

## ผลของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ต่อคุณค่าทางโภชนา และคุณภาพของฟางข้าวหมัก

### Effect of *Saccharomyces cerevisiae* on nutritive values and fermentation characteristics of rice straw

รัชณี บัวระภา<sup>1\*</sup> และ พรรณพร กุลมา<sup>2</sup>

Ratchanee Bourapa<sup>1\*</sup> and Phannaphon Kullama<sup>2</sup>

**บทคัดย่อ:** การเพิ่มคุณค่าทางอาหารของแหล่งวัตถุดิบอาหารหยาบมีความสำคัญมากต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง วัตถุประสงค์การวิจัยครั้งนี้เป็นการใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* หมักฟางข้าวเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาของฟางข้าวหมักยีสต์ และศึกษากระบวนการหมักฟางข้าวหมักยีสต์ การทดลองใช้ฟางข้าวสับให้มีขนาด 5-10 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 ฟางข้าวหมักยีสต์ *S. cerevisiae* ในสัดส่วน 500 กรัม: 500 มิลลิลิตร กลุ่มที่ 3 ฟางข้าวหมักยีสต์ *S. cerevisiae* ในสัดส่วน 1,000 กรัม: 500 มิลลิลิตร และกลุ่มที่ 4 ฟางข้าวหมักยีสต์ *S. cerevisiae* ในสัดส่วน 1,500 กรัม: 500 มิลลิลิตร คลุกเคล้าให้เข้ากัน และบรรจุใส่ถุงหมักใส่อากาศออกให้มากที่สุด ปิดปากถุงหมักให้แน่น ทำการหมักฟางข้าวทุกกลุ่มทดลองเป็นระยะเวลา 30 วัน เมื่อสิ้นสุดการหมัก สุ่มฟางข้าวหมักทุกกลุ่มทดลองวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวหมักและปริมาณยีสต์ พบว่าปริมาณโปรตีนหยาบของฟางข้าวในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 1.38, 4.65, 3.92 และ 3.80 เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ตามลำดับ และค่าคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย กลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.14, 3.73, 2.88 และ 2.81 เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง ( $P < 0.01$ ) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่ากรดแลคติกในฟางข้าวที่หมักร่วมกับยีสต์ในกลุ่มที่ 2 มีค่ากรดแลคติกสูงที่สุด คือ 2.85 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง และพบว่ากลุ่มทดลองที่ 2 ให้ปริมาณเชื้อยีสต์มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ  $0.9 \times 10^7$  เซลล์/มิลลิลิตร นอกจากนี้ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนการหมักฟางข้าวร่วมกับยีสต์ในกลุ่มทดลองที่ 2 (500: 500) มีความเหมาะสมต่อการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวหมัก โดยเฉพาะการเพิ่มสัดส่วนโปรตีนหยาบ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย และกรดแลคติก

**คำสำคัญ:** ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*, กรดแลคติก, การหมัก

<sup>1</sup> สาขาวิชาสัตวศาสตร์และประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน จังหวัดน่าน 55000

Department of Animal Science and Fisheries, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangalg - University of Technology Lanna ,Nan Campus, Nan 55000

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน จังหวัดน่าน 55000

Department of Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangalg University of Technology - Lanna ,Nan Campus, Nan 55000

\* Corresponding author: Ratchaneebourapa@gmail.com

**ABSTRACT:** An improvement of nutritive value of roughage is importantly effect on the productive performance of ruminants. The objectives of this study were to determine the effect of rice straw fermentation with yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on increasing nutritional value of rice straw and its effect on microbial population of fermented rice straw. Completely Randomized Design (CRD) was used in this study. The rice straw was chopped into small fragment 5-10 cm and divided into 4 groups with 3 replications. Group 1, Control group, Group 2, fermented rice straw 500 g with *S. cerevisiae* 500 ml (500 g: 500 ml), Group 3 fermented rice straw 1000 g with *S. cerevisiae* 500 ml (1,000 g: 500 ml.) and Group 4 fermented rice straw 1,500 g with *S. cerevisiae* 500 ml (1,500 g: 500 ml.). Each group was mixed and air evacuated prior to packed in plastic bags, and stored in the bags for 30 days. The fermented samples were analyzed for the chemical composition and yeast content. The results showed that fermented rice straw with *S. cerevisiae* had significantly affected on crude protein ( $P < 0.01$ ). The percentage of crude protein in group 1, 2, 3, and 4 were 1.38, 4.65, 3.92, and 3.80% on DM basis, respectively. The percentage of water solution carbohydrate in group 1, 2, 3, and 4 were 0.14, 3.73, 2.88, 2.81% on DM basis, respectively. In addition, group 2 had provided the highest level of lactic acid at about 2.85% on DM basis and also had a high numbers of yeast population which was  $0.9 \times 10^7$  cell/ml. This result suggest that the fermented rice straw with *S. cerevisiae* in group 2 (500 g: 500 ml.) was promising to use for improving quality of rice straw, particularly increased percentage of crude protein, water solution carbohydrate and lactic acid.

**Keywords:** yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, lactic acid, fermentation

## บทนำ

ฟางข้าว (rice straw) เป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรจากการเพาะปลูกข้าว ได้มีการนำฟางข้าวมาใช้เป็นแหล่งอาหารหลักในช่วงฤดูแล้งที่มีการขาดแคลนอาหารหายาสอดส่งผลกระทบทำให้โคเนื้อ โคนมมีน้ำหนักลดลง สุขภาพไม่ดี ชูบผอม เจริญเติบโตช้า และให้ผลผลิตต่ำ อย่างไรก็ตามฟางข้าวมีข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ เพราะมีปริมาณโปรตีนต่ำ ประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ อัตราการย่อยได้ต่ำ ประมาณ 30-45 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ และมีกลิ่นสูง (เมธา, 2533) ในการนำฟางข้าวมาใช้เลี้ยงสัตว์ มีหลากหลายรูปแบบ เช่น การนำฟางข้าวมาผสมในอาหารผสมสำเร็จ (Total Mixed Ratio, TMR) และยังมีการใช้สารเสริมในกระบวนการหมักฟางข้าว เช่น กากน้ำตาล รำละเอียด มันเส้นเพื่อเพิ่มสารอาหารหรือแหล่งโภชนาการในการปรับปรุงคุณภาพ นอกจากนี้ยังมีการใช้ยีสหมักฟางข้าว เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนการดำเนินการที่กล่าวมานี้หาได้ง่าย

ในท้องถิ่น แต่ราคาค่อนข้างผันแปรและขาดตลาด แต่ในปัจจุบัน พบว่ามีการนำเชื้อแบคทีเรีย (bacterial inoculants) มาเป็นแหล่งในการกระตุ้นต่อกระบวนการหมักเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของเชื้อแบคทีเรีย ช่วยในการควบคุมการเกิดจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการหมักซึ่งการทำงานของแบคทีเรียจะทำให้เกิดการใช้น้ำตาลอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก และยังทำให้ค่า pH ในกระบวนการหมักลดลงอย่างรวดเร็ว เป็นผลทำให้อาหารหมักเมื่อสัมผัสอากาศ อัตราการสูญเสียลดลง นอกจากนี้การกินหญ้าหมักยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในสัตว์ที่ดีขึ้น (Weinberg and Muck, 1996; Cai et al., 1998; เสมอใจ และคณะ, 2552) ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* หมักฟางข้าวเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของฟางข้าวหมัก เพื่อให้สัตว์ได้รับอาหารหายาคุณภาพดี

## วิธีการศึกษา

### การเตรียมฟางข้าวและวิธีการหมัก

**ขั้นตอนที่ 1:** การขยายเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*

1. นำหัวเชื้อยีสต์ผง *Saccharomyces cerevisiae* จำนวน 10 กรัม ละลายน้ำในถังที่มีฝาปิด
2. เติมน้ำตาล 100 กรัม ร่วมกับแป้ง 150 กรัม จากนั้นเติมน้ำให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร และผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน
3. ใช้บ่มผลิออกซิเจนขนาดเล็ก กวนส่วนผสมให้เข้ากัน ทั้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นทำการปรับค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อให้อยู่ในช่วง 3.5-4.5 โดยใช้กรดซัลฟริก ( $H_2SO_4$ ) เข้มข้น ปิดฝาถัง (ดัดแปลงตามวิธีของ ประภาส, 2561) เมื่อครบ 3 วัน เปิดฝาทิ้งหมักยีสต์ นำยีสต์ไปวิเคราะห์หาปริมาณจำนวนยีสต์

**ขั้นตอนที่ 2:** กระบวนการผลิตฟางข้าวหมักยีสต์

นำฟางข้าวมาสับให้มีขนาด 5-10 เซนติเมตร จากนั้นใช้น้ำหมักยีสต์ที่ได้จากการขั้นตอนที่ 1 หมักกับฟางข้าวสับ ในอัตราส่วนฟางข้าว:ยีสต์ ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ฟางข้าวหมักไม่ใส่ยีสต์ กลุ่มที่ 2 ฟางข้าวหมักยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในสัดส่วน 500 กรัม: 500 มิลลิลิตร กลุ่มที่ 3 ฟางข้าวหมักยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในสัดส่วน 1,000 กรัม: 500 มิลลิลิตร และกลุ่มที่ 4 ฟางข้าวหมักยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในสัดส่วน 1,500 กรัม: 500 มิลลิลิตร บรรจุใส่ถุงหมักจากนั้นเอาอากาศออกให้มากที่สุด ปิดปากถุงหมักให้แน่น หมักฟางข้าวเป็นระยะเวลา 30 วัน เมื่อสิ้นสุดการหมัก สุ่มฟางข้าวหมักยีสต์นำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและหาปริมาณจำนวนยีสต์

### การเก็บข้อมูล

1. เปิดถุงฟางข้าวหมัก ที่หมักยีสต์ครบ 30 วัน สุ่มเก็บตัวอย่าง จำนวน 100 กรัม เพื่อนำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีต่าง ๆ ได้แก่ ค่าคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate, WSC) ตามวิธีการของ (Dubois et al., 1956) หาวัตถุแห้ง (dry matter;

DM) เถ้า (ash) โปรตีนหยาบ (crude protein; CP) ตามวิธีการของ AOAC (1990) อีกทั้งวิเคราะห์หาเยื่อใย ได้แก่ Neutral detergent fiber (NDF) และ Acid detergent fiber (ADF) ตามวิธีการของ Van Soest (1974)

2. การหาปริมาณจำนวนยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ตามวิธีการของ Nagodawithana et al. (1974) โดยซึ่งตัวอย่างฟางข้าวหมักยีสต์ 25 กรัม ลงในสารละลายน้ำเกลือเข้มข้นที่ความเข้มข้น 0.85% ทำการเจือจาง 10 เท่าลำดับส่วน จากนั้นทำการ spread plate บนอาหารแข็งเลี้ยงยีสต์สำเร็จรูปสูตร Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง จากนั้นทำการนับจำนวนโคโลนีที่มีชีวิต ในรูปของ colony forming unit (CFU)

3. เติมน้ำกรดซัลฟริก ( $1M H_2SO_4$ ) ในฟางข้าวหมักยีสต์ เพื่อเก็บรักษาและเป็นการหยุดชะงักกิจกรรมและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (ในอัตราส่วนของฟางข้าวหมักยีสต์ 10 ส่วนต่อ  $1 M H_2SO_4$  1 ส่วน) คลุกเคล้าจนได้ของเหลว ดูดของเหลวที่ได้นำไปเหวี่ยง (centrifuge) จนใสด้วยความเร็ว 3,000 รอบ นาน 15 นาที เก็บเอาส่วนใส (supernatant) ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ (Volatile Fatty Acid; VFA) โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (gas chromatography; GC) ดัดแปลงตามวิธีของ Fenner and Elliot (1963) และวิเคราะห์หาแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen;  $NH_3-N$ ) โดยวิธีการกลั่น ตามวิธีการของ Bromner and Keeney (1965)

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้ คือ ค่าคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate, WSC) วัตถุแห้ง (dry matter; DM) เถ้า (ash) โปรตีนหยาบ (crude protein; CP) ค่าเยื่อใย ได้แก่ Neutral detergent fiber (NDF) และ Acid detergent fiber (ADF) นำมาประมวลผลและวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบ Analysis of covariance (ANCOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ของโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 2006) ส่วนปริมาณยีสต์ในฟางข้าวหมักแสดงในรูปค่าเฉลี่ย

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

#### การเปลี่ยนแปลงของปริมาณยีสต์

การนำฟางข้าวมาหมักร่วมกับยีสต์ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณยีสต์ พบว่าจำนวนปริมาณยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในฟางข้าวหมัก (Table 1) ที่หมักในระยะเวลา 30 วัน ในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ปริมาณยีสต์ 0,  $0.90 \times 10^7$ ,  $0.21 \times 10^7$  และ  $0.10 \times 10^7$  เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ 2 มีปริมาณยีสต์มากที่สุด คือ  $0.9 \times 10^7$  เซลล์/มิลลิลิตร แต่ปริมาณยีสต์ทั้ง 4 กลุ่มทดลองมีปริมาณน้อย ทั้งนี้เนื่องจากฟางข้าวมีลักษณะพื้นที่ผิวต่ำประกอบด้วยผนังเซลล์ (Cell wall) 79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเซลลูโลส (Cellulose) 33 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะการจับตัวของกลูโคสเป็นเซลลูโลสในผนังเซลล์ เป็นแบบ crystalline ซึ่งมีเฉพาะแบคทีเรียกลุ่ม *Ruminococcus flavefaciens* และ *Bacteroides succinogenes* เป็นต้นที่สามารถผลิตน้ำย่อยเพื่อย่อยเซลลูโลสในผนังเซลล์ได้ดี ทำให้ยีสต์ *S. cerevisiae* สามารถเข้าไปย่อยได้ยาก (เมธา, 2533) นอกจากนี้ปริมาณยีสต์ด้านหมักเป็นระยะเวลานานจะทำให้ยีสต์ลดลง เนื่องจากระดับของกรดอะซิติกสูงขึ้น ทำให้อัตราการอยู่รอดของยีสต์ลดลง (Oude et al., 2001) อย่างไรก็ตามยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนจะช่วยทำให้ออกซิเจนที่ติดมากับอนุภาคของอาหารถูกใช้ไป และแบคทีเรียในกระเพาะหมักที่ไม่ใช้ออกซิเจนก็จะเข้าเกาะติดกับอนุภาคอาหารได้ดี นอกจากนี้ยีสต์ยังช่วยยับยั้งการแพร่กระจายของแบคทีเรีย *Saccharolytic clostridia* ลดการสูญเสียน้ำหนักแห้ง ผลิตรกรดแลคติกและกรดโพรพิโอนิก รวมถึงผลิตรกรดอะซิติกเพิ่มสูงขึ้น และยังช่วยทำให้พืชอาหารหมักมีกลิ่นหอม (Woolford, 1984; สายัณห์, 2540)

**Table 1** Numbers of yeast *Saccharomyces cerevisiae* in fermented rice straw at 30 d. (cell/ml.)

| Rice straw:<br><i>S. cerevisiae</i><br>(g:ml.)    | Numbers of yeast<br><i>S. cerevisiae</i><br>(cell/ml.) |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| fermented rice straw with no <i>S. cerevisiae</i> | 0                                                      |
| 500:500                                           | $0.9 \times 10^7$                                      |
| 1000:500                                          | $0.21 \times 10^7$                                     |
| 1,500:500                                         | $0.10 \times 10^7$                                     |

#### องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวหมัก

ผลการนำฟางข้าวมาหมักร่วมกับยีสต์ *S. cerevisiae* ทุกกลุ่มทดลอง พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว (Table 2) ทำให้ค่าโปรตีนหยาบสูงและเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ 1 ฟางข้าวที่ไม่ได้หมักกับยีสต์ ซึ่งการเสริมยีสต์มีชีวิตสามารถกระตุ้นเอนไซม์ของกระเพาะหมักให้มีประสิทธิภาพการดำรงชีพและการเจริญเติบโตยีสต์ และยังช่วยย่อยน้ำตาล และ oligosaccharides ได้ผลผลิตเป็น ethanol, glycerol, peptide และ amino acid ซึ่งจะเป็นแหล่งอาหารสำหรับแบคทีเรีย (Brown et al., 1981) ซึ่งปริมาณโปรตีนรวมที่เพิ่มสูงขึ้นในฟางข้าวมาหมักร่วมกับยีสต์มาจากเซลล์จุลินทรีย์ (single cell protein, SCP) และพบว่าคาร์โบไฮเดรตที่ง่ายอย่างง่าย ในกลุ่มที่ 2 สูงที่สุดคือ 3.68 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ( $P > 0.05$ ) ทั้งนี้ ค่าของWSC เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ประกอบด้วยกลูโคส แลคโตส มอลโตส และทุกกลุ่มทดลอง มีค่าต่ำกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะส่งผลทำให้ค่า pH ของฟางข้าวหมักยีสต์ ในกระบวนการหมักลดลงช้า ทำให้จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการสามารถเจริญเติบโต เกิดการสูญเสียคุณภาพของฟางข้าวหมัก ซึ่งฟางข้าวที่นำมาทดลองเป็นพืชที่แก่ เป็นผลพลอยได้จากการปลูกข้าว ทำให้พบปริมาณน้ำตาลน้อย ซึ่งน้ำตาลเป็นอาหารของจุลินทรีย์ และในพืชอาหารหมักควรมีคาร์โบไฮเดรตที่ง่ายมากกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ในกระบวนการ

หมัก และเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของพืชอาหารหมักที่มีสภาพดีและลักษณะเหมาะสม ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นาน (MaDonald, 1988; เมธา, 2533; Skerman and Riverson, 1990; Longland et al., 2009) นอกจากนี้ยังพบว่า ทุกกลุ่มทดลองค่า NDF มีปริมาณสูง โดยเฉพาะกลุ่มที่ 1 มี NDF สูงที่สุด คือ 66.5 เปอร์เซ็นต์

ของวัตถุแห้ง ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มที่ 2 ที่ NDF ต่ำที่สุด คือ 61.1 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง สอดคล้องกับ วิโรจน์ (2546) กล่าวว่า ในหญ้าหมักจะมีค่า NDF ต่ำกว่าหญ้าที่ไม่ได้หมัก เพราะคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยยาก (cell wall) บางส่วนได้เปลี่ยนเป็นกรดจากกระบวนการหมัก

**Table 2** Nutritive value of fermented rice straw with *Saccharomyces cerevisiae*

| Parameter (% Day matter)   | Rice straw: <i>S. cerevisiae</i> (g: ml.) |                    |                    |                    | S.E.M | P-value |
|----------------------------|-------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|---------|
|                            | No. <i>S.cerevisiae</i>                   | 500:500            | 1,000:500          | 1,500:500          |       |         |
| Moisture                   | 31.00 <sup>b</sup>                        | 36.50 <sup>a</sup> | 37.60 <sup>a</sup> | 37.20 <sup>a</sup> | 2.52  | 0.0001  |
| Ash                        | 10.30 <sup>a</sup>                        | 9.93 <sup>ab</sup> | 9.74 <sup>bc</sup> | 9.42 <sup>c</sup>  | 0.3   | 0.0190  |
| Crude protein              | 1.38 <sup>c</sup>                         | 4.65 <sup>a</sup>  | 3.92 <sup>b</sup>  | 3.80 <sup>b</sup>  | 1.16  | 0.0001  |
| Neutral detergent fiber    | 66.50 <sup>a</sup>                        | 61.10 <sup>c</sup> | 62.20 <sup>b</sup> | 63.20 <sup>b</sup> | 1.85  | 0.0001  |
| Acid detergent fiber       | 31.55 <sup>a</sup>                        | 28.65 <sup>b</sup> | 30.30 <sup>a</sup> | 31.55 <sup>a</sup> | 1.03  | 0.0300  |
| Water soluble carbohydrate | 0.14 <sup>c</sup>                         | 3.73 <sup>a</sup>  | 2.88 <sup>b</sup>  | 2.81 <sup>b</sup>  | 1.22  | 0.0001  |

<sup>abc</sup> Means with symbol with in same row differ significantly (P < 0.01)

### องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวหมักยีสต์

การทดลองการหมักฟางข้าวด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ต่อค่า pH ของฟางข้าวหมักยีสต์ทุกกลุ่มทดลอง (Table 3) มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.62-4.12 เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มควบคุม ค่า pH อยู่ที่ 5.56 โดยเกณฑ์มาตรฐานทางเคมีของหญ้าหมักระดับค่า pH อยู่ระหว่าง 3.5-4.2 (สายัณห์, 2540) ซึ่งค่า pH ในระดับนี้จะทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ทั้งหมดหยุดการทำงาน พืชอาหารหมักมีคุณภาพดี และสามารถเก็บไว้ได้นาน และยังคงสภาพการปราศจากออกซิเจน (Skerman and Riverson, 1990) นอกจากนี้ค่าความเข้มข้น  $\text{NH}_3\text{-N}$  ในกลุ่มควบคุมมีค่า 8.63 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ซึ่งสูงกว่า กลุ่มฟางข้าวหมักยีสต์ทุกกลุ่ม ที่อยู่ระหว่าง 7.73-8.06 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ทั้งนี้เนื่องมาจากกลุ่มควบคุม มีค่า pH ค่อนข้างสูง จึงส่งผลทำให้กระบวนการย่อยสลายโปรตีนในสภาวะขาดอากาศของแบคทีเรียจำพวก *Saccharolytic clostridia* เปลี่ยนกรดอะมิโนเป็นแอมโมเนียมากขึ้น (Weinberg, and Muck, 1996) หญ้าหมักที่มีคุณภาพดีควรมีระดับความเข้มข้น  $\text{NH}_3\text{-N}$  ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด

(Humphreys, 1991) ถ้าสัตว์ได้รับ  $\text{NH}_3\text{-N}$  สูงเกินไปจะทำให้เกิดการสะสมแอมโมเนียในเลือดและอาจทำให้เกิดความเป็นพิษได้ (เมธา, 2533) นอกจากนี้กลุ่มฟางหมักยีสต์ทุกกลุ่มปริมาณกรดแลคติก กรดอะซิติก และกรดโฟลิกเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกลุ่มฟางข้าวที่ไม่ได้หมักยีสต์ ซึ่งแบคทีเรียชนิดนี้สามารถใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate; WSC) ในพืชควรมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้มากกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแบคทีเรียกรดแลคติก ที่มีอยู่ในพืชได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติก (Lactic acid) และกรดอะซิติก (Acetic acid) ส่งผลทำให้หญ้าหมักมีค่า pH ลดลงประมาณ 4.2 หรืออาจต่ำกว่า (เมธา, 2533) นอกจากนี้แบคทีเรียกลุ่มนี้จะมีจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล หากมีปริมาณน้ำตาลในพืชมากและอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะทำให้เกิดกรดแลคติกเร็วขึ้นซึ่งการเพิ่มขึ้นของกรดแลคติก กรดอะซิติก และกรดบิวทิริก จะไปมีผลยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดความเสียหาย และทำให้หญ้าหมักยังคงสภาพดี และเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ไว้เป็นอาหารสัตว์ไว้ได้นาน (กรมปศุสัตว์, 2544; Woolford, 1984)

**Table 3** Chemical composition of fermented rice straw with *Saccharomyces cerevisiae*

| Parameter<br>(% Day matter) | Rice straw: <i>S. cerevisiae</i> (g: ml.) |                   |                    |                   | S.E.M | P-value |
|-----------------------------|-------------------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------|---------|
|                             | No. <i>S.cerevisiae</i>                   | 500:500           | 1,000:500          | 1,500:500         |       |         |
| pH                          | 5.56 <sup>a</sup>                         | 3.93 <sup>c</sup> | 4.26 <sup>b</sup>  | 4.38 <sup>b</sup> | 0.6   | 0.0004  |
| NH <sub>3</sub> -N, mg/dl   | 8.63 <sup>a</sup>                         | 8.06 <sup>a</sup> | 7.97 <sup>a</sup>  | 7.73 <sup>a</sup> | 0.32  | 0.4238  |
| Lactic acid (%)             | 0.25 <sup>c</sup>                         | 2.85 <sup>a</sup> | 2.18 <sup>b</sup>  | 1.70 <sup>b</sup> | 1.32  | 0.0005  |
| Acetic acid (%)             | 0.18 <sup>b</sup>                         | 0.82 <sup>a</sup> | 0.80 <sup>a</sup>  | 0.78 <sup>a</sup> | 0.24  | 0.0085  |
| Propionic acid (%)          | 0.19 <sup>c</sup>                         | 1.88 <sup>a</sup> | 1.52 <sup>ab</sup> | 0.93 <sup>b</sup> | 0.61  | 0.0058  |

<sup>abc</sup> Means with symbol with in same row differ significantly (P<0.05)

### สรุป

การหมักฟางข้าวร่วมกับยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะในกลุ่มที่ 2 ที่ใช้ฟางข้าว 500 กรัม หมักร่วมกับยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* 500 มิลลิลิตร (สัดส่วน 1:1) มีปริมาณโปรตีนหยาบ ค่าคาร์โบไฮเดรตที่ง่าย และกรดแลคติก สูงกว่าทุกกลุ่มทดลอง อย่างไรก็ตามแม้ว่าฟางข้าวมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มสูงขึ้นจากการหมักร่วมกับยีสต์ แต่ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการโดยเฉพาะปริมาณโปรตีนหยาบที่สัตว์เคี้ยวเอื้องต้องการ ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ฟางข้าวมีคุณค่าทางโภชนาการเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการเพิ่มสัดส่วนปริมาณยีสต์ให้สูงขึ้น เพื่อจะสามารถช่วยให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวให้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

ประภาส โลกพันธุ์รัตน์. 2561. การเพาะเลี้ยงยีสต์. ภาควิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เมธาวรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. Dairy Cattle. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เสมอใจ บุรินอก, เฉลิมพล เยื้องกลาง, ไกรสิทธิ์ วสุเพ็ญ, ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาราส, คำสอน สีสะอาด และ Yasuhiro Kawamoto. 2552. การใช้แบคทีเรียกรดแลคติกในน้ำหมักเป็นเชื้อตั้งต้น ในอาหารผสมครบส่วนหมัก. แก่นเกษตร. 37: 245-254.

สายัณห์ ทัดศรี. 2540. พืชอาหารสัตว์เขตร้อนการผลิตและการจัดการ. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemists. 15<sup>th</sup> Edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, AV, USA.

Axelsson, L.T. 1993. Lactic Acid Bacteria : Classification and physiology. In Salminen, S., Ed. Von Wright, A. Lactic Acid Bacteria. Marcel Dekker, New York.



- Bromner, J.M., and D.R. Keeney. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonium nitrate and nitrite. *Anal. Chem. Acta.* 32: 485-495.
- Brown, S.W., S.G. Oliver, D.E.F. Harrison, and R.C. Righelato. 1981. Ethanol inhibition of yeast growth and fermentation: Differences in the magnitude and complexity of the effect. *Applied Microbiology and Biotechnology.* 11: 151-155.
- Driehuis, F., S. J. W. H. Oude Elferink, and P. G. Van Wikselaar. 2001. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. *Grass Forage Sci.* 56: 330-343.
- Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Anal. Chem.* 28: 350-356.
- Fenner, H., and J. M. Elliot. 1963. Quantitative method for determining the steam volatile fatty acids in rumen fluid by gas chromatography. *J. Anim. Sci.* 22: 624-627.
- Filya, I. 2003. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. *J. Dairy Sci.* 86: 3575-3581.
- Griffin, D.H. 1994. *Fungal Physiology* 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley and Sons Publication. U.S.A.
- Humphreys, L.R. 1991. *Tropical Pasture Utilisation.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Longland, A.C., C. Barfoot, and P.A. Harris. 2009. The loss of water soluble carbohydrates and soluble protein from nine different hays soaked in water for up to 16 h°. *J. Equine Vet. Sci.* 29: 383-384.
- McDonald, P., R. A. Edwards, and J. F. D. Greenhalgh. 1988. *Animal Nutrition.* 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., New York. USA.
- Nagodawithana, W. Tilak. Castellano Carmine, and H. Keith. Steinkraus. 1974. Effect of Dissolved Oxygen, Temperature, Initial Cell Count, and Sugar Concentration on the Viability of *Saccharomyces cerevisiae* in Rapid Fermentation. *Applied Microbiology.* 28: 383-391.
- Oude-Elferink, S. J., J. Krooneman, J. C. Gottschal, S. F. Spoelstra, F. Faber, and F. Driehuis. 2001. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1, 2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. *Appl. Environ. Microbiol.* 67:125-132.
- Perdok, H. B., and R. A. Leng. 1990. Effect of supplementation with protein meal on the growth of cattle given a basal diet of untreated or ammoniated rice straw. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 3: 269-279.

- SAS. 2006. STAT User's Guide Release 9.1.3. NC: SAS Inst.
- Skerman, P.J., and F. Riverson. 1990. Tropical Grasses. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutrition Ecology of the Ruminant. 2<sup>nd</sup> Edition. Cornell University Press, USA.
- Weinberg, Z.G., and R.E. Muck. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiological Reviews 19: 53–68.
- Woolford, M.K. 1984. The Silage Fermentation. [Microbiological Series, No.14] New York, NY, USA.