 23585 อย่างเดียวหมัก (T1) ข้าวฟ่าง เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (T2) ข้าวฟ่าง ผสมถั่วคาวาคเคแห้ง 15% หมัก (T3) ข้าวฟ่าง ผสมถั่วคาวาคเคแห้ง 15% เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (T4) ข้าวฟ่าง ผสมถั่วคาวาคเคแห้ง 15% และมันเส้น 10% หมัก (T5) และ ข้าวฟ่าง ผสมถั่วคาวาคเคแห้ง 15% และมันเส้น 10% เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (T6) ผลการทดลองพบว่า การเสริมและไม่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย ไม่ทำให้ค่า DM, CP, NDF, ADF, ADL, DMD, pH และ $\text{NH}_3\text{-N}$ แตกต่างกัน ($p>0.05$) วัตถุแห้งของข้าวฟ่างหมักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเสริมถั่วคาวาคเคแห้ง และมันเส้น การเสริมมันเส้นมีผลต่อการลดลงของค่า NDF และ ADF อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) การเสริมมันเส้นทำให้ค่า DMD เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) ข้าวฟ่างหมักทุกวิธีการอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของพืชหมักคุณภาพดี

ABSTRACT

This work aimed to investigate the effects of fibrolytic enzyme addition on silage quality of forage sorghum (*Sorghum bicolor* cv. IS23585) plus cavalcade (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade) hay and cassava chip. The experiment was a completely randomized design with 4 replications. Six treatments consisted of (1) control; sorghum silage only, (2) sorghum plus fibrolytic enzyme, (3) sorghum plus 15% cavalcade hay, (4) sorghum plus 15% cavalcade hay plus fibrolytic enzyme, (5) sorghum plus 15% cavalcade hay plus 10% cassava chip and (6) sorghum plus 15% cavalcade hay plus 10% cassava chip plus fibrolytic enzyme. The results showed that the enzyme treatments did not show any significant differences ($p>0.05$) in DM, CP, NDF, ADF, ADL, DMD, pH or $\text{NH}_3\text{-N}$. Dry matter of sorghum silage significantly increased ($p<0.01$) with cassava chip and cavalcade hay addition. Cassava chip addition significantly decreased ($p<0.01$) NDF and ADF contents of the silage. Cassava chip addition significantly increased ($p<0.01$) DMD. All treatments gave good silage quality.

คำสำคัญ: การย่อยสลายของวัตถุแห้ง เอนไซม์ย่อยเยื่อใย ข้าวฟ่างหมัก

Key Words: Dry matter degradability, fibrolytic enzyme, sorghum silage

* นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

** ศาสตราจารย์ อากันดุกะ มหาวิทยาลัยเฮอร์ฟอร์ดเชียร์ สหราชอาณาจักร.

*** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

บทนำ

ปัญหาในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องที่สำคัญ คือ การขาดแคลนอาหารหยาบ โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้งและ ฤดูหนาว เกษตรกรแก้ไขปัญหาโดยการปลูกพืชอาหาร สัตว์โตเร็ว (fodder crops) ที่ให้ผลผลิตสูง เช่น ข้าวโพด หรือข้าวฟ่าง และเก็บถนอมไว้ใช้ในฤดูที่ขาด แคลน ในรูปของหญ้าหมักหรือพืชหมัก (silage) ข้อดี ของข้าวฟ่างในการทำพืชหมัก คือ สามารถเก็บเกี่ยว ผลผลิตได้ทั้งต้นแม่และต้นตอและมีปริมาณน้ำตาลใน ลำต้นสูง (Pholsen and Higgs, 2005) ซึ่งเป็นแหล่ง พลังงานที่สำคัญในการขยายจำนวนของแบคทีเรียที่ ผลิตกรดแลกติก (lactic acid bacteria; LAB) ได้แก่ แลคโตบาซิลลัส (*Lactobacillus* spp.) ที่ก่อให้เกิดการ หมักเปรี้ยวของกรดแลกติกในพืชหมักทำให้ค่า pH ลดลงได้เร็ว ซึ่งจะได้พืชหมักคุณภาพดี (McDonald et al., 1991) ข้อด้อยของข้าวฟ่างหมัก คือ มีค่า CP และ DMD ต่ำ (วรุณ, 2553, Pholsen and Higgs, 2005) สัตว์ เคี้ยวเอื้องใช้ประโยชน์ได้น้อย การเสริมถั่วเพื่อเพิ่มค่า ดังกล่าวจะทำให้สัตว์ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น การใช้ถั่ว คาวาลเคดเสริมในข้าวฟ่างแล้วหมักสามารถแก้ปัญหา นี้ได้ (วรุณ, 2553) นอกจากนี้ ข้าวฟ่างยังมีความชื้น สูง (ค่า DM ต่ำ) ซึ่งทำให้คุณภาพของการหมักเลวลง คือ หญ้าหมักจะมีกรดบิวทิริกสูง การเพิ่มค่า DM ให้ สูงขึ้นซึ่งจะไม่เอื้อต่อการขยายจำนวนของ clostridia ที่ จะผลิตกรดชนิดนี้ (McDonald et al., 1991) การใช้มัน เส้นที่ผลิตได้จำนวนมากในประเทศไทยสามารถเพิ่ม ค่า DM ของข้าวฟ่างได้ (ชัชวาล, 2554) ปัญหาที่สำคัญ อีกประการหนึ่งของข้าวฟ่างคือการย่อยได้ต่ำ เนื่องจาก มีปริมาณของผนังเซลล์หรือเยื่อใยจากสารฟอกที่เป็น กลาง (neutral detergent fibre; NDF) สูง เช่น ข้าวฟ่าง พันธุ์ FS-5 และ BMR-101 ที่หมักแล้วมี NDF สูงถึง 61.2% และ 59.6% ตามลำดับ (Miron et al., 2007) เช่นเดียวกันกับข้าวฟ่างพันธุ์ IS 23585 ทั้งต้นแม่และ ต้นตอหมักที่พบว่ามีความ NDF มากกว่า 55 % (วรุณ, 2553 และชัชวาล, 2554) ดังนั้นวิธีการปฏิบัติที่จะลด ปริมาณ NDF โดยการเติมสารเสริมเพื่อย่อยเยื่อใย

(fibrolytic enzyme) น่าจะทำให้ปริมาณเยื่อใยในข้าว ฟ่างลดลง จากการศึกษาในหลายงานทดลองที่ผ่านมา สรุปตรงกันได้ว่า การเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย มีผลทำ ให้เยื่อใย NDF, ADF, cellulose และ hemicellulose ลดลง ปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น และเมื่อเยื่อใยดังกล่าว ลดลงก็จะมีผลทำให้ค่าการย่อยได้วัตถุแห้ง (dry matter digestibility) เพิ่มขึ้น (Stokes, 1992; Nadeau et al., 2000; Pys et al., 2002; Ozduven et al., 2010) ซึ่งจะ เป็นผลดีต่อการใช้ประโยชน์ของสัตว์

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาคุณภาพของพืชหมัก องค์ประกอบ ทางเคมี และการย่อยสลายของวัตถุแห้งของข้าวฟ่าง พันธุ์ IS 23585 ที่หมักร่วมกับถั่วคาวาลเคดและมันเส้น ที่เสริมและไม่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย

วิธีการวิจัย

ศึกษาอิทธิพลของการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อ ใยต่อคุณภาพของข้าวฟ่างต้นตอหมัก พันธุ์ IS 23585 ผสมกับถั่วคาวาลเคดแห้ง 15% ของน้ำหนักสดข้าว ฟ่างและมันเส้นสด 10% ของน้ำหนักสดข้าวฟ่าง และ เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยทางการค้าที่มีเอนไซม์ 3 ชนิด (The complex of cellulase and hemicellulose and xylanase activity; Snow Brand Seed Ltd, Sapporo, Japan) ปริมาณ 15 มก. ต่อน้ำหนักสดของวัสดุหมัก 1 กก. วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design จำนวน 4 ซ้ำ 6 วิธีการ (treatment) คือ

T_1 = ข้าวฟ่างอย่างเดียว (control)

T_2 = ข้าวฟ่างผสมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย

T_3 = ข้าวฟ่างผสมถั่วคาวาลเคดแห้ง

T_4 = ข้าวฟ่างผสมถั่วคาวาลเคดแห้งเสริมเอนไซม์ย่อย เยื่อใย

T_5 = ข้าวฟ่างผสมถั่วคาวาลเคดแห้งและมันเส้น

T_6 = ข้าวฟ่างผสมถั่วคาวาลเคดแห้งและมันเส้นเสริม เอนไซม์ย่อยเยื่อใย

วิธีดำเนินการทดลอง

1. ปลูกพืชที่แปลงทดลอง ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งเป็นชุดดินโคราช ใช้พื้นที่ปลูกข้าวฟ่าง และถั่วขาวลวด เกษนิตละ 200 ตร.ม. (10 x 20 ม.) รวม 400 ตร.ม. ข้าวฟ่างใช้ระยะปลูก 50 x 10 ซม. ถั่วขาวลวดเคลปลูก โดยโรยเป็นแถวใช้ระยะห่างระหว่างแถว 50 ซม. โดยปลูกก่อนข้าวฟ่าง 6 วัน

2. สุ่มตัดเพื่อวัดผลผลิตของข้าวฟ่างต้นต่อในพื้นที่ที่เก็บเกี่ยว 4 x 4 ม. จำนวน 4 ซ้ำ ที่อายุ 11 สัปดาห์ หลังตัดต้นแม่ โดยตัดสูงจากพื้นดิน 15 ซม. วัดค่าความหวาน (ค่า % brix) ขณะเก็บเกี่ยว ด้วยเครื่องวัด refractometer (ATAGO N-1A, Japan) นำต้นสดไปสับให้เป็นท่อนขนาด 3-4 ซม. โดยใช้เครื่องสับ (chopper) คลุกเคล้าตัวอย่างที่สับแล้วให้เข้ากันอย่างทั่วถึง

ถั่วขาวลวดเค็ดต้นต่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 11 สัปดาห์หลังการตัดครั้งแรกโดยตัดก่อนข้าวฟ่าง 5 วัน ตัดสูงจากพื้นดิน 15 ซม. และตัดวัดผลผลิตจากแปลงทั้งหมด นำไปตากแดด 3 วัน ผึ่งในร่มอีก 2 วัน นำไปสับเช่นเดียวกับข้าวฟ่าง

การเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารสัตว์ โดยชั่งตัวอย่างสดที่สับแล้วทั้งต้นของพืช ทั้ง 2 ชนิด ประมาณ 500 ก. อบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 48 ชม. (AOAC, 1990) เพื่อหาน้ำหนักแห้งแล้ว บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. เพื่อใช้วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนา

4. ขั้นตอนการทำข้าวฟ่างหมัก

4.1. ผสมข้าวฟ่าง ถั่วขาวลวดเค็ดแห้งที่สับแล้ว และ มันเส้นบด ร่วมกับเอนไซม์ย่อยเชื้อให้ทั่วถึง ตามสัดส่วนที่กำหนดในแต่ละทรีทเมนต์ สุ่มตัวอย่างที่คลุกเคล้าแล้วในแต่ละซ้ำของแต่ละทรีทเมนต์ ประมาณ 500 ก. นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 48 ชม. จากนั้นนำไปบดเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนา ก่อนหมัก แล้วนำส่วนผสมในแต่ละทรีทเมนต์ ทั้งหมดบรรจุในถุงพลาสติกใส (plastic bag silo) ขนาด 30.48 x 45.72 ซม. ถุงละ 1 กก. อัดให้แน่น ได้

อากาศออกให้หมดโดยใช้เครื่องดูดอากาศ มัดปากถุง ให้แน่นทำทรีทเมนต์ละ 12 ถุง แล้วนำไปเก็บไว้ในที่ร่ม ที่ปลอดภัยจากการทำลายของแมลงและหนู 5 สัปดาห์

4.2. เปิดถุงพืชหมักเพื่อวัดค่า pH ที่เปลี่ยนไปในแต่ละสัปดาห์

4.3. เปิดถุงหมักสุ่มตัวอย่างพืชหมัก ประมาณ 700 ก. ผสมให้เข้ากันอย่างทั่วถึง แบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี หลังหมัก ส่วนที่ 2 นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อรอวิเคราะห์คุณภาพของ silage ได้แก่ DM, pH, $\text{NH}_3\text{-N}$, lactic acid, acetic acid, propionic acid และ butyric acid

การวิเคราะห์ตัวอย่างทดลอง

1. วิเคราะห์คุณภาพของข้าวฟ่างหมัก

1.1. วัดค่า pH ใช้เครื่องวัด consort C933 electrochemical analysis โดยนำตัวอย่างออกจากตู้แช่แข็งปล่อยให้ละลาย (thaw) ชั่งตัวอย่าง 100 ก. แช่ในน้ำกลั่น 250 มล. เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C นาน 12 ชม. (Bailey, 1985) น้ำ silage ที่ได้แบ่งสำหรับวัดค่า pH และเก็บในขวดเก็บตัวอย่างขนาด 60 มล. นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 °C เพื่อรอวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$)

1.2. วัดค่า lactic acid, acetic acid, propionic acid และ butyric acid โดยใช้เครื่อง gas chromatography (Shimadzu GC 2014, Shimadzu Corp., Tokyo, Japan)

2. หาค่าองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีนหยาบ (CP) และ $\text{NH}_3\text{-N}$ ตามวิธีการของ AOAC (1990) เชื้อใย neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF) และ acid detergent lignin (ADL) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

3. หาค่าการย่อยสลายของวัตถุดิบแห้ง (dry matter degradability; DMD) ในกระเพาะรูเมนของโคบราห์มัน ที่ 48 ชม. โดยใช้ถุงไนลอน (nylon bag technique) ตามวิธีการของ Ørskov et al. (1980)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์โดย Duncan's multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SAS 6.12 (1996)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลผลิตของข้าวฟ่างและถั่วคาวเลด

ผลผลิตข้าวฟ่างต้นตอ ที่อายุ 11 สัปดาห์หลังตัดต้นแม่ พบว่าให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากับ 2,425 กก./ไร่ ให้ค่าสูงกว่าข้าวฟ่างต้นตอพันธุ์เดียวกันที่รายงานโดย วรณ (2553) และ ชัชวาล (2554) คือ 2,344 และ 1,604 กก./ไร่ ตามลำดับ

ถั่วคาวเลดที่ได้จากการตัดครั้งที่ 2 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากับ 212 กก./ไร่ ซึ่งน้อยกว่าที่รายงานโดย วรณ (2553) และ ชัชวาล (2554) ที่ได้เท่ากับ 546 และ 285 กก./ไร่ ตามลำดับ

2. คุณสมบัติของวัสดุก่อนหมัก

พบว่าข้าวฟ่างมีค่าความหวาน (brix value) เท่ากับ 10.18% ซึ่งให้ค่าต่ำกว่ารายงานของ วรณ (2553) และ ชัชวาล (2554) ที่พบว่า ข้าวฟ่างต้นตอพันธุ์เดียวกันให้ค่าความหวาน เท่ากับ 11.37 และ 13.85% ตามลำดับ และ ฉายแสง และคณะ (2546) ที่รายงานว่า ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Hi-sugar, Big sugar, Sweet sorghum และสุพรรณบุรี 1 มีค่า brix คือ 13.77, 12.40, 11.24 และ 15.51% ตามลำดับ จากปริมาณน้ำตาลที่สูงกว่าพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ ทำให้ข้าวฟ่างมีความเหมาะสมเพื่อทำเป็นพืชหมัก

คุณค่าทางโภชนาของถั่วคาวเลดแห้งก่อนเสริมลงในข้าวฟ่างพบว่า มีค่า DM, CP, NDF, ADF, ADL และ DMD เท่ากับ 87.78, 12.26, 53.62, 39.14, 7.98 และ 68.68% ตามลำดับ รายงานคุณค่าทางโภชนาของถั่วคาวเลด โดย วรณ (2553) พบว่า ให้ค่า DM, CP, NDF, ADF, และ DMD เท่ากับ 94.03, 15.08, 55.98, 31.62 และ 63.26% ตามลำดับ โดยงานทดลองครั้งนี้ให้ค่า CP น้อยกว่า แต่ให้ค่า DMD มากกว่า

เนื่องจากถั่วคาวเลดของวรณ (2553) ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรก ส่วนงานทดลองนี้ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2

มันเส้นมีค่า DM, CP, NDF, ADF, ADL และ DMD เท่ากับ 86.57, 1.99, 9.87, 4.97, 0.49 และ 97.45% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ชัชวาล (2554) ที่พบว่ามันเส้นให้ค่า DM, CP, NDF, ADF, ADL และ DMD เท่ากับ 91.28, 1.49, 10.41, 4.82, 2.19 และ 95.70% ตามลำดับ และ WTSR (2010) ที่รายงานว่ามันเส้นมีค่า DM, CP, NDF, ADF และ ADL เท่ากับ 89.8, 2.1, 9.1, 5.1 และ 2.0% ตามลำดับ

ข้าวฟ่างที่ได้จากวิธีการต่างๆ ก่อนหมักพบว่า DM เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) เมื่อเสริมถั่วคาวเลดแห้งและมันเส้น (ตารางที่ 1) โดยให้ค่าองค์ประกอบทางเคมีเป็นไปในทำนองเดียวกันกับรายงานของ ชัชวาล (2554) ที่พบว่าข้าวฟ่างต้นตอผสม ถั่วคาวเลด 15% และมันเส้น 10% ให้ค่า DM, CP, NDF, ADF, ADL และ DMD เท่ากับ 38.04, 7.61, 60.40, 32.02, 5.26 และ 69.83% ตามลำดับ โดยค่า DM เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเสริมถั่วคาวเลด และมันเส้นเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาจากค่า DM และค่าความหวานของข้าวฟ่างก่อนหมักพบว่าจัดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการทำพืชหมัก โดย Wilkinson (1990) รายงานว่า DM ที่เหมาะสมในพืชก่อนหมักไม่ควรต่ำกว่า 25% และมีปริมาณน้ำตาลไม่ต่ำกว่า 2.5% และ Skerman and Riveros (1990) แนะนำว่าพืชควรจะมี DM 30-35% และมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (water soluble carbohydrate, WSC) ไม่น้อยกว่า 6%

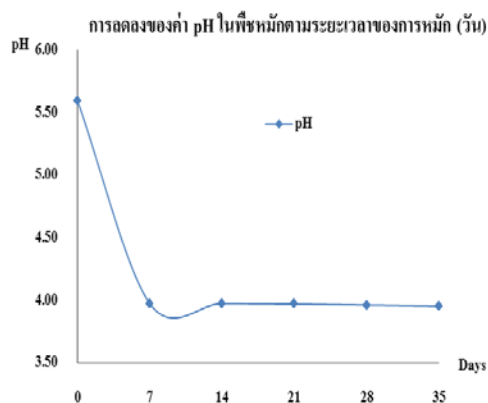
3. การลดลงของความเป็นกรดต่าง (pH) ในพืชหมัก

พบว่าค่า pH ของข้าวฟ่างก่อนหมักทุกวิธีการ (pH day 0) อยู่ในช่วง 5.51 ถึง 5.71 (เฉลี่ย 5.59, รูปที่ 1) เมื่อหมักไปได้ 7 วัน (pH day 7) pH ลดลงอย่างรวดเร็วคืออยู่ในช่วง 3.88 ถึง 4.03 (เฉลี่ย 3.98) หลังจากนั้นจะลดลงเพียงเล็กน้อยและคงที่จนถึงวันที่ 35 (pH 3.96) แสดงให้เห็นว่า WSC ของข้าวฟ่างก่อนหมักมีค่ามากพอ (10.18 % brix) ที่เป็นแหล่งอาหาร

ให้กับ LAB ให้ขยายจำนวนอย่างรวดเร็วและผลิตกรดได้ปริมาณมาก (McDonald et al., 1991) ซึ่งสอดคล้องกับ Filya et al. (2004) ที่รายงานว่า pH ของข้าวฟ่างก่อนหมักเท่ากับ 6.2 และ pH หลังหมักในวันที่ 2, 4, 8, 16 และ 60 ของการหมัก ลดลงตามวันหมักที่เพิ่มขึ้น คือ 4.9, 4.2, 4.1, 3.9 และ 3.8 ตามลำดับ และ ศุภมาส และคณะ (2535) รายงานว่า ข้าวฟ่างที่เสริมเอนไซม์ย่อยเชื้อใย (Clampzyme) ก่อนหมักมีค่า pH เท่ากับ 4.98 และหลังหมักในวันที่ 7, 14, 21 และ 28 เท่ากับ 3.84, 3.71, 3.70 และ 3.72 ตามลำดับ งานทดลองครั้งนี้ยืนยันการลดลงของ pH ต่ำกว่า 4.2 ในวันที่ 7 ของการหมัก

4. คุณภาพของพืชหมัก

พบว่าข้าวฟ่างอย่างเดียวก่อนให้ค่า pH ต่ำที่สุดและเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) เมื่อเสริมถั่วควาลเคดแห้งร่วมกับมันเส้น และเพิ่มมากที่สุดเมื่อเสริมถั่วควาลเคด (ตารางที่ 2) ค่า pH ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเสริมถั่วลงไปเพราะว่าถั่วมีคุณสมบัติในการต้านทานความเป็นกรดค้าง (buffering capacity) สูง (McDonald et al., 1991; Wilkins, 2001) เมื่อเสริมลงไปจึงทำให้ค่า pH สูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 1 การลดลงของค่า pH ในพืชหมักตามระยะเวลาของการหมัก (วัน)

เช่นเดียวกับงานของ Sibanda et al. (1997) ที่รายงานว่า การเสริมถั่วซิลเวอร์สีฟเดสโมเดียม 0 และ 45% ในข้าวโพดหมักทำให้ pH เพิ่มขึ้นจาก 3.7 เป็น 4.2

ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์ของทรีทเมนต์ภายในกลุ่มเดียวกัน (กลุ่ม T1 กับ T2 กลุ่ม T3 กับ T4 และกลุ่ม T5 กับ T6) พบว่าให้ค่า pH ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

กรดแลกติก (lactic acid) อะซิติก (acetic acid) โพรปิโอนิก (propionic) และ กรดบิวทีริก (butyric acid) พบว่าแต่ละวิธีการให้ค่ากรดแต่ละชนิดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยมีกรดแลกติกอยู่ในช่วง 2.07 ถึง 2.67% และกรดบิวทีริกมีค่าต่ำกว่า 0.10% ปริมาณกรดแลกติกและกรดอะซิติกของงานทดลองครั้งนี้มีค่าต่ำกว่ารายงานของ Filya (2003) ที่ให้ค่ากรดแลกติกและกรดอะซิติกของข้าวฟ่างหมักที่ตัดในช่วง milk stage เท่ากับ 4.1 และ 1.0% ตามลำดับ และงานทดลองนี้มีปริมาณกรดแลกติกสูงกว่าในงานทดลองของ ศุภมาส และคณะ (2535) ที่รายงานว่าข้าวฟ่างหมักที่ตัดในช่วงเมล็ดเป็นนํ้านม ที่ไม่เสริมและเสริมเอนไซม์ Clampzyme พบว่ามีค่ากรดแลกติกเท่ากับ 1.17 และ 1.10% ตามลำดับ กรดโพรปิโอนิกและกรดบิวทีริกของงานทดลองครั้งนี้ให้ค่าน้อยกว่ารายงานของ Filya et al. (2004) ที่ให้กรดโพรปิโอนิกและกรดบิวทีริกของข้าวฟ่างหมักที่ตัดในช่วง milk stage เท่ากับ 0.06 และ 0.05% ตามลำดับ

แอมโมเนียไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด ($\text{NH}_3\text{-N/total N}$) พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยทุกวิธีการอยู่ระหว่าง 0.86 ถึง 1.08% total N ซึ่งใกล้เคียงการศึกษาของ วรณ (2553) และ ชัชวาล (2554) ที่ให้ค่าเท่ากับ 1.29 ถึง 1.71 และ 1.64 ถึง 1.89% total N ตามลำดับ

งานทดลองครั้งนี้ให้ค่า pH น้อยกว่า 4.2 มีปริมาณกรดบิวทีริกต่ำกว่า 0.2% ค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ ต่ำกว่า 8% โดยอยู่ในมาตรฐานของพืชหมักคุณภาพดี (Zimmer, 1980 และ Skerman and Riveros, 1990)

5. องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (DMD)

องค์ประกอบทางเคมี (DM, CP, NDF, ADF และ ADL) และ DMD ของวัสดุก่อนหมักให้ค่าไม่

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมี และค่าความสามารถในการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (DMD) ในกระเพาะรูเมน ที่ 48 ชั่วโมง ของข้าวฟ่างผสมถั่วคาวลาคเดแห้งและมันเส้นที่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยก่อนหมัก

Item	Treatment						SEM	p-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
DM (%)	32.55 ^c	33.05 ^c	37.86 ^b	38.60 ^b	45.52 ^a	45.05 ^a	0.29	0.0001
CP (%)	5.40 ^c	5.42 ^c	7.61 ^a	7.63 ^a	7.22 ^b	7.15 ^b	0.11	0.0001
NDF (%)	55.67 ^a	55.36 ^a	54.16 ^a	54.58 ^a	49.83 ^b	50.65 ^b	0.72	0.0001
ADF (%)	35.18 ^b	35.07 ^b	36.54 ^a	36.67 ^a	31.66 ^c	32.63 ^c	0.43	0.0001
ADL (%)	4.26 ^b	4.31 ^b	5.35 ^a	5.42 ^a	5.25 ^a	5.24 ^a	0.25	0.0272
DMD (%)	71.95 ^b	72.51 ^b	72.46 ^b	72.52 ^b	75.79 ^a	75.13 ^a	0.27	0.0001

Treatment ; T1: sorghum only (control), T2: sorghum plus fibrolytic enzyme, T3: sorghum plus cavalcade hay, T4: sorghum plus cavalcade hay plus fibrolytic enzyme, T5: sorghum plus cavalcade hay plus cassava chip , T6: sorghum plus cavalcade hay plus cassava chip plus fibrolytic enzyme. Letter in each row indicate least significant differences of DMRT at p=0.05. SEM = standard error of mean, CP = crude protein, NDF = neutral detergent fibre, ADF = acid detergent fibre, ADL = acid detergent lignin, DMD = dry matter degradability.

ตารางที่ 2 คุณภาพของข้าวฟ่างต้นตอผสมถั่วคาวลาคเดแห้งและมันเส้นที่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหลังหมัก เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติทางเคมี

Item	Treatment						SEM	p-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
pH	3.83 ^c	3.83 ^c	4.02 ^a	4.03 ^a	4.01 ^b	4.01 ^b	0.00	0.0001
Lactic acid (% of DM)	2.31	2.16	2.20	2.07	2.29	2.67	0.13	0.0967
Acetic acid (% of DM)	0.37	0.37	0.39	0.36	0.36	0.40	0.03	0.9447
Propionic acid (% of DM)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.9959
Butyric acid (% of DM)	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01	0.4637
NH ₃ -N (% of total N)	1.07	0.99	0.86	0.89	1.08	0.93	0.12	0.7206

Treatment ; T1: sorghum only (control), T2: sorghum plus fibrolytic enzyme, T3: sorghum plus cavalcade hay, T4: sorghum plus cavalcade hay plus fibrolytic enzyme, T5: sorghum plus cavalcade hay plus cassava chip , T6: sorghum plus cavalcade hay plus cassava chip plus fibrolytic enzyme. Letter in each row indicate least significant differences of DMRT at p=0.05. SEM = standard error of mean.

เปลี่ยนแปลงจากหลังหมัก (ตารางที่ 1 และ 3) ไม่มากนักซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับรายงานของ ฉายแสง และคณะ (2546) และ Black et al. (1980)

องค์ประกอบทางเคมีของพืชหมักพบว่าค่า DM เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.01) เมื่อเสริมถั่วคาวลาคเดแห้งและมันเส้น (ตารางที่ 3) เป็นเพราะว่าถั่ว

ควาเวลเคดแห้งและมันเส้นที่ใช้เสริมมีค่า DM สูง คือ 87.78 และ 86.57% ตามลำดับ เมื่อเสริมเข้าไปจึงทำให้มีปริมาณ DM ในพืชหมักเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ วรณ (2553) ที่รายงานว่าค่า DM ของวัสดุหมักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามระดับถั่วควาเวลเคดแห้งที่เสริม และ ชัชวาล (2554) ซึ่งรายงานว่าเสริมมันเส้น ทำให้วัสดุหมัก (ข้าวฟ่าง+ถั่วควาเวลเคด+มันเส้น) มีค่า DM เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์ของทรูทเมนต์ภายในกลุ่มเดียวกัน พบว่าให้ค่า DM ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Dean et al. (2005) ที่เสริมเอนไซม์ย่อยเชื้อ Biocellulase ในหญ้า bermudagrass หมัก พบว่า DM ของกลุ่มที่เสริมและไม่เสริมเอนไซม์ให้ค่าไม่แตกต่างกัน

การเสริมถั่วควาเวลเคดแห้งทำให้ค่า CP เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริม และเมื่อเสริมมันเส้นทำให้ค่า CP ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) เป็นเพราะว่าถั่วควาเวลเคดแห้งที่ใช้เสริมมีค่า CP สูงกว่าข้าวฟ่างกว่า 50% (12.26%) และเมื่อเสริมมันเส้นก็ทำให้ค่า CP ลดลงอีกเนื่องจากมันเส้นมีค่า CP ต่ำมาก (1.99%)

เมื่อเปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์ของทรูทเมนต์ภายในกลุ่มเดียวกัน พบว่าให้ค่า CP ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ปริมาณเชื้อ NDF พบว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) เมื่อเสริมมันเส้น เป็นเพราะว่าค่า NDF ของมันเส้นมีค่าต่ำมาก (9.87%) เมื่อเสริมจึงทำให้ค่า NDF ในพืชหมักลดลง ส่วนการเสริมถั่วควาเวลเคดแห้งไม่พบค่าแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริม เนื่องจากถั่วควาเวลเคดมีค่า NDF (53.56%) ใกล้เคียงกับ NDF ของข้าวฟ่างอย่างเฉียดหมัก

เมื่อเปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์ของทรูทเมนต์ภายในกลุ่มเดียวกัน พบว่าให้ค่า NDF ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งให้ผลตรงกันข้ามกับ Sun et al. (2009) ที่รายงานว่าเสริมเอนไซม์

เซลลูเลสในระดับ 0, 10 และ 20 มล. เซลลูเลส/กก. ในฟางต้นข้าวโพดหมัก (maize stover) ทำให้ NDF ลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามระดับที่เสริมคือ 59.5, 44.2 และ 29.5% ตามลำดับ และงานของ Pys et al. (2002) ที่รายงานว่า การไม่เสริมและเสริมเอนไซม์ย่อยเชื้อ Bactozyme ในถั่ว alfalfa หมักให้ค่า NDF ลดลงอย่างมีนัยสำคัญคือ 48.06 และ 41.92% ตามลำดับ

ปริมาณเชื้อ ADF พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) เมื่อเสริมถั่วควาเวลเคด และลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเสริมมันเส้น เมื่อเปรียบเทียบข้าวฟ่างหมักอย่างเฉียด เป็นเพราะว่าถั่วควาเวลเคดแห้งมี ADF เท่ากับ 39.14% ซึ่งมากกว่าข้าวฟ่าง (35.67%) ดังนั้นเมื่อเสริมลงไปจึงทำให้ค่า ADF เพิ่มขึ้น และกลุ่มของข้าวฟ่างที่เสริมมันเส้นมีค่า ADF ที่ลดลงไปนั้นเป็นเพราะว่ามันเส้นมีค่า ADF เท่ากับ 4.97 % ซึ่งต่ำมากเมื่อเสริมลงไปจึงทำให้ ADF ลดลง

เมื่อเปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์ของทรูทเมนต์ภายในกลุ่มเดียวกัน พบว่าให้ค่า ADF ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ซึ่งสอดคล้องกับ Ozduven et al. (2010) ที่เสริมและไม่เสริมเอนไซม์ย่อยเชื้อ (mixture of enzymes consisting of cellulase, amylase, hemicellulase and pentosanase enzymes) ใน Triticale หมัก พบว่าค่า ADF ไม่แตกต่างกัน และในงานทดลองครั้งนี้ให้ผลตรงกันข้ามกับงานของ Stokes (1992) ที่รายงานว่าเสริมเอนไซม์ย่อยเชื้อในหญ้าผสมถั่วหมักให้ค่า ADF ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และ Xing et al. (2009) รายงานว่าการไม่เสริมและเสริมเอนไซม์เซลลูเลสและเฮมิเซลลูเลส ในฟางข้าวฟ่างหมัก (sorghum straw silage) ให้ค่า ADF ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ 40.84 และ 35.01% ตามลำดับ

การเสริมถั่วควาเวลเคดแห้งให้ค่า ADL ของพืชหมักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับไม่เสริม เป็นเพราะว่าถั่วควาเวลเคดแห้งมี ADL เท่ากับ 7.98% ซึ่งมีค่าสูง เมื่อเสริมเข้าไปจึงทำให้ปริมาณ ADL เพิ่มขึ้น ส่วนการเสริมมันเส้นให้ค่า

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมี และค่าความสามารถในการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (DMD) ในกระเพาะรูเมนที่ 48 ชั่วโมง ของข้าวฟ่างต้นตอผสมถั่วคาวาลเคดแห้งและมันเส้นที่เสริมเอนไซม์ย่อยเชื้อยหลังหมัก

Item	Treatment						SEM	p-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
DM (%)	30.50 ^c	30.93 ^c	38.91 ^b	38.20 ^b	42.95 ^a	41.76 ^a	0.46	0.0001
CP (%)	5.45 ^c	5.52 ^c	7.79 ^a	7.56 ^a	7.21 ^b	7.15 ^b	0.10	0.0001
NDF (%)	56.97 ^a	55.11 ^a	57.49 ^a	55.88 ^a	50.70 ^b	50.44 ^b	1.01	0.0001
ADF (%)	35.67 ^b	35.55 ^b	37.73 ^a	37.89 ^a	33.60 ^c	33.55 ^c	0.53	0.0001
ADL (%)	4.66 ^b	4.48 ^b	5.95 ^a	5.97 ^a	5.51 ^a	5.46 ^a	0.22	0.0021
DMD (%)	71.36 ^b	71.50 ^b	71.00 ^b	72.04 ^b	75.69 ^a	75.67 ^a	0.42	0.0001

Treatment ; T1: sorghum only (control), T2: sorghum plus fibrolytic enzyme, T3: sorghum plus cavalcade hay, T4: sorghum plus cavalcade hay plus fibrolytic enzyme, T5: sorghum plus cavalcade hay plus cassava chip , T6: sorghum plus cavalcade hay plus cassava chip plus fibrolytic enzyme. Letter in each row indicate least significant differences of DMRT at $p=0.05$. SEM = standard error of mean, CP = crude protein, NDF = neutral detergent fibre, ADF = acid detergent fibre, ADL = acid detergent lignin, DMD = dry matter degradability.

ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากการเสริมถั่วคาวาลเคด เนื่องจากมันเส้นมีค่า ADL ต่ำมาก (0.49%)

เมื่อเปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์ของทรีทเมนต์ภายในกลุ่มเดียวกัน พบว่าให้ค่า ADL ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Nadeau et al. (2000) ที่เสริมและไม่เสริมเอนไซม์ย่อยเชื้อ cellulase ในหญ้า orchardgrass และถั่ว alfalfa หมัก พบว่าค่า ADL ไม่แตกต่างกัน

พบว่าข้าวฟ่างต้นตอหมักกลุ่มที่เสริมมันเส้นมีค่า DMD เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มของข้าวฟ่างอย่างเดียวก่อนและผสมถั่วคาวาลเคดแห้ง เป็นเพราะว่ามันเส้นมี DMD สูงมาก (97.45%) เมื่อเสริมเข้าไปจึงทำให้ค่า DMD ในพืชหมักเพิ่มขึ้น ทรีทเมนต์กลุ่มที่เสริมถั่วคาวาลเคดให้ค่า DMD ไม่ต่างกัน ($p>0.05$) กับกลุ่มข้าวฟ่างหมักอย่างเดียวก่อน เนื่องจากถั่วคาวาลเคดมีค่า DMD (68.68%) ใกล้เคียงกันกับ DMD ของข้าวฟ่างอย่างเดียวก่อน (71.36%) ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับงานของ วรณ (2553) ที่เสริมถั่วคาวาลเคดแห้ง 15% ในข้าวฟ่าง

ต้นตอหมักให้ค่า DMD ไม่แตกต่างจากข้าวฟ่างอย่างเดียวก่อน โดยมีค่า DMD ของถั่วใกล้เคียงกับข้าวฟ่าง เช่นเดียวกันคือ 64.26 และ 63.33% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมเอนไซม์ของทรีทเมนต์ภายในกลุ่มเดียวกัน พบว่าให้ค่า DMD ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ค่า DMD ของงานทดลองครั้งนี้ให้ค่าสูงกว่ารายงานของ Keskin et al. (2005) ที่ให้ค่า การย่อยได้ในหลอดทดลองของข้าวฟ่างหมักที่ตัดในระยะ milk stage เท่ากับ 54.19%

การเสริมเอนไซม์ย่อยเชื้อให้กับข้าวฟ่างหมักของงานทดลองครั้งนี้ไม่ทำให้ค่าเชื้อ NDF, ADF ลดลง และ DMD เพิ่มขึ้น อาจมีเหตุผลที่อธิบายได้ 2 ประการ คือ ประการแรกอาจเป็นเพราะว่าเอนไซม์ย่อยเชื้อ (fibrolytic enzyme) โดยทั่วไปจะอยู่ในสภาวะที่เกิดกิจกรรม (activity) ได้ดีที่ pH มีค่าตั้งแต่ 5.0-6.5 ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของ fibrolytic enzyme (Kung et al., 2002) โดย xylanase มี pH ที่เหมาะสมอยู่ที่ 5.6 (Colombatto et al., 2004) และ Gauntam et al. (2011) รายงานว่ากิจกรรมของ cellulase enzyme จะ

เหมาะสมที่สุดที่ pH 6.5 และจะคงที่อยู่ที่ pH ระหว่าง 5.0 ถึง 8.0 สำหรับงานทดลองครั้งนี้วัสดุก่อนหมักมีค่า pH เฉลี่ย 5.59 (รูปที่ 1) ซึ่งน่าจะเหมาะสมสำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ แต่การลดลงอย่างรวดเร็วของ pH ในข้าวฟ่างที่มีน้ำตาลสูงอยู่แล้วก่อนหมักที่รายงานโดย Filya et al. (2004) คือจาก pH 6.2 เป็น 4.9 และ 4.2 ในวันที่ 2 และวันที่ 4 ของการหมักตามลำดับ และจาก 5.59 ลดลงเป็น 3.88 ถึง 4.03 (เฉลี่ย 3.98) ของงานทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า LAB ได้ใช้น้ำตาลจากข้าวฟ่างเพื่อขยายจำนวนอย่างรวดเร็วแล้วผลิตกรดแลคติกตั้งแต่วันที่ 2 ของการหมักเป็นต้นไป เหตุผลประการที่ 2 อาจเป็นเพราะว่า การผลิตกรดแลคติกที่เป็นไปอย่างรวดเร็วของ LAB ในทรีทเมนต์ควบคุม (ข้าวฟ่างหมักอย่างเดียว) และข้าวฟ่างผสมเอนไซม์ให้ค่า pH และกรดแลคติกไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าได้มีปริมาณ LAB มากพออยู่แล้วในข้าวฟ่างอย่างเดียวและข้าวฟ่างผสมเอนไซม์หมักของงานทดลองครั้งนี้ ซึ่งยืนยันงานของ Stokes (1992) ที่รายงานว่า การปรากฏของ LAB ในพืชหมักที่มี fibrolytic enzyme ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ชนิดนี้ถูกยับยั้งอย่างรุนแรง ผลก็คือการให้ fibrolytic enzyme ร่วมกับการให้ LAB (enzyme plus LAB treatment) กับพืชหมัก (หญ้า timothy ผสมถั่ว) ไม่ได้ทำให้ค่าเฉลี่ย NDF, ADF, cellulose และ hemicellulose แตกต่างจากวิธีควบคุม นอกจากนั้น Meeske and Basson (1998) รายงานว่า การเสริม LAB ร่วมกับเอนไซม์อะไมเลส และเซลลูเลส ไม่ได้ทำให้ค่าเฉลี่ย NDF และค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในหลอดทดลอง (IVOMD) แตกต่างกัน

งานทดลองครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าในพืชที่มีน้ำตาลอยู่สูง เช่นข้าวฟ่าง การใช้เอนไซม์ย่อยเยื่อใย เพื่อที่จะลดเยื่อใย NDF, ADF และเพิ่มการย่อยได้ (digestibility) ของพืชหมักจะไม่เกิดผลแต่อย่างใด ถ้ามีปริมาณ LAB มากพอที่จะผลิตกรดแลคติกเพื่อลด pH ของพืชหมักได้อย่างรวดเร็ว

สรุปผลการทดลอง

คุณภาพของข้าวฟ่างพันธุ์ IS 23585 ที่หมักร่วมกับถั่วคาวเลดและมันเส้นที่เสริมและไม่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย ให้คุณภาพของพืชหมักไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า pH ต่ำกว่า 4.2 กรดบิวทีริกน้อยกว่า 0.2% และมีปริมาณของ $\text{NH}_3\text{-N}$ น้อยกว่า 8% total N ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของพืชหมักคุณภาพดี

องค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายของวัตถุดิบของข้าวฟ่างพันธุ์ IS 23585 ที่หมักร่วมกับถั่วคาวเลดและมันเส้นที่เสริมและไม่เสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย ให้ค่า NDF, ADF, ADL และค่า DMD ไม่แตกต่างกัน โดยกลุ่มที่เสริมมันเส้น (T5 กับ T6) ให้ค่า DMD สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีการศึกษา 2555

ขอขอบคุณภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ และศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ ขอนแก่น ที่อนุเคราะห์หาค่าการย่อยสลายของวัตถุดิบ

เอกสารอ้างอิง

- ฉายแสง ไผ่แก้ว, พิมพาพร พลเสน และ บุญชู ชมภูสอ. 2546. การทดสอบข้าวฟ่างหวานเพื่อผลิตหญ้าหมัก. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2546. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ชัชวาล ยุทธสนอง. 2554. อิทธิพลของการเสริมมันเส้นต่อคุณภาพของข้าวฟ่างต้นแม่และข้าวฟ่างต้นต่อพันธุ์ IS 23585 หมักร่วมกับถั่วคาวเลดแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- วรุณ โคตะ. 2553. อิทธิพลของการเสริมถั่วคาวาลเคด
 แห่งต่อคุณภาพของข้าวฟ่างต้นแม่และต้นต่อ
 หมักพันธุ์ IS 23585. วิทยานิพนธ์ปริญญา
 วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศุภมาส โชติเมธีภิรมย์, ชัยณรงค์ กันธพนิต และ
 สายัณห์ ทัดศรี. 2535. ผลของการเติม
 เอนไซม์ต่อการเก็บรักษาและคุณค่าอาหาร
 ของหญ้าขน ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และหญ้า
 ไข่มุก. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่
 30 สาขาสัตว์ สัตวแพทย์ ประมง. มหาวิทยาลัย
 เกษตรศาสตร์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
 กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและ
 การพลังงาน, กรุงเทพฯ. หน้า 257-263.
- AOAC. 1990. Official method of analysis (15th ed.).
 Association of Official Analytical Chemists.
 Arlington, VA.
- Bailey, S. 1985. The analysis of agricultural material.
 Reference book 427 (3rd ed.). Her
 majesty's stationery office, London.
- Black, JR., Ely, LO., McCullough, ME., and
 Sudweeks, EM. 1980. Effect of silage of
 maturity and silage additives upon the yield
 of gross and digestible energy in sorghum
 silage. J. Anim Sci. 50: 617-624.
- Colombatto, D., Moulda, FL., Bhat, MK., Phipps,
 RH., and Owena, E. 2004. In vitro
 evaluation of fibrolytic enzymes as
 additives for maize (*Zea mays* L.) silage I.
 Effects of ensiling temperature, enzyme
 source and addition level. Anim. Feed Sci.
 Technol. 111: 111-128.
- Dean, DB., Adesogan, AT., Krueger, N., and Littell,
 RC. 2005. Effect of fibrolytic enzymes
 on the fermentation characteristics, aerobic
 stability, and digestibility of bermudagrass
 silage. J. Dairy Sci. 88: 994-1003.
- Filya, I. 2003. The effect of *lactobacillus buchneri*,
 with or without homofermentative lactic
 acid bacteria, on the fermentation, aerobic
 stability and ruminal degradability of wheat,
 sorghum and maize silage. Journal of
 Applied Microbiology. 95: 1080-1086.
- Filya, I., Sucu, E., and Karabulut, A. 2004. The effect
 of *propionibacterium acidipropionici*, with
 or without *lactobacillus plantarum*, on the
 fermentation and aerobic stability of wheat,
 sorghum and maize silage. Journal of
 Applied Microbiology. 97: 818-862.
- Gauntam, SP., Bundela, PS., Pandey, AK., Khan, J.,
 Awasthi, MK., and Saraiya, S. 2011.
 Optimization for the production of cellulase
 enzyme from municipal solid waste residue
 by two novel cellulolytic fungi.
 Biotechnology research international.
 Retrieved February 5, 2014,
 from <http://downloads.hindawi.com/journal/s/btri/2011/810425.pdf>
- Keskin, B., Yilmaz, IH., Karsli, MA., and Nursoy, H.
 2005. Effect of urea or urea plus molasses
 supplementation to silages with different
 sorghum varieties harvested at the milk
 stage on the quality and In vitro dry matter
 digestibility of silages. Turk. J. Vet. Anim
 Sci. 29: 1143-1147.
- Kung, L., Jr., Cohen, MA., Rode, LM., and
 Treacher, RJ. 2002. The effect of fibrolytic
 enzyme sprayed onto forage and fed in a
 total mixed ratio to lactating dairy cows. J.
 Dairy Sci. 85: 2396-2402.

- McDonald, P., Henderson, AR., and Heron, SJE. 1991. The biochemistry of silage (2nd ed.) Chalcombe Press. Bucks.
- Meeske, R., and Basson, HM. 1998. The effect of a lactic acid bacterial inoculant on maize silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 70: 239-247.
- Miron, J., Zuckerman, E., Adin, G., Solomon, R., Shoshani, E., Nikbachat, M., Yosef, E., Zenou, A., Weinberg ZG., Chen, Y., Halachmi, I., and Ghedalia, DB. 2007. Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 139: 23-39.
- Nadeau, EMG., Russell, JR., and Buxton, DR. 2000. Intake, digestibility, and composition of orchardgrass and alfalfa silage treated with cellulase, inoculant, and formic acid fed to lambs. *J. Anim Sci.* 78: 2980-2989.
- Ørskov, ER., Deb Hovell, FD., and Mould, F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5: 195-213.
- Ozduven, ML., Onal, ZK., and Koc, F. 2010. The effects of bacterial inoculants and/or enzymes on the fermentation, aerobic stability and *in vitro* dry and organic matter digestibility characteristics of Triticale silages. *Kafkas. Univ. Vet Fak Derg.* 16: 751-756.
- Pholsen, S., and Higgs, DEB. 2005. Effect of main crop cutting age on growth, dry weight yield and fodder quality of main crop and ratoon crop of IS 23585 forage sorghum cultivar. In: Rowlison, P., C. Wachirapakorn, Pakdee, P., and Wanapat, M. (eds.). *Proceedings: Integrating livestock-crop systems to meet the challenges of globalization*. Vol. 2. AHAT/BSAS International Conference. Khon Kaen, Thailand. British Society of Animal Science. pp. T137.
- Pys, J., Migdal, W., Pucek, T., Zivkovic, B., Fabjan, M., Kosovac, O., and Radovic, C. 2002. Effect of lactic acid bacterial inoculant with enzyme and rolled barley additive on the chemical composition and protein degradation of alfalfa silage. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 18: 33-44. Retrieved February 5, 2014, from <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/1450-9156/2002/1450-91560204033P.pdf>
- SAS. 1996. SAS/STAT User's Guide. Version 6.12. Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, NC.
- Sibanda, S., Jingura, RM., and Topps, JH. 1997. The effect of level of inclusion of the legume *Desmodium uncinatum* and the use of molasses or ground maize as additives on the chemical composition of grass and maize-legume silages. Department of Animal Science, University of Zimbabwe.
- Skerman, PJ., and Riveros, F. 1990. Tropical grasses. *FAO. Plant production and protection series*. No. 23. Rome.

- Stokes, MR. 1992. Effect of an enzyme mixture and inoculants and their interaction on silage fermentation and dairy production. *J. Dairy sci.* 75: 764-773.
- Sun, ZH., Liu, SM., Tayo, GO., Tang, SX., Tan, ZL., Lin, B., He, ZX., Hang, XF., Zhou, ZS., and Wang, M. 2009. Effects of cellulase or lactic acid bacteria on silage fermentation and *in vitro* gas production of several morphological fractions of maize stover. *Anim. Feed Sci. Technol.* 152: 219-231.
- Van Soest, PJ., Robertson, JB., and Lewis, BA. 1991. Method of dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Wilkins, RJ. 2001. Legume silage for animal production. Retrieved February 5, 2014, from <http://productionx.net/l/legume-silages-for-animal-production-w19.html>
- Wilkinson, LM. 1990. *Silage UK. Development* (6th ed.). Chalcombe Press. Bucks.
- WTSR. 2010. Nutrient requirements of beef cattle in Indochinese Peninsula (1st rev. ed.). The Working Committee of Thai Feeding Standard for Ruminant. Klungnanavithaya Press, Khonkaen.
- Xing, L., Chen, LJ., and Han, LJ. 2009. The effect of an inoculant and enzymes on fermentation and nutritive value of sorghum straw silages. *Bioresour. Technol.* 100: 488-419.
- Zimmer, E. 1980. Efficient silage systems. In: Thomas C, (ed.). *Forage Conservation in the 80's*. British Grassland Society, Brighton.