

การปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวด้วยหัวเชื้อพด.1และหัวเชื้ออีเอ็มต่อค่าองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในหลอดทดลอง

The quality improve of rice straw with Microbial activators PD1 and an Essential microorganism (EM) on chemical composition and in vitro digestibility

ณรกรมล เล่าห์รอดพันธ์^{1*}, ประวิทย์ ห่านใต้², ทศพร อินเจริญ², บุญทริกา ปลั่งสูงเนิน³, เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ³ และ วิรัตน์ นาคเยี่ยม⁴

Norakamol Laorodphan^{1*}, Prawit Hantai², Tossaporn Incharoen²

Boontharika Plangsungnern³, Saowaluck Yammuen-art³ and Wirat Nakaiaim⁴

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวด้วยจุลินทรีย์ พด.1 และ Essential microorganism (EM) ต่อองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยได้ในหลอดทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) แบ่งเป็น 5 กลุ่มการทดลองคือฟางข้าวที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพ (rice straw : RS) ทำการหมักฟางข้าวด้วย พด.1 ร่วมกับรำละเอียดที่ 0 วันและ 14 วัน (T1 และ T2) และทำการหมักฟางข้าวด้วย Essential microorganism (EM) ร่วมกับกากน้ำตาลที่ 0 วันและ 14 วัน (T3 และ T4) ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและวัดค่าการย่อยได้โดยใช้เทคนิคการวัดแก๊ส ผลการทดลองพบว่าปริมาณโปรตีนหยาบ ไนโตรเจนหยาบของกลุ่ม T1, T2, T3 และ T4 สูงกว่ากลุ่ม RS ($P<0.01$) และปริมาณเยื่อใยหยาบ, ปริมาณเฮมิเซลลูโลสและ NDF ของกลุ่ม RS สูงกว่าทุกกลุ่มการทดลอง ($P<0.01$) นอกจากนี้ค่า ME และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุของกลุ่ม T1 สูงกว่ากลุ่ม RS, T2, T3 และ T4 ($P<0.01$) จากการทดลองสรุปได้ว่าการปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวโดยการเติม พด.1 ที่ 0 วัน ช่วยเพิ่มโปรตีนหยาบ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและสามารถลดปริมาณของเยื่อใยหยาบ ปริมาณเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสได้

คำสำคัญ: ฟางข้าว, จุลินทรีย์ พด.1, อีเอ็ม

ABSTRACT: This study aimed was conducted to evaluate effect of quality improvement of rice straw by using microbial activators from Land Development Department (PD1) and an Essential microorganism (EM) on chemical composition and in vitro digestibility. A completely randomized design was used in this study. The experimental diet was divided into 5 groups follow by: untreated rice straw (RS), rice straw ensiled with PD activator 1 (PD1) at 0 and 14 days (T1 and T2) and rice straw ensiled with an essential microorganism (EM) at 0 and 14 days (T3

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

Faculty of Food and Agricultural technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

² ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

Department of Agricultural Science Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

³ ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Department of Animal and Aquatic Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200

⁴ สำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลก พิษณุโลก 65000

Phitsanulok Provincial Agricultural Extension Office, Phitsanulok, 65000

and T4). The chemical composition and *in vitro* gas production were determined. The results were shown that crude protein and crude fat contents of T1, T2, T3 and T4 were significantly higher than RS ($P<0.01$). Crude fiber, hemicellulose and neutral detergent fiber (NDF) contents of RS were significantly higher than all treatments ($P<0.01$). Moreover, metabolizable energy and OMD of T1 were significantly higher than RS, T2, T3 and T4 ($P<0.01$). According to the results of this research, it is suggested that using essential microbial activators PD 1 at 0 day could increase crude protein, metabolizable energy (ME), organic matter content and could decrease crude fiber, hemicellulose and cellulose content.

Keywords: rice straw, microbial activators PD1, essential microorganism (EM)

บทนำ

ในปี 2560 มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโดยรวมของประเทศไทยมีการเพิ่มขึ้นประมาณ 67.26 ล้านไร่ ได้ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 479 กิโลกรัม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) และจัดเป็นแหล่งของอาหารหยาบที่หาได้ง่ายและมีปริมาณมากอีกทั้งยังมีสม่าเสมอหลังฤดูการเก็บเกี่ยวในแต่ละปี แต่ฟางข้าวจะมีปริมาณของโปรตีนในระดับที่ต่ำอีกทั้งยังมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลส (Cellulose) ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการนำมาใช้เป็นอาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งวาสนาและกิตติ (2557) ได้รายงานว่าการใช้จุลินทรีย์ในกลุ่ม *Rhizopus oryzae*, *Aspergillus niger* สามารถลดองค์ประกอบของเยื่อใยในเปลือกมันสำปะหลังได้นอกจากนี้ Oboh et al. (2002) ได้พบว่า *Aspergillus niger* สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนหยาบในกากมันสำปะหลังได้อีกด้วย การใช้จุลินทรีย์เร่งการย่อยสลายชนิดต่างๆ ก็ช่วยลดระยะเวลาในการหมักได้อีกทั้งในปัจจุบันได้มีหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนมีการผลิตจุลินทรีย์เร่งการย่อยสลายออกมาให้เกษตรกรใช้ (สุทิศาและภาววัลย์, 2559) โดย กานตกานท์ (2557) และ จันทนา (2558) ได้รายงานว่าการใช้ พด.1 และอีเอ็มมีเชื้อราในกลุ่ม *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp และ *Scytalidium thermophilum* ซึ่งมีความสามารถในการย่อยสลายเยื่อใยและเซลลูโลส ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวด้วยหัวเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าว การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวด้วยหัวเชื้อ พด.1 และอีเอ็มเพื่อนำไปทดสอบองค์ประกอบทางเคมี และนำไปประเมินการย่อยได้ในหลอดทดลองก่อนนำผลการวิจัยไปทำการศึกษาในตัวสัตว์ต่อไป

วิธีการศึกษา

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) แบ่งเป็น 5 กลุ่มการทดลองคือฟางข้าวที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพ (rice straw : RS), กลุ่มทดลองทำการหมักฟางข้าว (44.17 %) โดยใช้ พด.1 (3.89 %) + รำละเอียด (7.77 %) + น้ำ (44.17 %) ที่ 0 วัน (T1) และ 14 วัน (T2) และทำการหมักฟางข้าว (49.26 %) โดยใช้ EM (0.49 %) + กากน้ำตาล (0.99 %) + น้ำ (49.26 %) ที่ 0 วัน (T3) และ 14 วัน (T4) จากนั้นนำมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน เมื่อคลุกเคล้าจนเป็นเนื้อเดียวกันจึงนำมาหมักทิ้งไว้โดยบรรจุในภาชนะปิดแบบไร้อากาศ จำนวน 3 ซ้ำต่อหน่วยการทดลอง ทำการอัดให้แน่นแล้วปิดฝาเป็นระยะเวลา 14 วัน และทำการสุ่มตัวอย่างอาหารมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ปริมาณวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ ไขมัน และเยื่อใยหยาบ โดยวิธีแบบปริมาณ Proximate analysis (AOAC, 2000) และวิเคราะห์องค์ประกอบเยื่อใยได้แก่ เยื่อใยที่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber; NDF) เยื่อใยที่ละลายในกรด (acid detergent fiber; ADF) และลิกนิน (lignin) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

ทำการเก็บของเหลวจากการเปิดท่อนอาหารถาวรภายในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อสายพันธุ์พื้นเมืองที่เจาะกระเพาะติดท่ออาหารถาวรที่กระเพาะรูเมน (rumen fistulated thai native cattle) เพศผู้ จำนวน 4 ตัว อายุ 8-10 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 263 ± 12 กก.ที่ได้รับอาหารข้นวันละ 1 กก.และอาหารหยาบเป็นฟางข้าวให้กินเต็มที่ (ad libitum) ได้รับอาหารวันละ 2 ช่วงคือ 7:00 น. และ 17:00 น. ทำการศึกษาจุลพลศาสตร์การผลิตแก๊สเพื่อประเมินการย่อยได้ของอาหารทดลองตามวิธีที่

ดัดแปลงจาก Blümmel et al. (1997) โดยการบ่มสารละลาย rumen liquor buffer จำนวน 30 มล. ลงในหลอดที่มีตัวอย่างอาหารบดผ่านตะแกรง 1 มม. ประมาณ 200 มก.นำไป incubate ที่อุณหภูมิ 39°C อ่านค่าแก๊สที่เวลา 2, 4, 8, 10, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชม. จากนั้นนำมาคำนวณค่าแก๊สสุทธิตามสมการ $P = a + b(1 - e^{-ct})$ (Menke et al., 1979) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากผลการศึกษาของคัพระกอบทางเคมีของทั้ง 4 สูตรพบว่าวัตถุดิบของกลุ่ม RS สูงกว่าทุกกลุ่มการทดลองเนื่องจากเมื่อมีการนำมาปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีต่างๆมีการเติมน้ำจึงทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบ ปริมาณโปรตีนหยาบของกลุ่ม T4 มีปริมาณสูงขึ้นเนื่องจากในอีมมีจุลินทรีย์กลุ่ม *Azospirillum* ที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนได้ (Roper and Ladha, 1995) อาจมาจากโปรตีนเซลล์เดียว (single cell protein) ที่มาจากกระบวนการเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าว ค่าเยื่อใยหยาบ, ปริมาณ

เอมิเซลลูโลสของกลุ่ม RS สูงกว่าทุกกลุ่มการทดลอง เนื่องจากพด.และอีมมีเชื้อราในกลุ่ม *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp และ *Scytalidium thermophilum* (กานตกานท์, 2557 และ จันทนา, 2558) ซึ่งมีความสามารถในการย่อยสลายเยื่อใยและเซลลูโลส อีกทั้งมียีสต์ในกลุ่ม *Saccharomyces* sp. ซึ่งจุลินทรีย์ในกลุ่มดังกล่าวที่กล่าวมานั้นจะมีการใช้คาร์โบไฮเดรตในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนในกระบวนการนี้จะส่งผลทำให้มีระดับของโปรตีนที่เพิ่มขึ้นด้วยโปรตีนเหล่านี้จะได้จากตัวของจุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่มที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นสอดคล้องกับองค์ประกอบทางเคมี เมื่อมีการเพิ่มจำนวนขึ้นจะการผลิตและปลดปล่อยเอนไซม์ cellobiohydrolases และ endoglucanases มาช่วยในการย่อยเยื่อใยหยาบ, เอมิเซลลูโลสได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ (วาสนาและกิตติ, 2557)ปริมาณเซลลูโลสของกลุ่ม T1 และ T3 สูงกว่าทุกกลุ่มการทดลอง เนื่องจากที่อายุการหมักที่ 0 วันยังไม่มีการทำงานของจุลินทรีย์และเมื่ออายุการหมักที่เพิ่มขึ้นจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตโดยการใช้อาหารจากกากน้ำตาล อีกทั้ง พด.และอีมมีจุลินทรีย์กลุ่ม *Aspergillus* sp. ซึ่งมีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสเมื่ออายุการหมักที่นานขึ้นจึงส่งผลให้จุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวสามารถเพิ่มจำนวนและผลิตเอนไซม์ได้ในปริมาณมากมายย่อยเซลลูโลส

Table 1 Effect of quality improvement of rice straw using the microbial activators PD1 and rice bran or essential Microorganism (EM) and molasses on chemical composition. (% DM).

Item	RS	T1	T2	T3	T4	SEM	P-Value
Dry matter	94.72 ^A	50.80 ^B	50.68 ^B	28.40 ^C	28.23 ^C	6.48	**
Crude protein	3.11 ^C	6.46 ^{AB}	6.31 ^{AB}	5.87 ^B	6.90 ^A	0.37	**
Ether extract	3.14	7.28	6.49	6.27	6.27	0.56	ns
Crude fiber	38.43 ^A	31.13 ^B	30.56 ^B	29.62 ^B	26.21 ^C	1.14	**
Nitrogen free extract	37.74	33.45	34.59	36.28	39.04	0.85	ns
Neutral detergent fiber	79.62 ^A	76.64 ^A	46.43 ^C	69.08 ^B	43.32 ^C	4.10	**
Acid detergent fiber	50.44 ^C	53.76 ^{AB}	50.67 ^C	55.08 ^A	52.98 ^B	0.52	**
Acid detergent lignin	3.90 ^C	3.26 ^C	8.07 ^A	3.19 ^C	6.57 ^B	0.55	**
Hemicellulose	29.19 ^A	22.88 ^B	10.42 ^C	14.00 ^C	3.34 ^D	2.52	**
Cellulose	46.54 ^B	50.51 ^A	42.60 ^C	51.89 ^A	46.41 ^B	0.92	**

^{A,B,C,D} Means within row with different superscripts differ significantly (P<0.05), ** P<0.01, *P<0.05, ns = not significant

จากการศึกษาปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นของ ทั้ง 4 สูตรพบว่าปริมาณแก๊สช่วงเวลาที่ 24 -96 ชม. ของกลุ่ม RS สูงกว่าทุกกลุ่มการทดลอง อาจเป็น เพราะกระบวนการหมักย่อยตั้งแต่ช่วงเวลาที่ 24 เป็นต้นไป การย่อยสลายในส่วนของการย่อยสลายได้ก่อนหมดไป จึงเป็นการหมักย่อยของ จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายส่วนที่ย่อยได้ยาก ซึ่ง กลุ่ม RS ไม่มีการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ทำการเสริม คือ พด.1 และ EM จึงทำให้ฟางข้าวเริ่มมีการหมักย่อย ด้วยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ในกลุ่ม Cellulolytic bacteria (Miron et al, 2001) จึงทำให้ปริมาณแก๊ส ตั้งแต่ช่วงเวลาที่ 24-96 ในกลุ่มนี้มีปริมาณแก๊สมาก ที่สุด สอดคล้องกับผลการทดลองของ นริสราและคณะ (2559) ที่พบว่าหลังจากช่วงเวลาที่ 24 จุลินทรีย์ จะทำการบ่มส่วนที่ย่อยได้ยาก คือ เยื่อใย จึงทำให้ ปริมาณผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้นหลังจากช่วงเวลาที่ 24 สูงขึ้นในส่วนของการ Metabolizable energyและ Short chain fatty acid ของกลุ่ม T1 มีค่าสูงกว่า

กลุ่มอื่นเนื่องจากกลุ่ม T3 และ T4 มีการใช้ Nitrogen free extract (NFE) โดยจุลินทรีย์กลุ่มยีสต์ซึ่ง สอดคล้องกับค่า Nitrogen free extract (NFE) ของ องค์ประกอบทางเคมีจึงทำให้มีการย่อยสลาย Nitrogen free extract (NFE) เป็นกรด propionic ที่ ได้การสลาย Nitrogen free extract (NFE) (Peripolli et al., 2017) ค่า Organic matter digestibility ของกลุ่ม T1 สูงกว่ากลุ่ม T3 และ T4 เนื่องจากกลุ่มที่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วยมี ปริมาณของ Nitrogen free extract (NFE) จากองค์ ประกอบทางเคมีลดลงอาจเป็นผลมาจากจุลินทรีย์ กลุ่มยีสต์ในโอเอ็มมีการใช้คาร์โบไฮเดรตที่ได้จาก กากน้ำตาลเพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนตัว จุลินทรีย์ซึ่งสอดคล้องกับ Forsberg et al. (2000) ที่ รายงานว่าปริมาณน้ำตาลที่เพียงพอจะช่วยใน กระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของ จุลินทรีย์

Table 2 Effect of quality improvement of rice straw using the microbial activators PD1 and rice bran or essential microorganism (EM) and molasses on gas production and estimate parameter.

Item	RS	T1	T2	T3	T4	SEM	P-Value
G2	1.51	1.90	3.40	1.55	1.52	0.30	ns
G4	2.26	3.41	3.78	1.93	1.91	0.30	ns
G8	3.40	5.31	4.90	3.86	2.28	0.42	ns
G10	3.40	5.69	4.15	3.86	2.67	0.41	ns
G12	4.91	6.82	5.66	3.86	3.43	0.46	ns
G24	19.25 ^A	16.68 ^A	10.19 ^B	10.80 ^B	6.47 ^C	1.58	**
G48	44.53 ^A	29.56 ^B	18.87 ^D	24.68 ^C	15.23 ^E	3.42	**
G72	55.10 ^A	37.52 ^B	25.28 ^C	29.69 ^C	22.08 ^C	3.99	**
G96	67.55 ^A	42.07 ^B	29.05 ^C	39.34 ^B	27.03 ^C	4.84	**
ME	5.11 ^B	5.80 ^A	4.89 ^B	4.92 ^B	4.28 ^C	0.17	**
OMD	37.06 ^{BC}	42.72 ^A	37.03 ^{BC}	37.85 ^B	34.53 ^C	0.93	*
SCFA	0.40 ^A	0.34 ^A	0.19 ^B	0.20 ^B	0.10 ^C	0.04	**

^{A,B,C,D} Means within row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$), ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$, ns = not significant

RS = Rice straw, T1 = Ensiled rice straw with Microbial activators PD1 and rice bran at 0 day, T2 = Ensiled rice straw with Microbial activators PD1 and rice bran at 14 day, T3 = Ensiled rice straw with Essential Microorganism (EM) and Molasses at 0 day, T4 = Ensiled rice straw with Essential Microorganism (EM) and Molasses at 14 day

สรุป

การปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวโดยการหมักด้วย พด.1 และอีเอ็มทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้น โดยปริมาณของเยื่อใยหยาบและเอมิเซลลูโลสลดลง นอกจากนี้การหมักด้วย พด. ที่ 0 วัน ช่วยเพิ่มพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดินแบบปกติประจำปีงบประมาณ 2559 ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กานตกานท์ เทพนรงค์. 2557. ประสิทธิภาพการใช้น้ำหมักชีวภาพและอีเอ็มบอลในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.
- จันทนา พันธุ์ประดิษฐ์. 2558. คุณภาพปุ๋ยหมักชนิดของจุลินทรีย์ต่อปุ๋ยหมักใบไม้จากโรงพยาบาลธรรมศาสตร์ที่หมักด้วยจุลินทรีย์. โครงการวิจัยเพื่อพัฒนางานของโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ. กรุงเทพฯ: โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ.
- นริศรา คงสุข, เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ, และ ศิวีข สันศิริทวงษ์. 2559. ผลของการเสริมรำข้าวและกากน้ำตาลในเปลือกข้าวโพดฝักอ่อนหมักต่อค่าองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณ แก๊สที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองของโคเนื้อพื้นเมือง. เกษตร. 44 ฉบับพิเศษ (2):117-125.
- วาสนา ศิริแสน, และกิตติ วิรุณพันธุ์. 2557. กลยุทธ์การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของเศษเหลือทางการเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรมด้วยจุลินทรีย์โปรไบโอติกเพื่อ

เป็นอาหารสัตว์. การเกษตรราชภัฏ. 13(1):1-10.

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถิติการเกษตรประเทศไทย ปี 2560. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- สุทิสฯ ชัยกุล, และภาวรัลย์ พวงจันทร์. 2559. ผลของจุลินทรีย์เร่งการย่อยสลายต่อสมบัติทางกายภาพ เคมีและการย่อยสลายที่สมบูรณ์ของปุ๋ยหมักจากใบลำไย 21-22 กรกฎาคม 2559. มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, พิษณุโลก.
- AOAC. 2000. Official Method of Analysis of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Virginia.
- Blümmel, M., H. Steingass, and K. Becker. 1997. The relationship between in vitro gas production, in vitro microbial biomass yield and 15N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. Br. J. Nutr. 77:911–921.
- Forsberg, C. W., E. Forano, and A. Chesson. 2000. Microbial adherence to the plant cell wall and enzymatic hydrolysis. P.79-97. In: P. B. Cronje. Ruminant physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. CABI Publishing, UK.
- Menke, K. H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, Fritz, D, and W. Schneider. 1979. The estimation of digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. J. Agric Sci. 92:217-222.
- Miron, J., D. B. Ghedalia, and M. Morisson. 2001. Invited review: Adhesion mechanism of rumen cellulolytic bacteria. J. Dairy Sci. 84(6):1294-1309.

- Oboh, G. 2006. Nutrient enrichment of cassava peels using a mixed culture *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus* spp. solid media fermentation techniques. *Electron J Biotechnol.* 9(1):46-49.
- Peripolli, V., J. O. J. Barcellos, E. R. Prates, M. Concepta, L. A. Stella, C. M. Camargo, J. B. G Costa Jr and C. Bayer. 2017. Additives on in vitro ruminal fermentation characteristics of rice straw. *R. Bras. Zootec.* 46(3):240-250.
- Roper, M. M., and J. K. Ladha. 1995. Biological N_2 fixation by heterotrophic and phototrophic bacteria in association with straw. *Plant Soil.* 174:211-224.
- Steel R. G. D., and J. H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics.* 2nd Edition. McGraw-Hill. NY.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B.A. Lewism. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy. Sci.* 74:3583-3597.