บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาคุณค่าทางโภชนะของรำสกัดน้ำมัน เพื่อเป็นอาหารสัตว์ด้วยยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

Development of Nutritional Value of Defatted Rice Bran for Animal Feed Using Brewer's Yeast

วนิดา เบี้ยทอง และดรุณี ศรีชนะ*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Wanida Biathong and Darunee Srichana*

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,
Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Received: May 23, 2019; Accepted: June 16, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนะ และค่าการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการของรำสกัดน้ำมันที่หมักร่วมกับน้ำยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ ที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 %DM หมักไว้ที่ระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าคุณค่าทางโภชนะของรำสกัดน้ำมันที่หมักร่วมกับยีสต์ที่ระดับและระยะเวลาต่าง ๆ มีค่าอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) รวมทั้งมีปริมาณวัตถุแห้งและ ADF ลดลง ($p<0.05$) ขณะที่การหมักรำสกัดน้ำมันด้วยยีสต์ที่ระดับ 30 % ระยะเวลา 2-3 สัปดาห์ ทำให้มีค่าโปรตีนสูงที่สุดอยู่ในช่วง 25.03-25.42 % และการหมักรำสกัดน้ำมันด้วยยีสต์ที่ระดับ 30 % ระยะเวลา 1-2 สัปดาห์ ทำให้มีค่า NDF ต่ำที่สุดอยู่ในช่วง 43.26-43.35 % สำหรับค่าการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนพบว่าการหมักรำสกัดน้ำมันร่วมกับยีสต์ที่ระดับ 30 % เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุมีค่าสูงที่สุด คือ 56.97 และ 55.36 % ตามลำดับ ขณะที่การหมักรำสกัดน้ำมันร่วมกับยีสต์ 30 % ระยะเวลา 3-4 สัปดาห์ ทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในสัตว์กระเพาะเดี่ยวมีค่าสูงที่สุด ($p<0.05$) อยู่ในช่วง 62.63-62.86 % และการใช้ยีสต์ 30 % หมักที่ระยะเวลา 2-4 สัปดาห์ ช่วยทำให้ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในสัตว์กระเพาะเดี่ยวมีค่าสูงที่สุด ($p<0.05$) อยู่ในช่วง 62.11-62.51 % การศึกษานี้จึงสรุปว่าการใช้ยีสต์ที่ระดับ 30 % หมักเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำให้รำสกัดน้ำมันมีค่าโภชนะเพิ่มขึ้น และการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนและการย่อยได้ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวเพิ่มขึ้นสูงที่สุด

คำสำคัญ : รำสกัดน้ำมัน; ยีสต์เหลือทิ้งจากโรงงานผลิตเบียร์; คุณค่าทางโภชนะ; การย่อยได้

**Corresponding author: dsr@tu.ac.th*
DOI: 10.14456/tjst.2019.66

Abstract

The objective of this study was to evaluate the nutritional value and digestibility of defatted rice bran fermented with Brewer's yeast (BY) at 0, 10, 20 and 30 % for 0, 1, 2, 3 and 4 weeks. The result data concerning nutritional value showed that organic matter (OM) of defatted rice bran fermented with BY for 0-4 weeks was increased ($p < 0.05$), whereas dry matter (DM) and acid detergent fiber (ADF) of defatted rice bran fermented with BY for 0-4 weeks were decreased ($p < 0.05$). Defatted rice bran fermented with 30 % BY (2-3 weeks) had highest ($p < 0.05$) crude protein with the range of 25.03-25.42 % and defatted rice bran fermented with 30 % BY (1-2 weeks) had lowest ($p < 0.05$) neutral detergent fiber (NDF) with the range of 43.26-43.35 %. The ruminal digestibility *(in vitro)* of DM (56.97 %) and OM (55.36 %) of defatted rice bran fermented with 30 % BY at 4 weeks were high ($p < 0.05$). Furthermore, it was found that the DM digestibility in monogastric animal *(in vitro)* of defatted rice bran fermented with 30 % BY (3-4 weeks) and OM digestibility in monogastric animal of defatted rice bran fermented with 30 % BY (2-4 weeks) were highest ($p < 0.05$) with the range of 62.63-62.86 and 62.11-62.51 %, respectively. It was concluded that nutritional value of defatted rice bran was increased, whereas ruminal digestibility and digestibility in monogastric animal of defatted rice bran were maximized when fermented with BY at 30 % for 4 weeks.

Keywords: defatted rice bran; brewer's yeast; nutritional value; digestibility

1. คำนำ

ข้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย โดยพบว่าในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวได้สูงถึง 31.8 ล้านตัน โดยมีปริมาณข้าวสารที่ผลิตได้ในประเทศประมาณ 18.60 ล้านตัน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ผลผลิตข้าวสูงนี้ทำให้เกิดผลพลอยได้จากกระบวนการขัดสีข้าวเปลือกสูงด้วย โดยการขัดสีข้าวเปลือก 100 กิโลกรัม จะได้ข้าวสาร 54 กิโลกรัม ข้าวหัก 19 กิโลกรัม รำหยาบ 10 กิโลกรัม รำละเอียด 1 กิโลกรัม และแกลบ 20 กิโลกรัม (Krochta, 1994) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณข้าวสารในประเทศไทยที่ผลิตได้ในปี พ.ศ. 2560 พบว่าจะได้รำหยาบและรำละเอียด 3.44 และ 0.34 ล้านตัน ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่สูงมาก โดยพบว่ารำสกัดน้ำมันเกิดขึ้นจากการนำเอารำสดมาสกัดเอาน้ำมันออก จัดเป็นผลพลอยได้จากโรงงานน้ำมันรำข้าว เมื่อสกัดน้ำมันออกแล้ว สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ แต่ก็มีข้อจำกัดในการใช้ คือ มีพลังงานต่ำ ถ้าใช้ในปริมาณที่สูงจะทำให้อาหารที่ได้ฟ่าม ทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลง และได้รับพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลให้สัตว์มีอัตราการเจริญเติบโตลดลงด้วย (บรรจบ, 2542)

ปัจจุบันมีรายงานการใช้จุลินทรีย์ในการปรับปรุงคุณภาพวัสดุพลอยได้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร เพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นจำนวนมาก ซึ่งยีสต์เป็นหนึ่งในจุลินทรีย์ที่นิยมนำไปใช้หมักกับวัสดุทางการเกษตรเพื่อปรับปรุงคุณค่าโภชนะ เช่น วลัยลักษณ์ (2554) รายงานการใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในการหมักกากมันสำปะหลัง ซึ่งช่วยให้มันสำปะหลังมีค่าโภชนะโปรตีนเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ ปิ่น และอัจฉรา (2554) รายงานการใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* ในการหมักกากปาล์มและกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม

น้ำมัน ส่งผลให้กากปาล์มและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีค่าโภชนะโปรตีนเพิ่มขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่ายีสต์ที่ได้จากโรงงานเบียร์ ซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้จากกระบวนการผลิตเบียร์นั้น เป็นยีสต์ที่มีประโยชน์ เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพ สามารถย่อยสลายทันที และยังมีกากของวัสดุที่ใช้ในการทำเบียร์ติดมาด้วย ทำให้คุณค่าอาหารที่มีในน้ำยีสต์นั้นมีคุณค่าสูง และเหมาะอย่างยิ่งที่จะนำมาทำเป็นอาหารสัตว์ (สิทธิศักดิ์ และคณะ, 2553) มีรายงานการนำยีสต์จากโรงงานเบียร์หมักร่วมกับกากมันสำปะหลัง ส่งผลให้กากมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) นอกจากนี้วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ NDF และ ADF ก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ตามสัดส่วนของยีสต์ที่เพิ่มขึ้นด้วย (Kamphayae *et al*., 2017)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ในการใช้ยีสต์ที่เป็นผลผลิตพลอยได้จากกระบวนการผลิตเบียร์หมักร่วมกับรำสกัดน้ำมัน เพื่อการปรับปรุงค่าโภชนะและการย่อยได้ของโภชนะ เป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับรำสกัดน้ำมัน เพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องและสัตว์กระเพาะเดี่ยว

2. วิธีการศึกษา

การทดลองครั้งนี้ใช้น้ำยีสต์เหลือทิ้งที่ได้จากโรงงานผลิตเบียร์สายพันธุ์ *S. cerevisiae* จากบริษัท ปทุมธานีบริวเวอรี่ จำกัด ซึ่งอยู่ในตำบลบางคูวัต อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

2.1 การออกแบบการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 4 x 5 factorial in CRD มี 2 ปัจจัย คือ (1) ระดับยีสต์ที่ใช้ มี 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30 %DM และ (2) ระยะเวลาในการหมัก มี 5 ระดับ คือ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

2.2 การหมักรำสกัดน้ำมันด้วยยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

ชั่งรำสกัดน้ำมันใส่ลงในถุงพลาสติกปริมาณ 200 กรัม และเติมน้ำยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ ที่ระดับต่าง ๆ ผสมตัวอย่างให้เข้ากันมัดปากถุงหลวม ๆ ให้มีอากาศถ่ายเท และวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบกำหนด นำตัวอย่างที่ได้เข้าอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง (โดยการหมักที่ 0 สัปดาห์ ให้นำตัวอย่างเข้าอบทันทีเมื่อมีการเติมยีสต์) จากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 2 และ 1 มิลลิเมตร

2.3 การศึกษาคุณค่าทางโภชนะ

นำตัวอย่างบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าโภชนะ ได้แก่ วัตถุแห้ง เถ้า และโปรตีนรวม ตามวิธีของ AOAC (1990) และวิเคราะห์หาค่า NDF และ ADF ตามวิธีของ Goering และ van Soest (1970)

2.4 การศึกษาค่าการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน

ประเมินการย่อยได้ของโภชนะในกระเพาะรูเมนโดยวิธีการเพาะเลี้ยงแบบแบชคัลเจอร์ (batch culture) ตามวิธีของ Srichana และคณะ (2014) โดยนำตัวอย่างที่บดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ชั่งตัวอย่างแห้ง 3 กรัม ใส่ลงในฟลาสก์ (flask) เติมของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคนมในอัตรา 1 : 3 ในสภาพไร้ออกซิเจน และบ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในตู้บ่มแบบเขย่าแนวราบ (obital incubator) แล้วจึงกรองตัวอย่างจากฟลาสก์ แล้วนำไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้งและเถ้า เพื่อคำนวณหาค่าการย่อยได้วัตถุแห้งและอินทรีวัตถุ

2.5 การศึกษาค่าการย่อยได้ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว

ประเมินการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์กระเพาะเดี่ยวในห้องปฏิบัติการ ตามวิธีของ Boisen (1991) โดยนำตัวอย่างที่ได้บดผ่านตะแกรงขนาด 1

มิลลิเมตร ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติม phosphate buffer 1 (0.1 M, pH 6.0) 25 มิลลิลิตร และ 0.2 M HCl 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ปรับ pH ด้วย 1 M HCl ให้มี pH 2.0 ก่อนเติมเอนไซม์เปปซิน (pepsin) 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนด เติม phosphate buffer 2 (0.2 M, pH 6.8) 10 มิลลิลิตร และ NaOH (0.6 M) 5 มิลลิลิตร แล้วปรับ pH ด้วย 1 M NaOH ให้มี pH 6.8 ก่อนเติมเอนไซม์แพนครีเอติน (pancreatin) 1 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนด เติม 0.2 M EDTA 10 มิลลิลิตร และปรับ pH ด้วย 30 % acetic acid ให้มี pH 4.8 จากนั้นเติม viscozyme 0.5 มิลลิลิตร เมื่อครบนำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยมากรองและอบแห้งที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง บดผ่านตะแกรงและนำไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้งและเถ้า เพื่อคำนวณหาค่าการย่อยได้วัตถุแห้งและอินทรีวัตถุ

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยโปรแกรมสำเร็จรูป (SAS, 2004)

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

3.1 ค่าโภชนะของยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

การวิเคราะห์ค่าโภชนะของยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์พบว่ามีวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน และไขมัน เท่ากับ 20.09, 91.84, 47.67 และ 0.91 % ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

3.2 ค่าโภชนะของรำสกัดน้ำมันที่หมักร่วมกับยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

การศึกษาพบว่าระดับของยีสต์ที่ใช้ในการหมักมีอิทธิพลต่อปริมาณวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ADF และ NDF โดยพบว่ารำสกัดน้ำมันที่หมักร่วมกับยีสต์มีวัตถุแห้งและ NDF ลดลง ($p < 0.01$) และมีโปรตีนเพิ่มขึ้น ($p < 0.01$) ตามสัดส่วนของยีสต์ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่ารำสกัดน้ำมันที่ไม่มีการหมักยีสต์มีค่าอินทรียวัตถุที่ต่ำกว่า ($p < 0.01$) และมีค่า ADF ที่สูงกว่า ($p < 0.01$) รำสกัดน้ำมันที่หมักร่วมกับยีสต์ที่ระดับต่าง ๆ (ตารางที่ 2 และรูปที่ 1) สอดคล้องกับรายงานของ Kamphayae และคณะ (2017) ที่นำยีสต์จากโรงงานเบียร์หมักร่วมกับกากมันสำปะหลัง ส่งผลให้กากมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) และมีปริมาณวัตถุแห้ง NDF และ ADF ลดลง ($p < 0.05$) ตามสัดส่วนของยีสต์ที่เพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ วลัยลักษณ์ (2554) ที่ศึกษาการใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* ในการหมักกากมันสำปะหลัง ซึ่งช่วยให้มันสำปะหลังมีค่าโภชนะโปรตีนเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ ปิ่น และอัจฉรา (2554) ที่รายงานการใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* ในการหมักกากปาล์มและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้กากปาล์มและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีโปรตีนเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ตารางที่ 1 ค่าโภชนะของยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

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

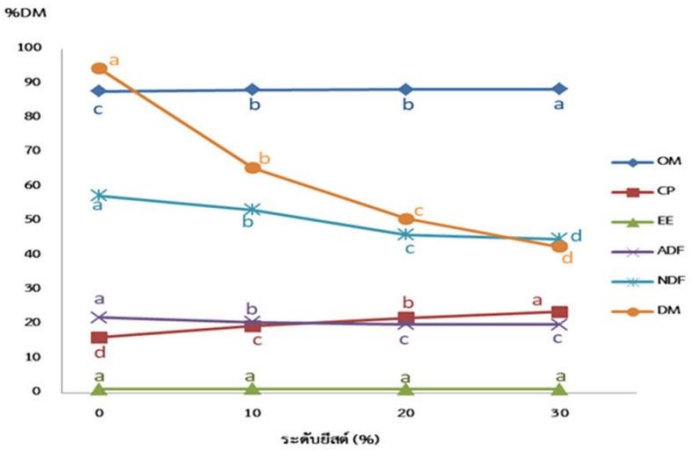
เมื่อศึกษาการเพิ่มระยะเวลาในการหมัก พบว่าระยะเวลาหมักมีอิทธิพลต่อปริมาณวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ADF และ NDF โดยการเพิ่มระยะเวลาหมัก 1-3 สัปดาห์ ส่งให้รำสกัดน้ำมันมีวัตถุแห้งลดลง ($p < 0.01$) ในขณะที่ปริมาณ ADF เพิ่มขึ้น ($p < 0.01$) เมื่อหมักรำสกัดน้ำมันที่ระยะเวลา 2-4 สัปดาห์ นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มระยะเวลา

หมัก 1-4 สัปดาห์ ส่งผลให้รำสกัดมีปริมาณอินทรียวัตถุ และ NDF ลดลง ($p < 0.01$) และโปรตีนเพิ่มขึ้น ($p < 0.01$) (ตารางที่ 2, รูปที่ 2) โดยปริมาณอินทรียวัตถุที่ลดลงเป็นผลมาจากในกระบวนการหมักนั้นยีสต์ต้องใช้น้ำตาล ไขมัน และกรดอินทรีย์จากวัตถุดิบที่หมักเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานในระหว่างการทำกิจกรรมเมตาบอลิซึม (Raimbault, 1998) ดังนั้นเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นจึงทำให้ยีสต์นำอินทรียวัตถุไปใช้มากขึ้น และทำให้รำสกัดน้ำมันหมักยีสต์มีอินทรียวัตถุลดลง สำหรับปริมาณ NDF ที่ลดลงเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากยีสต์ *S. cerevisiae* สามารถผลิตเอนไซม์ hemicellulase (van Zyl *et al*., 2007) โดยเอนไซม์นี้จะย่อย hemicellulose ที่เป็นส่วนประกอบของ NDF ทำให้รำสกัดน้ำมันหมักยีสต์มีค่า NDF ลดลง ปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากยีสต์มีการเพิ่มจำนวนขึ้นจากการใช้รำสกัดน้ำมันเป็นแหล่งอาหาร

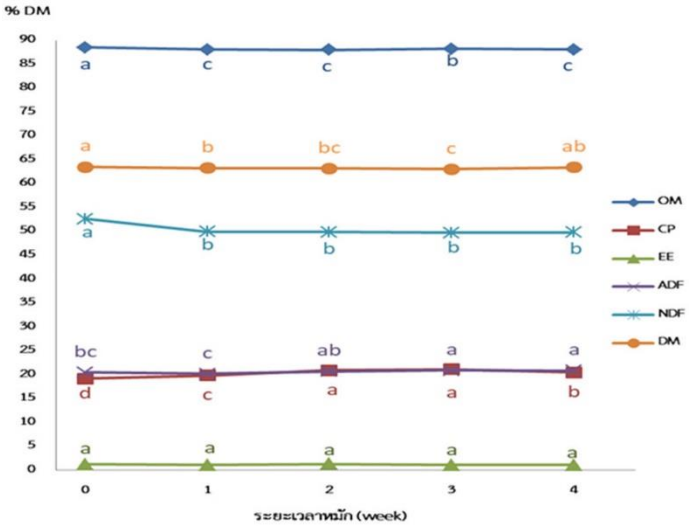
ตารางที่ 2 ค่าโภชนะของรำสกัดน้ำมันที่หมักร่วมกับยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

ระดับยีสต์ (%DM) (A)	ระยะเวลาหมัก (สัปดาห์) (B)	DM (%)	OM (%DM)	CP (%DM)	EE (%DM)	ADF (%DM)	NDF (%DM)
0	0	94.32[1/bc]	87.99[fgh]	16.31[ij]	1.15	21.93[abc]	57.39[a]
	1	94.77[a]	87.95[ghi]	15.98[j]	1.10	21.90[abc]	57.95[a]
	2	94.87[a]	87.75[i]	16.59[i]	1.56	22.62[a]	57.37[a]
	3	94.63[ab]	87.92[hi]	16.09[ij]	1.02	21.90[abc]	57.28[a]
	4	93.95[c]	87.82[hi]	16.09[ij]	0.99	22.00[ab]	57.28[a]
10	0	65.02[e]	88.56[b]	19.57[g]	1.42	20.50[d]	55.05[b]
	1	65.27[e]	88.23[de]	18.75[h]	1.22	20.05[def]	53.65[c]
	2	65.36[e]	88.04[efgh]	19.41[g]	1.05	20.07[def]	53.11[c]
	3	65.40[e]	88.22[def]	20.50[ef]	1.06	21.34[bc]	52.94[c]
	4	66.33[d]	88.31[cd]	19.58[g]	1.09	21.22[c]	52.07[d]
20	0	51.65[f]	88.62[b]	20.12[f]	1.23	20.06[def]	49.69[e]
	1	50.73[g]	88.15[defg]	21.15[d]	1.07	19.43[f]	45.10[gh]
	2	50.31[h]	88.21[def]	22.81[c]	1.36	20.21[def]	45.77[g]
	3	49.94[h]	88.52[bc]	22.72[c]	1.13	20.30[de]	44.88[ghi]
	4	51.02[g]	88.22[def]	22.63[c]	1.18	20.13[def]	45.10[gh]
30	0	43.20[i]	89.02[a]	20.71[de]	1.19	19.56[ef]	48.58[f]
	1	42.52[j]	88.21[def]	23.43[b]	1.03	19.68[ef]	43.35[j]
	2	42.42[j]	88.27[de]	25.03[a]	1.14	19.90[def]	43.26[j]
	3	42.33[j]	88.50[bc]	25.42[a]	1.06	20.22[de]	44.06[ij]
	4	42.53[j]	88.27[de]	23.68[b]	1.15	20.18[def]	44.79[hi]
SE		0.14	0.07	0.17	0.15	0.23	0.30
CV		0.39	0.14	1.45	22.12	1.97	1.03
(A)		**	**	**	NS	**	**
(B)		**	**	**	NS	**	**
A x B		**	**	**	NS	*	**

[1/] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งตามอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.05$); ** = $p < 0.01$; * = $p < 0.05$; NS = not significant; A = ระดับยีสต์; B = ระยะเวลาหมัก



รูปที่ 1 อิทธิพลของระดับยีสต์ต่อค่าโภชนะของรำสกัดน้ำมัน



รูปที่ 2 อิทธิพลของระยะเวลาหมักต่อค่าโภชนะของรำสกัดน้ำมัน

การศึกษานี้ยังพบอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับของยีสต์กับระยะเวลาในการหมักต่อปริมาณวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ADF และ NDF ด้วย โดยพบว่ารำสกัดน้ำมันที่ไม่มีการหมักยีสต์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ มีค่าอินทรียวัตถุที่ต่ำกว่า ($p<0.05$) และมีค่า ADF ที่สูงกว่า ($p<0.05$) รำสกัดน้ำมันที่หมักร่วมกับยีสต์ที่ระดับและระยะเวลาต่าง ๆ โดยพบอยู่ในช่วง 87.75-87.99 และ 21.90-22.62 % ตามลำดับ ในขณะที่การหมักรำสกัดน้ำมันด้วยยีสต์ที่ระดับ 30 % ระยะเวลา 2-3 สัปดาห์ จะทำให้รำสกัดน้ำมันมีค่าโปรตีนสูงที่สุดอยู่ในช่วง 25.03-25.42 % และการหมักรำสกัดน้ำมันด้วยยีสต์ที่ระดับ 30 % ระยะเวลา 1-2 สัปดาห์ จะทำให้มีค่า NDF ต่ำที่สุดอยู่ในช่วง 43.26-43.35 % (ตารางที่ 2)

3.3 การย่อยได้ในกระเพาะรูเมนของรำสกัดน้ำมันที่หมักร่วมกับยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

การศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนของรำสกัดน้ำมันที่หมักร่วมกับยีสต์ พบว่าระดับของยีสต์และระยะเวลาที่ใช้ในการหมักมีอิทธิพลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ โดยพบว่าความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) เมื่อ

ระดับของยีสต์ในการหมักเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหมักพบว่าการหมักรำสกัดน้ำมันร่วมกับยีสต์ที่ระยะเวลาในการหมัก 3 และ 4 สัปดาห์ ทำให้ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุเพิ่มสูงขึ้น โดยเพิ่มสูงที่สุด ($p < 0.05$) เมื่อหมักที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์ นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับของยีสต์กับระยะเวลาในการหมักต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุด้วย โดยการหมักรำสกัดน้ำมันร่วมกับยีสต์ที่ระดับ 30 % เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จะทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุมีค่าสูงที่สุด คือ 56.97 และ 55.36 % ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ทั้งนี้เนื่องจากยีสต์มีศักยภาพในการเป็นแหล่ง probiotic ในสัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในกระเพาะรูเมน และยังเป็นแหล่งของ growth factor ของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย (สินีนาฏ และเมธา, 2558) จึงทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของรำสกัดน้ำมันหมักยีสต์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ กฤษฎา (2551) ที่รายงานว่าการใช้มันเส้นหมักยีสต์ทดแทนกากถั่วเหลืองในโค ส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) จาก 64.0 เป็น 69.2 และ 67.8 เป็น 75.0 % ตามลำดับ

3.4 การย่อยได้ในสัตว์กระเพาะเดี่ยวของรำสกัดน้ำมันที่หมักร่วมกับยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

การศึกษาการหมักรำสกัดน้ำมันด้วยยีสต์ที่ระดับและระยะเวลาที่ต่างกัน พบว่าระดับของยีสต์และระยะเวลาที่ใช้ในการหมักมีอิทธิพลต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุในสัตว์กระเพาะเดี่ยว โดยพบว่าความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) เมื่อหมักรำสกัดน้ำมันร่วมกับยีสต์ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการหมักพบว่าการหมักที่ระยะเวลา 2-4 สัปดาห์ ทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับของยีสต์กับระยะเวลาในการหมักต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ โดยการหมักรำสกัดน้ำมันร่วมกับยีสต์ 30 % ระยะเวลา 3-4 สัปดาห์ ช่วยทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งมีค่าสูงที่สุด ($p < 0.05$) อยู่ในช่วง 62.63-62.86 % และการใช้ยีสต์ 30 % หมักที่ระยะเวลา 2-4 สัปดาห์ ช่วยทำให้ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุมีค่าสูงที่สุด ($p < 0.05$) อยู่ในช่วง 62.11-62.51 % (ตารางที่ 3) การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว ชี้ให้เห็นว่าในระหว่างที่มีการหมักนั้นยีสต์สามารถผลิตเอนไซม์ hemicellulase (van Zyl *et al*., 2007) ไปย่อย hemicellulose ซึ่งเป็นส่วนของผนังเซลล์ในรำสกัดน้ำมัน จึงทำให้รำสกัดน้ำมันมีการย่อยได้เพิ่มมากขึ้น และช่วยทำให้สัตว์กระเพาะเดี่ยวสามารถนำโภชนะต่าง ๆ ในรำสกัดน้ำมันไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

4. สรุป

การใช้ยีสต์ 30 % หมักร่วมกับรำสกัดน้ำมันที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำให้รำสกัดน้ำมันมีโปรตีนเพิ่มขึ้น และมี NDF ลดลง และทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุในกระเพาะรูเมน รวมถึงการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุในสัตว์กระเพาะเดี่ยวเพิ่มขึ้นสูงที่สุด ซึ่งการใช้ยีสต์ที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์นี้ จะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการผลิตแหล่งอาหารคุณภาพดีให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องและสัตว์กระเพาะเดี่ยว

5. รายการอ้างอิง

กฤษฎา บุญนพ, 2551, การศึกษากระบวนการผลิตและการใช้ประโยชน์ของโปรตีนจากมันเส้นหมักยีสต์ต่อกระบวนการหมัก การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน และความสามารถในการย่อย

ได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

บรรจบ ไชยโยธา, 2542, การศึกษาการใช้รำสกัดน้ำมันและรำสตาบิไลซ์ ทดแทนรำละเอียดในอาหารไก่เนื้อและนกกระทา, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ปิ่น จันจุฬา และอัจฉรา เพ็งหนู, 2554, การผลิตและการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเพิ่มโปรตีนโดยกระบวนการหมักด้วยเชื้อยีสต์เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง, คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 39 น.

ตารางที่ 3 ค่าการย่อยได้ (*in vitro*) ของรำสกัดน้ำมันที่หมักร่วมกับยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

ระดับยีสต์ (%DM) (A)	ระยะเวลาหมัก (สัปดาห์) (B)	การย่อยได้ในกระเพาะรูเมน		การย่อยได้ในสัตว์กระเพาะเดี่ยว	
		DM (%)	OM (%)	DM (%)	OM (%)
0	0	32.81[1/g]	32.66[h]	58.19[ghi]	58.24[gh]
	1	32.22[g]	30.54[h]	57.79[hi]	58.12[gh]
	2	32.48[g]	30.97[h]	58.53[fghi]	58.07[gh]
	3	32.00[g]	30.55[h]	58.63[fghi]	58.72[fgh]
	4	32.55[g]	31.61[h]	58.71[efghi]	58.52[fgh]
10	0	37.18[f]	36.60[g]	59.70[cdef]	59.45[defg]
	1	37.28[f]	36.47[g]	57.59[i]	56.25[i]
	2	37.08[f]	36.21[g]	60.03[cd]	59.27[efgh]
	3	43.48[d]	41.53[de]	59.23[cdefg]	57.77[h]
	4	45.11[d]	43.12[d]	60.32[bc]	58.45[gh]
20	0	39.95[ef]	39.38[ef]	58.89[defgh]	58.90[fgh]
	1	40.67[e]	39.48[ef]	60.17[cd]	59.07[efgh]
	2	40.42[e]	38.20[fg]	60.22[c]	58.30[gh]
	3	49.49[c]	48.03[c]	59.70[cdef]	59.98[def]
	4	55.41[ab]	52.95[b]	59.78[cdef]	60.47[cde]
30	0	38.70[ef]	40.25[ef]	59.92[cde]	61.41[abc]
	1	40.27[e]	39.33[ef]	59.99[cd]	60.87[bcd]
	2	40.84[e]	39.96[ef]	61.38[b]	62.51[a]
	3	54.03[b]	53.03[b]	62.63[a]	62.11[ab]
	4	56.97[a]	55.36[a]	62.86[a]	62.34[a]
SE		0.74	0.72	0.45	0.46
CV		2.54	2.54	1.08	1.34
(A)		**	**	**	**
(B)		**	**	**	**
A x B		**	**	**	**

[/1] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งตามอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.05$); ** = $p < 0.01$; A = ระดับยีสต์; B = ระยะเวลาหมัก

วลัยลักษณ์ แก้ววงษา, 2554, การใช้กากมันสำปะหลังหมักยีสต์แซคคาโรไมเซส เซรีวิซิเอ เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับแพะเนื้อ, สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 126 น.

สินีนาฏ พลโยราช และเมธา วรรณพัฒน์, 2558, ศักยภาพในการใช้ยีสต์เป็นแหล่งโปรไบโอติกส์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง, แก่นเกษตร 43: 191-206.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560, ข้าว, สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2560, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สิทธิศักดิ์ คำผา, อุทัย โคตรดก และสมมาศ อิฐรัตน์, 2553, การศึกษาการเพิ่มคุณค่ากากมันสำปะหลังหมักยีสต์-มาเลทและใบมันสำปะหลังเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารขันที่มีมันเส้นเป็นองค์ประกอบระดับสูงต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนและประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในโคเนื้อ, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม, 102 น.

AOAC, 1990, Official Method of Analysis, 15th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.

Boisen, S., 1991, A Model for Feed Evaluation on *In Vitro* Digestible Dry Matter and Protein, pp. 135-145, In Fuller, M.F. (Ed.), *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., 24 p.

Kamphayae, S., Kumagai, H., Angthong, W., Narmseelee, R. and Bureenok, S., 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 Australas. J. Anim. Sci. 30: 470-478.

Krochta, J.M., Baidwin, E.A. and Nisperos-Carriedo, M.O., 1994, Edible Coating and Film Improve Food Quality, Technomic Publishing Company, Inc., Pennsylvania, 379 p.

Raimbault, M., 1998, General and microbiological aspects of solid substrate fermentation, EJB Electron. J. Biotechnol. 1: 21-32.

SAS, 2004, STAT User's Guide Release 9.1.3, SAS Inst., Inc., New York, 220 p.

Srichana, D., Suttitham, W., Thongsunthiah, P., Panja, P. and Jariyapamornkoon, N., 2014, Neutrients and ruminal digestibility of baby corn by-product silages under different harvesting medthods, Thammasat Int. J. Sci. Technol. 19(2): 30-36.

van Zyl, W.H., Lynd, L.R., den Haan, R. and McBride, J.E., 2007, Consolidated bioprocessing for bioethanol production using *Saccharomyces cerevisiae*, Adv. Biochem. Eng. Biotechnol. 108: 205-235.