

ผลของยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ต่อค่าโภชนะและค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองของรำละเอียด

Effects of brewer's yeast on nutritional value and *in vitro* digestibility of rice bran

วนิดา เปี้ยทอง^{1*} และ ดร.ณิ ศรีชนะ¹

Wanida Biathong^{1*} and Darunee Srichana¹

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120

¹ Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathumthani 12120, Thailand

* Corresponding author: wanida.305@hotmail.com

Received: date; June 24, 2020 Accepted: date; April 7, 2020 Published: date

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนะ และค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองของรำละเอียดที่หมักร่วมกับน้ำยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ หมักไว้ที่ระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ จากผลการศึกษาพบว่ารำละเอียดที่ไม่มีการหมักน้ำยีสต์มีค่าวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ และไขมัน สูงกว่า ($P<0.05$) รำละเอียดที่หมักร่วมกับน้ำยีสต์ที่ระดับและระยะเวลาต่างๆ โดยพบอยู่ในช่วง 91.45-94.66, 93.03-93.89 และ 16.11-16.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การหมักรำละเอียดด้วยน้ำยีสต์ 30 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 0-4 สัปดาห์ ส่งผลให้รำละเอียดมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด ($P<0.05$) อยู่ในช่วง 22.99-23.57 เปอร์เซ็นต์ และการใช้น้ำยีสต์ 30 เปอร์เซ็นต์ หมักที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำให้รำละเอียดมีปริมาณ NDF ต่ำที่สุด ($P<0.05$) คือ 24.40 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การหมักรำละเอียดร่วมกับน้ำยีสต์ ส่งผลให้ปริมาณ ADF ของมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ($P<0.05$) จากการศึกษาวิจัยพบว่าการหมักรำละเอียดร่วมกับน้ำยีสต์ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาหมัก 3-4 สัปดาห์ ส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ และอินทรีย์วัตถุในหลอดทดลองมีค่าสูงที่สุด ($P<0.05$) อยู่ในช่วง 81.74-82.66 และ 83.19-84.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: รำละเอียด; น้ำยีสต์โรงงานผลิตเบียร์; ค่าโภชนะ; การย่อยได้ในหลอดทดลอง

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate nutritional value and digestibility (*in vitro*) of rice bran fermented with brewer's yeast (BY) at 0, 10, 20 and 30% for 0, 1, 2, 3 and 4 wks. The result data concerning nutritional value showed that dry matter (DM), organic matter (OM) and fat (EE) of rice bran without BY (0-4 weeks) were in the range of 91.45-94.66, 93.03-93.89 and 16.11-16.96%, respectively, and significantly higher than that of the rice bran fermented with BY for 0-4 wks ($P<0.05$). Rice bran fermented with 30% BY (0-4 weeks) had highest ($P<0.05$) crude protein and was in the range of 22.99-23.57% and rice bran fermented with 30% BY (4 weeks) had lowest ($P<0.05$) NDF (24.40%). ADF of rice bran was increased ($P<0.05$) when fermented with BY. Furthermore, it was found that the DM and OM digestibility in *in vitro* of

rice bran fermented with 30% BY at 4 wks were highest ($P<0.05$) which in the range of 81.74-82.66% and 83.19-84.17%, respectively.

Keywords: rice bran; brewer's yeast; nutritional value; *in vitro* digestibility

บทนำ

อุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และต้นทุนค่าอาหารถือเป็นต้นทุนหลักในการเลี้ยงสัตว์ อาหารสัตว์ส่วนใหญ่เป็นวัตถุดิบที่มาจากพืช เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และมันสำปะหลัง เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มาจากผลผลิตพลอยได้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตรด้วย โดยรำละเอียดจัดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ ที่เป็นผลผลิตพลอยได้จากกระบวนการสีข้าว เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทที่ให้โภชนะโปรตีน พลังงาน และแร่ธาตุ (White and Hembry, 1985) ซึ่งมีโปรตีนโดยเฉลี่ยประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ และเป็นอาหารพลังงานที่มีเยื่อใยค่อนข้างสูง (อิธิวัฒน์, 2554) มีการนำรำละเอียดมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์กันอย่างแพร่หลาย แต่ด้วยคุณค่าทางโภชนะที่ต่ำ ทางผู้วิจัยจึงเห็นปัญหาและได้ศึกษาหาแนวทางในการแก้ไขเพื่อปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของรำละเอียดให้ดียิ่งขึ้น

ปัจจุบันมีรายงานการใช้จุลินทรีย์ในการปรับปรุงคุณภาพวัสดุพลอยได้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตรเพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นจำนวนมาก ซึ่งยีสต์เป็นหนึ่งในจุลินทรีย์ที่นิยมนำไปใช้หมักกับวัสดุทางการเกษตรเพื่อปรับปรุงคุณค่าโภชนะ โดยพบว่ายีสต์ที่ได้จากโรงงานเบียร์ซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้จากกระบวนการผลิตเบียร์นั้นเป็นยีสต์ที่มีประโยชน์ และเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพ (สิทธิศักดิ์ และคณะ, 2553) โดยมีรายงานการนำยีสต์จากโรงงานเบียร์หมักร่วมกับกากมันสำปะหลัง พบว่าทำให้กากมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีน และไขมันเพิ่มขึ้น และยังทำให้ปริมาณ NDF และ ADF ลดลงด้วย (Kamphayae et al., 2017) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ในการใช้น้ำยีสต์ที่เป็นผลผลิตพลอยได้จากการกระบวนการผลิตเบียร์หมักร่วมกับรำละเอียด เพื่อการปรับปรุงค่าโภชนะและการย่อยได้ของโภชนะ เป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับรำละเอียดเพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับสัตว์กระเพาะเดี่ยว

วิธีการศึกษา

ดำเนินการทดลองที่ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ บริษัท เครือเจริญโภคภัณฑ์ จำกัด (มหาชน) ระหว่างเดือนมีนาคม 2561 ถึง มกราคม 2562 ในการทดลองนี้ใช้น้ำยีสต์เหลือทิ้งที่ได้จากโรงงานผลิตเบียร์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* จากบริษัทปทุมธานีบริวเวอรี่ จำกัด ซึ่งอยู่ใน ตำบลบางคูวัด อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x5 factorial in CRD มี 2 ปัจจัย คือ (1) ระดับน้ำยีสต์ที่ใช้ในการหมัก มี 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30 %DM และ (2) ระยะเวลาในการหมัก มี 5 ระยะเวลา คือ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ จำนวน 3 ซ้ำ

ซึ่งรำละเอียดใส่ถุงพลาสติกปริมาณ 200 กรัม และเติมน้ำยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ ที่ระดับต่างๆ ผสมตัวอย่างให้เข้ากันมัดปากถุงหลวมๆให้มีอากาศถ่ายเท และวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบกำหนด นำตัวอย่างที่ได้เข้าอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง (โดยการหมักที่ 0 สัปดาห์ให้นำตัวอย่างเข้าอบทันทีเมื่อมีการเติมน้ำยีสต์) จากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร

นำตัวอย่างที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร วิเคราะห์หาค่าโภชนะ ได้แก่ วัตถุแห้ง ใย ไขมัน และโปรตีนรวมตามวิธีของ AOAC (1990) วิเคราะห์หาค่า NDF และ ADF ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970) และประเมินการย่อยได้ของสัตว์กระเพาะเดี่ยวในหลอดทดลองตามวิธีของ Boisen (1991) จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์ค่าโภชนะของน้ำยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์พบว่า มีวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีน และไขมัน เท่ากับ 20.09, 91.84, 47.67 และ 0.91 % ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Nutritional value of brewer’s yeast

DM (%)	OM (%DM)	CP (%DM)	EE (%DM)
20.09	91.84	47.67	0.91

DM: dry matter, OM : organic matter, CP : crude protein, EE: fat

ค่าโภชนะของรำละเอียดที่หมักร่วมกับน้ำยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

จากการศึกษาการหมักรำละเอียดด้วยน้ำยีสต์ที่ระดับและระยะเวลาที่ต่างกันพบว่าระดับของน้ำยีสต์และระยะเวลาที่ใช้ในการหมักมีอิทธิพลต่อปริมาณวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม ไขมัน ADF และ NDF รวมถึงยังพบอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับของน้ำยีสต์กับระยะเวลาในการหมักต่อปริมาณ วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม ไขมัน ADF และ NDF ด้วย โดยพบว่ารำละเอียดที่ไม่มีการหมักน้ำยีสต์ที่ระยะเวลาต่างๆ มีค่าวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุ สูงกว่า ($P<0.05$) รำละเอียดที่หมักร่วมกับน้ำยีสต์ที่ระดับและระยะเวลาต่างๆ โดยพบอยู่ในช่วง 91.45-94.66 และ 93.03-93.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำยีสต์มีค่าวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุที่ต่ำกว่ารำละเอียด (20.09 และ 91.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ; Table 1) จึงทำให้ปริมาณวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุของรำละเอียดที่หมักร่วมกับน้ำยีสต์มีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Kamphayae et al. (2017) ที่รายงานว่าการหมักกากมันสำปะหลังด้วยยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์นั้น ทำให้กากมันสำปะหลังมีวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุลดลง และเมื่อทำการศึกษาเพิ่มระยะเวลาในการหมัก (1-4 สัปดาห์) พบว่าทำให้ปริมาณวัตถุแห้งในรำละเอียดเพิ่มขึ้น และปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง (Table 2) โดยปริมาณวัตถุแห้งที่เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหมัก เป็นผลมาจากในกระบวนการหมักนั้นเป็นแบบระบบเปิด จึงทำให้น้ำในวัสดุหมักระเหยออกมา สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ลดลง อาจเป็นผลมาจากในกระบวนการหมักนั้นยีสต์ต้องใช้ น้ำตาล ไขมัน และกรดอินทรีย์จากวัตถุดิบที่หมักเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานในระหว่างการทำกิจกรรมเมตาบอลิซึม (Raimbault, 1998) ดังนั้นเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นจึงทำให้น้ำยีสต์นำอินทรีย์วัตถุไปใช้มากขึ้น และทำให้รำละเอียดหมักน้ำยีสต์มีอินทรีย์วัตถุลดลง

สำหรับโปรตีนพบว่า การหมักรำละเอียดด้วยน้ำยีสต์ 30 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 0-4 สัปดาห์ ส่งผลให้รำละเอียดมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด ($p<0.05$) อยู่ในช่วง 22.99-23.57 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) เนื่องจากน้ำยีสต์นั้นมีโปรตีนสูงถึง 47.67 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีนจึงเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของน้ำยีสต์ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้น้ำยีสต์ 30 เปอร์เซ็นต์ หมักร่วมกับรำละเอียดจึงทำให้รำละเอียดมีโปรตีนสูงที่สุด สอดคล้องกับ Kamphayae et al. (2017) ที่ใช้น้ำยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์หมักร่วมกับกากมันสำปะหลัง ซึ่งพบว่าการใช้ยีสต์ 30 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มีโปรตีนเพิ่มขึ้นสูงที่สุดคือ 14.1 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อมีการใช้น้ำยีสต์ (30 เปอร์เซ็นต์) หมักรำละเอียดในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเป็น 1-4 สัปดาห์พบว่าปริมาณโปรตีนไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) (ตารางที่ 4.4) นอกจากนี้ยังพบว่ารำละเอียดที่ไม่มีการหมักน้ำยีสต์มีปริมาณไขมันสูงกว่า ($P<0.05$) รำละเอียดที่หมักร่วมกับน้ำยีสต์ที่ระดับและระยะเวลาต่างๆ โดยพบอยู่ในช่วง 16.11-16.96 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) ทั้งนี้เนื่องจากยีสต์มีไขมันที่ต่ำเพียง 0.91 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ปริมาณไขมันในรำละเอียดหมักน้ำยีสต์ลดลง เมื่อศึกษาเพิ่มระยะเวลาในการหมักพบว่าปริมาณไขมันมีแนวโน้มลดลง ($P<0.05$) (Table 2) ซึ่งปริมาณไขมันที่ลดลงอาจเนื่องจากในกระบวนการหมักนั้นยีสต์ต้องใช้ น้ำตาล ไขมัน และกรดอินทรีย์จากวัตถุดิบที่หมักเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานในระหว่างการทำกิจกรรมเมตาบอลิซึม (Raimbault, 1998) ดังนั้นเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นจึงทำให้น้ำยีสต์นำไขมันไปใช้มากขึ้น และทำให้รำละเอียดหมักน้ำยีสต์มีไขมันลดลง

ปริมาณ NDF ในรำละเอียดพบว่าลดลงตามสัดส่วนน้ำยีสต์ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณ ADF ของรำละเอียดที่หมักร่วมกับน้ำยีสต์ที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาต่างๆ มีแนวโน้มสูงกว่า ($P < 0.05$) รำละเอียดที่ไม่มีการหมักน้ำยีสต์ (Table 2) เมื่อทำการเพิ่มระยะเวลาในการหมักพบว่า ระยะเวลาในการหมัก 1 สัปดาห์ส่งผลให้ค่า ADF ในรำละเอียดมีแนวโน้มลดลง และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหมักเป็น 2-4 สัปดาห์ ส่งผลให้ค่า ADF ในรำละเอียดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มระยะเวลาในการหมักยังส่งผลให้ NDF ในรำละเอียดลดลง โดยพบว่าการใช้น้ำยีสต์ 30 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาในการหมัก 4 สัปดาห์ ทำให้รำละเอียดมีปริมาณ NDF ต่ำที่สุด ($p < 0.05$) คือ 20.40 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) ปริมาณ NDF ที่ลดลงเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นอาจเป็นผลมาจากยีสต์ *S. cerevisiae* สามารถผลิตเอนไซม์ hemicellulase (Van Zyl et al., 2007) ซึ่งเอนไซม์นี้จะช่วยย่อย hemicellulose ที่เป็นส่วนประกอบของ NDF ทำให้รำละเอียดหมักน้ำยีสต์มีค่า NDF ลดลง

ค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองของรำละเอียดที่หมักร่วมกับน้ำยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

จากการศึกษาการย่อยได้ของสัตว์กระเพาะเดี่ยวในหลอดทดลองของรำละเอียดที่หมักร่วมกับน้ำยีสต์พบว่าระดับของน้ำยีสต์ที่ใช้ในการหมักมีอิทธิพลต่อการย่อยได้ของวัตถุดิบ และอินทรียวัตถุ สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการหมักพบว่า มีอิทธิพลต่อการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ รวมถึงยังพบอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับของน้ำยีสต์และระยะเวลาในการหมักต่อการย่อยได้ในหลอดทดลองของวัตถุดิบ และอินทรียวัตถุ ด้วย โดยพบว่ารำละเอียดที่ไม่มีการหมักน้ำยีสต์มีค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ และอินทรียวัตถุ ต่ำกว่า ($P < 0.05$) รำละเอียดที่หมักร่วมกับน้ำยีสต์ที่ระดับและระยะเวลาต่างๆ โดยพบอยู่ในช่วง 71.19-71.81 และ 71.82-72.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) สำหรับการเพิ่มระยะเวลาในการหมักพบว่าไม่มีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุดิบ ($p > 0.05$) แต่การเพิ่มระยะเวลาในการหมัก 4 สัปดาห์ ส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น โดยการหมักรำละเอียดร่วมกับน้ำยีสต์ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาหมัก 3-4 สัปดาห์ ส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ และอินทรียวัตถุ มีค่าสูงที่สุด ($P < 0.05$) อยู่ในช่วง 81.74-82.66 และ 83.19-84.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าในระหว่างที่มีการหมักนั้นยีสต์สามารถผลิตเอนไซม์ hemicellulase (Van Zyl et al., 2007) ไปย่อย hemicellulose ที่เป็นส่วนของผนังเซลล์ในรำละเอียด ซึ่งสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถผลิตเอนไซม์มาย่อยได้ การที่ยีสต์สามารถผลิตเอนไซม์นี้ออกมาจึงทำให้รำละเอียดมีการย่อยได้เพิ่มมากขึ้นและช่วยทำให้สัตว์กระเพาะเดี่ยวสามารถนำโภชนาต่างๆ ในรำละเอียดไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

Table 2 Nutritional value of rice bran fermented with brewer’s yeast

brewer’s yeast (%) (A)	Fermented period (week) (B)	DM (%)	OM (%DM)	CP (%DM)	EE (%DM)	ADF (%DM)	NDF (%DM)
0	0	91.45 ^b	93.16 ^b	14.98 ^f	16.96 ^a	9.22 ^e	40.15 ^b
	1	94.39 ^a	93.11 ^b	14.31 ^g	16.73 ^a	9.41 ^{de}	40.45 ^{ab}
	2	94.66 ^a	93.03 ^b	14.25 ^g	16.11 ^{abcd}	9.42 ^{de}	40.78 ^{ab}
	3	94.35 ^a	93.17 ^b	14.92 ^f	16.49 ^{abc}	9.15 ^e	40.20 ^b
	4	94.47 ^a	93.89 ^a	14.23 ^g	16.56 ^{abc}	9.38 ^e	41.09 ^a
10	0	61.12 ^f	92.79 ^c	17.69 ^{de}	15.32 ^{def}	9.49 ^{de}	36.60 ^c
	1	60.31 ^g	92.26 ^d	18.62 ^c	14.55 ^{efgh}	9.37 ^e	34.87 ^d
	2	63.95 ^e	92.65 ^c	18.22 ^{cd}	15.51 ^{cde}	9.51 ^{de}	35.35 ^d
	3	65.15 ^d	92.41 ^d	18.13 ^{cd}	13.75 ^{ghij}	9.35 ^e	37.13 ^c
	4	65.89 ^c	92.44 ^d	17.34 ^e	13.47 ^{hij}	9.39 ^e	36.90 ^c
20	0	48.56 ⁱ	92.32 ^d	20.41 ^b	15.70 ^{bcd}	9.44 ^{de}	35.28 ^d
	1	48.48 ⁱ	92.04 ^e	20.74 ^b	14.27 ^{fghi}	9.43 ^{de}	30.67 ^f
	2	48.86 ⁱ	91.85 ^{efg}	20.85 ^b	14.57 ^{efg}	10.49 ^{abc}	31.73 ^e
	3	49.60 ^h	91.60 ^h	20.66 ^b	13.98 ^{ghij}	10.49 ^{abc}	31.73 ^e
	4	49.94 ^h	92.03 ^e	20.33 ^b	13.81 ^{ghij}	10.23 ^{bc}	28.97 ^g
30	0	40.84 ^l	92.24 ^d	22.99 ^a	15.24 ^{def}	10.74 ^{ab}	29.12 ^g
	1	41.79 ^k	91.93 ^{ef}	23.57 ^a	14.41 ^{fghi}	10.05 ^{cd}	28.94 ^g
	2	42.17 ^k	92.01 ^{ef}	23.51 ^a	13.03 ^j	10.94 ^a	29.83 ^g
	3	42.78 ^j	91.82 ^{fg}	23.55 ^a	13.36 ^{ij}	10.36 ^{abc}	29.01 ^g
	4	42.76 ^j	91.68 ^{gh}	23.06 ^a	13.13 ^j	10.56 ^{abc}	24.40 ^h
SE		0.20	0.07	0.19	0.32	0.20	0.28
CV		0.55	0.13	1.68	3.77	3.52	1.43
(A)		**	**	**	**	**	**
(B)		**	**	**	**	*	**
AxB		**	**	**	*	*	**

^{a-l} Superscript with different letters within columns differed (P<0.05).

** : P<0.01; * : P<0.05; A: BY; B: fermented period

DM: dry matter, OM : organic matter, CP : crude protein, EE: fat, ADF: acid detergent fiber,

NDF: neutral detergent fiber

Table 3 Digestibility in monogastric animal (*in vitro*) of rice bran fermented with brewer's yeast

brewer's yeast (%) (A)	Fermented period (week) (B)	DM (%)	OM (%)
0	0	71.81 ^g	72.17 ^e
	1	71.44 ^g	71.82 ^e
	2	71.38 ^g	72.69 ^e
	3	71.19 ^g	72.10 ^e
	4	71.31 ^g	72.73 ^e
10	0	79.60 ^{cde}	80.30 ^{cd}
	1	77.27 ^f	78.81 ^d
	2	78.88 ^{de}	79.36 ^{cd}
	3	78.90 ^{de}	80.28 ^{cd}
	4	78.91 ^{de}	79.53 ^{cd}
20	0	77.36 ^f	79.31 ^{cd}
	1	79.22 ^{de}	80.40 ^c
	2	78.98 ^{de}	80.66 ^c
	3	78.91 ^{de}	79.84 ^{cd}
	4	78.61 ^{ef}	80.56 ^c
30	0	80.95 ^{bc}	82.68 ^b
	1	81.07 ^{bc}	82.04 ^b
	2	80.34 ^{bcd}	80.09 ^{cd}
	3	81.74 ^{ab}	83.19 ^{ab}
	4	82.66 ^a	84.17 ^a
SE		0.52	0.54
CV		0.96	0.97
(A)		**	**
(B)		NS	*
AxB		*	**

^{a-g} Superscript with different letters within columns differed ($P < 0.05$).

** : $P < 0.01$; * : $P < 0.05$; NS: not significant; A: BY; B: fermented period

DM: dry matter, OM : organic matter

สรุป

การใช้น้ำยีสต์ที่เป็นผลผลิตพลอยได้จากกระบวนการผลิตเบียร์หมักร่วมกับรำละเอียด พบว่าช่วยปรับปรุงค่าโภชนะและค่าการย่อยได้ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวให้ดีขึ้น เป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับรำละเอียดและสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับสัตว์กระเพาะเดี่ยวได้ โดยการใช้น้ำยีสต์ 30 เปอร์เซ็นต์ หมักร่วมกับรำละเอียด ที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำให้รำละเอียดมีค่าโภชนะโปรตีนสูงที่สุด และมี NDF ต่ำที่สุด ทำให้การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุในสัตว์กระเพาะเดี่ยวเพิ่มขึ้นสูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- สิทธิศักดิ์ คำผา, อุทัย โคตรตก และ สมมาศ อธิรัตน์. 2553. การศึกษาการเพิ่มคุณค่ากากมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลทและไขมันสำปะหลังเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารชั้นที่มีไขมันเส้นเป็นองค์ประกอบระดับสูงต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนและประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในโคเนื้อ. งานวิจัยคุณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- อธิปวัฒน์ ปลื้มกลาง. 2554. การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพการผลิตของโคนมที่ได้รับอาหารที่มีรำข้าวที่ผ่านกระบวนการผลิตต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- AOAC. 1990. Official Method of Analysis. 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, V.A.
- Boisen, S. 1991. A model for feed evaluation on in vitro digestible dry matter and protein. P.135-145 In: M. F. Fuller. *In vitro* Digest in Pigs and Poultry. Common Wealth Agriculture Bureaux International, Slough.
- Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications). U.S. Government Printing Office, Washington DC.
- Kamphayae, S., H. Kumagai, W. Anghong, R. Narmseelee, and S. Bureenok. 2017. Effects of different ratios and storage periods of liquid brewer's yeast mixed with cassava pulp on chemical composition, fermentation quality and in vitro ruminal fermentation. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 30: 470-478
- Raimbault, M. 1998. General and microbiological aspects of solid substrate fermentation. *Electron. J. Biotechnol.* 1: 174-188.
- Van Zyl, W.H., L. R. Lynd, R. den Haan, and J. E. McBride. 2007. Consolidated bioprocessing for bioethanol production using *saccharomyces cerevisiae*. *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.* 108: 205-235.
- White, T. W. and F. G. Hembry. 1985. Rice by-products in ruminant rations. *Louisiana Agric. Exp. Stn. Bull.* 771: 1-18.