การใช้ฝุ่นข้าวโพดเป็นสารเสริมในข้าวโพดหมัก

Utilization of Corn Dust as Additive of Corn Silage

อัญชลี จาละ

ภาควิชาเทคโนโยลีชีวภาพ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี

ดรุณี ศรีชนะ

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี

บทคัดย่อ

กระบวนการหมักลำต้นข้าวโพดอ่อนและเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อน ร่วมกับการเติมฝุ่นข้าวโพดเป็นสารเสริมในอัตราส่วนต่าง ๆ (2.5, 5, 10 เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 30 วัน ตรวจวัดความเป็นกรด - เบส ของลำต้นข้าวโพดอ่อนพบว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 -3.78 และส่วนของเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ3.62-3.64 เมื่อนับชนิดของจุลินทรีย์พบแบคทีเรียมีจำนวนเพิ่มขึ้น และ เชื้อแบคทีเรียในกลุ่มแลคติคแอซิค และ เชื้อยีสต์ในส่วนของลำต้นและเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อนมีปริมาณผันแปรตามกับปริมาณฝุ่น ข้าวโพดที่เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน

การประเมินคุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนโดยวิธีแบชคัลเจอร์ของข้าวโพดหมักจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อน และเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน ที่เสริมด้วยฝุ่นข้าวโพดในอัตราส่วน (0, 2.5, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์) พบว่า ข้าวโพดหมักจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อน มีการสูญเสียน้ำหนักแห้ง (14.33%) ปริมาณน้ำหนักแห้ง (23.06%) การย่อยได้วัตถุแห้ง (56.00%) การย่อยได้อินทรียวัตถุ (54.47%) และการย่อยได้โปรตีน (70.42%) มากกว่า ($P<0.05$) ในข้าวโพดหมักที่ทำจากเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน (13.18, 16.85, 54.17, 53.52 และ 67.85% ตามลำดับ)ในขณะที่ ข้าวโพดหมักจากเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนมีอินทรียวัตถุ (94.86%) และโปรตีน (10.41%) สูงกว่า ($P<0.05$) ในข้าวโพดหมักจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อน (93.04 และ 7.42% ตามลำดับ) แต่ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (2.38-2.44%) และค่า pH (3.61-3.65) ของข้าวโพดหมักทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) การเสริมฝุ่นข้าวโพดในการทำข้าวโพดหมักช่วยเพิ่มปริมาณวัตถุแห้ง และโปรตีน ลดการสูญเสียน้ำหนักแห้ง อินทรียวัตถุ แอมโมเนียไนโตรเจน การย่อยได้วัตถุแห้ง การย่อยได้อินทรียวัตถุ และการย่อยได้โปรตีน ขณะที่ค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลง และไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสองต่อค่าโภชนะและการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนในแบชคัลเจอร์ที่ทำการศึกษา

คำสำคัญ: จุลินทรีย์ ต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อน เปลือกข้าวโพดฝักอ่อน ฝุ่นข้าวโพด ข้าวโพดหมัก ค่าโภชนะ การย่อยได้ในกระเพาะรูเมน แบชคัลเจอร์

Abstract

Process of producing corn silage from stem and leaf of baby corn and baby corn husk added with corn dust (0%, 2.5%, 5% and 10%) in batch culture had been done by fermenting for 30 days. Types and numbers of microorganism (bacteria yeast and lactic acid bacteria) and their pH were determined. It was found that the average pH from stem and leaf of baby corn (SL) were 3.70 – 3.78 and from baby corn husk (BCH) were 3.62 – 3.64. During the period of fermenting, types of microorganism were counted. The numbers of total bacteria and lactic acid bacteria were increased while the number of yeast was increased in SL and BCH when the concentration of corn dust was increase.

The evaluation of nutrient values and rumen digestibility of corn silage produced from stem and leaf of baby corn and baby corn husk added with corn dust in batch culture which supplemented with corn dust (0, 2.5, 5 and 10%) was done. It was found that the corn silage produced from SL had higher ($P<0.05$) dry matter loss (14.33%), dry matter content (23.26%), dry matter digestibility (56%), organic matter digestibility (54.47%) and protein digestibility (70.42%) than those of the corn silage produced from BCH (13.18, 16.85, 54.17, 53.52 and 67.85%, respectively) whereas the corn silage produced from BCH had higher ($P<0.05$) organic matter content (94.86%) and protein (10.41%) than those of the corn silage produced from SL (93.04 and 7.42%, respectively). Ammonia nitrogen (2.38-2.44%) and pH (3.61-3.65) of both corn silages were not significantly different ($P>0.05$). Corn dust added to the ensilage significantly increased ($P<0.05$) in dry matter protein contents but significantly decreased ($P<0.05$) in dry matter loss, organic matter content, dry matter digestibility, organic matter digestibility and protein digestibility whereas pH remained unchanged. None of the interaction effects ($P>0.05$) of the types of raw material for ensilage and corn dust addition were found in all parameters measured.

Keywords: stem and leaf of baby corn, baby corn husk, corn dust, corn silage, nutrient value, digestibility in rumen, batch culture

1. บทนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงโคพบได้ทั่วไปในประเทศไทย และ ในช่วงฤดูแล้งมักประสบปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ จึงมีการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูงใน

ช่วงฤดูฝนโดยเก็บไว้ในรูปของหญ้าแห้งและหญ้าหมัก การทำหญ้าหมักเป็นวิธีการถนอมพืช

อาหารสัตว์ และยังสามารถแก้ไขปัญหาในช่วงขาดแคลนได้อีกด้วย จากรายงานพบว่า ในประเทศไทยมีการทำพืชหมักมากกว่า 1,421 ตันต่อปี [1] และ [12] คิดเป็น 24.4% ของผลผลิตพืชอาหารสัตว์ทั้งหมด

การทำข้าวโพดหมัก (corn silage) เป็นวิธีการถนอมพืชอาหารสัตว์ ไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้งที่ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ [7],[8] และ [9] ในประเทศแถบยุโรป เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ เยอรมัน และเดนมาร์ค พืชอาหารสัตว์ที่ผลิตขึ้นภายในประเทศและประมาณ 90% ถูกทำเป็น Silage แม้แต่ประเทศที่มีสภาพอากาศที่เหมาะสมในการทำหญ้าแห้ง เช่น ประเทศฝรั่งเศส และอิตาลี พืชอาหารสัตว์ที่ผลิตขึ้นภายในประเทศประมาณ 50% จะถูกทำเป็น silage เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบให้สัตว์เคี้ยวเอื้องในช่วงฤดูหนาว [34]

ในการทำข้าวโพดหมัก กระบวนการหมักที่ดีขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบทางเคมีของพืช ปริมาณอากาศที่มีอยู่ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ ในการทำ corn silage มักเติมสารเสริม เช่น เมล็ดธัญพืช หินฝุ่น ยูเรีย และกากน้ำตาล เพื่อให้เกิดกระบวนการหมักอย่างสมบูรณ์ และช่วยทำให้ corn silage มีความน่ากินมากขึ้น[6] , [14] ส่วน [17] ได้ใช้ข้าวโพดพร้อมซังบดละเอียด (Corn-and-cob meal)เมล็ดข้าวโพดและเมล็ดธัญพืชอื่น ๆ บดละเอียดประมาณ 10% ของน้ำหนัก เป็นสารเสริมที่ช่วยเพิ่มพลังงานใน corn silage และช่วยให้กระบวนการหมักในกอง corn silage เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์อีกด้วย [3]

ฝุ่นข้าวโพดเป็นผลพลอยได้เหลือทิ้งจากการกะเทาะเมล็ดข้าวโพดจากฝัก ฝุ่นข้าวโพดซึ่งประกอบด้วยเยื่อใยที่มีชิ้นขนาดเล็กและฝุ่นแป้ง และมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาเพิ่มมูลค่าโดยนำมาเป็นสารเสริมให้กระบวนการหมักในกองหญ้าหมักเกิดขึ้นได้ดี คณะผู้วิจัย ได้ทำการวิจัยเพื่อเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าฝุ่นข้าวโพด และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดกระบวนการหมักข้าวโพดหมัก

2. วัตถุประสงค์

เพื่อนำฝุ่นข้าวโพดซึ่งเป็นของเหลือใช้ทางการเกษตรมาก่อให้เกิดประโยชน์

1. เพื่อเพิ่มมูลค่าฝุ่นข้าวโพดโดยนำมาใช้เป็นสารเสริมในการทำข้าวโพดหมัก
2. เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นข้าวโพดที่เหมาะสมต่อการใช้เป็นสารเสริมในการทำข้าวโพดหมัก
3. เพื่อศึกษาชนิดของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทำข้าวโพดหมัก

3. การตรวจเอกสาร

ชาญชัย [5] ได้กล่าวว่าหญ้าหมัก หมายถึงพืชอาหารสัตว์ที่เก็บรักษาไว้ในสภาพความชื้นสูงไม่มีอากาศเข้าไป สามารถเก็บพืชหมักได้เป็นเวลานานโดยส่วนประกอบต่าง ๆ และคุณค่าอาหารไม่เปลี่ยนแปลง ใช้เป็นอาหารสัตว์ในช่วงฤดูที่คาดแคลนหญ้าสด [4]

ฝุ่นข้าวโพด เกิดจากการกะเทาะเมล็ดออกจากฝัก เมื่อศึกษาพบว่าฝุ่นข้าวโพดประกอบด้วยเยื่อใย ขนาดเล็กและผงฝุ่นแป้ง และการผลิตหญ้าหมักให้มีคุณค่าทางอาหารสัตว์เท่ากับ หรือใกล้เคียงกับพืชก่อนหมักมากที่สุดนั้น กระบวนการหมักจะเกิดได้สมบรูณ์ pHลดลงได้เร็วเพียงใด จำเป็นต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่างมาเกี่ยวข้อง เช่น ชนิดของพืช อายุการตัด ขนาดของชิ้นส่วนพืชระดับความชื้นที่เหมาะสม การใช้สารเสริมในหญ้าหมัก[1] และปริมาณคาร์โบไฮเดรทที่ละลายน้ำได้ (WSC) ในหญ้า

หมักควรอยู่ในช่วง 6-12 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง ยังมีการใช้รำละเอียด จะช่วยกระตุ้นให้มีการสร้างกรดแลคติคมากขึ้น ทำให้คุณภาพหญ้าหมักนั้นดีขึ้น และยังช่วยดูดซับความชื้น ลดการเกิดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของหญ้าหมักอีกด้วย กรดทำให้พืชหมักมีสภาพคง ที่ คือ กรดแลคติค [13] ซึ่งเกิดจากการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มแลคติคแอซิด (Lactic acid bacteria - LAB) แบคทีเรียกลุ่มนี้มีความสามารถในการใช้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate - WSC) ส่งผลให้ได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติค และทำให้ค่า pH ที่มีอยู่ในอาหารหมักลดลง และมีผลทำให้กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในพืชที่หมักนั้น หยุดกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นประโยชน์ และทำให้พืชหมักมีคุณภาพดีขึ้น คือช่วยเพิ่มปริมาณวัตถุแห้งให้กับพืชหมักอีกด้วย [21] ในด้านโปรตีนหยาบ (Crude Protein) ในข้าวโพดมีอยู่ประมาณ 7.9 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับถั่วอัลฟาฟ่าร์ที่มีอยู่20.0 เปอร์เซ็นต์ และฟางข้าวสาลี มีอยู่ประมาณ 18.1 เปอร์เซ็นต์ [18]

แลคติคแอซิดแบคทีเรีย เป็นจุลินทรีย์ชนิดอิงอาศัย พบได้ทั่วไปในระหว่างการหมักจะมีการแข่งขันกันกับจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ จะมีมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับลักษณะของพืช ปริมาณวัตถุแห้ง ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำตาลที่มีอยู่ในพืชและสมบัติเฉพาะของ แลคติกแอซิดแบคทีเรีย เช่น ความทนต่อกรดและแรงดันออสโมซีส แลคติกแอซิดแบคทีเรียมีหลายชนิดที่ทำให้พืชหมักมีค่า pH เท่ากับ 4-5 ได้ แลคติกแอซิดแบคทีเรียทุกชนิดสามารถเจริญได้ ทั้งในสภาพที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน(Obligative anaerobic) และมีก๊าซออกซิเจน (Facultative anaerobic) [2]

4. อุปกรณ์และวิธีการ

4.1หมักต้นและเปลือกหุ้มฝักอ่อนข้าวโพด ตัดต้นข้าวโพดฝักอ่อนตัดทันทีหลังเก็บฝักข้าวโพดฝักอ่อน โดยตัดสูงจากพื้นประมาณ 10 ซม. สับต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อน และสับเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนให้มีขนาดประมาณ 1 นิ้ว แล้วนำฝุ่นข้าวโพดผสมลงไปในอัตราส่วน 2.5% 5% และ 10%โดยน้ำหนัก บรรจุลงในถัง ปริมาณน้ำหนักสด 10 กก./ถัง ปิดฝาให้แน่น ตั้งไว้ในโรงเก็บนาน 30 วัน และทำการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนะ และแบ่งแต่ละทรีตเมนต์ใส่ถุงพลาสติกแบบมีซิปปิดให้แน่นไม่ให้อากาศเข้าใช้สำหรับตรวจนับชนิดจุลินทรีย์และค่าความเป็นกรดและเบส

4.2 การตรวจนับชนิดจุลินทรีย์ ตรวจปริมาณเชื้อที่เกิดขึ้น วันที่ 1, 7, 14, 21, และ 30 วัน ตามลำดับ โดยทำการเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ที่ใช้เลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ มี 3 ชนิด Nutrient agar (NA) สำหรับเชื้อ แบคทีเรีย Potato dextrose agar (PDA) สำหรับเชื้อยีสต์ และ Mann rogasa sharp agar (MRS) สำหรับเชื้อแลคติกแอซิคแบคทีเรีย โดยเลี้ยงในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 ^{o}C และทำการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์

4.3 การศึกษาคุณค่าทางโภชนะ

4.3.1 การวิเคราะห์ความชื้นหรือวัตถุแห้ง

4.3.2 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ

4.3.2.1 การวิเคราะห์โปรตีนด้วยเครื่องวิเคราะห์โปรตีน (Kjedahl apparatus) และตรวจสอบปริมาณแอมโมเนีย ไนโตรเจน

4.3.2.2 การวิเคราะห์ไขมัน (Crude Fat) ด้วย เครื่องสกัดไขมันแบบ Soxhlet (Fat extraction appartus)

การวางแผนการทดลอง: ใช้แผนการทดลอง 2x4 Factorial in Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยหลักที่ศึกษา คือ ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ทำข้าวโพดหมัก (ต้นข้าวโพดฝักอ่อน และเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน) ปริมาณฝุ่นข้าวโพด (การใช้ฝุ่นข้าวโพด 0, 2.5, 5 และ 10% ของน้ำหนักสดของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก) และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Proc GLM และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์ โดยใช้ลิสแสควร์มีนส์ (Least Square means, LS means) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS [28]

4.4 ประเมินการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงแบบแบช (batch culture) ตามวิธีของ [32] คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ ดังนี้

% การย่อยได้ของวัตถุแห้ง =

$$\frac{(\text{ตัวอย่างก่อนบ่ม - นน. แห้งตัวอย่างหลังบ่ม}) \times 100}{\text{นน. แห้งของตัวอย่างก่อนบ่ม}}$$

% การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ =

$$\frac{(\text{นน.อินทรียวัตถุก่อนบ่ม – นน. อินทรียวัตถุหลังบ่ม}) \times 100}{\text{นน. อินทรียวัตถุก่อนบ่ม}}$$

นน. อินทรียวัตถุ = นน. แห้ง – นน. เถ้า

5. สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ และ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี

6. ผลและวิจารณ์การทดลอง

6.1 ความเป็นกรด และการตรวจนับจุลินทรีย์ การหมักลำต้นข้าวโพดอ่อนและเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อนในแต่ละทรีตเมนต์ เป็นเวลานาน 1, 7, 14, 21 และ 30 วัน สุ่มนำส่วนของข้าวโพดหมักในแต่ละทรีตเมนต์ วัดค่าความเป็นกรดเบส (pH) ได้ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังตารางที่ 1 และเมื่อตรวจนับชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ได้ค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 2 จากการศึกษาพบว่าในช่วงวันแรกทรีตเมนต์ที่ไม่เติมฝุ่นข้าวโพดมีค่าความเป็นกรด 5.6 เมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์อื่น ๆ ที่มีการเติมฝุ่นข้าวโพด และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย ($9x10^5$cfu/g) ยีสต์ ($6x10^5$ cfu/g) และแลคติคแอซิคแบคทีเรีย ($3.6x10^6$ cfu/g) พบเป็นจำนวนมากซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองของ [19] ที่พบจุลินทรีย์จากตัวอย่างมากถึง 10^9cfu/g และเมื่อเทียบกับปริมาณฝุ่นข้าวโพดที่เติมลงไปในแต่ละทรีตเมนต์ของการหมักลำต้นข้าวโพดปรากฏว่า ปริมาณฝุ่นที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อความเป็นกรด ทำให้มีความเป็นกรดลดลงอยู่ในช่วง 5.8-6.8 ให้ผลเช่นเดียวกับทรีตเมนต์ที่ใช้เปลือกของข้าวโพดฝักอ่อน โดยค่าเฉลี่ยความเป็นกรดที่เริ่มต้นและไม่เติมฝุ่นข้าวโพดจะมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเท่ากับ 5.7 ซึ่งสูงกว่าทรีตเมนต์ที่เติมฝุ่นข้าวโพดที่มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเท่ากับ 5.9 – 6.9 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ [29] ที่ทำการหมักข้าวโพดและข้าวฟ่างพบว่าปริมาณของแลคติตแอซิคแบคทีเรีย มีจำนวนน้อยในช่วงแรก และปริมาณจุลินทรีย์ ก็เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่ทำการหมัก และปริมาณก็ลดลงตามปริมาณฝุ่นข้าวโพดที่เพิ่มขึ้นทั้งที่เติมและไม่เติมฝุ่นข้าวโพดในส่วนของลำต้นและเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อน ส่งผลทำให้ความเป็นกรดในการหมักนี้เพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งช่วงแรกความเป็น

กรดลดลงน้อยมีค่าใกล้เป็นกลาง (ประมาณ 6) ซึ่งอาจเนื่องจากจำนวนจุลินทรีย์มีปริมาณน้อยเป็นเหตุให้มีความเป็นกรดไม่สูง และ [26] ได้รายงานว่าการทำหญ้าหมักเป็นวิธีการเตรียมพืชอาหารสัตว์ให้เกิดกระบวนการหมักตามธรรมชาติได้กรดแลคติกภายใต้สภาพไร้อากาศ lactic acid bacteria จะหมัก water-soluble carbohydrate (WSC) ได้กรดแลคติกนั้น ในระยะที่ 1 ซึ่งเป็นช่วงของ aerobic phase ระยะนี้เป็นระยะที่ใช้เวลาเพียง 2-3 ชั่วโมงเท่านั้น คือออกซิเจนภายในชิ้นส่วนของพืชหมักถูกทำให้ลดลงเกิดจากการหายใจของชิ้นส่วนพืชและจุลินทรีย์พวก aerobic และพวก facultative aerobic เช่น ยีสต์ และ enterobacteria นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์ เช่น protease และ carbohydrase ยังทำงาน (active) อยู่ในระยะนี้ โดย pH ที่วัดได้จากน้ำที่อยู่ในชิ้นส่วนของพืชสดยังคงอยู่ในช่วงปกติ (6.0-6.5) ของพืชทั่วไป แต่หลังจากทดลองหมักได้ 7 วัน ค่าความเป็นกรดก็เพิ่มมากขึ้นอาจเนื่องจากสารอาหารที่เติมลงไป (ฝุ่นข้าวโพด) ในทรีตเมนต์ต่าง ๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารอาหารสำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำการหมัก และถ้าในระหว่างการหมัก เข้าถึงการพัฒนาและขยายจำนวนของแลคติคแอซิคแบคทีเรียอย่างสมบูรณ์ และกลายเป็นประชากรที่มีจำนวนมากเหนือกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ pH จะลดลงเป็น3.8-5.0 [26] เช่นเดียวกับการทดลองของ [36] และ [31] ได้กล่าวว่าการเพิ่มความเป็นกรดให้มากขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับกระบวนการเมตาโบลิซึมที่เกิดจากการทำงานของยีสต์ และแบคทีเรียและสารอาหารที่มีอยู่ และในการทดลองนี้พบว่าปริมาณของจุลินทรีย์ก็เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกันทั้งในส่วนของลำต้นและเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อนในทรีตเมนต์ที่เติมฝุ่นข้าวโพด โดยมีปริมาณแบคทีเรียมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.433×10^6 cfu/g – 1.467×10^6 cfu/g ยีสต์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.433×10^7 cfu/g ถึง 6.467×10^7 cfu/g และแลคติคแบคทีเรียมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.033×10^6 cfu/g ถึง 6.033×10^6 cfu/g ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกับการทดลองของ [29] ที่ทำการหมักข้าวโพดและข้าวฟ่างพบว่าปริมาณของแบคทีเรียพวก แลคติคแอซิคแบคทีเรีย มีจำนวนน้อยในช่วงแรก และปริมาณก็เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่ทำการหมัก และเช่นเดียวกับการทดลองของ [15] ที่เติมเมล็ดข้าวโพดลงในข้าวโพดหมักพบว่า ความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นและปริมาณจุลินทรีย์ก็เพิ่มขึ้นด้วย แต่เมื่อหมักส่วนของลำต้นและเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อนนานเป็นเวลา 30 วัน ก็ส่งผลให้ความเป็นกรดเกิดมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการทำงานของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตอยู่ในถังหมักส่งผลให้ความเป็นกรดสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ [27] พบว่าการเติม *Lactobacillus plantarum* ในข้าวโพดหมักระยะที่เมล็ดเริ่มเป็นน้ำนมทำให้คุณภาพของพืชหมักดีขึ้น อาจเนื่องจากเกิดกรดแลคติคมากขึ้นทำให้ค่า pH ต่ำลงอยู่ ในระดับที่เหมาะสมได้เร็วขึ้น มีผลยับยั้งการทำงานจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ได้ เช่นเดียวกับการทดลองของ [25] พบว่าค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็วน้อยกว่า 4.6 และจุลินทรีย์กลุ่มแลคติคแอซิคยับยั้งการเจริญเติบโต จุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ด้วย จากการตรวจนับชนิด และจำนวนแบคทีเรีย ยีสต์ และแลคติคแอซิคแบคทีเรีย ปรากฏว่ามีจำนวนเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มแลคติคแอซิคแบคทีเรียซึ่งเป็นกลุ่มที่ต้องการ มีปริมาณสูงมาก (7.416×10^7 cfu/g) ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดสูง (3.62) ตามไปด้วย ในการทดลองนี้ความเป็นกรดมีค่าผันแปรตามวันที่ทำการหมักและปริมาณฝุ่นข้าวโพดที่เติม ทั้งในส่วนของลำต้นและเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อน คือ ยิ่งหมักข้าวโพดนานวันค่าความเป็นกรดก็ยิ่งมากขึ้น ปริมาณ

จุลินทรีย์ก็มากขึ้นด้วย โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มแลคติด แอซิดแบคทีเรีย ทั้งนี้อาจเนื่องจากการทำงานด้านเมตาบอลิซึมของเชื้อยีสต์และแบคทีเรียในถังหมัก ดังการทดลองของ [37] และ[31] ดังนั้นการทดลองนี้ การวัดค่า pH พบว่าค่า pH ต่ำกว่า 4.2 ซึ่งจะส่งผลให้จุลินทรีย์ต่าง ๆ จะไม่สามารถเจริญได้ รวมทั้งเอนไซม์ต่าง ๆ ของพืชก็จะหยุดกิจกรรมด้วย ทำให้คุณภาพของพืชหมักคงที่ตลอดไป [31]

6.2 การวิเคราะห์ค่าทางโภชนะ

การสูญเสียน้ำหนักแห้ง

จากการศึกษาพบว่าการใช้ต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อนทำเป็นข้าวโพดหมักเกิดการสูญเสียน้ำหนักแห้ง (14.33%) มากกว่าการใช้เปลือกข้าวโพดฝักอ่อน (13.18%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 การใช้ฝุ่นข้าวโพดเป็นสารเสริมในการทำข้าวโพดหมักลดการสูญเสียน้ำหนักแห้ง ($P<0.05$) ปริมาณการใช้ฝุ่นข้าวโพดเพิ่มขึ้นจาก 2.5 เป็น 5 และ 10% ทำให้ข้าวโพดหมักมีการสูญเสียน้ำหนักแห้งลดลงจาก 15.90 เป็น 13.39 และ 8.21% ตามลำดับ ขณะที่ข้าวโพดหมักที่ไม่มีการเสริมด้วยฝุ่นข้าวโพดมีการสูญเสียน้ำหนักแห้ง 17.52% ดังแสดงในตารางที่ 4 ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของวัตถุดิบที่นำมาทำข้าวโพดหมักและการเสริมฝุ่นข้าวโพด(ตารางที่ 5) [22] แนะนำว่าความชื้นของพืชก่อนหมักไม่ควรเกิน 70% หากเกินกว่านี้จะทำให้เกิดการสูญเสียโภชนะไปกับของเหลวที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก ขณะที่ [30] และ [33] แนะนำว่าการจัดการที่เหมาะสมในการผลิตพืชหมักจะเกิดการสูญเสียวัตถุแห้งจากกระบวนการหมัก 10-15% จากการศึกษาในครั้งนี้พบการใช้ฝุ่นข้าวโพดเป็นสารเสริมในการทำข้าวโพดหมักมีการสูญเสียวัตถุแห้งลดลงเป็นผลเนื่องจากฝุ่นข้าวโพดช่วยลดปริมาณความชื้นของวัตถุดิบที่นำมาทำข้าวโพดหมัก

วัตถุแห้ง

พบข้าวโพดหมักที่ทำจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อนมีปริมาณวัตถุแห้ง 23.06% ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดหมักที่ทำจากเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งมีปริมาณวัตถุแห้ง 16.85% ดังแสดงในตารางที่ 3 พบการใช้ฝุ่นข้าวโพดเป็นสารเสริมช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหมัก ($P<0.05$) ปริมาณฝุ่นข้าวโพดเพิ่มขึ้นจาก 2.5 เป็น 5 และ 10% ทำให้ข้าวโพดหมักมีการน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นจาก 18.30 เป็น 21.13 และ 23.31% ตามลำดับ ขณะที่ข้าวโพดหมักที่ไม่มีการเสริมด้วยฝุ่นข้าวโพดมีน้ำหนักแห้ง 17.09% ดังแสดงในตารางที่ 4 ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของวัตถุดิบที่นำมาทำข้าวโพดหมักและการเสริมฝุ่นข้าวโพด (ตารางที่ 5) [16] แนะนำพืชหมักควรมีวัตถุแห้งอย่างน้อย 25% [21] กล่าวว่า พืชหมักที่มีความชื้นสูงจะทำให้เกิดการเจริญของ *Clostridium sp* มากขึ้นซึ่งทำให้หญ้าหมักเน่าเสีย อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้พบข้าวโพดหมักที่ทำจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อนที่เสริมด้วยฝุ่นข้าวโพด 5-10% เท่านั้นที่มีวัตถุแห้ง 25-26% (ตารางที่ 5) ขณะที่ข้าวโพดหมักกลุ่มอื่น ๆ มีวัตถุแห้งต่ำกว่า 25% แต่ข้าวโพดหมักที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ไม่เกิดปัญหาเน่าเสียใด ๆ

อินทรียวัตถุ

ข้าวโพดหมักที่ทำจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อนมีปริมาณอินทรียวัตถุแห้ง 93.04% ซึ่งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดหมักที่ทำจากเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งมีอินทรียวัตถุ 94.86% ดังแสดงในตารางที่ 3 การใช้ฝุ่น

ข้าวโพดเป็นสารเสริมลดปริมาณอินทรียวัตถุของข้าวโพดหมัก (P<0.05) การเสริมฝุ่นข้าวโพด 2.5, 5 และ 10% ทำให้ข้าวโพดหมักมีอินทรียวัตถุ 94.07, 93.89 และ 93.40% ตามลำดับ ขณะที่ข้าวโพดหมักที่ไม่มีการเสริมด้วยฝุ่นข้าวโพดมีอินทรียวัตถุ 94.43% ดังแสดงในตารางที่ 4 ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของวัตถุดิบที่นำมาทำข้าวโพดหมักและการเสริมฝุ่นข้าวโพด (ตารางที่ 5) อินทรียวัตถุในข้าวโพดหมักที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ใกล้เคียงกับรายงานของ [10] และ[35] ซึ่งพบอินทรียวัตถุในข้าวโพดหมักทำจากต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเท่ากับ 94.62% อย่างไรก็ตามปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในข้าวโพดหมักในการศึกษาครั้งนี้สูงกว่าปริมาณที่พบในหญ้าหมัก (88.25-88.29%) ที่ทำจากหญ้ากินนีสีม่วงอายุ 6 สัปดาห์เสริมฝุ่นข้าวโพด 0, 10% [9]

โปรตีน

ปริมาณโปรตีนข้าวโพดหมักที่ทำจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อนเท่ากับ 7.42% ซึ่งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดหมักที่ทำจากเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งมีปริมาณโปรตีน 10.41% ดังแสดงในตารางที่ 3 พบข้าวโพดหมักที่เสริมด้วยฝุ่นข้าวโพด 10% มีโปรตีนเท่ากับ 9.32% ซึ่งมากกว่า (P<0.05) ในข้าวโพดหมักที่เสริมด้วยฝุ่นข้าวโพด 0, 2.5, และ 5% ซึ่งมีปริมาณโปรตีน 8.60-8.88% และไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 4 ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของวัตถุดิบที่นำมาทำข้าวโพดหมัก และการเสริมฝุ่นข้าวโพด (ตารางที่ 5) [13] แนะนำปริมาณโปรตีนที่ควรมีอยู่ในพืชอาหารสัตว์สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องควรมี 8-10% ดังนั้นการทำข้าวโพดหมักจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อนควรจะต้องมีการเสริมด้วยฝุ่นข้าวโพดอย่างน้อย 10%

แอมโมเนียไนโตรเจน

ข้าวโพดหมักที่ทำจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อนมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน 2.44% ของไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดหมักที่ทำจากเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งมีเท่ากับ 2.38% ของไนโตรเจนทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 3 พบแอมโมเนียไนโตรเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในข้าวโพดหมักที่มีการเพิ่มปริมาณฝุ่นข้าวโพด จาก 0 เป็น 2.5, 5 และ 10% (2.96, 2.57, 2.32 และ 1.79% ของไนโตรเจนทั้งหมด ตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 4 ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของวัตถุดิบที่นำมาทำข้าวโพดหมักและการเสริมฝุ่นข้าวโพด (ตารางที่ 5) อย่างไรก็ตามปริมาณแอมโมเนียในข้าวโพดหมักจากการศึกษาในครั้งนี้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดีเมื่อเทียบกับปริมาณที่ระบุโดย [20] ซึ่งระบุว่าข้าวโพดหมักคุณภาพดีควรมีแอมโมเนียไนโตรเจนไม่มากกว่า 5% ของไนโตรเจนทั้งหมด

pH

ไม่พบอิทธิพลของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ต่อค่า pH ในข้าวโพดหมัก (P>0.05) ข้าวโพดหมักที่ทำจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อนมี pH 3.56 ขณะที่ข้าวโพดหมักที่ทำจากเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งมี pH 3.61 (ตารางที่ 1) ข้าวโพดหมักเสริมฝุ่นข้าวโพด 0-10% มี pH 3.59-3.75 ข้าวโพดหมักที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้เป็นข้าวโพดหมักคุณภาพดี สอดคล้องกับ [1] และ [19] ที่ระบุว่าพืชหมักคุณภาพดีมี pH อยู่ระหว่าง 3.5-4.2

การย่อยได้ของโภชนะ

การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในกระเพาะรูเมนในแบชคัลเจอร์ พบการย่อยได้ของวัตถุ

แห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีน ในข้าวโพดหมักที่ทำจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อน เท่ากับ 56.00, 54.47 และ 70.42% ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าดังกล่าวในข้าวโพดหมักที่ทำจากเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 54.17, 53.52 และ 67.85% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 พบการเสริมฝุ่นข้าวโพดลดการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) การเสริมฝุ่นข้าวโพด 0, 2.5, 5 และ 10% ในข้าวโพดหมักมีการย่อยได้วัตถุแห้ง 58.84, 54.52, 54.21 และ 52.77% ตามลำดับ มีการย่อยได้อินทรียวัตถุ 57.70, 53.29, 53.10 และ 51.90% ตามลำดับ มีการย่อยได้โปรตีน 71.77, 67.80, 69.42 และ 67.25% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4 ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของวัตถุดิบที่นำมาทำข้าวโพดหมักและการเสริมฝุ่นข้าวโพด (ตารางที่ 5) พบว่าข้าวโพดหมักที่ทำจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่เสริมฝุ่นข้าวโพดกลุ่มเดียวเท่านั้นในการศึกษาครั้งนี้ที่มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (60.02%, ตารางที่ 5) สูงกว่าที่รายงานโดย [23] ที่พบว่าต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หมักมีการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 58.90% การย่อยได้อินทรียวัตถุในข้าวโพดหมักในการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่าที่รายงานโดย [11] ที่ประเมินการย่อยได้อินทรียวัตถุในต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หมักในกระเพาะรูเมนโดยวิธีการวัดปริมาตรแก๊สมีค่าเท่ากับ 63.16% การย่อยได้โปรตีนในข้าวโพดหมักในการศึกษานี้ต่ำกว่าที่รายงานโดย [23] ที่พบว่าวัสดุเหลือจากการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน (เปลือก ซังและต้น) มีการย่อยได้โปรตีนในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 80.10%

7. สรุป

กระบวนการหมักข้าวโพดร่วมกับการเติมฝุ่นข้าวโพดเป็นสารเสริมในอัตราส่วนต่าง ๆ (2.5, 5, 10%) เป็นเวลา 30 วัน และตรวจนับชนิดของจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาการหมักในสภาพอับอากาศพบว่าวันแรกในถังหมักเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อน และลำต้นข้าวโพดอ่อนไม่เติมฝุ่นข้าวโพดพบแบคทีเรียมีค่าเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 6-9x10^5cfu/g ยีสต์มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.9 -9x10^6cfu/g และแลคติคแอซิคแบคทีเรียมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง3.6x10^6 ถึง 6x10^7 cfu/g ส่วนฝุ่นข้าวโพดที่เติมในอัตราส่วน 2.5% 5%และ 10% พบจุลินทรีย์ในปริมาณน้อยกว่าไม่เติมฝุ่นข้าวโพดแต่เมื่อหมักได้ 7 วันพบว่าปริมาณแลคติคแอซิคแบคทีเรียเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นสัดส่วนผันแปรตาม กับปริมาณฝุ่นข้าวโพดที่เติมลงไป เช่นเดียวกับความเป็นกรดที่เพิ่มมากขึ้นในถังหมักที่ไม่เติมฝุ่นข้าวโพด พบแลคติคแอซิคแบคทีเรียมีค่าเฉลี่ยประมาณ 2.367x10^7cfu/g ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเท่ากับ 3.69 - 3.74 ส่วนในถังหมักที่เติมฝุ่นข้าวโพดจะมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นตามปริมาณฝุ่นข้าวโพดที่เติม โดยเฉพาะถังหมักที่เติมฝุ่นข้าวโพด 10% จะมีปริมาณแลคติคแอซิคแบคทีเรียสูงสุด(17.467x10^7 cfu/g) และความเป็นกรดอยู่ในช่วง 3.54 - 3.74 แต่เมื่อทำการหมักนาน 14 วัน ปรากฏว่าแบคทีเรียและยีสต์มีจำนวนเพิ่มขึ้น รวมทั้งแบคทีเรียกลุ่มแลคติคแอซิคปริมาณ 1.4 x10^6 cfu/g และค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นด้วย คือในถังหมักส่วนเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อนค่าเฉลี่ยความเป็นกรด 3.65 – 3.96 ส่วนของลำต้นข้าวโพดหมัก ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดประมาณ 3.82-3.825 ปริมาณแลคติคแอซิคแบคทีเรียเพิ่มมากขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของฝุ่นข้าวโพดที่เพิ่มขึ้นทั้งในส่วนของเปลือกหุ้มฝัก

ข้าวโพดอ่อนหมักและ ลำต้นข้าวโพดหมักหลังจากหมักได้ 21วัน ค่าความเป็นกรดมีค่าค่อนข้างสูงขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยของลำต้นข้าวโพดหมัก 4.38 – 3.91 ส่วนเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อนหมัก มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด 4.00 - 4.09 และเมื่อนับปริมาณจุลินทรีย์พบว่าลดลง โดยค่าเฉลี่ยของแลคติดแอซิดแบคทีเรียในลำต้นหมักมีค่า 2.8-8.33 x10^6 cfu/g และในเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อนอยู่ที่ 2.233 - 4.133 x10^6 cfu/g แต่เมื่อหมักครบ 30 วัน ค่าความเป็นกรดมากขึ้นอีก ในเปลือกฝักข้าวโพดอ่อน มีค่าเฉลี่ย 3.62 – 3.83 ส่วนลำต้นข้าวโพดมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด 3.70-3.86 และปริมาณจุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียโดยเฉพาะแลคติดแอซิดแบคทีเรียพบเป็นปริมาณมาก มีค่าเฉลี่ยในเปลือกฝักอ่อนหมักเท่ากับ 7.4167 x 10^7 cfu/g และในลำต้นข้าวโพดหมักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.467 x10^6cfu/g

ดังนั้นการศึกษาชนิด และปริมาณของจุลินทรีย์ที่พบได้ในการหมักส่วนเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อน และลำต้นข้าวโพดหลังจากตัดฝักอ่อนออกไปแล้ว พบจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์ และแลคติคแอซิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria - LAB) ที่มีผลทำให้คุณภาพข้าวโพดหมักที่มีการเติมฝุ่นข้าวโพดปรากฏว่าในการเติมฝุ่นข้าวโพดปริมาณ 5-10% ทำให้คุณภาพของข้าวโพดหมักดีที่สุด มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดอยู่ในช่วงที่เหมาะต่อการนำไปใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ โดยมีค่าต่ำกว่า 3.80 ลงไป [24] ส่วนการวิเคราะห์สมบัติทางโภชนะอาหารสัตว์สรุปได้ดังนี้

1. ข้าวโพดหมักจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อนมีการสูญเสียน้ำหนักแห้ง วัตถุแห้ง และการย่อยได้วัตถุแห้ง การย่อยได้อินทรียวัตถุ และการย่อยได้โปรตีนสูงกว่า (P<0.05) ข้าวโพดหมักจากเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน ในขณะที่ข้าวโพดหมักจากเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนมีอินทรียวัตถุ และโปรตีนสูงกว่า (P<0.05) ข้าวโพดหมักจากต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อน แต่ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและค่า pH ของข้าวโพดหมักทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

2. การเสริมฝุ่นข้าวโพดในการทำข้าวโพดหมักช่วยเพิ่มปริมาณวัตถุแห้ง และโปรตีน ลดการสูญเสียน้ำหนักแห้ง อินทรียวัตถุ แอมโมเนียไนโตรเจน การย่อยได้วัตถุแห้ง การย่อยได้อินทรียวัตถุ และการย่อยได้โปรตีน ขณะที่ค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลง

8. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมปศุสัตว์, หญ้าหมัก,กรุงเทพฯ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรมปศุสัตว์,2544.

[2] จันทกานต์ อรณนันท์, กระบวนการหมักพืชอาหารสัตว์และการปรุงแต่ง, ข่าวพืชอาหารสัตว์,. ปีที่ 7 ฉ1 มค -เมย, น.11-19, 2002.

[3] จินดา สนิทวงศ์ฯ,โอสถ นาคสกุลและ สมจิตร อินทรมณี, เทคนิคการให้อาหารโคนม, เอกสารคำแนะนำ,กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, 30 น, 2538.

[4] จุรีรัตน์ สัจจิพานนท์, วิรัช สุขสราญ , สายขิม แสงโชติ และ เกียรติศักดิ์ กล่ำเอม, การจัดสร้างทุ่งหญ้าและถั่วอาหารสัตว์, เอกสารประกอบการฝึกอบรมอาหารสัตว์, กองปศุสัตว์สัมพันธ์, กรมปศุสัตว์, กระทรวง เกษตรและสหกรณ์, น. 56-95, 2535.

[5] ชาญชัย มณีดุลย์, อาหารหยาบสำหรับโคกระบือในฤดูแล้ง, เอกสารเผยแพร่,กองปศุสัตว์ สัมพันธ์, กรมปศุสัตว์, กระทรวง เกษตรและสหกรณ์, 33น., 2534.

[6] ดรุณี ศรีชนะ, การจัดการฟาร์มโคน, ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มธ.ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี, 2545.

[7] ดรุณี ศรีชนะ,การวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชา เทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, มธ.ศูนย์ รังสิต ปทุมธานี , 2550.

[8] ดรุณี ศรีชนะ, การทำหญ้าหมักและการประเมินคุณภาพหญ้าหมัก, เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติ การ วันที่ 7 สิงหาคม 2551,มธ. ศูนย์รังสิต มธ, ปทุมธานี, 2551.

[9] ดรุณี ศรีชนะ และ ณัฏฐกิตต์ ถาป้อม, การใช้ฝุ่นข้าวโพด เป็นสารเสริมในหญ้าหมัก นิทรรศการแสดงผลงานพัฒนาเทคโนโลยี สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรมโครงการโครงงานอุตสาห-กรรมสำหรับปริญญาตรี 2551 วันที่ 26-29 มีนาคม 2552, รอยัลพารากอนฮอลล์ ชั้น 5 ศูนย์การค้าสยามพารากอน,2552.

[10] นฤมล วงศ์เจริญ, สมคิด พรหมมา, บุญล้อม ชีวะอิสระกุลและ บุญเสริม ชีวะอิสระกุล, การย่อยได้ และพลังงานของข้าวโพดหมักในโคนม, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์ 5-7. กุมภาพันธ์ 2544, กรุงเทพฯ, 2544, หน้า 129- 135, (601 หน้า), 2544.

[11] บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, วรรณา อ่างทอง,บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และสมคิด พรหมมา, พลังงานสุทธิของอาหาร 8 ชนิด ที่ประเมินโดยวิธีวัดปริมาตรแก๊ส และ pH ในรูเมน เมื่อโคได้รับอาหารต่างชนิดกัน, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39,.ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.,2544.

[12] สมคิด พรหมมา, วิสูทธิ์ หิมารัตน์, สมเพชร ตุ้ย --- คัมภีร์, พัชรินทร์ จีนกล่ำ, ธวัชชัย อินทรตุล, และ PERTER VAN ADRICHEM, การจัดการให้อาหารโครีดนมพันธุ์แท้ (โฮสสไตน์) ในสภาพจังหวัดเชียงใหม่โดยใช้หญ้าหมักเป็นอาหารหยาบหลัก, รายงานผลการวิจัยโคนมประจำปี, สถาบันพัฒนาฝึกอบรมและวิจัยโคนมแห่งชาติ , กองบำรุงพันธุ์สัตว์, กรมปศุสัตว์, น.63-80,2535.

[13] สายัณห์ ทัดศรี, พืชอาหารสัตว์เขตร้อน การผลิต และการจัดการ,โรงพิมพ์ลินคอร์น, กทม. 376 น., 2540.

[14] สายขิม แสงโชติ และนวลมณี กาญจนพิบูลย์, การหมักต้นและเศษเหลือของข้าวโพดฝักอ่อนเสริมด้วยใบกระถิน โดยใช้ถุงหมักเพื่อใช้เป็นอาหารโคนม, รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2535, กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, น. 136-153, 2535.

[15] Andrew, S.M., J.H. Clark and C.L., Davis,. Feeding Value of Opaque-2 Corn Grain and Corn Silage for Lactating Dairy Cows , Jour. of Dairy Science, Vol. 62, 1619-1625, 1979.

[16] Cullison, A., Feed and feeding, Virginia,. Reston Publ. Co.Ltd,. 1975.

[17] Ensminger, M.E., Dairy Cattle Science, Interstate Publishers, Inc. Danville, lllinois, 1993.

[18] Harrison, J.H., L. Johnson, R. Riley, S. Xu, K. Loney, C.W. Hunt and D. Sapienza, Effect of harvest maturity of whole plant corn silage on milk production and component yield, and passage of corn grain and starch into feces, J. Dairy Sci.,Vol. 79, pp.149-152, 1996.

[19] Jonsson, A., and G. Pahlow, Systematic Classification and Biochemical Characterization of Yeasts Growing in Grass Silage Inoculated with *Lactobacillus* Cultures, Anim. Res. Develop., Vol. 20, pp.7-22, 1984.

[20] Mahanna, W.C., Trouble Shooting Silage Problems. In La Crosse: 4-State Applied Nutrition Conference, WI. , 1993.

[21] McDonald, P., The Biochemistry of Silages, Chichester, John Weiley and Sons, 1981.

[22] Muller, J.P. & Green, J.T., Corn Silage Harvest Techniques, National Corn Handbook. 49, Iowa: Iowa state university, 1987.

[23] Mustafa A. F., Hassanat F., Berthiaume R. R, In situ for Stomach and Intestinal Nutrient Digestibility of Sweet Corn Residues, Macdonald Campus of McGill University, Canada, 2004.

[24] NRC., Nutrient Requirements of Dairy Cattle.7th rev. ed., National Academy of Sciences, Washington D.C. , 2001

[25] Ohmomo, S., Odai, M., Pholsen, P., Nitisinprasert, S. Kraykaw, D. and Hiranpradit, S., Effect of a Commercial Inoculant on the Fermentation Quality of ABP Silage in Thailand. JARQ, Japan Agricultural Research Quarterly, Vol. 38, pp. 125-128, 2004.

[26] Pahlow, G., and Weissbach, F., Effect of Numbers of Epiphytic Lactic Acid Bacteria (LAB) and of Inoculation on the Rate of pH-Decline in Direct Cut and Wilted Grass Silages, p. 104-105,1996.

[27] Ranjit, N.K., C.C. Taylor and L. Kung, Jr., Effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the Fermentation, Aerobic Stability and Nutritive Value of Maize Silage, Grass and Forage, Sci., Vol. 57, pp. 73 -81, 2002.

[28] SAS., STAT User's Guide Release 9.1.3. SAS Inst., Cary, NC., 2006.

[29] Sanderson M.A., Aerobic Stability and In Vitro Fiber Digestibility of Microbial Inoculated Corn and Sorghum Silages, J.Anim. Sci., Vol, pp. 71:505-514,1993.

[30] Skerman, P.J. and F. Riveros, Tropical Grasses. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome,Italy, 832 p., 1990.

[31] Spoelstra, S. F., M.G. Courtin, and J.A.C. Van Beers, Acetic Acid Bacteria Can Initiate Aerobic Deterioration of Maize Silage, J. Agric. Sci., (Camb) Vol. 111, pp. 127-132, 1988.

[32] Srichana, D., Effects of Diet and Environment on Microbial Growth and Efficiency. Ph.D. Dissertation. University of Missouri, Missouri, USA., 2006.

[33] Weiss, B., When to Consider Silage Additives, In Ohio State Univ, Tri-State Dairy Nutrition Conference, pp. 125-136, Ohio, 1996.

[34] Wilkinson, J. M., F. Wadephul, and J. Hill., Silage in Europe: a Survey of 33 Countries. *Cited by* Oude-Elferink, S. J. W. H., F. Driehuis, J. C. Gottschal and S. F. Spoelstra. 2006. Silage Processes and their Manipulation.

[35] Wude-Elferink, S. J. W. H., F. Driehuis, J. C. Silage Processes and their Manipulation, 1996.

[36] Woolford, M.K., The Detrimental Effects of Air on Silage, J. App. Bact., Vol. 68, pp. 101, 1990.

[37] Woolford, M.K., H. Honig, and J.S. Fenlon, Studies on the Aerobic Deterioration of Silage using a Small-Scale Technique. Part 2. The Microbiological, Physical, and Chemical Changes during the Aerobic Deterioration of Maize Silage, Wirtschaftseigene, Futter, Vol.24, pp. 125, 1978.

ตารางผนวกที่ 1 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด เบส (pH) ของลำต้นข้าวโพดอ่อนหลังตัดฝักอ่อนแล้ว และ เปลือกหุ้ม ฝักข้าวโพดอ่อนที่ผ่านกระบวนการหมักแล้วในแต่ละช่วงของวันที่นำออกตรวจนับชนิดและ ปริมาณจุลินทรีย์

	ค่ากรด เบสในวันที่ 1		ค่ากรด เบสในวันที่ 7		ค่ากรด เบสในวันที่ 14		ค่ากรด เบสในวันที่ 21		ค่ากรด เบสในวันที่ 30	
% ฝุ่น	ต้น *	ป *	ต้น NS	ป *	ต้น *	ป *	ต้น *	ป *	ต้น *	ป NS
0	5.6±0.0152d	5.68±0.0057d	3.74±0.0057	3.69±0.022a	3.925±0.0033a	3.72±0.0088d	4.22±0.000b	4.04±0.0067c	3.86±0.0115a	3.83±0.0057
2.5	5.8±.0000c	5.98±0.0057c	3.75±0.0057	3.54±0.010c	3.825±0.0033b	3.91±0.0152b	4.38±0.0067a	4.00±0.0088c	3.70±0.0067d	3.64±0.0351
5.0	6.3±0.0577b	6.43±0.0152b	3.74±0.0100	3.61±0.010b	3.825±0.0033b	3.82±0.0033c	3.91±0.0067d	4.03±0.0120c	3.74±0.0067c	3.65±0.0152
10	6.8±0.0577a	6.98±0.0057a	3.74±0.0057	3.73±0.010a	3.820±0.0057b	3.96±0.0057a	3.95±0.0057c	4.09±0.0088b	3.78±0.0088b	3.62±0.0152

หมายเหตุ ต้น - ลำต้นข้าวโพดหลังหักฝักอ่อนแล้ว

ป - เปลือกที่หุ้มฝักข้าวโพดอ่อน

%ฝุ่น - เปอร์เซ็นต์ฝุ่นข้าวโพดที่เติมลงในการหมักส่วนของลำต้นและเปลือกหุ้มฝัก

* - ค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

NS - ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

a,b,c,d - ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งตามด้วยอักษรต่างกัน แสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ย ด้วย DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ที่ $p < 0.05$

ตารางผนวกที่ 2 ค่าเฉลี่ยจุลินทรีย์ (cfu/g) ที่พบในส่วนของลำต้นข้าวโพดอ่อนหลังตัดฝักอ่อนและเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อนที่ทำการหมักในแต่ละช่วงของวันที่ผ่านกระบวนการหมัก

วันที่	%ฝุ่นข้าวโพด	ลำต้นข้าวโพด			เปลือกหุ้มฝักข้าวโพด		
		ยีสต์	แบคทีเรีย	แลคติคแอซิดแบคทีเรีย	ยีสต์	แบคทีเรีย	แลคติคแอซิดแบคทีเรีย
วันที่ 1	0	$9X10^{5}$	$6x10^{5}$	$3.6x10^{6}$	$2.9x10^{6}$	$9x10^{-5}$	$3.6x10^{7}$
	2.5	$6.33x10^{5}$	$7x10^{5}$	$1.9x\ 10^{6}$	$1.8x10^{-6}$	$8x10^{-5}$	$4.5x10^{7}$
	5.0	$3.33x10^{5}$	$6x10^{5}$	$3.67x10^{5}$.	$1.0x10^{6}$	$8x10^{5}$	$2.2x10^{7}$
	10	$1.0x10^{5}$	$3x10^{5}$	$1.33x10^{5}$	$1.4x10^{6}$	$1.4x10^{7}$	$1.4x10^{7}$
วันที่ 7	0	$1.667\ x10^{7}$	$2.633\ x10^{7}$	$2.367\ x10^{7}$	$11.86\ x10^{7}$	$32\ x10^{6}$	$1.033\ x10^{7}$
	2.5	$2.433\ x10^{7}$	$2.7\ x10^{7}$	$2.667\ x10^{7}$	$8.33\ x10^{6}$	$7.233\ x10^{7}$	$4.467\ x10^{-7}$
	5.0	$2.73\ x10^{7}$	$8.33\ x10^{7}$	$15.56\ x10^{7}$	$7.33\ x10^{6}$	$2.033\ x10^{7}$	$2.767\ x10^{7}$
	10	$6.46\ x10^{7}$	$9.96\ x10^{7}$	$17.46\ x10^{7}$	$4.67\ x10^{6}$	$4.3\ x10^{7}$	$9.833\ x10^{7}$
วันที่ 14	0	$1.367x10^{6}$	$1.067x10^{6}$	$1.1\ x10^{6}$	$2.467\ x10^{6}$	$4.6\ x10^{6}$	$1.467\ x10^{6}$
	2.5	$1.333x10^{6}$	$1.46\ x10^{6}$	$1.033\ x10^{6}$	$1.367\ x10^{6}$	$9.667\ x10^{6}$	$5.133\ x10^{6}$
	5.0	$2\ x10^{5}$	$1.43\ x10^{6}$	$6.33\ x10^{-5}$	$1.633\ x10^{6}$	$3.267\ x10^{6}$	$3.233\ x10^{6}$
	10	$5.33\ x10^{5}$	$1.433\ x1^{6}$	$1.4\ x10^{6}$	$6.33\ x1^{-5}$	$5.667\ x10^{6}$	$6.933\ x10^{6}$

ตารางผนวกที่ 2 ค่าเฉลี่ยจุลินทรีย์ (cfu/g) ที่พบในส่วนของลำต้นข้าวโพดอ่อนหลังตัดฝักอ่อนและเปลือกหุ้มฝักข้าวโพดอ่อนที่ทำการหมักในแต่ละช่วงของวันที่ผ่านกระบวนการหมัก (ต่อ)

วันที่	%ฝุ่นข้าวโพด	ลำต้นข้าวโพด			เปลือกหุ้มฝักข้าวโพด		
		ยีสต์	แบคทีเรีย	แลคติคแอซิดแบคทีเรีย	ยีสต์	แบคทีเรีย	แลคติคแอซิดแบคทีเรีย
วันที่ 21	0	4.63×10^{6}	4.96×10^{6}	1.733×10^{6}	5.7×10^{6}	2.1167×10^{7}	4.67×10^{5}
	2.5	5.33×10^{6}	3.73×10^{6}	2.8×10^{6}	4×10^{5}	3.8×1^{-6}	2.67×10^{5}
	5.0	2.8×1^{-6}	1.5×10^{6}	3.6×10^{6}	6.067×10^{6}	6.967×10^{6}	2.233×10^{6}
	10	1.73×10^{6}	1.33×10^{6}	8.33×10^{5}	6.533×10^{6}	6.533×10^{6}	4.133×10^{6}
วันที่ 30	0	2.5×10^{6}	1.33×10^{7}	3.33×10^{5}	1.7×10^{6}	1.6×10^{6}	2.50×10^{7}
	2.5	6.3×10^{5}	1.8×10^{5}	2.96×10^{5}	2.433×10^{6}	2.9×10^{6}	2.6867×10^{7}
	5.0	3.1×10^{6}	1.67×10^{6}	0.67×10^{5}	5.97×10^{5}	1.333×10^{6}	3.6933×10^{7}
	10	1.35×10^{7}	3.67×10^{6}	3.93×10^{6}	1.46×10^{6}	1.467×10^{6}	7.4167×10^{7}

ตารางผนวกที่ 3 อิทธิพลของชนิดของข้าวโพดต่อค่าโภชนะและการย่อยได้ของข้าวโพดหมัก

	ชนิดของข้าวโพด		SE
	ต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อน	เปลือกของฝักข้าวโพดฝักอ่อน	
การสูญเสียน้ำหนักแห้ง (%)	14.33^{a}	13.18^{b}	0.18
วัตถุแห้ง (%)	23.06^{a}	16.85^{b}	0.12
อินทรียวัตถุ (%)	93.04^{b}	94.86^{a}	0.05
โปรตีน (%)	7.42^{b}	10.41^{a}	0.06
แอมโมเนียไนโตรเจน (%ของไนโตรเจนทั้งหมด)	2.44	2.38	0.02
pH	3.65	3.61	0.06
การย่อยได้วัตถุแห้ง (%)	56.00^{a}	54.17^{b}	0.21
การย่อยได้อินทรียวัตถุ (%)	54.47^{a}	53.52^{b}	0.23
การย่อยได้โปรตีน (%)	70.42^{a}	67.85^{b}	0.37

[abcd] ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ 4 อิทธิพลของฝุ่นข้าวโพดต่อค่าโภชนะและการย่อยได้ของข้าวโพดหมัก

	ปริมาณฝุ่นข้าวโพด (%)				
	0	**2.5**	**5**	**10**	**SE**
การสูญเสียน้ำหนักแห้ง (%)	17.52[a]	15.90[b]	13.39[c]	8.21[d]	0.25
วัตถุแห้ง (%)	17.09[d]	18.30[c]	21.13[b]	23.31[a]	0.17
อินทรียวัตถุ (%)	94.43[a]	94.07[b]	93.89[b]	93.40[c]	0.07
โปรตีน (%)	8.60[b]	8.87[b]	8.88[b]	9.32[a]	0.09
แอมโมเนียไนโตรเจน (%ของไนโตรเจนทั้งหมด)	2.96[a]	2.57[b]	2.32[c]	1.79[d]	0.03
pH	3.59	3.58	3.75	3.59	0.08
การย่อยได้วัตถุแห้ง (%)	58.84[a]	54.52[b]	54.21[b]	52.77[c]	0.30
การย่อยได้อินทรียวัตถุ (%)	57.70[a]	53.29[b]	53.10[b]	51.90[c]	0.32
การย่อยได้โปรตีน (%)	71.77[a]	67.80[bc]	69.42[b]	67.25[c]	0.53

[abcd] ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางผนวกที่ 5 ค่าโภชนะและการย่อยได้ของข้าวโพดก่อนหมักจากข้าวโพดฝักอ่อนที่เสริมด้วยฝุ่นข้าวโพด

	ต้นและใบข้าวโพดฝักอ่อน				เปลือกของฝักข้าวโพดฝักอ่อน					ปัจจัย		
	----------ฝุ่นข้าวโพด (%)----------				----------ฝุ่นข้าวโพด (%)----------					T	CD	T*CD
	0	2.5	5	10	0	2.5	5	10				
การสูญเสียน้ำหนักแห้ง (%)	17.61	16.39	14.16	9.15	17.43	15.40	12.62	7.27	0.36	**	**	NS
วัตถุแห้ง (%)	20.36	20.97	24.66	26.26	13.81	15.63	17.60	20.37	0.24	**	**	NS
อินทรียวัตถุ (%)	93.42	93.02	93.14	92.60	94.44	95.14	94.65	94.21	0.10	**	**	NS
โปรตีน (%)	6.86	7.22	7.47	8.13	10.35	10.52	10.28	10.50	0.13	**	**	NS
แอมโมเนียไนโตรเจน (%ของไนโตรเจนทั้งหมด)	3.00	2.68	2.30	1.79	2.93	2.47	2.35	1.79	0.05	NS	**	NS
pH	3.64	3.66	3.63	3.67	3.54	3.50	3.88	3.51	0.11	NS	NS	NS
การย่อยได้วัตถุแห้ง (%)	60.02	54.69	54.87	54.43	57.67	54.36	53.55	51.10	0.42	**	**	NS
การย่อยได้อินทรียวัตถุ (%)	58.50	53.06	53.35	53.00	56.89	53.53	52.84	50.80	0.45	**	**	NS
การย่อยได้โปรตีน (%)	71.48	69.35	71.33	68.90	72.05	66.24	67.52	65.60	0.74	**	**	NS

[1]T= ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ทำข้าวโพดหมัก, CD=ฝุ่นข้าวโพด, T*CD=อิทธิพลร่วมของชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ทำข้าวโพดหมักและฝุ่นข้าวโพด