Research Article

Received: February 4, 2019; Accepted: May 27, 2019

การเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของรำละเอียดเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องด้วยยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

Added Nutritional Value of Rice Bran for Ruminants 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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนะของรำละเอียดที่หมักร่วมกับยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาในการหมัก 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าการหมักรำละเอียดด้วยยีสต์ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 0-4 สัปดาห์ ทำให้รำละเอียดมีโปรตีนสูงที่สุด คือ 22.99-23.57 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) และการหมักรำละเอียดด้วยยีสต์ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ (0 สัปดาห์) ทำให้รำละเอียดมีปริมาณวัตถุแห้งต่ำที่สุด คือ 40.84 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) ขณะที่การหมักรำละเอียดด้วยยีสต์ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 4 สัปดาห์ ส่งผลให้ NDF มีค่าต่ำที่สุด คือ 20.40 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่ารำละเอียดที่ไม่มีการหมักยีสต์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ มีค่าไขมันสูงที่สุด คือ 16.11-16.96 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) สำหรับค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองด้วยของเหลวจากกระเพาะรูเมนพบว่าการใช้ยีสต์ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาหมัก 4 สัปดาห์ ทำให้รำละเอียดมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงที่สุด คือ 73.85 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) การศึกษานี้จึงสรุปว่าการใช้ยีสต์ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ หมักระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำให้รำละเอียดมีค่าโภชนะและการย่อยได้ของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้นสูงที่สุด

คำสำคัญ : รำละเอียด; ยีสต์เหลือทิ้งจากโรงงานผลิตเบียร์; คุณค่าทางโภชนะ; การย่อยได้ของวัตถุแห้ง

Abstract

The objective of this study was to evaluate nutritional values of rice bran fermented with brewer's yeast (BY) at 0, 10, 20 and 30 % for 0, 1, 2, 3 and 4 weeks. The results showed that rice

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** dsr@tu.ac.th

doi: 10.14456/tstj.2020.97

bran fermented with 30 % BY for 0-4 wks had highest ($p < 0.05$) crude protein in the range of 22.99 to 23.57 %, and rice bran fermented with 30 % BY for 0 wk had lowest ($p < 0.05$) dry matter (40.84 %). Rice bran fermented with 30 % BY for 4 wks had lowest ($p < 0.05$) NDF (20.40 %). Furthermore, rice bran without BY had highest ($p < 0.05$) fat in the range 16.11 to 16.96 %. The ruminal digestibility (*in vitro*) of dry matter of rice bran was highest ($p < 0.05$) when fermented with 30 % BY for 4 wks (73.85 %). It was concluded that nutritional value and dry matter digestibility of rice bran were maximized when fermented with BY at 30 % for 4 wks.

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

1. บทนำ

ข้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอันดับหนึ่งของประเทศไทย โดยพบว่าในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวได้สูงถึง 31.8 ล้านตัน โดยมีปริมาณข้าวสารที่ผลิตได้ในประเทศประมาณ 18.60 ล้านตัน [1] ผลผลิตข้าวที่สูงนี้จึงทำให้เกิดผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสีข้าวเพื่อให้ได้ข้าวสารที่สูงตามไปด้วย โดยในการขัดสีข้าวเปลือก 100 กิโลกรัม นั้นพบว่าจะทำให้ได้ข้าวสาร 50 กิโลกรัม ข้าวหัก 19 กิโลกรัม รำหยาบ 10 กิโลกรัม รำละเอียด 1 กิโลกรัม และแกลบ 20 กิโลกรัม [2] ซึ่งเมื่อเปรียบกับปริมาณข้าวสารในประเทศไทยที่ผลิตได้ในปี พ.ศ. 2560 พบว่าจะทำให้ได้รำหยาบและรำละเอียดประมาณ 3.44 และ 0.34 ล้านตัน ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่สูงมาก ทำให้มีการนำผลพลอยได้ดังกล่าวมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งรำละเอียดจัดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทที่ให้โภชนะโปรตีน พลังงาน และแร่ธาตุ [3] โดยพบว่ารำละเอียดมีโปรตีนโดยเฉลี่ยประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ และเป็นอาหารพลังงานที่มีเยื่อใยค่อนข้างสูง [4]

ปัจจุบันมีรายงานการใช้จุลินทรีย์ในการปรับปรุงคุณภาพวัสดุพลอยได้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตรเพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นจำนวนมาก ซึ่งยีสต์เป็นหนึ่งในจุลินทรีย์ที่นิยมนำไปใช้ในการหมักดังกล่าว เช่น วลัยลักษณ์ (2554) ได้รายงานการใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในการหมักกากมันสำปะหลัง พบว่าช่วยให้กากมันสำปะหลังมีโปรตีนเพิ่มขึ้น [5] เช่นเดียวกับ ปิ่น และอัจฉรา (2553) ที่รายงานการใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* ในการหมักกากปาล์มและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันส่งผลให้กากพืชดังกล่าวมีค่าโปรตีนเพิ่มขึ้นเช่นกัน [6] นอกจากนี้ยังพบว่ายีสต์ที่ได้จากโรงงานเบียร์ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเบียร์นั้นเป็นยีสต์ที่มีประโยชน์ เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพ สามารถย่อยสลายได้ทันที และยังมีกากของวัสดุที่ใช้ในการทำเบียร์ติดมาด้วย ทำให้คุณค่าอาหารที่มีในน้ำยีสต์นั้นมีคุณค่าสูงและเหมาะอย่างยิ่งที่จะนำมาทำเป็นอาหารสัตว์ [7] มีรายงานการใช้น้ำยีสต์จากโรงงานเบียร์หมักร่วมกับกากมันสำปะหลัง ส่งผลให้กากมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีนและไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) นอกจากนี้วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ NDF และ ADF ก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ตามสัดส่วนของยีสต์ที่เพิ่มขึ้นด้วย [8] ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ในการปรับปรุงค่าโภชนะและค่าการย่อยได้ของรำละเอียดโดยใช้น้ำยีสต์ที่เป็นผลผลิตพลอยได้จากกระบวนการผลิตเบียร์

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การออกแบบการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 4x5 factorial in CRD มี 2 ปัจจัย คือ (1) ระดับยีสต์ (ของเหลว) ที่ใช้มี 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) และ (2) ระยะเวลาในการหมัก มี 5 ระดับ คือ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ จำนวน 3 ซ้ำ

2.2 การหมักรำละเอียดด้วยยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

ชั่งรำละเอียดใส่ลงในถุงพลาสติกปริมาณ 200 กรัม และเติมยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์ที่ระดับต่าง ๆ ผสมตัวอย่างให้เข้ากันมัดปากถุงหลวม ๆ ให้มีอากาศถ่ายเท และวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบกำหนด นำตัวอย่างที่ได้เข้าอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง (โดยการหมักที่ 0 สัปดาห์ จะนำตัวอย่างเข้าอบทันทีเมื่อเติมยีสต์) จากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 2 และ 1 มิลลิเมตร

2.3 ประเมินค่าโภชนะและการย่อยได้ของวัตถุแห้งในหลอดทดลองด้วยของเหลวจากกระเพาะรูเมน

นำตัวอย่างที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง ไขมัน เถ้า และโปรตีนรวม [9] และวิเคราะห์หาค่า NDF [10]

ประเมินการย่อยได้ในหลอดทดลองด้วยของเหลวจากกระเพาะรูเมนโดยวิธีการเพาะเลี้ยงแบบแบชคัลเจอร์ (batch culture) [11] โดยนำตัวอย่างที่บดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ชั่งตัวอย่างแห้ง 3 กรัม ใส่ลงในฟลาสก์ (flask) เติมของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคนมผสม McDougall's artificial saliva ในอัตรา 1 : 3 ในสภาพไร้ออกซิเจนแล้วบ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในตู้บ่มแบบเขย่าแนวราบ (orbital incubator) แล้วกรองตัวอย่างจากฟลาสก์เพื่อไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ค่าโภชนะของยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

การวิเคราะห์ค่าโภชนะของยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์พบว่ามีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน และ NDF เท่ากับ 20.09, 47.67, 0.91 และ 1.08 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

Table 1 Nutritional value of brewer's yeast

DM (%)	CP (%DM)	EE (%DM)	NDF (%DM)
20.09	47.67	0.91	1.08

DM = dry matter; CP = crude protein; EE = ether extract; NDF = neutral detergent fiber

3.2 ค่าโภชนะของรำละเอียดที่หมักร่วมกับยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

การศึกษาการหมักรำละเอียดด้วยยีสต์ที่ระดับและระยะเวลาที่ต่างกันพบว่าระดับของยีสต์และระยะเวลาที่ใช้ในการหมักมีอิทธิพลต่อปริมาณวัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมัน และ NDF รวมถึงยังพบอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับของยีสต์กับระยะเวลาในการหมักต่อปริมาณ วัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมัน และ NDF ด้วย โดยพบว่าการหมักรำละเอียดด้วยยีสต์ 30 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 0-4 สัปดาห์ ส่งผลให้รำละเอียดมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด คือ 22.99-23.57 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$)

เนื่องจากยีสต์นั้นมีโปรตีนสูงถึง 47.67 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีนจึงเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของยีสต์ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้ยีสต์ 30 เปอร์เซ็นต์ หมักร่วมกับรำละเอียดจึงทำให้รำละเอียดมีโปรตีนสูงที่สุด สอดคล้องกับ Kamphayae และคณะ (2017) ที่ใช้ยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์หมักร่วมกับกากมันสำปะหลัง ซึ่งพบว่าการใช้ยีสต์ 30 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มีโปรตีนเพิ่มขึ้นสูงที่สุด คือ 14.1 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) [8] อย่างไรก็ตามเมื่อมีการใช้ยีสต์ (30 เปอร์เซ็นต์) หมักรำละเอียดในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเป็น 1-4 สัปดาห์พบว่าปริมาณโปรตีนไม่มีการเปลี่ยนแปลง ($p < 0.05$)

สำหรับปริมาณ NDF ในรำละเอียดพบว่าลดลงตามสัดส่วนยีสต์ที่เพิ่มขึ้น และการเพิ่มระยะเวลาในการหมักช่วยทำให้ NDF ในรำละเอียดลดลง โดยพบว่าการใช้ยีสต์ 30 เปอร์เซ็นต์ และการหมักในระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำให้รำละเอียดมีปริมาณ NDF ต่ำที่สุด คือ 20.40 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากยีสต์ *S. cerevisae* สามารถผลิตเอนไซม์ hemicellulase [12 ซึ่งทำหน้าที่ย่อย hemicellulose ที่เป็นส่วนประกอบของ NDF ทำให้รำสกัดน้ำมันหมักยีสต์มีค่า NDF ลดลง ดังนั้นเมื่อนำยีสต์มาหมักร่วมกับรำละเอียดที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จึงทำให้รำละเอียดมีค่า NDF ต่ำที่สุด

นอกจากนี้ยังพบว่ารำละเอียดที่ไม่มีการหมักยีสต์ที่ระยะเวลาต่างๆมีค่าวัตถุแห้งและไขมัน สูงกว่า ($p < 0.05$) รำละเอียดที่หมักร่วมกับยีสต์ที่ระดับและระยะเวลาต่าง ๆ โดยพบ 91.45-94.66 และ 16.11-16.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่รำละเอียดที่มีการหมักด้วยยีสต์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นพบว่ามีวัตถุแห้งและไขมันลดลง ทั้งนี้เนื่องจากยีสต์มีวัตถุแห้งและไขมันที่ต่ำเพียง 20.09 และ 0.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อศึกษาเพิ่มระยะเวลาในการหมักพบว่าปริมาณวัตถุแห้งในรำละเอียดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) และปริมาณไขมันมีแนวโน้มลดลง ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2) ซึ่งปริมาณไขมันที่ลดลงอาจเนื่องจากในกระบวนการหมักนั้นยีสต์ต้องใช้น้ำตาล ไขมัน และกรดอินทรีย์จากวัตถุดิบที่หมักเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานในระหว่างการทำกิจกรรมเมตาบอลิซึม [13] ดังนั้นเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นจึงทำให้ยีสต์นำไขมันไปใช้มากขึ้น และทำให้รำละเอียดหมักยีสต์มีไขมันลดลง

3.3 การย่อยได้ของวัตถุแห้งในหลอดทดลองด้วยของเหลวจากกระเพาะรูเมนของรำละเอียดที่หมักร่วมกับยีสต์จากโรงงานผลิตเบียร์

สำหรับการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนพบว่าระดับของยีสต์และระยะเวลาที่ใช้ในการหมักมีอิทธิพลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โดยพบว่าความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของยีสต์และระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น รวมถึงยังพบอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับของยีสต์และระยะเวลาในการหมักต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โดยพบว่าการใช้ยีสต์ที่ 30 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาหมัก 4 สัปดาห์ ทำให้รำละเอียดมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงที่สุด 73.85 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2) การย่อยได้ของวัตถุแห้งที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวชี้ให้เห็นว่ายีสต์ซึ่งสามารถผลิตเอ็นไซม์ hemicellulase ช่วยทำให้รำละเอียดมีการย่อยได้มากขึ้น สัตว์จะสามารถนำโภชนะต่าง ๆ ในรำละเอียดไปเป็นประโยชน์ได้มากขึ้น สอดคล้องกับ กฤษฎา (2551) ที่รายงานว่าการใช้มันเส้นหมักยีสต์ทดแทนกากนมถั่วเหลืองในอาหารสำหรับโคนม ส่งผลให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) จาก 64.0 เป็น 69.2 เปอร์เซ็นต์ [14]

4. สรุป

การใช้ยีสต์ที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ หมักเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำให้รำละเอียดมีค่าโภชนะสูงที่

Table 2 Nutritional value and ruminal digestibility (*in vitro*) of rice bran fermented with brewer's yeast (BY).

BY (%) (A)	Fermented period (week) (B)	DM (%)	CP (%DM)	EE (%DM)	NDF (%DM)	Ruminal digestibility of DM (%) (*in vitro*)
0	0	91.15$^{b/1}$	14.98^{f}	16.96^{a}	40.15^{b}	52.98^{j}
	1	94.39^{a}	14.31^{g}	16.73^{a}	40.45^{ab}	53.10^{j}
	2	94.66^{a}	14.25^{g}	16.11^{abcd}	40.78^{ab}	54.50^{ij}
	3	94.35^{a}	14.92^{f}	16.49^{abc}	40.20^{b}	54.70^{i}
	4	94.47^{a}	14.23^{g}	16.56^{abc}	41.09^{a}	53.63^{ij}
10	0	61.12^{f}	17.69^{de}	15.32^{def}	36.60^{c}	57.68^{gh}
	1	60.31^{g}	18.62^{c}	14.55^{efgh}	34.87^{d}	56.74^{h}
	2	63.95^{e}	18.22^{cd}	15.51^{cde}	35.35^{d}	57.97^{gh}
	3	65.15^{d}	18.13^{cd}	13.75^{ghij}	37.13^{c}	60.02^{f}
	4	65.89^{c}	17.34^{e}	13.47^{hij}	36.90^{c}	60.96^{ef}
20	0	48.56^{i}	20.41^{b}	15.70^{bcd}	35.28^{d}	58.46^{g}
	1	48.48^{i}	20.74^{b}	14.27^{fghi}	30.67^{f}	60.92^{ef}
	2	48.86^{i}	20.85^{b}	14.57^{efg}	31.73^{e}	61.93^{de}
	3	49.60^{h}	20.66^{b}	13.98^{ghij}	31.73^{e}	63.46^{d}
	4	49.94^{h}	20.33^{b}	13.81^{ghij}	28.97^{g}	67.06^{c}
30	0	40.84^{l}	22.99^{a}	15.24^{def}	29.12^{g}	61.22^{ef}
	1	41.79^{k}	23.57^{a}	14.41^{fghi}	28.94^{g}	60.53^{ef}
	2	42.17^{k}	23.51^{a}	13.03^{j}	29.83^{g}	61.97^{de}
	3	42.78^{j}	23.55^{a}	13.36^{ij}	29.01^{g}	69.75^{b}
	4	42.76^{j}	23.06^{a}	13.13^{j}	24.40^{h}	73.85^{a}
SE		0.20	0.19	0.32	0.28	0.51
(A)		**	**	**	**	**
(B)		**	**	**	**	**
A × B		**	**	*	**	**

/1 superscript with different letters within columns differed ($p < 0.05$); DM = dry matter; CP = crude protein; EE = ether extract; NDF = neutral detergent fiber; ** = $p < 0.01$; * = $p < 0.05$; A = brewer's yeast (BY); B = fermented period

สุด เนื่องจาก NDF ลดลงต่ำที่สุด และมีโปรตีนเพิ่มขึ้น รวมถึงมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งในหลอดทดลองด้วย ของเหลวจากกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้นสูงที่สุด ซึ่งการใช้ยีสต์ที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์นี้ จะเป็นทางเลือกในการผลิตแหล่งอาหารคุณภาพดีให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทุนสนับสนุนการวิจัย ประเภททุนวิจัยทั่วไปสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ตามสัญญาเลขที่ TUGG 41/2562

6. References

[1] Office of Agricultural Economics, 2016, The Situation of Major Agricultural Products and Trends in 2017, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 215 p. (in Thai)

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

[3] White, T.W. and Hembry, F.G., 1985, Rice by-products in ruminant rations, Louisiana Agricultural Experiment Station, Baton Rouge, 18 p.

[4] Pluemklang, A., 2011, Comparative Study on Production Performance of Dairy Cattle Fed Diets Containing Different Processed Rice Bran, Master Thesis, Kasetsart University, Bangkok, 87 p. (in Thai)

[5] Kaewwongsa, W., 2011, Utilization of Fermented Cassava Pulp by Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as a Protein Source for Meat Goats, Master Thesis, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 126 p. (in Thai)

[6] Chanjula, P. and Pengnoo, A., 2011, Protein- Enriched Palm Kernel Cake by Yeast Fermented Process for Ruminant Feeds, Research Report, Prince of Songkla University, Songkla, 39 p. (in Thai)

[7] Khampa, S., Koatdoke, U. and Itharat, S., 2010, Study on Enriches Value of Cassava Hay as Protein Source Replace Soybean Meal in Concentrate Containing High Level of Cassava Chip on Rumen Fermentation Protein Synthesis Efficiency in Cattle, Research Report, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, 102 p. (in Thai)

[8] 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.

[9] AOAC, 1990, Official Method of Analysis, 15th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

[10] 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.

[11] Srichana, D., Suttitham, W., Thongsunthiah, P., Panja, P. and Jariyapamornkoon, N., 2014, Nutrients and ruminal digestibility of baby corn by- product silages under different harvesting methods, Thammasat Int. J. Sci. Technol. 19: 30-36.

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

[13] Raimbault, M. , 1998, General and microbiological aspects of solid substrate fermentation, Elect. J. Biotechnol. 1998: ej98021, 15 p.

[14] Boonnop, K., 2008, Study on Production Process and Utilization of Yeast Fermented Cassava Chip Protein (Yefecap) on Rumen Fermentation, Microbial Protein Synthesis, and Nutrient Digestibilities in Ruminants, Master Thesis, Khon Kaen University, Khon Kaen, 89 p. (in Thai)