การใช้เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย เป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงแพะ

อภิชาติ หมั่นวิชา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2559

การใช้เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย
เป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงแพะ

อภิชาติ หมั่นวิชา

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรวมศิริ)
วันที่ 28 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 59

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
วันที่ 28 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 59

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สกล ไข่คำ)
วันที่ 28 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 59

ประธานอาจารย์ประจำหลักสูตร .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุกิจ ขันธปราบ)
วันที่ 28 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 59

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่ 28 เดือน ธ.ค. พ.ศ. 59

ชื่อเรื่อง การใช้เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงแพะ

ชื่อผู้เขียน นายอภิชาติ หมั่นวิชา

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรวมศิริ

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ โครงสร้างพื้นผิวด้านนอก คุณค่าทางอาหาร การสลายตัวของโภชนะ สมรรถภาพในการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ การเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมน ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น และระดับกลูโคสในเลือด เมื่อใช้เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงแพะ แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 วางแผนการทดลองแบบ 2x4 Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ระดับของน้ำ (100 และ 80%) และระดับของเปลือกลำไย (0, 25, 50 และ 75%) ผลการศึกษาพบว่า การหมักยูเรียทำให้ลักษณะทางกายภาพ โครงสร้างพื้นผิวด้านนอก คุณค่าทางอาหารของเปลือกลำไยและฟางข้าวดีขึ้น การลดระดับน้ำมีผลให้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์โปรตีน (CP) เยื่อใยผนังเซลล์ (NDF) และ ลิกโนเซลลูโลส (ADF) มีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (DM) และเถ้าลดลงแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) การเพิ่มระดับของเปลือกลำไยมีผลให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เยื่อใยผนังเซล ลิกโนเซลลูโลส และเถ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ด้านระยะการแช่บ่มที่นานขึ้นมีผลให้ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งมีค่าสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนมีค่าสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง เมื่อลดระดับน้ำ และเพิ่มปริมาณเปลือกลำไย

การทดลองที่ 2 ใช้แพะลูกผสม (ซาแนน x พื้นเมือง) เพศผู้ อายุ 8-10 เดือน น้ำหนัก 15±5 กิโลกรัม จำนวน 9 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ตามกลุ่มอาหารหยาบ ได้แก่ (1) หญ้าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (2) หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (50%) ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย (50%) (75:25) และ (3) เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย (75:25) โดยใช้แผนการทดลองแบบ-สุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) อาหารหยาบให้กินเต็มที่ อาหารข้นให้กิน 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ระยะการทดลอง 126 วัน ผลการทดลองพบว่า อัตราการเจริญเติบโต

(กรัม/วัน) การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

การใช้เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียเป็นอาหารหยาบ มีผลให้การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และลิกโนเซลลูโลส มีค่าเฉลี่ยลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ขณะที่ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กรดไขมันระเหยง่ายที่มีปริมาณมากที่สุด คือ กรดโปรปิโอนิก รองลงมา คือ กรดอะซิติก และกรดบิวทีริก ตามลำดับ สัดส่วนระหว่างกรดอะซิติก : กรดโปรปิโอนิก (C2:C3) มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นและระดับของกลูโคสในเลือดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

Title	Use of Urea Treated Longan Peels Mixed with Rice Straw as a Roughage Source for Goats
Author	Mr. Apichart Manwicha
Degree	Master of Science in Animal Science
Advisor Committee Chairperson	Associate Professor Dr. Sompong Sruamsiri

ABSTRACT

The objectives of this study were to study (A); the physical characteristics, cuticle structures, nutritive value and nutrient degradability of longan peel in mixtures with rice straw and urea, and (B); evaluate the production performance, nutrient digestibility, products of ruminal fermentation, packed cell volume and the concentration of blood glucose in goats fed the longan peel mixtures. Two experiments were conducted as follow.

Experiment 1 Two way factorial arrangement in Completely Randomized Design with 2 levels of water (100 and 80%) and 4 levels of longan peels (0, 25, 50 and 75%) was used to examine the effects of these treatment combinations on the physical characteristics, cuticle structures, nutritive value and nutrient degradability. From the results of the experiment it has been found that the ensiling of longan peels with rice straw and urea improved the physical characteristics, cuticle structures and nutritive value of longan peels and rice straw. Less water in the mix had a tendency to increase the average content of crude protein (CP), neutral-detergent fiber (NDF) and lignocelluloses (ADF) and decreased the average content of dry matter (DM) and ash, though without significant statistical differences. More longan peels in the ration resulted in an increase in the content of CP as well as significantly decreasing the DM, NDF, ADF and ash ($P<0.05$). It was also found that the longer the period of incubation a significant increase in the average DM ($P<0.05$) showed. Moreover, the decrease in water level and the increase in the amount of

longan peels had a highly significant effect on the degradation of protein at 24 and 48 hr (P<0.01).

Experiment 2 Nine crossbred goats (Saanen × native crossbred goats) with an initial live weight of 15 ± 5 kg and 8-10 months of age were equally divided into 3 groups. A Completely Randomized Design was chosen to compare the influences of these 3 diets: (1) Pakchong-1 Napier grass only (2) A 50:50 mixture of Pakchong-1 Napier grass and urea treated longan peels mixed with rice straw in the ratio of 3 to 1 (w/w); and (3) urea treated longan peels mixed with rice straw in the ratio of 3 to 1 (w/w). Animals were allowed to access roughage feed ad libitum and concentrated feed was given at 1.5% of their body weight in the experimental period of 126 days. The results of the study revealed that no significant differences were found (P>0.05) in comparing the average daily gain, feed per 1 kg gain and DM feed intake.

Results of the study on the digestibility of nutrients in diets using acid-insoluble ASH (AIA) as an internal indicator showed that with the increase in the level of urea treated longan peels mixed with rice straw the digestibilities of DM, CP and ADF were significantly decreased (P<0.01).

From the study on the effects of these diets on rumen fermentation it was found that the ruminal pH-value significantly decreased (P<0.05), but no significant differences (P>0.05) in the average concentration of ammonia in the rumen and urea nitrogen in the blood were observed. Volatile fatty acids arose in the rumen during the experiment. Propionic acid had the highest proportion, followed by acetic and butyric acid. A significant increase (P<0.05) in the ratio of acetic to propionic acid (C2:C3) was also found. In addition, the diets had no effects (P>0.05) on either packed cell volume or the concentration of blood glucose.

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดขึ้นจากความกรุณาและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรวมศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ และ รองศาสตราจารย์ ดร.สกล ไข่คำ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ วิธีการทำงานและแนวทางในการวิจัย ตลอดจนให้ความเอาใจใส่แก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ดร.อำพล วริทธิธรรม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ แก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ อาจารย์เผ่าพงษ์ ปูรณพงษ์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้ความรู้คำแนะนำและความช่วยเหลือในห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่งานฟาร์มโคนมและโคเนื้อ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ทำการทดลอง

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี นักศึกษาปริญญาตรีสาขาวิชาโคนมและโคเนื้อ และสัตว์ทดลองทุกตัวที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคุณแม่จีระมล หมั่นวิชา ที่ให้ความรัก ความอบอุ่น คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอด

อภิชาติ หมั่นวิชา

ธันวาคม 2559

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

บทที่ 1
บทนำ

อาหารหยาบจัดเป็นอาหารที่สำคัญสำหรับการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องที่สามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยในโครงสร้างของพืชโดยใช้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก เพื่อเปลี่ยนให้เป็นโภชนะที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการให้ผลผลิต นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งอาหารที่มีต้นทุนต่ำ ดังนั้นการเลี้ยงแพะโดยใช้อาหารหยาบที่มีคุณค่าทางอาหารสูงจึงสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารได้ โดยเฉพาะต้นทุนค่าอาหารข้น แต่การเลี้ยงแพะของเกษตรกรมักมีปัญหา เช่น ขาดแคลนแหล่งอาหารหยาบ และจำเป็นต้องใช้อาหารหยาบคุณภาพต่ำเลี้ยงแพะ การใช้อาหารข้นเป็นอาหารเสริมจึงเป็นสิ่งจำเป็นและมีผลทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น เนื่องจากปัจจุบันเกษตรกรเลี้ยงแพะในรูปแบบการให้อาหารแบบแยกส่วน ระหว่างอาหารข้นกับอาหารหยาบซึ่งมีผลทำให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะรูเมนเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา โดยการให้อาหารข้นจะทำให้ค่าความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนสูงขึ้นส่งผลให้สัตว์มีประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง เนื่องจากทำให้การผลิตกรดไขมันระเหยง่ายของจุลินทรีย์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม คือ ทำให้สัดส่วนของกรดอะซิติกมีค่าน้อยกว่ากรดโปรปิโอนิก นอกจากนี้ยังทำให้เวลาในการเคี้ยวเอื้องลดลง การหลั่งน้ำลายลดลง เมื่อกระเพาะมีความเป็นกรดเพิ่ม ปริมาณไขมันในนมและปริมาณน้ำนมจึงลดต่ำลงตามมา และเมื่อสัตว์ได้รับอาหารหยาบค่าความเป็นด่างในกระเพาะรูเมนจะสูงขึ้น เนื่องจากเกิดการเคี้ยวเอื้องทำให้มีการหมุนเวียนของน้ำลายช่วยปรับระดับความเป็นกรด-ด่างให้สูงขึ้นและมีค่า pH อยู่ในระดับที่เหมาะสม คือ 6.0-6.5 (วิโรจน์, 2546)

การใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโคในช่วงฤดูแล้งเป็นสิ่งที่เกษตรกรหลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่ฟางข้าวมีคุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ต่ำ จึงต้องหาวิธีการปรับปรุงคุณค่าทางอาหาร เช่น การสับ การใช้วิธีทางเคมี การเสริมอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูงการใช้ใบพืชตระกูลถั่ว และการใช้เศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงควรหาวัตถุดิบที่เป็นเศษเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและมีคุณค่าทางอาหารมากกว่าฟางข้าวมาใช้ร่วมกันในการปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวให้มีความน่ากิน และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการหาซื้อวัตถุดิบที่มีราคาแพงมาเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง

จากปัญหาต้นทุนค่าอาหารข้นที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบัน อันเป็นผลเกี่ยวเนื่องจากการนำวัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงาน เช่น มันสำปะหลังและข้าวโพดไปใช้ในการผลิตไบโอดีเซลมีผลให้ต้นทุนค่าอาหารเพิ่มสูงขึ้น การหาแหล่งอาหารหยาบใหม่ที่มีราคาถูก มีคุณภาพทางอาหารสูงพอสมควรที่มีปริมาณมากในท้องถิ่นหาได้ง่ายและมีราคาถูก จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับเกษตรกร

ลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจหลักชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีแหล่งผลิตที่สำคัญคือพื้นที่ 8 จังหวัดทางภาคเหนือของประเทศ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย พะเยา น่าน ลำปาง ตาก และ

แพร่ เนื่องจากผลผลิตลำไยทั้งประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี จากการรายงานของสำนักงานส่งเสริมสินค้าเกษตร (2559) พบว่าในปี พ.ศ. 2555-2557 มีปริมาณผลผลิตลำไยเพิ่มขึ้นปีละ 0.26 และ 0.39 แสนตัน ตามลำดับ เนื่องจากลำไยสดเน่าเสียได้ง่าย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำลำไยสดมาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ลำไย เช่น ลำไยอบแห้งทั้งเปลือก ลำไยเนื้อสีทอง ลำไยกระป๋อง ลำไยแช่แข็ง น้ำลำไย ไวน์ลำไย และกาแฟลำไย เป็นต้น เพื่อเป็นการถนอมอาหารและเป็นการเพิ่มมูลค่าของลำไยได้ แต่ผลจากการแปรรูปก็ทำให้ได้เมล็ดและเปลือกลำไยเป็นผลพลอยได้ไม่น้อยกว่าหมื่นตันต่อปี ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาในการจัดการวัสดุเศษเหลือและปัญหามลภาวะกับสิ่งแวดล้อมดังกล่าว ซึ่งจากรายงานของ พาวิน และคณะ (2547) พบว่าผลลำไยจะประกอบด้วยเนื้อ เปลือก และเมล็ดลำไย ในสัดส่วน 70:17:13 โดยน้ำหนักตามลำดับ จึงทำให้ในแต่ละปีมีเศษเหลือจากการแปรรูปลำไยเพิ่มขึ้นปีละ 0.74, 0.24 และ 0.16 แสนตัน และจากรายงานของ สมปอง และไพโรจน์ (2554) พบว่า ในการผลิตลำไยทั้งระบบนั้น มีเศษเหลือที่สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโคได้แก่ ใบลำไย ผลลำไยตกเกรด รวมทั้งเปลือกและเมล็ดลำไย ที่เป็นเศษเหลือจากการแปรรูปที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ทางอาหารสัตว์ ดังนั้นการนำเปลือกลำไยจากโรงงานแปรรูปมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ โดยเฉพาะเปลือกลำไยที่มีเยื่อใยสูงกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ น่าจะเป็นแหล่งเยื่อใยที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ แต่เปลือกลำไยยังมีความชื้นสูง (ร้อยละ 70) จึงเป็นแหล่งอาหารที่ดีสำหรับจุลินทรีย์ที่จะทำให้เกิดการเน่าเสียได้ การคิดหาวิธีการเก็บรักษาเปลือกลำไยโดยการนำมาใช้ร่วมกับฟางข้าวหมักยูเรียจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เพื่อที่จะใช้ประโยชน์จากเศษเหลือจากการผลิตลำไยไปทำอาหารหยาบต่อไป ซึ่งอาจช่วยลดปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งและเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ โครงสร้างพื้นผิวด้านนอก และคุณค่าทางอาหาร ของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียในระดับต่างๆ

2. เพื่อศึกษาการสลายตัวของโภชนะของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย โดยใช้เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy II) ด้วยวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) แบบ batch type

3. เพื่อศึกษาสมรรถภาพในการผลิต การย่อยได้ในของโภชนะโดยวิธีใช้สารบ่งชี้ (indicator method) หรือ AIA และการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมนของแพะ คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid, VFA) แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางโลหิตวิทยา เพื่อวิเคราะห์หาค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) น้ำตาลในเลือด (blood glucose, BG) และปริมาตรเม็ดเลือดแดง-อัดแน่น (packed cell volume, PCV)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบลักษณะทางกายภาพ โครงสร้างพื้นผิวด้านนอก คุณค่าทางอาหาร ของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียในระดับต่างๆ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ต่อไป

2. ทราบค่าการสลายตัวของโภชนะของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียในระดับต่างๆ เป็นส่วนประกอบในกระเพาะรูเมน

3. ทราบถึงค่าการย่อยได้ของโภชนะในอาหารหยาบที่มีเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียในระดับต่างๆ และการเปลี่ยนแปลงผลผลิตในกระเพาะรูเมน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการใช้เลี้ยงสัตว์ต่อไป

4. ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงทางโลหิตวิทยาของแพะทดลอง ที่ได้กินอาหารหยาบระดับต่างๆ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ต่อไป

ขอบเขตการวิจัย

1. การศึกษาโครงสร้างพื้นผิวด้านนอก และการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของเปลือกลำไยหมักยูเรียร่วมกับฟางข้าวในระดับต่างๆ ในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์

2. การศึกษาการสลายตัวของโภชนะของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียในระดับต่างๆ โดยใช้เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม

3. การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารหยาบที่มีเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียทดแทนหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นแหล่งอาหารหยาบด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้ และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมน คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง, แอมโมเนียไนโตรเจน และกรดไขมันระเหยง่าย

4. การศึกษาค่าทางโลหิตวิทยาของแพะทดลองที่ได้กินอาหารหยาบ คือ ยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด, น้ำตาลในเลือด (blood glucose, BG) และ ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (packed cell volume, PCV)

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของประชากรประกอบอาชีพเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ในชุมชนเกษตรกรรม รายได้หลักจึงได้มาจากการขายพืชผลทางการเกษตร เช่น ข้าว ธัญพืชชนิดต่างๆ ผลไม้และผักเพื่อการบริโภค มีผลให้มีวัสดุเหลือใช้ภาคเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรอย่างมากมาย ในปัจจุบันประเทศประสบปัญหาการขาดแคลนอาหารสัตว์ซึ่งมีไม่เพียงพอกับความต้องการ และการทำแปลงหญ้าเพื่อเลี้ยงสัตว์อย่างจริงจังมีไม่มาก ด้วยความจำกัดของพื้นที่ เกษตรกรจำเป็นต้องนำวัสดุเหลือใช้ในภาคเกษตร และอุตสาหกรรมการเกษตรมาใช้ให้มีประสิทธิภาพเพื่อเปลี่ยนอาหารเหล่านั้นให้เป็นแหล่งโปรตีน เช่น เนื้อ นม และไข่ เพื่อเลี้ยงประชากรของประเทศและเพื่อการส่งออก (มณีวรรณ และคณะ, 2544) สอดคล้องกับ Sruamsiri (2007) ที่รายงานว่าปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบมีผลอย่างยิ่งต่อการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ จึงทำให้เกษตรกรต้องนำเศษเหลือจากการเกษตรที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำ และเยื่อใยสูงโดยเฉพาะฟางข้าวมาใช้เลี้ยงโค นอกจากนี้ยังนำเอาเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรที่เป็นเศษผลไม้จากการตัดแต่ง และเศษผักที่ไม่ได้มาตรฐานส่งออก เช่น เศษสับปะรด เปลือกข้าวโพดฝัก-อ่อน ฯลฯ มาใช้เลี้ยงโค โดยเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรมักมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าเศษเหลือทางการเกษตร แต่มีความชื้นสูงกว่า

สุมน (2553) กล่าวว่าอาหารสัตว์เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญยิ่งในขบวนการผลิตสัตว์ ถ้าผู้เลี้ยงสามารถลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ลงมากเท่าไร ก็มีโอกาสเพิ่มรายได้และผลตอบแทนมากขึ้นเท่านั้น นอกจากนี้ปัญหาการขาดแคลนอาหารสัตว์ในบางฤดูกาล เช่น ช่วงฤดูแล้ง ยังคงเป็นปัญหาที่เกษตรกรประสบอยู่ โดยเฉพาะการขาดแคลนแหล่งอาหารหยาบสำหรับโค-กระบือ

กองอาหารสัตว์ (2554) กล่าวว่าการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์เป็นผลทำให้การผลิตโค-กระบือในประเทศลดลงทั้งปริมาณและคุณภาพ ปัญหานี้เกิดขึ้นทุกปีโดยเฉพาะในฤดูแล้ง หรือแม้แต่ในฤดูฝนซึ่งเกษตรกรต้องใช้พื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจต่างๆ ทำให้พื้นที่เลี้ยงสัตว์ไม่เพียงพอ ในขณะที่ผลพลอยได้และวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร และผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรมีอยู่แล้วปริมาณมาก บางชนิดมีคุณค่าทางอาหารสูง สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้โดยเกษตรกรอาจไม่ต้องซื้ออย่างไรก็ตามวัสดุพลอยได้บางชนิดอาจมีปัญหาอยู่บ้างเกี่ยวกับคุณภาพต่ำในการนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ เกษตรกรควรนำมาปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีต่างๆ ก่อนและพิจารณาใช้ประโยชน์ให้เหมาะสม ฟางข้าวอาจปรับปรุงคุณภาพโดยการทำฟางปรุงแต่งด้วยยูเรีย หรือใช้ยูเรียผสมกากน้ำตาลราดฟางข้าวแล้วใช้เลี้ยงโค-กระบือร่วมกับอาหารข้น หรือพืชมีโปรตีนสูงบางชนิดเช่น ใบกระถินแห้ง ต้นถั่วไมยรา ใบ

ผักตบชวา และใบมันสำปะหลังแห้ง เป็นต้น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลายชนิด เช่น ต้นและเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน เป็นต้น มีคุณภาพค่อนข้างดีสามารถใช้เลี้ยงโค-กระบือแทนหญ้าสดได้เต็มที่

เศษเหลือทางการเกษตร

เศษเหลือจากการปลูกข้าว

เทวรัตน์ (2558) กล่าวว่า ฟางข้าวเป็นส่วนของต้นข้าวที่เหลือหลังการเก็บเกี่ยว และนำเมล็ดข้าวออกแล้ว เป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรจากนาข้าวที่มีประโยชน์ในหลายด้าน และใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับการผลิตทางเกษตรอื่นๆ ฟางข้าวที่มีสภาพสมบูรณ์จะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ใบข้าว ปล้องข้าว และรวงข้าว ส่วนฟางข้าวที่ได้จากการเก็บด้วยวิธีตัดในแปลงนาจะมีส่วนประกอบของตอซังหรือ กอข้าวรวมด้วย แต่จะอยู่ในลักษณะที่เป็นฟางแตก แยกได้ยากกว่า โดยทั่วไปฟางข้าวแบ่งได้เป็น 3 ประเภทจากวิธีการรวบรวม ได้แก่

1. ฟางข้าวจากการเกี่ยวมือ และนวดมือ

เป็นฟางข้าวที่ได้จากการเกี่ยวข้าว และนำเมล็ดข้าวออก อาจด้วยวิธีการเกี่ยวด้วยมือหรือใช้รถเกี่ยวข้าว ฟางข้าวจากการเกี่ยวด้วยมือจะถูกมัดเป็นระเบียบด้วยตอก และถูกนำเมล็ดออกด้วยการตีด้วยไม้ ฟางข้าวมีความสมบูรณ์ไม่แตกเป็นเส้น เนื่องจากใช้แรงงานคนในการตีเมล็ดออก ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีโบราณที่พบในบางท้องที่เท่านั้น ปัจจุบันเกษตรกรหันมาใช้รถเกี่ยวข้าวแทน ซึ่งทำให้ประหยัด สะดวก และรวดเร็วกว่ามาก

2. ฟางข้าวจากการเกี่ยวมือ และนวดด้วยรถนวด

เป็นฟางข้าวที่ได้จากการนำมัดข้าวจากการเกี่ยวมือเข้าเครื่องนวดหรือรถนวดที่อาศัยการปั่นที่ทำให้ฟางข้าว และเมล็ดแยกออกจากกัน โดยฟางจะถูกแรงปั่นแยกออกทางด้านบนของเครื่อง และกองรวมกัน ส่วนเมล็ดที่มีน้ำหนักจะตกลงสู่ด้านล่างของเครื่องปั่นรวมกัน โดยใช้ถุงกระสอบรองรับ ลักษณะฟางที่ได้จากการนวดเมล็ดด้วยวิธีนี้จะทำให้ฟางมีลักษณะแตกเป็นเส้นขนาดเล็ก ไม่มีการจัดเรียงตัวที่เป็นระเบียบ วิธีนี้จะพบได้มากในพื้นที่ภาคอีสาน แต่ปัจจุบันเริ่มลดน้อยลง เนื่องจากเกษตรหันมาใช้รถเกี่ยวข้าวแทน

3. ฟางข้าวจากรถอัดฟางข้าว

เป็นฟางข้าวที่ได้จากการตัดเก็บตอซัง และอัดฟางข้าวที่กองในแปลงนาหลังการใช้รถเกี่ยวข้าว ซึ่งจะเป็นฟางผสมระหว่างตอซัง และฟางข้าวส่วนบน ฟางข้าวที่หล่นในแปลงนาหลังการเกี่ยวข้าวด้วยรถเกี่ยวข้าวจะเป็นฟางข้าวที่มีการแตกขาดเป็นเส้นเหมือนกับฟางข้าวที่แยกเมล็ดด้วยเครื่องนวดข้าว และฟางชนิดนี้จะถูกปล่อยทิ้งตามแปลงนา ต้องใช้รถเก็บฟางข้าวรวบรวมอัดอีกครั้ง ซึ่งจะได้ฟางข้าวจากการเกี่ยวข้าวร่วมกับฟางข้าวจากตอซังรวมกัน

ฟางข้าวจัดเป็นวัสดุเหลือใช้ที่เป็นผลพลอยได้จากการนวดเมล็ดข้าวที่สามารถหาได้ง่าย โดยทั่วไปสัดส่วนของผลผลิตข้าวต่อฟางข้าวอยู่ที่ประมาณ 1:1 (มณีรัตน์, 2550) เกษตรกรสามารถเก็บรวบรวมไว้ใช้เลี้ยงสัตว์ได้โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง โดยวิธีการทำลอมฟางเก็บไว้ การมัดเป็นฟ่อนเก็บไว้ตามยุ้งฉางใต้ถุนบ้านหรือใส่กระสอบ และอัดเป็นก้อนเก็บเรียงไว้ (สุมน, 2553)

จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของฟางข้าวที่รายงานอย่างสอดคล้องกัน โดยนักวิจัยหลายท่าน พบว่ามีโปรตีนค่อนข้างต่ำ (2.5-4.0 เปอร์เซ็นต์) แต่มีเยื่อใยสูง และมีเยื่อใยของผนังเซลพืช (NDF) ระหว่าง 42-85 เปอร์เซ็นต์ โดยมีลิกโนเซลลูโลส (ADF) สูง ซึ่งเป็นผลทำให้การใช้ประโยชน์ได้ต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว

วัตถุแห้ง	%วัตถุแห้ง					แหล่งอ้างอิง
	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ADF	NDF	
90.00	2.76	2.00	14.84	38.13	NA	กรมปศุสัตว์ (2543)
91.65	3.92	NA	19.23	24.94	42.85	ทรงศักดิ์ และคณะ (2543)
96.08	3.02	NA	NA	45.71	82.53	ภูริพงศ์ (2549)
91.00	2.50	NA	NA	61.30	84.90	Wanapat *et al.* (2009)
97.40	2.60	NA	12.60	51.20	76.20	Cherdthong *et al.* (2011)

สำหรับความแตกต่างด้านคุณค่าทางอาหารของฟางข้าวจ้าวและฟางข้าวเหนียว จากรายงานของ เมธา และคณะ (2533) พบว่า ฟางข้าวจ้าวและฟางข้าวเหนียวมีคุณค่าทางอาหารไม่แตกต่างกัน คือโปรตีน 3.7 และ 3.8% เยื่อใย NDF 72.7 และ 73.5% และ เยื่อใย ADF 50.3 และ 50.3% ของวัตถุแห้งตามลำดับ แต่ในฟางข้าวจ้าวมีปริมาณเถ้าสูงกว่าในฟางข้าวเหนียวเล็กน้อย (15.7 และ 13.4%)

โดยทั่วไปฟางข้าวมีโภชนะย่อยได้รวม (Total Digestible Nutrient, TDN) ประมาณ 45% และการที่ฟางข้าวมีความฟ่ามสูง และมีพื้นที่ผิวต่ำ จึงทำให้สัตว์สามารถกินได้น้อย และได้รับปริมาณโภชนะต่ำกว่าระดับเพื่อการดำรงชีพ โดยเฉลี่ยแล้วปริมาณฟางข้าวที่ โค กระบือ และแกะ สามารถกินได้นั้นยังอยู่ในระดับต่ำประมาณ 2% ของน้ำหนักตัวเท่านั้น (เมธา, 2528)

บุญล้อม (2551) รายงานว่าคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวจะสูงหรือต่ำ นอกจากจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวแล้ว การใส่ปุ๋ยก็เป็นสิ่งสำคัญ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเปอร์เซ็นต์โปรตีนใน ฟางข้าวจะสูง

ตามไปด้วย ฟางข้าวมีการย่อยได้ต่ำ (50 เปอร์เซ็นต์) เพราะมีส่วนของผนังเซลอยู่มาก การนำฟางข้าวไปใช้เลี้ยงสัตว์ จึงไม่ควรใช้เป็นอาหารเดี่ยว ควรใช้ร่วมกับอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เช่น ใบพืชตระกูลถั่วต่างๆ ได้แก่ ใบกระถิน หรือใบมันสำปะหลังแห้ง นอกจากนี้ใบพืชสีเขียว เช่น ใบกระถินยังมีวิตามินเอ และสารเบต้าแคโรทีน ที่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ซึ่งมีผลทำให้โภชนะในอาหารเพิ่มขึ้น และทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้องเจริญเติบโตดี อีกทั้งยังช่วยย่อยอาหารได้ดีขึ้นด้วย

การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าว

Wilkins (1982 อ้างโดย เทิดชัย, 2548) กล่าวว่าการเพิ่มคุณค่าทางอาหารของอาหารหยาบจะช่วยทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงได้ และมีอาหารหยาบเพียงพอกับความต้องการของสัตว์ โดยมีวิธีการต่างๆ ดังนี้

วิธีการทางกายภาพ หรือวิธีกล (physical/mechanical treatment)

เป็นการทำให้ลักษณะรูปร่างของอาหารเปลี่ยนไป เช่น การแช่น้ำ การบด การอัดเม็ด เป็นต้น โดยการบด และการอัดเม็ด ทำให้ขนาดของอาหารเล็กลง พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น ทำให้สัตว์กินได้เพิ่มขึ้น และเพิ่มอัตราไหลผ่านของอาหารเร็วขึ้น แต่อัตราการย่อยได้จะลดน้อยลง ซึ่งเป็นผลทำให้ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Digestible nutrient) พลังงานที่ย่อยได้ (Digestible energy) สูงขึ้น และพลังงานสุทธิ (Net energy, NE) ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้น

ซึ่งจากรายงานของ ทรงศักดิ์ และคณะ (2543) พบว่า การเลี้ยงโคเนื้อลูกผสม (บราห์มัน x พื้นเมือง) ด้วยฟางข้าวอัดเม็ดจะทำให้ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบสูงขึ้น เนื่องจากความฟ่ามของอาหารลดลง และมีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้น ผลวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 2 และมีแนวโน้มว่าค่าปริมาณการกินได้จะสูงขึ้นเมื่ออัดเม็ดขนาดใหญ่ขึ้น โดยการอัดเม็ดฟางข้าวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร มีการย่อยได้ของวัตถุแห้งและการย่อยได้ของอินทรียวัตถุสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบโภชนะในอาหารข้นและฟางข้าวธรรมดาและฟางอัดเม็ดชนิดต่างๆ (% วัตถุแห้ง)

รายการ	อาหารข้น	ฟางไม่อัดเม็ด	ฟางอัดเม็ดเส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)		
			1	2	3
วัตถุแห้ง	92.37	91.65	91.75	91.25	91.64
โปรตีน	20.40	3.92	4.37	4.93	4.50
เถ้า	14.75	19.23	17.01	16.50	16.06
NDF	25.30	42.85	38.15	38.09	38.15
ADF	15.80	24.94	23.00	24.73	23.20
ADL	2.10	3.40	3.21	2.98	3.01

ที่มา: ทรงศักดิ์ และคณะ (2543)

ตารางที่ 3 ผลของฟางข้าวอัดเม็ดต่อปริมาณการกินได้ของอาหารรวม และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน-พื้นเมือง

รายการ	ฟางข้าวไม่อัดเม็ด	ฟางข้าวอัดเม็ดเส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)		
		1	2	3
ปริมาณการกินได้ทั้งหมด				
กก./ตัว/วัน	2.63	2.79	2.95	3.13
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	1.84	1.95	2.11	2.14
กรัม/กก. นน.ตัว$^{0.75}$	63.66	67.33	72.58	76.19
การกินได้ของอาหารหยาบ				
กก./ตัว/วัน	2.01	2.14	2.33	2.50
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	1.39	1.49	1.66	1.77
กรัม/กก. นน.ตัว$^{0.75}$	48.27	51.58	57.30	60.98
ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้				
วัตถุแห้ง	56.14	54.84	58.56	51.68
อินทรียวัตถุ	59.76	59.17	62.72	56.54

ตารางที่ 3 (ต่อ)

รายการ	ฟางข้าวไม่อัดเม็ด	ฟางข้าวอัดเม็ดเส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)		
		1	2	3
โปรตีน	39.14	37.46	40.74	35.60
ผนังเซล	36.41	35.00	42.08	35.50
ลิกโนเซลลูโลส	21.90	20.49	23.81	23.22

ที่มา: ดัดแปลงจาก ทรงศักดิ์ และคณะ (2543)

วิธีการใช้สารเคมี (chemical treatment)

โดยการใช้สารเคมีต่างๆ ในรูปของแข็ง ของเหลว และก๊าซ อาจแตกต่างกันไปตามสารเคมี ปริมาณที่ใช้ ระยะเวลา รวมทั้งเทคนิคในการปฏิบัติ สารเคมีที่ใช้แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กรด ด่าง และตัวออกซิไดซ์ (oxidative reagents) เช่น กรดซัลฟิวริก สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายแอมโมเนีย เป็นต้น

แต่วิธีการที่นิยมมากที่สุด คือ การใช้ก๊าซแอมโมเนียอบฟางข้าวหรือการหมักยูเรีย โดยสารละลายแอมโมเนียเมื่อละลายแล้วได้สารเคมีที่ช่วยให้พันธะระหว่างลิกนินและเซลลูโลส หรือลิกนินและเฮมิเซลลูโลสอ่อนตัว ทำให้สารกลุ่มฟรียูโรนิกแอซิด (free uronic acids) เป็นกลาง (Theander and Aman, 1984) เอนไซม์จากจุลินทรีย์จึงเข้าไปใช้ประโยชน์จากโภชนะในฟางข้าวได้ นอกจากนี้ Chesson and Ørskov (1984) เสริมว่า สารละลายด่างอาจทำลายพันธะต่างๆภายในโมเลกุลของลิกนินทำให้น้ำหนักโมเลกุลของลิกนินลดลง และทำให้การเชื่อมระหว่างเฮมิเซลลูโลสกับลิกนินอ่อนตัวลง จึงทำให้เกิดการบวมตัวของเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นผลให้เอนไซม์จากจุลินทรีย์สามารถเข้าจับยึดและย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างได้ง่ายขึ้น สำหรับประเทศไทยการใช้ปุ๋ยยูเรียเพื่อทำฟางอบยูเรียหรือฟางหมักยูเรียเป็นที่นิยม เนื่องจากเป็นวิธีที่ปลอดภัยและไม่ทำลายสภาพแวดล้อม เช่น การใช้สารละลายด่างชนิดอื่น

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือโซดาไฟ เป็นของแข็งลักษณะเป็นผลึกสีขาวไม่มีกลิ่น ไม่ระเหย ไม่ติดไฟ น้ำหนักโมเลกุล 40.01 เป็นด่างแก่ จุดหลอมเหลว 318 °C ความถ่วงจำเพาะ 2.13 ละลายน้ำได้ดีและเกิดความร้อนสูง และมีควันหรือละอองสาร เมื่อถูกความชื้นจะเยิ้มได้ง่าย สารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการณ์มักอยู่ในรูปของแข็งเป็นเม็ด (pellets) ทางอุตสาหกรรมอาจอยู่ในรูปของเหลวละลายน้ำชนิดเข้มข้น เป็นแผ่นหรือเป็นแท่ง ทำปฏิกิริยากับกรดได้เกลือของสาร และทำปฏิกิริยากับ

กรดไขมันได้สบู่ นอกจากนี้ยังทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศได้ง่ายเกิดโซเดียมคาร์บอเนต สารนี้ได้จากการผ่านกระแสไฟฟ้าในน้ำเกลือโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งโซเดียมอิออนจะไปที่ขั้วบวก (cathode) ซึ่งมีแผ่น asbestos ป้องกันคลอรีนแล้วทำปฏิกิริยากับน้ำปลดปล่อยก๊าซไฮโดรเจนได้โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ใช้ในอุตสาหกรรมผ้า พลาสติก สีย้อม ฟอกย้อม แร่ โลหะ ทำแม่พิมพ์ เป็นสารเคมีสำคัญ สำหรับผลิตสบู่ กระดาษ ใยสังเคราะห์ และใช้ในห้องปฏิบัติการ ตลอดจนใช้บำบัดน้ำเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรดเพื่อให้เป็นกลาง และการล้างพื้นผิวต่างๆ ให้สะอาดโดยเฉพาะการล้างไขมันออก

โซเดียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์กัดกร่อนเนื้อเยื่อรุนแรงโดยทำปฏิกิริยากับโปรตีนและไขมัน ทำให้บริเวณนั้นอ่อนนุ่มกลายเป็นวุ้นหรือเจลาตินและสบู่ เนื้อเยื่อถูกทำลายหรือถูกกัดลึกลงไป ซึ่งการทำลายอาจต่อเนื่องหลายวัน ล้างน้ำออกได้ยาก การหายใจเอาไอหรือละอองสารทำให้ระคายเคืองต่อทางเดินหายใจส่วนบน ทำให้จาม ปวดคอ น้ำมูกไหล ปอดอักเสบรุนแรง หายใจขัด การสัมผัสถูกผิวหนังจะระคายเคืองรุนแรง เป็นแผลไหม้และพุพองได้ การกลืนกินทำให้แสบไหม้บริเวณปาก คอ กระเพาะอาหาร เกิดแผลและเลือดออกในกระเพาะอาหาร อาเจียน ท้องร่วง เสียชีวิตได้ หากสัมผัสถูกตาจะมีฤทธิ์กัดกร่อน ระคายเคืองรุนแรง เป็นแผลไหม้ อาจทำให้มองไม่เห็นจนถึงขั้นตาบอดได้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับโลหะเกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ไวไฟ และต้องหลีกเลี่ยงความชื้น ฝุ่น น้ำ กรด ของเหลวไวไฟ ไตรคลอโรเอทิลีน ซึ่งอาจเกิดไฟไหม้หรือระเบิดได้ (ธิดารัตน์, 2552)

Jackson (1977) รายงานว่าการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ไม่นิยมใช้อาจเป็นเพราะว่าจะมีส่วนของสารโซเดียมที่ตกค้างในอาหารหยาบโดยทุกๆ 1 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้ด่างในการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบจะทำให้เป็นการเพิ่มสารตกค้างประมาณ 0.6 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุแห้งร่างกายของสัตว์มีกลไกการทำงานเปลี่ยนไปเมื่อได้รับโซเดียมและความเป็นกรด-ด่างในอาหารสูง ซึ่งโดยปกติการได้รับสารตกค้างในระดับสูงเกินไป (มากกว่า 0.6 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) มีผลทำให้สัตว์กินอาหารลดลงซึ่งส่งผลทางด้านสรีรวิทยาด้วย คือทำให้สัตว์เกิดความเครียด

Ololade and Mowat (1975) รายงานว่าสัดส่วนของกรดโพรพิโอนิกจะเพิ่มขึ้นและกรดอะซิติกจะลดลงเมื่อปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้นขณะที่กรดไอโซวาลีริกลดลง ส่วนระดับของยูเรียในกระเพาะหมักและในเลือดจะลดลงเมื่อสัตว์ได้รับอาหารที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2-4 เปอร์เซ็นต์ โดยผลตกค้างของโซเดียมที่กินเข้าไปจะถูกขับออกทางปัสสาวะ (urine) และมูลได้ตามปกติและไม่ได้ถูกขับออกทางน้ำนมด้วย (Choung and McManus, 1976) แต่สัตว์จะกินน้ำเพิ่มขึ้นและขับปัสสาวะออกมาเพิ่มขึ้นระดับของโซเดียมในซีรั่มก็ไม่ได้เพิ่มขึ้น ซึ่ง Jackson (1977) รายงานว่าการใช้สารเคมีประเภทด่างในการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบจะไม่มีผลกระทบต่อโคถ้าใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 3-6 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Stigsen (1975) อ้างโดย Jackson (1977) รายงานว่าอาการแอลคาโลซิส

(alkalosis) คือ เลือดมีความเป็นด่างมากกว่าปกติ ถ้าร่างกายมีความเป็นกรดหรือด่างมากเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อชีวิตได้ คือจะตายด้วยการชักกระตุก (tetany) หรืออาการชัก (convulsion) pH ที่ในร่างกายต่ำ (สัตว์มี pH ปกติอยู่ในช่วง 7-7.8) เมื่อโคนมที่ได้รับฟางที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 5% ในปริมาณ 10 กิโลกรัมต่อวันไม่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบน้ำนม (Jackson, 1977)

ยูเรีย

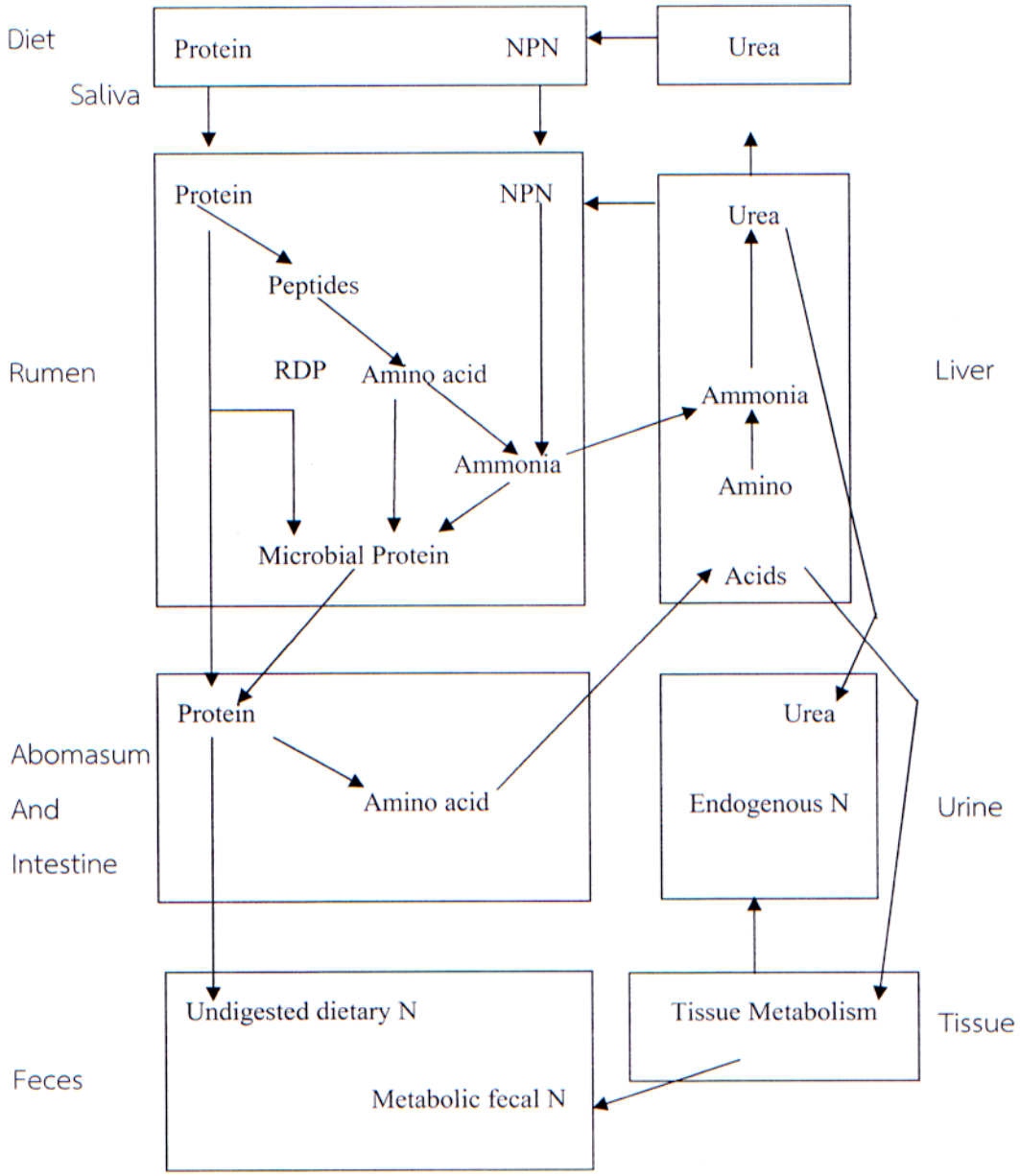
ยูเรีย [$CO(NH_2)_2$] มีโครงสร้างทางเคมี $NH_2-\overset{\overset{\displaystyle O}{||}}{C}-NH_2$ เป็นสารอินทรีย์ (organic compound) สังเคราะห์ได้โดยใช้แอมโมเนีย (NH_3) กับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีคุณสมบัติทางกายภาพ คือ เป็นผลึกสีขาวดูดความชื้นได้ดีมากละลายน้ำได้ 50% ยูเรียสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ 2 ประการคือ นำผสมลงในอาหารข้นโดยตรงหรือใช้ปุ๋ยยูเรีย เพื่อปรับปรุงคุณภาพของอาหารหยาบคุณภาพต่ำ เช่น ฟางข้าวทั้งนี้แล้วแต่วัตถุประสงค์ของผู้ใช้ จุดประสงค์ของการนำยูเรียมาใช้ผสมในอาหารสัตว์ เพื่อทดแทนอาหารโปรตีนจากธรรมชาติและลดต้นทุนค่าอาหารโดยจะต้องคำนึงถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจและคุณค่าทางโภชนะเป็นสำคัญ การใช้ปุ๋ยยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ ผสมน้ำราดฟางข้าวหมักทิ้งไว้ 21 วัน ทำให้ฟางข้าวมีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้น โดยสะดวกสำหรับผู้ใช้และสัตว์เลี้ยงจะได้รับประโยชน์จากยูเรียโดยตรงจากการสลายตัวในกระเพาะหมัก เมื่อพิจารณาแล้วราคายูเรียจะถูกกว่าและให้ปริมาณของโปรตีนมากกว่าการใช้ปลาป่น และกากถั่วต่างๆ ซึ่งการใช้ปุ๋ยยูเรียเป็นแหล่งโปรตีนผสมในอาหารข้นจะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงโดยจุลินทรีย์นั้นต้องมีแหล่งคาร์-โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายๆ (แป้ง) เพียงพอ เช่น ข้าวโพด ปลายข้าว มันเส้น รำละเอียด ฯลฯ มีแร่ธาตุและวิตามินผสมอยู่ด้วย การให้สัตว์เคี้ยวเอื้องกินยูเรียโดยตรงหรือผสมกับน้ำให้กินในปริมาณมากๆ สัตว์อาจจะตายได้เนื่องจากยูเรียสามารถสลายตัวให้แอมโมเนียในกระเพาะรูเมน ถ้าสัตว์ได้รับยูเรียในระดับสูงหรือในสภาพที่ไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดแอมโมเนียในกระเพาะเกินกว่าที่จุลินทรีย์จะนำไปสร้างโปรตีนได้ทัน ร่างกายจึงต้องมีการกำจัดออกโดยเปลี่ยนเป็นยูเรียที่ตับและขับออกทางปัสสาวะ ถ้าระดับของแอมโมเนียสูงเกินกว่าร่างกายจะกำจัดได้ทันจะเกิดเป็นพิษทำให้สัตว์อาจตายได้ (ยงยุทธและคณะ, 2551)

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) ให้เป็นประโยชน์ต่อร่างกายโดยปฏิกิริยาของจุลินทรีย์กระเพาะรูเมน เมื่อยูเรียเข้าไปในกระเพาะรูเมนถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ยูรีเอสจากแบคทีเรียอย่างรวดเร็วได้เป็นแอมโมเนีย (NH_3)

$$NH_2 - \overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C} - NH_2 + H_2O \longrightarrow 2NH_3 + CO_2$$

จากนั้นจุลินทรีย์จะนำเอาแอมโมเนียไปใช้ในการสร้างโปรตีนของตัวมันเอง (microbial protein) การที่แอมโมเนียถูกจับไปใช้ในการสร้างโปรตีนได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ซึ่งโดยปกติยูเรียใช้ได้ดีที่สุดเมื่อยูเรียมีอัตราการสลายตัวเป็นแอมโมเนียอย่างช้าๆ และอาหารมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายสูง (readily fermentable carbohydrate, RFC) เช่น อาหารพวกธัญพืช มันเส้น หรือกากน้ำตาล เป็นต้น เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสร้างโปรตีนของจุลินทรีย์ ถ้ายูเรียถูกสลายตัวเร็วและมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายไม่เพียงพอ จุลินทรีย์ไม่สามารถจับแอมโมเนียไปใช้ได้ทันในกระเพาะรูเมน แอมโมเนียจึงมีความเข้มข้นสูงทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียในเลือดสูง เนื่องจากตับไม่สามารถเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นยูเรียได้หมด ซึ่งกระทบกระเทือนของสมดุลของกรด-ด่างในร่างกายเป็นเหตุให้สัตว์ตายได้ ดังนั้นในการใช้ยูเรียหรือสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนเป็นอาหารสัตว์ จึงควรระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง ถ้าความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนมีต่ำกว่า 50 มก./ลิตร จะทำให้การเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพลดลง อาหารถูกย่อยได้น้อยและสัตว์กินอาหารได้น้อยลง ซึ่งเกิดจากอาหารมีไนโตรเจนต่ำหรือมีโปรตีนที่ทนต่อการย่อยสลาย (ruminal undegradable protein, RUP) สูงเกินไป ถ้ามีแอมโมเนียเกิดขึ้นมาก ในอัตราเร็วกว่าจุลินทรีย์จะจับไปใช้ได้ทัน จะมีแอมโมเนียสะสมอยู่ในกระเพาะรูเมนมาก ซึ่งจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนได้หลายทาง คือ

1. ดูดซึมเข้าเลือดส่งไปยังตับเพื่อกำจัดพิษออกโดยเปลี่ยนเป็นยูเรียและขับออกทางร่างกายโดยปัสสาวะ
2. ยูเรียบางส่วนจะถูกส่งกลับมายังกระเพาะรูเมนอีกโดยผ่านทางน้ำลาย
3. ยูเรียจะถูกส่งมายังผนังกระเพาะรูเมนกลับเข้ามาโดยตรง



ภาพที่ 1 การย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจนในรูเมน
การเปลี่ยนแปลงในร่างกายและขับออก

ที่มา: ดัดแปลงจาก Lewis and Hill (1983)

ข้อเสนอแนะในการใช้ยูเรียผสมในอาหารสัตว์ (บุญล้อม, 2546)

1. ใช้อาหารผสมยูเรียเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีกระเพาะรูเมนเจริญเติบโตแล้วเท่านั้นห้ามใช้ยูเรียในอาหารลูกโคหรือในสัตว์กระเพาะเดี่ยว

2. ใช้ยูเรียในสูตรอาหารข้นที่มีโปรตีนหยาบต่ำกว่า 13-14 เปอร์เซ็นต์

3. ในสูตรอาหารต้องมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายอยู่สูงเช่น มันเส้น ข้าวโพด รำละเอียด ปลายข้าว ฯลฯ

4. ยูเรียเป็นสารอนินทรีย์ที่ไม่มีพลังงาน แร่ธาตุ และวิตามินเป็นองค์ประกอบ การใช้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนในอาหารจึงควรเสริมโภชนะเหล่านี้ลงไปด้วย

5. ในอาหารข้นไม่ควรใช้ยูเรียผสมเกิน 3% ของอาหารข้นหรือ 1 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณวัตถุแห้งที่สัตว์กินได้หรือเกิน 30 กรัมต่อน้ำหนักตัว 100 กิโลกรัม

6. ควรผสมกากน้ำตาลเพื่อเพิ่มรสชาติ เนื่องจากยูเรียจะมีรสชาติเฝื่อนสัตว์ไม่ชอบกิน

7. ควรใช้ยูเรียผสมลงในอาหารวันละน้อยและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระดับที่ต้องการเพื่อสัตว์จะได้มีเวลาปรับตัว

8. การผสมยูเรียลงในอาหารข้น ต้องผสมให้เข้ากันดีอย่าให้เป็นก้อนและไม่ควร ใช้ยูเรียละลายน้ำให้สัตว์ดื่มโดยตรงเพราะสัตว์จะกินเข้าไปครั้งละมากๆและอาจเป็นอันตรายได้

จากการทดลองของ Suksombat (2004) เพื่อศึกษาการย่อยได้ของโภชนะของฟางข้าวที่ปรับปรุงด้วยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และยูเรีย โดยวิธีใช้ถุงไนล่อน (Nylon bag technique) พบว่าสามารถทำให้คุณค่าทางอาหารของฟางข้าวสูงขึ้นได้ โดยฟางข้าวที่ปรับปรุงด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 เปอร์เซ็นต์ แช่นาน 7 วัน มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุแห้งที่ 48 ชั่วโมง สูงที่สุด (57.3) ไม่แตกต่างจากฟางข้าวที่ปรับปรุงด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 เปอร์เซ็นต์ (54.4) และฟางข้าวที่ปรับปรุงด้วยยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ นาน 7 วัน (54.3) ตามลำดับ แต่แตกต่างกับกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งและเยื่อใยของฟางข้าวที่ปรับปรุงด้วยวิธี Nylon bag และองค์ประกอบทางเคมี โดยการใช้ยูเรีย และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ชั่วโมงการแช่บ่มที่ 48 ชั่วโมง

องค์ประกอบ	C	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	SEM
วัตถุแห้ง (%)	92.0^{a}	73.5^{bc}	72.0^{cd}	73.6^{bc}	72.4^{bcd}	70.2^{d}	72.2^{bcd}	73.4^{bc}	74.4^{b}	1.1
เถ้า (%)	10.8	18.3^{ab}	19.6^{a}	16.7^{c}	15.0^{d}	17.4^{bc}	17.0	18.3^{ab}	17.7^{bc}	0.6
โปรตีน (%)	2.3^{e}	2.7^{e}	2.3^{e}	5.4^{d}	10.6^{c}	9.7^{c}	15.9^{a}	8.7^{c}	14.0^{b}	0.7
อีเทอร์เอกซ์แทร็ก (%)	1.02^{ab}	0.87^{bc}	0.59^{d}	0.58^{d}	0.63^{cd}	0.44^{de}	0.34^{e}	1.16^{a}	1.12^{a}	0.1
เยื่อใย (%)	32.5^{bc}	34.1^{a}	33.5^{ab}	33.6^{ab}	32.5^{b}	31.4^{cd}	30.3^{d}	30.3^{d}	30.8^{d}	0.7
NDF (%)	70.5^{a}	66.9^{bc}	59.9^{d}	70.1^{ab}	68.3^{ab}	64.5^{c}	60.9^{d}	59.0^{d}	58.6^{d}	1.7
ADF (%)	39.8^{ab}	38.7^{bc}	36.7^{d}	40.2^{ab}	41.0^{a}	39.8^{ab}	37.1^{c}	36.7^{d}	36.9^{cd}	0.9
พลังงานรวม (Mcal/kg วัตถุแห้ง)	3.6	3.34	3.18	3.44	3.49	3.36	3.28	3.24	3.2	NA
การสลายตัวของโภชนะที่ 48 ชั่วโมง (%)										
วัตถุแห้ง (%)	39.9^{d}	**54.4**^{a}	**57.3**^{a}	**54.3**^{a}	46.5^{c}	31.9^{e}	36.3^{de}	48.6^{bc}	53.0^{ab}	2.4
เยื่อใย (%)	31.2^{d}	**52.9**^{a}	**51.1**^{ab}	**55.4**^{a}	45.7^{bc}	29.4^{d}	31.5^{d}	35.2^{d}	42.3^{c}	3.0

ที่มา: ดัดแปลงจาก Suksombat (2004)

หมายเหตุ C = ฟางข้าวธรรมดา, T1 = ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3%, T2 = ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6%, T3 = ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยยูเรีย 3%, T4 = ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วย ยูเรีย 6%, T5 = ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3%ร่วมกับยูเรีย 3%, T6 = ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3%ร่วมกับยูเรีย 6%, T7 = ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6%ร่วมกับยูเรีย 3%, T8 = ฟางข้าวปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6%ร่วมกับยูเรีย 6%

แต่อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงคุณภาพ และการย่อยได้ของโภชนะในฟางข้าวด้วยโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ร่วมกับยูเรียดีกว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือยูเรียเพียงอย่างเดียว

Wang et al. (2007) ได้ศึกษาลักษณะของเนื้อเยื่อในฟางข้าวที่ปรับปรุงด้วยโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ และแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) และ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Tranmission electron microscope, TEM) ส่องดูการเปลี่ยนแปลง และศึกษาการย่อยได้ของโภชนะด้วยวิธี *in sacco* พบว่า เมื่อปรับปรุงฟางข้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณ 30 และ 60 กรัมต่อกิโลกรัมของวัตถุแห้ง ทำให้การย่อยได้ดีกว่าการปรับปรุงด้วยแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลของการปรับปรุงฟางข้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และแอมโมเนียมไบคาร์บอเนตต่อองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ด้วยวิธี *in sacco*

รายการ	ฟางข้าว					ความแตกต่าง			
	ไม่เสริม	NaOH (g/kg DM)		NH_4HCO_3 (g/kg DM)		NaOH		NH_4HCO_3 (g/kg DM)	
	0	30	60	30	60	L	Q	L	Q
เยื่อใย NDF	727	680	609	737	725	**	NS	**	NS
โปรตีน	55	57	57	60	71	NS	*	**	NS
เถ้า	123	151	181	121	126	**	NS	NS	NS
การย่อยได้ 24 ชม.	276	433	507	252	289	**	NS	**	NS

ที่มา: ดัดแปลงจาก Wang *et al.* (2007)

หมายเหตุ NS : P>0.05, * P≤0.05, ** P≤0.01

เมธา และ ฉลอง (2535) กล่าวว่า วิธีที่ง่ายในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวสำหรับเกษตรกรในประเทศไทย คือการปรับปรุงฟางข้าวด้วยปุ๋ยยูเรีย (46 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน) หรือที่ กรมปศุสัตว์เรียกว่า ฟางข้าวปรุงแต่ง ซึ่งจะใช้สัดส่วนของฟางข้าวต่อน้ำต่อปุ๋ยยูเรียในอัตรา 100 : 100 : 6 และหมักไว้ประมาณ 21 วัน ก่อนนำออกมาใช้ จากรายงานการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของกองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2543) พบว่า การใช้แอมโมเนียปรุงแต่งฟางข้าวนอกจากจะ

ช่วยเพิ่มการย่อยได้ของโภชนะ ยังช่วยเพิ่มแหล่งของโปรตีนในรูปของสารประกอบไนโตรเจนให้สูงขึ้น 4-5 เปอร์เซ็นต์ ของฟางข้าวธรรมดา ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวธรรมดาและฟางข้าวอบยูเรีย (% วัตถุแห้ง)

% วัตถุแห้ง	ฟางข้าวธรรมดา	ฟางข้าวอบยูเรีย 6%	
	สภาพแห้ง	สภาพสด	สภาพแห้ง
วัตถุแห้ง	90.00	57.00	90.00
โปรตีน	2.76	4.99	7.88
เยื่อใย	38.13	21.11	33.33
ไขมัน	2.00	3.09	4.88
เถ้า	14.84	11.60	18.30
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทร็ก	32.27	16.21	25.61
การย่อยได้	45.00	53.00	53.00

ที่มา: ดัดแปลงจาก กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2543)

และจากผลการทดลองของ Wannapat *et al.* (2009) ในโครีดนมที่กินอาหารข้น ร่วมกับฟางข้าว ฟางข้าวอบยูเรีย (5.5 เปอร์เซ็นต์) และฟางข้าวอบยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (2.2 เปอร์เซ็นต์ + 2.2 เปอร์เซ็นต์) พบว่า การกินฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพทำให้ปริมาณน้ำนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำนมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนโปรตีนในน้ำนม และไขมันในน้ำนมค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลของฟางข้าวปรุงแต่งต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโครีดนม

	วิธีการ		
	ฟางข้าวธรรมดา	**ฟางข้าวอบยูเรีย 5.5%**	**ฟางข้าวอบยูเรีย 2.2%+ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.2%**
ปริมาณน้ำนม (กก./วัน)	10.8	11.1	12.1
ไขมันปรับที่ 3.5% (กก./วัน)	11.3	12.3	12.9
ส่วนประกอบในน้ำนม			
โปรตีนในน้ำนม	2.8 [a]	3.3 [b]	3.4 [b]
ไขมันในน้ำนม	3.8 [a]	4.1 [b]	4.3 [c]
น้ำตาลแลคโตส	4.8	5.0	5.1
ของแข็งไม่รวมไขมัน	8.3	8.7	8.5
ของแข็งทั้งหมด	12.1	12.5	12.4

ที่มา: ดัดแปลงจาก Wannapat *et al.* (2009)

หมายเหตุ [a-c] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สอดคล้องกับ Cherdthong et al. (2011) รายงานจากการทดลองเสริมยูเรียอย่างเดียว ยูเรียร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ และยูเรียร่วมกับแคลเซียมซัลเฟตในสูตรอาหารข้นเลี้ยงโครีดนม โดยใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบ พบว่า ปริมาณน้ำนมและส่วนไขมันนมปรับที่ 3.5% มีค่าสูงขึ้นโดยค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่เสริมยูเรียอย่างเดียว กลุ่มที่เสริมยูเรียร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ และกลุ่มที่เสริมยูเรียร่วมกับแคลเซียมซัลเฟตในสูตรอาหารข้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลของยูเรียแคลเซียมต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโครีดนม

	ปริมาณในอาหารข้น		
	ยูเรีย 4%	ยูเรีย+แคลเซียมคลอไรด์ 6.7%	ยูเรีย + แคลเซียมซัลเฟต 6.7%
ผลผลิตที่ได้ปริมาณน้ำนม (กก./วัน)	10.1 [a]	11.3 [a]	13.4 [b]
ไขมันปรับที่ 3.5% (กก./วัน)	10.7 [a]	12.3 [b]	12.9 [c]
ส่วนประกอบน้ำนม			
โปรตีนในนม	3.0	3.3	3.3
ไขมันในน้ำนม	3.8	4.1	4.2
น้ำตาลแลคโตส	4.7	4.8	4.7
ของแข็งไม่รวมไขมัน	9.3	8.9	8.6
ของแข็งทั้งหมด	13.2	12.8	12.6

ที่มา: ดัดแปลงจาก Cherdthong et al. (2011)

หมายเหตุ [a-c] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ไขมันปรับที่ 3.5% = 0.432 กก.ของน้ำนมต่อวัน + 16.23 กก.ของไขมัน

ขณะเดียวกันจากรายงานของ Shen *et al.* (1998) ซึ่งทดลองศึกษาการย่อยได้โดยการวิเคราะห์แบบ *in sacco* และ *in vitro* ของฟางข้าวธรรมดา กับฟางข้าวอบยูเรียใน 3 ฤดูการเก็บเกี่ยว พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมของการย่อยได้ในกลุ่มการวิเคราะห์แบบ *in sacco* ระหว่างฟางข้าวที่ไม่ใส่ยูเรีย และฟางข้าวที่ใส่ยูเรียมีค่าการย่อยได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่วิธีวิเคราะห์แบบ *in vitro* ค่าเฉลี่ยรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบทั้งสองวิธีแสดงให้เห็นว่า การย่อยได้ที่ทำจริงในสัตว์ทดลองมีค่าสูงกว่าการทดลองในหลอดทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ลักษณะการย่อยได้ของฟางข้าว และฟางข้าวอบยูเรียเปรียบเทียบกันโดยการวิเคราะห์แบบ *in sacco* และ *in vitro*

ฤดู/พันธุ์	*in sacco* (% วัตถุแห้ง)		*in vitro* (ml/200 mg วัตถุแห้ง)	
	ไม่ใส่ยูเรีย	ใส่ยูเรีย	ไม่ใส่ยูเรีย	ใส่ยูเรีย
ฤดูแรก ค่าเฉลี่ย BY+837	69.5	78.0	44.6	47.2
กลางฤดู				
ค่าเฉลี่ย MX63+SY63	71.8	75.4	39.7	37.8
ท้ายฤดู				
ค่าเฉลี่ย MX64+WG+SY64	64.5	72.5	40.6	42.7
ค่าเฉลี่ยรวม	68.04 [a]	74.91 [b]	41.48 [a]	42.57 [a]

ที่มา: ดัดแปลงจาก Shen et al. (1998)

หมายเหตุ [a,b] แตกต่างในกลุ่มการวิเคราะห์เดียวกัน ($P<0.05$)

วิธีชีวภาพ (biological treatment)

เทอดชัย (2548) กล่าวว่า วิธีนี้เป็นการใช้เชื้อราที่มีความสามารถในการย่อยลิกนิน มากกว่าการย่อยคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างของพืช เชื้อราประเภทนี้ได้แก่ เชื้อราในกลุ่มของ White-rot ที่มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน และปรากฏว่าเชื้อราประเภทนี้บางชนิดสามารถทำให้การย่อยได้ของอาหารหยาบเพิ่มมากขึ้นด้าน Vijchulata and Sanpote (1982) พบว่าฟางข้าวที่ใช้เพาะเห็ดโดยเชื้อ *Volvariella volvacea* เมื่อนำมาเลี้ยงแกะแล้วสามารถย่อยวัตถุแห้ง โปรตีน และเยื่อใยได้เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบต่อปริมาณการย่อยได้และปริมาณการกินได้ในแกะ

รายการ	ใช้เชื้อ *V. volvacea* ฟางข้าว 65%+ ใบกล้วย 35%	ฟางข้าว 65%+ ใบกล้วย 35%	ใช้เชื้อ *V. volvacea* ใบกล้วย	ใบกล้วย
เยื่อใย NDF (%)	64.67	69.69	65.92	68.23
เซลลูโลส (%)	29.95 [a]	24.43 [b]	29.89 [a]	29.70 [a]
เฮมิเซลลูโลส (%)	13.46	13.65	14.74	10.54
ลิกนิน (%)	10.30 [c]	15.33 [b]	14.08 [bc]	20.34 [a]
ปริมาณการกินได้ (g/kg $W^{0.75}$)				
อาหารหยาบ	29.87	33.46	27.20	24.30
อาหารข้น	17.51	17.45	17.25	17.52
รวม	47.38	50.91	44.45	41.85
ปริมาณการย่อยได้	53.14 [a]	41.10 [b]	51.93 [a]	46.14 [ab]

ที่มา: ดัดแปลงจาก Vijchulata and Sanpote (1982)

หมายเหตุ [a-c] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

วิธีกลร่วมกับการใช้สารเคมี (physic-chemical treatment)

เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะของอาหารและใช้สารเคมีร่วมกัน เช่น การสับหรือบดและใช้สารเคมี เป็นต้น จากรายงานของ Zhu *et al.* (2005) ได้ทดลองศึกษาการปรับสภาพของฟางข้าวโดยสับขนาด 1-2 เซนติเมตร แช่ในโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และฟางแช่ในโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับการใช้ความร้อนของไมโครเวฟ โดยวิเคราะห์หาความแตกต่างในองค์ประกอบของฟางข้าว พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ของความชื้น ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลสลดลงตามระยะเวลาการปรับสภาพอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เพียงอย่างเดียวในฟางข้าว หรือการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับการใช้ความร้อนจากไมโครเวฟ ขณะที่เปอร์เซ็นต์เซลลูโลสมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการปรับสภาพของฟางข้าวต่อองค์ประกอบหลัก

วิธีการ	กำลังไฟ (วัตต์)	เวลา (นาที)	องค์ประกอบ (%)			
			ความชื้น	เซลลูโลส	ลิกนิน	เฮมิเซลลูโลส
NaOH	-	15	10.3±0.3	51.4±0.5	9.4±0.4	20.1±0.6
NaOH	-	30	9.8±0.2	58.7±0.6	7.4±0.7	18.5±0.3
NaOH	-	42	9.6±0.3	62.2±0.4	6.4±1.2	16.4±1.2
NaOH	-	70	9.4±0.4	65.4±0.7	6.0±0.8	14.3±0.6
NaOH + ไมโครเวฟ	700	15	6.7±0.5	55.3±1.1	7.4±0.7	14.6±0.2
NaOH + ไมโครเวฟ	700	30	4.8±0.3	69.2±0.3	4.9±0.3	10.2±0.8
NaOH + ไมโครเวฟ	500	15	7.8±0.1	54.0±0.8	8.4±0.9	16.9±0.9
NaOH + ไมโครเวฟ	500	30	6.1±0.6	64.1±0.2	6.3±0.1	13.5±0.5
NaOH + ไมโครเวฟ	500	42	4.8±0.2	68.8±0.6	5.0±0.4	10.4±0.2
NaOH + ไมโครเวฟ	300	15	8.8±0.4	52.5±0.1	9.5±0.8	18.2±1.4
NaOH + ไมโครเวฟ	300	30	6.9±0.5	59.9±1.3	7.1±0.3	16.5±0.3
NaOH + ไมโครเวฟ	300	42	5.5±0.4	64.4±0.9	5.5±0.6	12.9±0.6
NaOH + ไมโครเวฟ	300	70	4.9±0.2	69.3±0.4	5.0±0.4	10.3±0.5

ที่มา: ดัดแปลงจาก Zhu *et al.* (2005)

การใช้ประโยชน์ฟางข้าวในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

จากการทดลองของ Wannapat *et al.* (2009) ในโครีดนมที่กินอาหารข้น ร่วมกับฟางข้าว ฟางข้าวอบยูเรีย (5.5 เปอร์เซ็นต์) และฟางข้าวอบยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (2.2 เปอร์เซ็นต์ + 2.2 เปอร์เซ็นต์) จากผลการวิเคราะห์ พบว่าอุณหภูมิในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือ 39.3-39.7 องศาเซลเซียส และค่า pH ในกระเพาะหมักมีค่าเท่ากับ 6.48, 6.78, และ 6.81 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน ยูเรียไนโตรเจนในเลือด และยูเรียไนโตรเจนในนม พบว่ากลุ่มฟางข้าวอบยูเรีย (5.5 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (VFA) โดยเฉพาะกรดอะซิติกนั้นลดลง

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ปริมาณของกรดโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และประชากรของแบคทีเรียในกระเพาะรูเมนมีการเพิ่มจำนวนขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 12 และตารางที่ 13

ตารางที่ 12 ผลของระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของกระเพาะรูเมน และยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดของการปรับปรุงฟางข้าวในโครีดนม

รายการ	วิธีการ		
	ฟางข้าวธรรมดา	ฟางข้าวอบยูเรีย 5.5%	ฟางข้าวอบยูเรีย 2.2%+แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.2%
อุณหภูมิในรูเมน (°C)	39.3	39.7	39.5
ค่า pH ในรูเมน	6.48 [a]	6.7 [b]	6.81 [b]
NH_3-N ในรูเมน mg/100ml	13.7 [a]	17.3 [b]	16.7 [b]
ยูเรียไนโตรเจนในเลือด mg/100ml	14.3 [a]	16.5 [b]	15.7 [b]
ยูเรียไนโตรเจนในนม mg/100ml	14.5 [c]	15.8 [a]	15.1 [b]
สัดส่วน (VFA) mol/100l			
กรดอะซิติก (C_2), %	71.3 [a]	67.6 [b]	66.3 [b]
กรดโพรพิโอนิก (C_3), %	19.5 [a]	22.6 [b]	23.9 [b]
กรดบิวทีริก (C_4), %	9.2	9.8	9.8
อัตราส่วนของ (C_2) : (C_3)	3.7 [a]	3.0 [b]	2.8 [c]
ผลรวมของ (VFA) mmol/l	98.9 [a]	105.2 [b]	107.6 [c]

ที่มา: ดัดแปลงจาก Wannapat *et al.* (2009)

หมายเหตุ [a-c] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 13 ผลของการปรับปรุงฟางข้าวต่อจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโครีดนม

รายการ	วิธีการ		
	ฟางข้าวธรรมดา	ฟางข้าวอบยูเรีย 5.5%	ฟางข้าวอบยูเรีย 2.2%+แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.2%
ผลรวมของจำนวน cell/ml			
แบคทีเรีย x 10^{10}	0.7^{a}	1.2^{b}	1.5^{b}
โปรโตซัว x 10^{5}	7.1	8.3	9.2
ซูโอสปอร์ของเชื้อรา x 10^{5}	2.8	3.1	3.2
กลุ่มของแบคทีเรียในรูเมน CFU/ml			
แบคทีเรียเซลลูโลไลติก x 10^{8}	1.2^{a}	2.4^{b}	2.7^{b}
แบคทีเรียอะไมโลไลติก x 10^{7}	4.3	5.1	4.9
แบคทีเรียโปรติโอไลติก x 10^{7}	1.0	1.6	1.5
ผลรวมของแบคทีเรีย x 10^{10}	2.3^{a}	3.4^{b}	3.7^{b}

ที่มา: ดัดแปลงจาก Wannapat et al. (2009)

หมายเหตุ ^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

นอกจากนั้นการปรับปรุงฟางข้าวมีผลทำให้ปริมาณการกินได้ และการย่อยได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงให้เห็นว่า โครีดนมสามารถใช้ประโยชน์จากฟางข้าวอบยูเรีย (5.5 เปอร์เซ็นต์) และฟางข้าวอบยูเรียร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (2.2 เปอร์เซ็นต์ + 2.2 เปอร์เซ็นต์) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลของการปรับปรุงฟางข้าวต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของโครีดนม

รายการ	วิธีการ		
	ฟางข้าวธรรมดา	ฟางข้าวอบยูเรีย 5.5%	ฟางข้าวอบยูเรีย 2.2%+ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2.2%
การกินได้ของอาหารหยาบ			
กก./ตัว/วัน	4.4[a]	6.0[b]	6.3[b]
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	1.10[a]	1.45[b]	1.55[c]
กรัม/กก. นน.ตัว$^{0.75}$	45.8[a]	66.5[b]	70.1[cc]
ปริมาณการกินได้ทั้งหมด			
กก./ตัว/วัน	9.9[a]	12.3[b]	11.8[b]
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	2.51[a]	2.98[b]	2.88[b]
กรัม/กก. นน.ตัว$^{0.75}$	98.6[a]	133.2[b]	127.5[b]
เปอร์เซ็นต์การย่อยได้			
วัตถุแห้ง	49.5[a]	60.5[b]	61.6[b]
อินทรียวัตถุ	53.5[a]	63.5[b]	65.5[b]
โปรตีน	50.1[a]	58.9[b]	60.3[b]
เยื่อใย NDF	45.1[a]	55.3[b]	59.3[c]
เยื่อใย ADF	40.3[a]	49.2[b]	53.2[c]

ที่มา: ดัดแปลงจาก Wannapat et al. (2009)

หมายเหตุ [a-c] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การใช้เศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตรเลี้ยงสัตว์

เศษเหลือจากการผลิตสับปะรด

สมบัติ และคณะ (2537 อ้างโดย จินดา, 2547) รายงานว่า ในการผลิตสับปะรดมีเศษเหลือจาก 2 แหล่ง คือ เศษเหลือจากแปลงปลูก ได้แก่ ใบสับปะรด และต้นสับปะรด ส่วนเศษเหลือจากโรงงานแปรรูปสับปะรด ได้แก่ เปลือกด้านข้าง ส่วนหัว ส่วนไส้ (แกนกลาง) และเศษเนื้อ เป็นต้น

เศษเหลือเหล่านี้มีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปเปลือกสับปะรดจากโรงงานสับปะรดกระป๋องจะมีปริมาณน้ำอยู่สูง มีวัตถุแห้งประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนประมาณ 6-8 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใยรวมประมาณ 16-20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเศษเหลือของสับปะรดประกอบด้วยส่วนต่างๆคือ เปลือกด้านข้าง ส่วนหัวส่วนล่าง แกนกลาง (ไส้) และเศษเนื้อ ทั้งนี้สับปะรดให้ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 3,870 กิโลกรัม โดยที่สับปะรดหนึ่งผลหนักประมาณ 1,754 กรัม เมื่อเข้าแปรรูปจะมีเศษเหลือประมาณ 1,228 กรัม ดังนั้นถ้านำเศษเหลือของสับปะรดมาใช้เลี้ยงแพะจะเป็นทางเลือกทางหนึ่งของการใช้อาหารหยาบทดแทนพืชอาหารสัตว์ และเป็นการใช้เศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมและเศษเหลือทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์

จากรายงานของ พีระวัฒน์ และคณะ (2554) ได้ศึกษาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ สมดุลไนโตรเจนและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับเศษเหลือของสับปะรดเป็นอาหารหยาบ โดยใช้แพะลูกผสม (พื้นเมืองไทย 50 เปอร์เซ็นต์ x แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) เพศผู้ จำนวน 8 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 2 ตัว วางแผนการทดลอง 4x4 Latin Square design ระยะการทดลอง 90 วัน โดยแต่ละกลุ่มให้ได้รับอาหารหยาบแตกต่างกัน ดังนี้ (1) หญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง (2) เศษเหลือของสับปะรด (3) และ (4) หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งร่วมกับเศษเหลือของสับปะรดในอัตราส่วน 1:10 และ 1:20 โดยน้ำหนัก แพะทุกกลุ่มได้รับอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว (คิดเป็นวัตถุแห้ง) ผลการศึกษาพบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ผนังเซล และโภชนะที่ย่อยได้รวมของแพะที่ได้รับเศษเหลือของสับปะรด และกลุ่มที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งร่วมกับเศษเหลือของสับปะรดในอัตราส่วน 1:10 และ 1:20 โดยน้ำหนัก มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า ($P<0.01$) กลุ่มที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง ในขณะที่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (โปรตีนรวม ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก และลิกโนเซลลูโลส) ของแพะทั้ง 4 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สมดุลไนโตรเจนของแพะกลุ่มที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งร่วมกับเศษเหลือของสับปะรดในอัตราส่วน 1:10 โดยน้ำหนัก สูงกว่ากลุ่มอื่นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะเศษเหลือของสับปะรดในแพะทดลอง

โภชนะ (%)	อาหารทดลอง				SEM
	T1	T2	T3	T4	
DM	56.29[b]	69.39[a]	63.97[a]	62.15[ab]	1.79
OM	60.12[b]	69.66[a]	66.89[ab]	63.85[ab]	2.14
CP	53.17	59.58	54.73	52.32	2.97

ตารางที่ 15 (ต่อ)

โภชนะ (%)	อาหารทดลอง				SEM
	T1	T2	T3	T4	
NFE	63.51	70.72	69.29	65.39	2.33
NDF	52.95[b]	64.47[a]	60.95[ab]	56.94[ab]	2.01
ADF	43.29	45.15	50.90	43.27	3.19
TDN	58.07[b]	67.74[a]	68.58[a]	66.26[a]	1.56

ที่มา: ดัดแปลงจาก พีระวัฒน์ และคณะ (2554)

หมายเหตุ [a-d] ค่าเฉลี่ยแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สำหรับสมรรถภาพการผลิต น้ำหนักที่เพิ่ม อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของแพะทั้ง 4 กลุ่ม (ตารางที่ 16) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากแพะทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณอาหารที่กินได้ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม น้ำหนักเพิ่มและอัตราการเจริญเติบโตของแพะกลุ่มที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และแพะที่ได้รับเศษเหลือของสับปะรด มีแนวโน้มต่ำกว่าแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งร่วมกับเศษเหลือของสับปะรดในอัตราส่วน 1:10 และ1:20 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 16 สมรรถภาพการผลิตของแพะทดลองที่ได้รับเศษเหลือของสับปะรด

	อาหารทดลอง				SEM
	T1	T2	T3	T4	
นน. เริ่มต้น (กก.)	18.25	18.10	18.60	18.20	0.42
นน. สิ้นสุด (กก.)	26.48	27.35	28.85	27.45	0.81
นน. ที่เพิ่มขึ้น (กก.)	8.23	9.25	10.25	9.25	0.71

ตารางที่ 16 (ต่อ)

	อาหารทดลอง				SEM
	T1	T2	T3	T4	
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม./ตัว/วัน)	91.39	102.78	113.89	102.78	7.90
การเปลี่ยนอาหารเป็น นน.ตัว (กก. ของวัตถุแห้ง/กก.)	5.96	5.67	6.15	5.98	0.00

ที่มา: ดัดแปลงจาก พีระวัฒน์ และคณะ (2554)

หมายเหตุ [a-d] ค่าเฉลี่ยแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เศษเหลือจากผลผลิตกล้วย

เบญจมาศ (2545) กล่าวว่า ผลกล้วยสามารถนำมารับประทานได้ตั้งแต่ผลอ่อนจนถึงผลสุก ผลอ่อนนิยมนำมาเป็นเครื่องเคียง ผลแก่นำมาต้ม ทอด ปิ้ง และนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น กล้วยทอดกรอบ กล้วยฉาบ ทำเป็นแป้งกล้วยใช้ทำขนมชนิดต่างๆ ส่วนผลสุกเป็นผลไม้ที่คนไทยนิยมรับประทาน เนื่องจากรสชาติ หอม หวาน อร่อย ให้คุณค่าทางโภชนะสูง ย่อยง่ายเหมาะสำหรับทุกวัย โดยเฉพาะในวัยทารกมีการนำกล้วยสุกงอมมาบดป้อนทารก นำมาทำเป็นขนมหวาน เช่น กล้วยบวดชี กล้วยเชื่อม หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้มากมาย เช่นกล้วยตากแห้ง ส่วนเปลือกกล้วยที่เหลือจากการแปรรูปกล้วยก็นำมาเป็นอาหารสัตว์

จากการทดลองของ สุญาณี (2555) ได้ศึกษาการย่อยได้ของเปลือกกล้วยน้ำว้าหมักในแพะลูกผสม (ซาแนน × พื้นเมือง) มี 4 กลุ่มการทดลอง ได้แก่กลุ่มทดลองที่ 1 ให้กินฟางหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ 21 วัน กลุ่มทดลองที่ 2 ให้กินเปลือกกล้วยรวมขั้วหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มทดลองที่ 3 ให้กินเปลือกกล้วยรวมขั้วหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มทดลองที่ 4 ให้กินเปลือกกล้วยรวมขั้วหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับกากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ในรูปโภชนะต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยเปลือกกล้วยหมักยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนสูงสุด คือ 91.01 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในแต่ละกลุ่มการทดลอง

การย่อยได้ (%)	กลุ่มทดลอง				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
DM	77.42	78.08	79.75	80.73	1.106	0.712
OM	81.41	78.89	79.99	81.12	1.057	0.827
CP	72.50[c]	91.01[a]	87.21[ab]	82.87[b]	1.152	0.002
EE	65.28	73.88	75.76	73.48	2.549	0.512
CF	87.00	81.75	89.80	86.99	1.250	0.224
NDF	80.47	69.77	69.81	73.58	1.450	0.094
ADF	77.83	66.79	69.63	73.90	1.534	0.134
GE	78.45	72.09	76.11	78.01	1.270	0.339
TDN	75.48	62.58	71.00	66.85	1.905	0.177

ที่มา: ดัดแปลงจาก สุญาณี (2555)

หมายเหตุ [a,b,c] ค่าเฉลี่ยแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

เศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดหวาน

วารุณี และ วลัยกานต์ (2541) รายงานว่าเศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดหวาน ประกอบด้วยต้นข้าวโพด เปลือกข้าวโพด และซังข้าวโพดหวาน โดยต้นข้าวโพดหวานมักจะมีคุณภาพด้อยกว่าต้นข้าวโพดฝักอ่อน เพราะอายุการเก็บเกี่ยวนานกว่า เศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดหวานมีคุณภาพปานกลางถึงต่ำ ซึ่งมีโปรตีนอยู่ในช่วง 6.5-9.1 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 30.5-36 เปอร์เซ็นต์ มีแร่ธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสอยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ 0.4 เปอร์เซ็นต์ และ0.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเปลือกฝักข้าวโพดจะมีโปรตีน 6.5-7.5 เปอร์เซ็นต์ ธาตุแคลเซียมมีแนวโน้มค่อนข้างต่ำ คือ 0.09-0.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ ส่วนซังข้าวโพดที่เหลือทิ้งจากโรงงานผลิตซุปข้าวโพด จะมีส่วนของเมล็ดติดหลงเหลืออยู่ มีโปรตีนประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ 23.5 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมต่ำ 0.04-0.11 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีเศษเหลือ เช่น ยอด และช่อดอกตัวผู้ของข้าวโพดหวานที่ต้องตัดออกก่อนช่อดอกจะบาน หรือ 7-10 วัน ก่อนเก็บเกี่ยวฝัก เพื่อเร่งให้ฝักโตเร็วขึ้น และลดการแย่งอาหาร ซึ่งส่วนนี้จะมีคุณค่าทางอาหารสูง มีโปรตีนประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 21%

จากรายงานการวิจัยของ เทียนทิพย์ และศรเทพ (2557) ทำการศึกษาการใช้เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับฟางข้าวในอาหารโคนมรุ่น โดยให้โคได้รับเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับฟางข้าวในระดับ 40:60, 50:50, 60:40 และฟางข้าวเพียงอย่างเดียว โคแต่ละตัวถูกเลี้ยงในโรงเรือนแบบคอกขังเดี่ยว ด้านหน้าคอกมีรางให้อาหารหยาบและอาหารข้น องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองแสดงในตารางที่ 18 ผลการทดลอง พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ (6.37 kg/d) และปริมาณการกินได้รวมของโคนมรุ่นที่ได้รับฟางข้าวอย่างเดียว (9.53 กก./วัน และ 3.84 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว) เป็นอาหารหยาบมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับเปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับฟางข้าว อย่างไรก็ตามการใช้เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับฟางข้าวในระดับ 50:50 และ 60:40 บนฐานวัตถุแห้งมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีนรวม NDF และ ADF สูงสุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 19 และตารางที่ 20

ตารางที่ 18 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ทดลอง (% วัตถุแห้ง)

โภชนะ	อาหารข้น	เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมัก	ฟางข้าว
วัตถุแห้ง	90.11	20.11	89.80
โปรตีน	14.23	7.13	3.15
ไขมัน	2.36	1.87	0.30
ลิกโนเซลลูโลส	24.60	41.34	53.30
เยื่อใยผนังเซล	36.02	61.03	79.50
pH	-	3.40	-
แลคติก	-	1.20	-
อะซิติก	-	10.60	-
บิวทีริก	-	0.20	-

ที่มา: ดัดแปลงจาก เทียนทิพย์ และ ศรเทพ (2557)

ตารางที่ 19 ผลของการใช้เปลือกและซังข้าวโพดหวานหมักร่วมกับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารโคนมรุ่น

รายการ	เปลือกและซังข้าวโพดหมัก : ฟางข้าว				P	SEM
	60:40	50:50	40:60	0:100		
การกินได้ของอาหารหยาบ						
(กก./วัน)	4.43[bc]	4.96[b]	4.04[c]	6.37[a]	<0.001	0.11
การกินได้ของอาหารข้น						
(กก./วัน)	3.15	3.15	3.15	3.15	0.00	0.00
การกินได้ทั้งหมด						
(กก./วัน)	7.58[bc]	8.11[b]	7.19[c]	9.53[a]	0.00	0.12
% น้ำหนักตัว	3.21[bc]	3.44[b]	2.92[c]	3.84[a]	0.00	0.05
% น้ำหนักตัว$^{0.75}$	0.11[b]	0.12[b]	0.13[b]	0.15[a]	0.00	0.02
การเปลี่ยนแปลงของ นน.						
(กก./วัน)	8.00	11.00	9.75	6.00	0.19	1.33

ที่มา: ดัดแปลงจาก เทียนทิพย์ และ ศรเทพ (2557)

หมายเหตุ [a,b,c] ค่าเฉลี่ยแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 20 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในแต่ละกลุ่มการทดลอง

รายการ	เปลือกและซังข้าวโพดหมัก : ฟางข้าว				P	SEM
	60:40	50:50	40:60	0:100		
การย่อยได้ของโภชนะ (%)						
DM	56.99[a]	59.36[a]	47.13[b]	37.12[c]	0.00	1.30
OM	62.00[a]	52.38[b]	62.33[a]	47.18[c]	0.00	1.17
CP	58.87[a]	50.17[a]	37.31[b]	38.57[c]	0.00	0.53
NDF	56.43[a]	54.58[a]	40.61[b]	33.71[b]	0.001	2.02
ADF	46.21[ab]	62.00[a]	21.84[b]	20.76[b]	0.002	0.40

ที่มา: ดัดแปลงจาก เทียนทิพย์ และศรเทพ (2557)

หมายเหตุ [a,b,c] ค่าเฉลี่ยแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์

เสาวลักษณ์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาผลของการเสริมยูเรียและกากน้ำตาลต่อคุณภาพของเปลือกข้าวโพดอาหารสัตว์หมัก และการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโคดอยโดยผสมกากน้ำตาลและยูเรียกับน้ำนำไปราดเปลือกข้าวโพดที่ผสมกับข้าวโพดบด ในอัตราส่วนตามแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in completely randomized design ซึ่งมี 2 ปัจจัยคือ ระดับยูเรีย (2 และ 3 เปอร์เซ็นต์) และระดับของกากน้ำตาล (5 และ 10 เปอร์เซ็นต์) หลังจากหมักได้ 34 วัน สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบอาหารทดลอง และผลวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารแสดงในตารางที่ 21 และ 22 ทำการประเมินคุณภาพพืชหมักและศึกษาค่าการย่อยสลายด้วยวิธีใช้ถุงไนล่อน และการหาการย่อยได้โดยวิธี *In vitro* gas production technique พบว่าการเสริมกากน้ำตาลในระดับสูงกว่าทำให้เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง NDF และ ADL เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่การเสริมยูเรียในระดับสูงทำให้เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง และ ADL ลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 21 สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในอาหารทดลอง

รายการ	อาหารทดลอง			
	1	2	3	4
เปลือกข้าวโพด	40	45	41	46
น้ำ	33	28	32	27
ข้าวโพดบด	20	15	19	14
ยูเรีย	2	2	3	3
กากน้ำตาล	5	10	5	10

ที่มา: ดัดแปลงจาก เสาวลักษณ์ และคณะ (2555)

ตารางที่ 22 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกซังข้าวโพดแห้งที่เสริมด้วยกากน้ำตาล และยูเรียในระดับต่างๆ (% วัตถุแห้ง)

รายการ	อาหารทดลอง				ยูเรีย		กากน้ำตาล		P-value		
	1	2	3	4	2%	3%	5%	10%	U	M	U*M
DM	89.20^{c}	90.30^{d}	87.80^{b}	87.20^{a}	89.80^{B}	87.50^{A}	88.50^{x}	88.70^{y}	**	**	**
OM	96.20^{a}	96.50^{b}	97.80^{b}	96.20^{a}	96.70	96.70	96.80^{y}	96.50^{x}	ns	**	**
CP	4.20	4.10	4.40	4.30	4.20	4.30	4.30	4.20	ns	ns	ns
EE	3.40^{b}	2.00^{a}	2.40^{ab}	2.50^{ab}	2.70	2.50	2.90	2.30	ns	ns	*
CF	25.70^{a}	26.70^{ab}	28.50^{b}	26.40^{ab}	26.20	27.50	27.10	26.60	ns	ns	*
NSC	20.60^{c}	15.20^{a}	19.70^{b}	19.30^{b}	17.90	19.50	20.10^{y}	17.20^{x}	ns	**	**
NDF	68.00^{a}	75.20^{c}	71.30^{b}	70.10^{b}	71.60	70.70	69.70^{x}	72.60^{y}	ns	**	**
ADF	36.40^{a}	40.90^{b}	39.20^{b}	36.80^{a}	38.60	38.00	37.80	38.80	ns	ns	**
ADL	3.30^{a}	5.10^{c}	3.80^{b}	3.40^{a}	4.20^{B}	3.60^{A}	3.60^{x}	4.20^{y}	**	**	**

ที่มา: ดัดแปลงจาก เสาวลักษณ์ และคณะ (2555)

หมายเหตุ $^{abcd, AB, xy}$ ค่าเฉลี่ยแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ในด้านค่าการย่อยสลายของโภชนะพบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ การเสริมกากน้ำตาลในระดับสูงกว่าจะทำให้มีส่วนที่ละลายได้สูงกว่า ค่าการย่อยสลายช่วงแรกจึงสูงกว่า ในขณะที่การเสริมยูเรียในระดับที่สูงกว่าจะทำให้มีการย่อยสลายเยื่อใยได้ดีขึ้น แต่จุลินทรีย์จะใช้เวลาในการย่อยสลายเพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่าการย่อยสลายในช่วงท้ายของการย่อยสลายเพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 การย่อยสลายของวัตถุแห้งในอาหารทดลองโดยวิธี *In sacco* และ *In vitro* ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน

	ระยะเวลาการแช่บ่ม (ชม.)						P
	4	8	12	24	48	72	
การย่อยได้โดยวิธี *In sacco* (%)							
T1	16.8^{ab}	21.3^{ab}	26.4^{a}	49.4^{b}	62.0^{ab}	69.2^{b}	0.038
T2	22.3^{c}	25.7^{b}	34.6^{b}	50.1^{b}	63.8^{b}	72.6^{c}	0.033
T3	18.8^{b}	23.1^{ab}	27.4^{ab}	47.5^{b}	61.9^{ab}	73.5^{c}	0.025
T4	16.2^{a}	18.8^{a}	20.0^{a}	37.5^{a}	56.5^{a}	59.2^{a}	0.022
การย่อยได้โดยวิธี *In vitro* gas production (ml)							
T1	13.8^{ab}	17.0^{ab}	19.8^{b}	31.3^{ab}	45.5	50.8	0.026
T2	15.5^{b}	18.3^{b}	19.3^{b}	32.7^{b}	45.7	52.0	0.023
T3	13.2^{ab}	13.5^{a}	16.0^{a}	30.0^{ab}	45.0	50.3	0.024
T4	12.8^{a}	15.2^{ab}	16.3^{a}	29.5^{a}	45.5	51.3	0.021

ที่มา: ดัดแปลงจาก เสาวลักษณ์ และคณะ (2555)

หมายเหตุ ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตรอื่นๆ

ศุภกิจ และคณะ (2556) ได้ศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์ซึ่งมีความชื้นประมาณ 8.53 เปอร์เซ็นต์ ทดลองในสูตรอาหารผสมสำเร็จ (Total mixed ration, TMR)

โคนมต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการให้ผลผลิตน้ำนม โดยใช้โคลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 405 ± 43.90 กิโลกรัม จำนวน 12 ตัว มีผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย 10.20 ± 1.20 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) ใช้ระยะเวลาทดลอง 74 วัน โดยแบ่งเป็นระยะปรับสภาพ 14 วัน และระยะการทดลองเก็บข้อมูล 60 วัน อาหารทดลองมี 4 สูตร ตามระดับของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์ คือ 0, 25, 35 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารผสมสำเร็จ (ตารางที่ 24) ที่มีหญ้ารูซี่เป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก อาหารแต่ละสูตรมีโปรตีน 14.5 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่าโคที่ได้รับกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์ในระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 25) จะมีการกินได้ของวัตถุแห้ง (14.2, 15.4, 11.4 และ 7.8 kgDM/d ตามลำดับ) การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก และปริมาณผลผลิตน้ำนม (10.8, 11.1, 9.9 และ 8.1 kg/d ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์ในระดับ 35 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ($P<0.05$) ส่วนองค์ประกอบน้ำนมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 26

ตารางที่ 24 สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในอาหารทดลอง

รายการ	อาหารทดลอง			
	1	2	3	4
หญ้ารูซี่	35.0	38.6	32.0	25.3
มันเส้น	37.7	28.0	28.0	28.0
กากปาล์ม	8.5	0.0	0.0	0.0
กากถั่วเหลือง	16.3	6.2	3.1	0.0
กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์	0.0	25.0	35.0	45.0
แร่ธาตุรวม	1.0	1.0	1.0	1.0
เกลือ	0.5	0.5	0.5	0.5
ยูเรีย	1.0	0.7	0.4	0.2

ที่มา: ดัดแปลงจาก ศุภกิจ และคณะ (2556)

ตารางที่ 25 ผลของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์ต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารของโครีดนม

รายการ	ระดับของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์				SEM	P-value
	0	25	35	45		
ปริมาณการกินได้						
กก./วัน	14.2[a]	15.4[a]	11.4[b]	7.8[c]	0.33	<0.01
เปอร์เซ็นต์ นน. ตัว	3.5[ab]	3.9[a]	2.9[b]	1.9[c]	0.13	<0.01
นน. เริ่มต้น (กก.)	409.2	401.0	424.2	387.1	10.95	0.70
นน. สิ้นสุด (กก.)	432.8	407.1	406.4	346.5	9.73	0.09
การเจริญเติบโต (กก.)	+23.7[a]	+6.2[a]	-17.8[b]	-40.6[c]	3.19	<0.01

ที่มา: ดัดแปลงจาก ศุภกิจ และคณะ (2556)

หมายเหตุ [a,b,c] ค่าเฉลี่ยแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 26 ผลของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์ต่อปริมาณน้ำนมของโครีดนม

รายการ	ระดับของกากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์				SEM	P-value
	0	25	35	45		
ผลผลิตน้ำนม (กก./วัน)	10.8[a]	11.1[a]	9.9[ab]	8.1[b]	0.28	0.04
ปรับไขมันนม 4% (กก./วัน)	11.6	11.7	11.0	8.9	0.28	0.07
ไขมัน (%)	4.6	4.4	4.8	3.6	0.18	0.22
โปรตีน (%)	3.0	2.9	2.9	2.9	0.04	0.74
น้ำตาลแลคโตส (%)	4.1	4.0	3.9	3.9	0.05	0.40
ของแข็งรวมทั้งหมด (%)	12.2	11.9	12.2	11.1	0.21	0.26
ของแข็งไม่รวมไขมัน (%)	7.8	7.6	7.4	7.5	0.09	0.58

ที่มา: ดัดแปลงจาก ศุภกิจ และคณะ (2556)

หมายเหตุ [a,b] ค่าเฉลี่ยแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

นอกจากนี้ ศุภชัย และคณะ (2558) ได้ศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังหมักยีสต์ซึ่งมีความชื้นประมาณ 8.53 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนอาหารข้นในสูตรอาหารโคขุนพันธุ์กบินทร์บุรีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต โดยใช้แผนการทดลองแบบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม (Group comparison design) แบ่งโคออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 5 ตัว องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองแสดงในตารางที่ 27 โคกลุ่มที่ 1 ให้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมัก (หญ้าหมัก) ร่วมกับอาหารข้นที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีน 14.4 เปอร์เซ็นต์ ในสัดส่วน 20:80 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง โคกลุ่มที่ 2 ให้หญ้าหมัก, อาหารข้น และกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ ในสัดส่วน 20:40:40 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ใช้ระยะเวลาทดลอง 146 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าโคในกลุ่มที่ 1 และ 2 มีอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กินได้รวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่โคกลุ่มที่ 1 มีปริมาณการกินได้ของอาหารข้นดีกว่าโคกลุ่มที่ 2 (8.6 และ 5.2 ตามลำดับ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ในด้านประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (7.3 และ 8.8 ตามลำดับ)โคกลุ่มที่ 1 ดีกว่าโคกลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) แต่เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว โคกลุ่มที่ 2 ดีกว่าโคกลุ่มที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีค่าเท่ากับ 2.4 และ 2.7 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 27 องค์ประกอบทางเคมี และพลังงานของอาหารทดลอง (% วัตถุแห้ง)

รายการ	อาหารข้น	หญ้าเนเปียร์หมัก	กากมันสำปะหลังหมักยีสต์
วัตถุแห้ง	76.40	19.30	17.70
โปรตีน	14.40	8.47	7.78
ไขมัน	6.16	0.20	0.22
เถ้า	5.29	8.69	4.01
เยื่อใยผนังเซล	26.50	72.10	26.20
ลิกโนเซลลูโลส	15.90	40.30	16.60
ลิกนิน	3.30	4.40	2.60
พลังงาน (MJ/kgDM)	12.20	6.18	11.90

ที่มา: ดัดแปลงจาก ศุภชัย และคณะ (2558)

ตารางที่ 28 ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของโคทดลอง

	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง	P-value	SEM
จำนวน (ตัว)	5	5	-	-
นน. เริ่มต้น (กก.)	347.6	334.0	0.529	10.0
นน. สิ้นสุด (กก.)	550.8	523.6	0.483	18.0
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	1,391.8	1,298.6	0.498	63.7
ปริมาณการกินได้ (วัตถุแห้ง)(กก./วัน)	10.1	11.3	0.201	0.4
- หญ้าหมัก	1.5	1.5	0.559	0.1
- อาหารข้น	8.6	5.2	0.000	0.6
- กากมันหมักยีสต์	0.0	4.6	-	-
เปอร์เซ็นต์ นน. ตัว (%)	2.4	2.7	0.000	0.1
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	7.3	8.8	0.007	0.3

ที่มา: ดัดแปลงจาก ศุภชัย และคณะ (2558)

สไบพร และ พิชาด (2558) ได้ศึกษาการใช้ใบอ้อยและฟางข้าวในอาหารผสมสำเร็จหมัก (FTMR) ต่อการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะในแกะ (ตารางที่ 29 และตารางที่ 30) วางแผนการทดลองแบบ Latin Square Design ในแกะทดลอง 8 ตัว แบ่งสัตว์ทดลองเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 4 ตัว สุ่มสัตว์ทดลองให้ได้รับอาหารผสมสำเร็จหมัก (fermented total mixed ration, FTMR) จำนวน 4 สูตร คือ อาหารผสมสำเร็จหมักฟางข้าวละเอียด (FTMR1) อาหารผสมสำเร็จหมักใบอ้อยละเอียด (FTMR2) อาหารผสมสำเร็จหมักฟางข้าวหยาบ (FTMR3) และ อาหารผสมสำเร็จหมักใบอ้อยหยาบ (FTMR4) ตามลำดับ ผลการศึกษา พบว่าแกะที่ได้รับอาหารทดลองจำนวน 4 สูตร มีค่าการกินได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ DM และ OM เท่านั้นที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 29 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จหมัก (% วัตถุแห้ง)

รายการ	อาหารผสมสำเร็จหมัก			
	1	2	3	4
วัตถุแห้ง	89.76	90.02	90.45	87.51
อินทรียวัตถุ	91.75	89.44	91.55	92.04
โปรตีน	14.88	15.07	14.49	15.23
เถ้า	8.25	10.56	8.45	7.96
เยื่อใยผนังเซล	50.81	53.04	51.95	50.45
ลิกโนเซลลูโลส	34.90	36.40	35.42	34.03

ที่มา: ดัดแปลงจาก สไบพร และ พิชาด (2558)

ตารางที่ 30 ผลของอาหารผสมสำเร็จหมักต่อการกินได้ และการย่อยได้ของแกะ

รายการ	อาหารผสมสำเร็จหมัก (FTMR)				P-value
	FTMR1	FTMR2	FTMR3	FTMR4	
ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (กก./วัน)	1.36	1.45	1.32	1.52	0.4803
สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (%)					
วัตถุแห้ง	79.64[a]	71.82[b]	77.70[a]	82.71[a]	0.0058
อินทรียวัตถุ	63.70[a]	43.04[c]	58.13[b]	61.48[ab]	0.0001
โปรตีน	71.78	63.66	69.43	70.83	0.2713
เยื่อใยผนังเซล	49.97	49.04	49.58	48.91	0.4559
ลิกโนเซลลูโลส	49.29	45.72	46.68	46.48	0.5700

ที่มา: ดัดแปลงจาก สไบพร และ พิชาด (2558)

หมายเหตุ [a,b,c] ค่าเฉลี่ยแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ขณะที่ ณัฐพงษ์ และคณะ (2556) ทดลองใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยเพื่อเป็นอาหารผสมสำเร็จในโคนมรุ่น (ตารางที่ 31 และตารางที่ 32)วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block design, RCBD) แบ่งโคเป็น 4 กลุ่มได้รับชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% โดยทุกสูตรอาหารมีระดับ TDN 65.80 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 12.5 เปอร์เซ็นต์ เท่ากันทุกกลุ่ม (ตารางที่ 31) ผลการทดลองพบว่า โคกลุ่มที่ได้รับชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการกินได้ของวัตถุแห้ง (DMI), ปริมาณการกินได้คิดเป็นน้ำหนักตัว (DMI_{BW}) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR) ดีกว่ากลุ่มอื่น และมีอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ดีที่สุด ($P<0.01$) ในขณะที่การย่อยได้ของ DM, NDF และ ADF ของชานอ้อยที่ปรับปรุงด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับชานอ้อยที่ปรับปรุงด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 เปอร์เซ็นต์ แต่ดีกว่าชานอ้อยที่ไม่ปรับปรุง 0 เปอร์เซ็นต์ และชานอ้อยที่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 2 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 32

ตารางที่ 31 คุณค่าทางอาหารและของอาหารทดลองผสมสำเร็จ (TMR) (% วัตถุแห้ง)

รายการ	เปอร์เซ็นต์การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์			
	0	2	4	6
CP	12.50	12.50	12.50	12.50
TDN	65.80	65.80	65.80	65.80
EE	1.20	1.20	1.20	1.20
NDF	37.10	35.60	35.60	35.20
ADF	19.50	18.80	19.10	19.10

ที่มา: ดัดแปลงจาก ณัฐพงษ์ และคณะ (2556)

ตารางที่ 32 ผลของการใช้ชานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร TMR การย่อยได้ของโคนมรุ่น

รายการ	0% NaOH	2% NaOH	4% NaOH	6% NaOH	SEM	P-value
ปริมาณการกินได้ (กก./วัน)	4.6[b]	5.0[ab]	5.3[a]	4.6[b]	0.17	0.01
ปริมาณการกินได้ % BW	2.1[a]	2.1[a]	2.1[a]	1.9[b]	0.06	<0.01
อัตราการเจริญเติบโต	0.46[c]	0.72[b]	0.94[a]	0.82[b]	0.1	<0.01
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	10.1[a]	6.7[b]	5.4[b]	5.6[b]	1.09	<0.01
การย่อยได้ของโภชนะ (%)						
วัตถุแห้ง	71.5[c]	73.8[c]	77.1[b]	80.9[a]	2.06	<0.01
เยื่อใยผนังเซล	68.2[b]	68.3[b]	73.2[a]	72.0[a]	1.28	0.01
ลิกโนเซลลูโลส	65.8[b]	66.0[b]	69.3[a]	71.9[a]	1.47	<0.01
โปรตีน	81.1	82.1	83.9	81.9	0.58	0.28

ที่มา: ดัดแปลงจาก ณัฐพงษ์ และคณะ (2556)

หมายเหตุ [a,b,c] ค่าเฉลี่ยแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

เศษเหลือจากการผลิตลำไย

ลำไยเป็นพืชไม้ผลเขตร้อนและกึ่งร้อน ชื่อเรียกพื้นบ้าน คือ บ่าลำไย ชื่อภาษาอังกฤษว่า Longan เป็นพืชที่จัดอยู่ในตระกูล Sapindaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์: *Dimocarpus longan* Lour. ถิ่นกำเนิดพบในพื้นที่ราบต่ำของลังกา (อินเดียตอนใต้) เบงกอล พม่า และมณฑลทางตอนใต้ของจีน พืชร่วมตระกูลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่ เงาะ และลิ้นจี่ นอกจากนี้ยังมีพืชใกล้เคียงแต่ไม่มีความสำคัญในแง่การเป็นไม้ผลเศรษฐกิจแต่อาจใช้ประโยชน์ในแง่การเป็นต้นตอไม้ผลทั้ง 3 ชนิด เช่น คอแลนทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลำไยป่า ลำไยเครือ หรือลำไยเถา เป็นต้น ลำไยเป็นไม้ไม่ผลัดใบ ผลใช้รับประทานได้ และมักจะใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารทั้งอาหารคาวและอาหารหวาน ผลมี

ลักษณะกลม มีเปลือกบางสีน้ำตาลห่อหุ้ม เนื้อในผลมีสีขาวฉ่ำน้ำและอ่อนนุ่ม เมล็ดมีขนาดใหญ่สีดำอยู่ส่วนในสุด เนื้อที่รับประทานไม่ใช่ผลแต่เป็น Seed coat ชนิดหนึ่งเรียกว่า เยื่อหุ้มเมล็ด (Aril) เมล็ดในมีลักษณะกลมจนถึงกลมแบน เมื่อยังไม่แก่มีสีขาวแล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีดำมัน ส่วนของเมล็ดที่ติดกับขั้วผล มีวงกลมสีขาวบนเมล็ด (placenta) มีลักษณะคล้ายตามังกร จุดสีขาวจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่ต่างกันไปตามพันธุ์ (พาวิน, 2543) ในลำไยสด 1 ผลประกอบด้วย เปลือกประมาณ 6.7 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดประมาณ 26.7 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อประมาณ 66.6 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะส่วนประกอบของลำไย ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ พาวิน และคณะ (2547) พบว่าผลลำไย จะประกอบด้วยเนื้อ เปลือก และเมล็ดลำไย ในสัดส่วน 70:17:13 โดยน้ำหนักตามลำดับ

เนื้อลำไยสดมีน้ำตาลอยู่ 3 ชนิด คือ กลูโคส ฟรุกโตส ซูโครส และมีองค์ประกอบทางเคมี คือ ความชื้น 81.10 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 11.0 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 28.0 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 9.7 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 5.6 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 16.98 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 72.79 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม ส่วนเนื้อลำไยอบแห้งมีเกลือแร่ที่มีประโยชน์ที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อยอยู่ด้วย เช่น ทองแดง สังกะสี แมงกานีส เนื้อลำไยแห้งมีองค์ประกอบทางเคมี คือ ความชื้น 17.80 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 4.0 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 16.0 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 4.60 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 2.86 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 72.70 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 311.80 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม (กรมวิชาการเกษตร, 2553)

ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของลำไย

ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจสำคัญที่รัฐบาลจัดให้อยู่ในกลุ่มสินค้าเพื่อการส่งออก มูลค่าการส่งออกสูงปีละหลายพันล้านบาท ทั้งในรูปลำไยสด ลำไยอบแห้ง ลำไยแช่แข็ง และลำไยกระป๋อง เนื้อ

ลำไยมีองค์ประกอบหลัก คือ Soluble Substances 77-79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วย กลูโคส 26.91 เปอร์เซ็นต์ ซูโครส 0.22 เปอร์เซ็นต์ กรดทาทาริค 1.26 เปอร์เซ็นต์ สารประกอบไนโตรเจน 6.31 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 5.6 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และธาตุอาหารอื่น ๆ เช่น Ca, Fe, P, Na, K และวิตามิน (กรมวิชาการเกษตร, 2553)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2559) ได้รายงานผลผลิตลำไยตลอดทั้งปี 2558 พบว่ามีปริมาณเท่ากับ 865,789 ตัน โดยผลผลิตลำไยส่วนมากมาจาก 8 จังหวัดภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย ลำปาง ตาก พะเยา แพร่ และน่าน ซึ่งมีปริมาณ 541,652 ตัน หรือคิดเป็นปริมาณ 62 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั้งหมดในประเทศ โดยจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย พะเยา และน่าน เป็นจังหวัดที่ให้ผลผลิตมากที่สุดเป็น 5 อันดับแรกของภาคเหนือ (ตารางที่ 33) โดยมีปริมาณผลผลิต 263,287 ตัน, 149,415 ตัน, 64,996 ตัน, 28,826 ตัน และ 16,741 ตัน แหล่งปลูกลำไยที่สำคัญของประเทศไทยอยู่ที่ภาคเหนือ คือประมาณ 887,646 ไร่ รองลงมา ภาคกลาง 173,420 ไร่ และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 40,485 ไร่ ตามลำดับ ส่วนในด้านผลผลิต ภาคเหนือมีผลผลิตลำไยมากที่สุด รองลงมา ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีผลผลิต 557,510 290,698 และ 23,914 ตัน ตามลำดับ จังหวัดที่มีเนื้อที่ปลูกลำไยมากที่สุดได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่, ลำพูน และเชียงราย โดยมีเนื้อที่ปลูกมากกว่าร้อยละ 65 เปอร์เซ็นต์ของประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 34

ตารางที่ 33 ปริมาณผลผลิตลำไยปี 2555-2558 (ตัน)

แหล่งผลิต	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558
เชียงใหม่	274,419	297,420	293,221	263,287
ลำพูน	205,436	209,680	225,859	149,415
เชียงราย	61,731	62,950	79,150	64,996
พะเยา	29,019	28,000	34,727	28,826
น่าน	16,759	15,350	20,128	16,741
รวม	587,364	613,400	653,085	523,265

ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2559)

ตารางที่ 34 เนื้อที่เก็บเกี่ยว และให้ผลผลิตลำไยต่อไร่ ปี 2558

ภาค/เพาะปลูก	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ (กก.)
ภาคเหนือ	866,504	557,510	643
ภาคกลาง	153,545	290,698	1,893
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	40,342	23,914	593
รวมทั้งประเทศ	1,060,391	872,122	822

ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2559)

ตารางที่ 35 ผลผลิตและความต้องการใช้ลำไย (ตัน)

รายการ	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558
ผลผลิตภายในประเทศ	853,780	861,926	995,108	865,789
การบริโภค	2%	4%	7%	28%
- บริโภคสด	17,975	34,477	67,323	241,737
การแปรรูป	16%	18%	20%	3%
- ลำไยอบแห้ง	129,255	140,232	196,688	20,880
- ลำไยกระป๋อง	10,268	10,862	9,614	4,008
ส่งออกสดและแช่แข็ง	70%	65%	57%	26%
- ปริมาณ (ตัน)	595,214	564,549	563,532	228,781 (ส.ค. 58)
- มูลค่า (ล้านบาท)	19,834	13,101	13,963	5,607

ที่มา: สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร (2559)

จากตารางที่ 35 แสดงให้เห็นว่า ผลผลิตลำไยปี 2558 มีประมาณ 865,789 ตัน ลดลงจากปี 2557 ร้อยละ 13 แบ่งเป็นผลผลิตในฤดูกาลร้อยละ 70 และผลผลิตนอกฤดูกาลร้อยละ 30 โดยช่วงที่มีผลผลิตลำไยออกสู่ตลาดมากที่สุดคือเดือน กรกฎาคม–สิงหาคม (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร, 2559) จากรายงานของ ศูนย์วิจัยพัฒนาลำไยและลิ้นจี่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (2543) รายงานว่า โดยทั่วไปผลผลิตลำไยที่ได้จะใช้บริโภคภายในประเทศคิดเป็นร้อยละ 20 ส่งออกเป็นลำไยสด และแช่

แข็งคิดเป็นร้อยละ 30 แปรรูปเป็นลำไยอบแห้งคิดเป็นร้อยละ 35 และลำไยกระป๋องคิดเป็นร้อยละ 15 โดยเฉพาะในปี 2539 ซึ่งมีผลผลิตออกมามาก ทำให้มีมูลค่าการส่งออกเป็นลำไยสดคิดเป็นร้อยละ 30 แปรรูปเป็นลำไยกระป๋องและอบแห้งคิดเป็นร้อยละ 60 และบริโภคภายในประเทศเพียงร้อยละ 10 เท่านั้น จึงทำให้ปริมาณความต้องการใช้ลำไยจะมากน้อย ขึ้นอยู่กับผลผลิตลำไยในแต่ละปีซึ่งความต้องการใช้ลำไยแบ่งออกได้ 3 รูปแบบคือ ใช้บริโภคสดภายในประเทศ นำไปแปรรูปเป็นลำไยอบแห้ง ลำไยกระป๋อง และส่งออกเป็นลำไยสดและแช่แข็ง

การแปรรูปลำไย

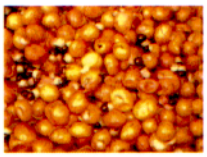
ผลผลิตลำไยสามารถแปรรูปได้หลายแบบได้แก่ ลำไยอบแห้ง ลำไยกระป๋อง ลำไยกวน เป็นต้น ส่วนมากจะแปรรูปเป็นลำไยอบแห้ง รองลงมาเป็นลำไยกระป๋อง การแปรรูปลำไยอบแห้งมี 2 ประเภท คือ ลำไยอบแห้งทั้งเปลือก (อัตราลำไยสด 3.33 กก. ได้ลำไยอบแห้งทั้งเปลือก 1 กก.) และลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อ (อัตราลำไยสด 10 กก. ได้ลำไยเนื้ออบแห้ง 1 กก.) โดยมีวิธีการขั้นตอนการแปรรูป ดังแสดงในภาพที่ 3

ลำไยสด (ร่วง) คัดร่อนเกรดคุณภาพ เกรด AA, A 

↓

คว้านเอาเมล็ดออกด้วยตุ๊ดตู่ 

↓

แกะเปลือก 

↓

แช่โปแตสเซียมเมตาซัลไฟด์ 30 กรัม/น้ำ 10 ลิตร/เนื้อลำไย 10 กก.เป็นเวลา 3-5 นาที

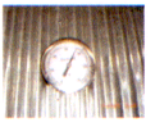
↓

เรียงบนตะแกรงโปร่ง 

↓

นำเข้าตู้อบที่มีชั้นเป็นพัดลม 

↓

อบที่อุณหภูมิ 75°C 12-15 ชั่วโมง ความชื้นไม่เกิน 18% 

↓

ปล่อยให้เย็น 1-2 ชั่วโมง 

↓

คัดเกรดและคุณภาพเนื้อลำไยด้วยแรงงาน 

↓

บรรจุถุงพลาสติกรัดปากถุงให้แน่น 

ภาพที่ 3 กรรมวิธีการทำลำไยอบแห้ง

ที่มา: นิรนาม (2555)

ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากลำไย ส่วนเปลือกและเมล็ดลำไย คือ เศษเหลือที่เป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์จากลำไย การนำเปลือกลำไยจากโรงงานแปรรูปมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ โดยเฉพาะเปลือกลำไยที่มีเยื่อใยสูงกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ น่าจะเป็นแหล่งเยื่อใยที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ แต่เปลือกลำไยยังมีความชื้นสูง (ร้อยละ 70 เปอร์เซ็นต์) จึงเป็นแหล่งอาหารที่ดีสำหรับจุลินทรีย์ที่จะทำให้เกิดการเน่าเสียได้ การคิดหาวิธีการเก็บรักษาเปลือกลำไยโดยการนำมาใช้ร่วมกับฟางข้าวอบยูเรียจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เพื่อที่จะใช้ประโยชน์จากเศษเหลือจากการผลิตลำไยไปทำอาหารข้นต่อไป และเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย (สมปอง และไพโรจน์, 2554)

แหล่งเศษเหลือจากการผลิตลำไย

สมปอง และไพโรจน์ (2554) กล่าวว่า ในการผลิตลำไยทั้งระบบนั้น มีเศษเหลือที่สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโค ได้แก่ ใบลำไย ผลลำไยตกเกรด รวมทั้งเปลือกและเมล็ดลำไยที่เป็นเศษเหลือจากการแปรรูปที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ทางอาหารสัตว์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ พาวิน และคณะ (2547) พบว่า ผลลำไยจะประกอบด้วยเนื้อ เปลือก และเมล็ดลำไย ในสัดส่วน 70:17:13 ตามลำดับ

สมปอง และไพโรจน์ (2558) รายงานว่า ในการผลิตลำไยจะมีเศษเหลือจาก 3 แหล่ง คือ

1. เศษเหลือจากการเก็บเกี่ยว และการตัดแต่งทรงพุ่ม ในสวนลำไย ประกอบด้วย ใบลำไย กิ่งลำไย ก้านช่อผล ผลลำไยที่ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ผลลีบและผลเน่า

2. เศษเหลือ ณ จุดรับซื้อผลลำไยสด ได้แก่ ผลลำไยตกเกรด (ลำไยเกรด C) และ ลำไยใต้ตะแกรงร่อน

3. เศษเหลือจากโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลำไยเกรด C และลำไยใต้ตะแกรงร่อน รวมทั้งเศษเหลือในขั้นตอนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ คือ เปลือกลำไย และเมล็ดลำไย

ทั้งนี้เกษตรกรยังมีการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือจากการผลิตลำไยเพื่อเป็นอาหารสัตว์น้อยมาก ซึ่งโดยทั่วไปมักนิยมใช้ทำปุ๋ยพืชสด ถ่านไม้ลำไย และทิ้งในที่สาธารณะ ซึ่งอาจมีผลต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังแสดงในตารางที่ 36

ตารางที่ 36 เศษเหลือจากการผลิตลำไยและการใช้ประโยชน์

แหล่งผลิตลำไย	เศษเหลือ	การใช้ประโยชน์
ในสวนลำไย		
-ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว	-ใบลำไย -กิ่งลำไย -ก้านช่อผล -ผลลำไยที่ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ผลลีบและผลเน่า	-ใบใช้คลุมผลสดลำไยระหว่างการขนส่ง -ปุ๋ย
-การเตรียมการเพื่อขายลำไยสด	-กิ่งลำไย	-กิ่งขนาดใหญ่ใช้ผลิตเป็นถ่าน
ณ จุดรับซื้อผลลำไยสด	-ลำไยเกรด C - ลำไยใต้ตะแกรงร่อน - ใบลำไย	-ปุ๋ย
โรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์		
-จุดรับซื้อลำไยสดหน้าโรงงานแปรรูป	-ลำไยเกรด C - ลำไยใต้ตะแกรงร่อน - ใบลำไย	-ปุ๋ย
-ขั้นตอนการแปรรูป	- เปลือกลำไย - เมล็ดลำไย	-ปุ๋ย -ทิ้งในที่สาธารณะ เช่น ในป่าชุมชน

ที่มา: ดัดแปลงจากสมปอง และ ไพโรจน์ (2558)

คุณค่าทางอาหารของเศษเหลือจากลำไย

สมคิด และคณะ (2552) รายงานว่า จากผลการวิเคราะห์หาความชื้น และปริมาณใยอาหารทั้งหมด เพกทิน และลิกนิน ของเปลือกลำไยพันธุ์อีดอที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่า เปลือกผลลำไยสดมีความชื้น 55 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด เพกทิน และลิกนิน เท่ากับ 7.26, 0.89 และ 0.019 กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 และ 10 วัน จะทำให้เปลือกผลลำไยมีความชื้นลดลงอยู่ที่ 34.78 เปอร์เซ็นต์ ใยอาหารทั้งหมดเพิ่มขึ้น 2.48 เปอร์เซ็นต์ เพกทินลดลง 8.89 เปอร์เซ็นต์ และลิกนินไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสมปอง และไพโรจน์ (2558) รายงานจากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเศษเหลือจากการผลิตลำไย คือ ใบลำไย เปลือกลำไย

เมล็ดลำไย ลำไยเกรด C ลำไยใต้ตะแกรงร่อน และเปลือกและเมล็ดลำไย (ตารางที่ 37) พบว่าเศษเหลือจากผลิตลำไยทุกชนิดมีคุณค่าทางอาหารเพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ โดยเฉลี่ยมีโปรตีนอยู่ระหว่าง 6.52-11.69 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง และเศษเหลือส่วนใหญ่ควรจัดไว้ในกลุ่มอาหารหยาบ เนื่องจากมีเยื่อใยสูงกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นเมล็ดลำไย

ตารางที่ 37 คุณค่าทางอาหารของเศษเหลือจากการผลิตลำไย

เศษเหลือจากการผลิตลำไย	วัตถุแห้ง	% ของวัตถุแห้ง					
		โปรตีน	เยื่อใย	ไขมัน	NFE	NDF	ADF
ใบ	37.35	11.69	30.78	3.92	38.30	54.94	41.86
ลำไยเกรด C	30.43	7.62	22.45	1.40	54.74	58.12	38.65
ลำไยใต้ตะแกรงร่อน	38.03	9.69	43.57	3.01	30.91	52.35	45.67
เปลือก	37.36	6.98	33.43	0.93	45.84	54.24	41.86
เมล็ดที่มีเปลือกหุ้ม	93.52	7.69	8.18	3.26	80.01	50.05	9.01
เมล็ดที่ไม่มีเปลือกหุ้ม	93.64	9.34	3.58	2.44	83.65	-	-
เปลือกและเมล็ด	48.87	8.76	28.12	1.64	52.39	48.86	39.68

ที่มา: ดัดแปลงจากสมปอง และไพโรจน์ (2558)

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเปลือกลำไยสอดคล้องกับรายงานของ สุธาทิพย์ (2553) พบว่า เปลือกลำไยประกอบด้วยวัตถุแห้ง 35.48 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 88.12 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 6.94 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยของผนังเซลพืช (NDF) 53.56 เปอร์เซ็นต์ และลิกโนเซลลูโลส (ADF) 45.22 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 38

ตารางที่ 38 ส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกลำไย

โภชนะ	เปลือกลำไย
(%) วัตถุแห้ง	35.48
อินทรียวัตถุ(%DM)	88.12
โปรตีน(%DM)	6.94
NDF(%DM)	53.56
ADF(%DM)	45.22

ที่มา: ดัดแปลงจาก สุธาทิพย์ (2553)

Sruamsiri and Silman (2012) รายงานจากการศึกษาการสลายตัวของโภชนะในเศษเหลือจากการผลิตลำไย คือใบลำไย ผลลำไยตกเกรด (เกรด C) เปลือกและเมล็ดลำไย ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี *In vitro* true digestibility พบว่าเศษเหลือจากการผลิตลำไยของโภชนะมีการสลายตัวของวัตถุแห้ง เยื่อใยผนังเซลและโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการแช่บ่มที่เพิ่มขึ้น (จาก 24 ชั่วโมง เป็น 48 ชั่วโมง) ดังแสดงในตารางที่ 39 และ ตารางที่ 40 ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโภชนะ (วัตถุแห้ง เยื่อใยผนังเซลล์ และโปรตีน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้ลำไยเกรด C มีค่าการสลายตัวของโภชนะสูงที่สุด รองลงมาคือ เมล็ดลำไย เปลือกลำไย โดยใบลำไยมีการสลายตัวของโภชนะต่ำที่สุด

ตารางที่ 39 การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และเยื่อใยผนังเซล ในเศษเหลือของลำไย ที่เวลา 24 ชั่วโมง

เศษเหลือของลำไย	การย่อยได้ (%)		
	วัตถุแห้ง	เยื่อใยผนังเซลล์	โปรตีน
ลำไยเกรด C	63.54^{a}	51.12^{a}	45.56^{a}
เปลือก	32.09^{c}	36.37^{b}	31.29^{b}
เมล็ด	51.88^{b}	42.75^{a}	46.68^{a}
ใบ	24.22^{d}	27.97^{c}	19.63^{c}

ที่มา: ดัดแปลงจาก Sruamsiri and Silman (2012)

หมายเหตุ $^{a-d}$ ค่าเฉลี่ยแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 40 การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และเยื่อใยผนังเซล ในเศษเหลือของลำไย ที่เวลา 48 ชั่วโมง

เศษเหลือของลำไย	การย่อยได้ (%)		
	วัตถุแห้ง	เยื่อใยผนังเซล	โปรตีน
ลำไยเกรด C	70.65[a]	56.32[a]	60.27[a]
เปลือก	37.75[c]	41.13[c]	39.89[c]
เมล็ด	56.28[b]	58.92[b]	55.21[b]
ใบ	34.19[c]	35.47[d]	23.12[d]

ที่มา: ดัดแปลงจาก Sruamsiri and Silman (2012)

หมายเหตุ [a-d] ค่าเฉลี่ยแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

และผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเปลือกลำไยหมักของ ชานนท์ (2553) พบว่า เปลือกลำไยหมักมีวัตถุแห้ง 44.31 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 95.02 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 8.48 เปอร์เซ็นต์ NDF 43.89 เปอร์เซ็นต์ ADF 31.64 เปอร์เซ็นต์ GE 4.28 และเถ้า (Ash) 5.23 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 41

ตารางที่ 41 ส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกลำไยหมัก

โภชนะ	เปลือกลำไยหมัก
DM (%)	44.31
← % DM →	
OM	95.02
CP	8.48
NDF	43.89
ADF	31.64
Ash	5.23

ที่มา: ดัดแปลงจาก ชานนท์ (2553)

จากรายงานของ Tran *et al.* (2005), Glick (1981), Joslyn and Glick (1969) และ Booth *et al.* (1996) ซึ่งรายงานอย่างสอดคล้องกันเกี่ยวกับส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดลำไย (ตารางที่ 42) พบว่าในเมล็ดลำไยมีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายสูงกว่าข้าวโพด แต่ก็มีเยื่อใยสูง สาร Gallic acid ในเมล็ดลำไยมีผลเสียต่อปริมาณอาหารที่กินของหนูทดลองและแพะนม ทำให้หนูทดลองมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตลดลง และส่งผลให้หนูทดลองมีความต้องการโคลีนและเมทไธโอนีนเพิ่มขึ้น การใช้เมล็ดลำไยในระดับสูงจะมีผลไปลดผลผลิตน้ำนมของแพะนม แต่หากนำมากระเทาะเปลือกออกจะสามารถนำมาใช้เลี้ยงไก่เนื้อได้ในระดับสูงถึง 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร (อรวรรณ, 2547; วสันต์, 2547)

ตารางที่ 42 ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดลำไยที่มี และไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ด

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (%วัตถุแห้ง)	
	เมล็ดลำไยที่มีเปลือกหุ้มเมล็ด	**เมล็ดลำไยที่ไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ด**
ความชื้น	6.86	12.75
โปรตีน	6.57	7.77
ไขมัน	2.21	1.81
เยื่อใย	8.79	4.83
พลังงาน (แคลอรี่ต่อกรัม)	4,324	3,786
เถ้า	1.98	0.69

ที่มา: ดัดแปลงจาก อรวรรณ (2547; วสันต์, 2547)

การใช้ประโยชน์จากลำไยเป็นอาหารสัตว์

อาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว

ด้านการศึกษาการย่อยได้ ของโภชนะและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของเมล็ดลำไยและเนื้อในเมล็ดลำไยในไก่พื้นเมือง ซึ่งรายงานโดย บัวเรียม และคณะ (2554) พบว่าเมล็ดลำไยมีการย่อยได้ที่แท้จริง (true digestibility) ของวัตถุแห้ง เถ้า และเยื่อใยรวมต่ำกว่าเนื้อในเมล็ดลำไย ส่วนค่า

พลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แท้จริงของเมล็ดลำไยนั้นมีค่าต่ำกว่าเนื้อในเมล็ดลำไย คือ 3,365 และ 3,721 Kcal/kg ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 43

ตารางที่ 43 การย่อยได้ของโภชนะที่แท้จริง และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แท้จริงของเมล็ดลำไยและเนื้อในเมล็ดลำไย

การย่อยได้ของโภชนะที่แท้จริง (%)	เมล็ดลำไย	เนื้อในเมล็ดลำไย
วัตถุแห้ง	87.45	95.31
เถ้า	67.92	74.56
เยื่อใยรวม	66.32	75.50
พลังงานรวม (Kcal/kg)	3,365	3,721

ที่มา: ดัดแปลงจาก บัวเรียม และคณะ (2554)

อรวรรณ (2547) และ วสันต์ (2547) ศึกษาผลของการใช้เมล็ดลำไยที่มี และไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ดในสูตรอาหารไก่เนื้อ พบว่าการใช้เมล็ดลำไยในอาหารทำให้อัตราการเจริญเติบโต และปริมาณการกินอาหารของไก่เนื้อลดลง อีกทั้งยังส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มควบคุม สำหรับกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเมล็ดลำไยที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดส่งผลให้ไก่เนื้อมีปริมาณการกินอาหาร น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเมล็ดลำไยที่ไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ด และกลุ่มอาหารผสมเมล็ดลำไยที่ไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ดยังส่งผลให้ค่าการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มที่มีเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 44 แต่อย่างไรก็ตามสามารถใช้เมล็ดลำไยที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารไก่เนื้อได้

ตารางที่ 44 ผลของการใช้เมล็ดลำไยที่มีและไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ดในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการผลิต

กลุ่มควบคุม		เมล็ดลำไย(%)					
		มีเปลือกหุ้มเมล็ด			ไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ด		
		10	15	20	10	15	20
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/สัปดาห์)							
0-3 สัปดาห์	1,042.82	936.27	1,037.85	945.47	983.16	957.53	1,002.72
4-6 สัปดาห์	851.99	818.14	833.54	769.54	837.98	840.22	818.79
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/สัปดาห์)							
0-3 สัปดาห์	552.03^{a}	475.07^{abc}	516.20^{ab}	492.60^{abc}	477.82^{abc}	408.89^{c}	429.39^{bc}
4-6 สัปดาห์	403.16	452.56	412.18	439.05	392.16	378.06	402.30
การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว							
0-3 สัปดาห์	1.90^{b}	1.89^{b}	2.04^{ab}	1.92^{b}	2.06^{ab}	2.34^{a}	2.34^{a}
4-6 สัปดาห์	2.42^{a}	2.02^{bc}	2.11^{abc}	1.90^{c}	2.28^{ab}	2.26^{ab}	2.22^{ab}

ที่มา: ดัดแปลงจาก อรวรรณ (2547; วสันต์, 2547)

$^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมเมล็ดลำไยที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดที่ระดับ 0, 10, 15 และ20 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารไม่มีผลต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อ (ศุภชัย, 2548)

อาหารสัตว์กระเพาะรวม

ชานนท์ และคณะ (2555) รายงานจากการศึกษาการหมักเปลือกและเมล็ดลำไยร่วมกับฟางข้าวโดยใช้และไม่ใช้สารเสริมช่วยหมัก (กากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ต่อปริมาณกรดอินทรีย์และองค์ประกอบทางเคมี พบว่าการเสริมสารช่วยหมัก ทำให้พืชหมักจากเปลือกและเมล็ดลำไยร่วมกับฟางข้าวมีคะแนนการประเมินลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก นอกจากนี้การเสริมกากน้ำตาลในเปลือกและเมล็ดลำไยหมักยังมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีน (CP) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกรดอินทรีย์ที่ตรวจพบในพืชหมักจากเปลือกลำไยและเมล็ด คือกรดแลคติก (Lactic acid) และกรดอะซิติก (Acetic acid) ปริมาณกรดแลคติกที่ตรวจพบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ปริมาณกรดอะซิติกพบว่า ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในกลุ่มที่ใส่กากน้ำตาลมีกรดอะซิติกสูงกว่า ดังแสดงในตารางที่ 45 และตารางที่ 46

ตารางที่ 45 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกและเมล็ดลำไยหมักร่วมกับฟางข้าว

พืชหมัก	ฟางข้าว %	% DM	GE (Mcal/kgDM)	%DM CP	NDF	ADF
ไม่เสริม	0.00	44.31	4.28	8.48	43.89	31.64
กากน้ำตาล	5.00	47.82	4.22	8.35	46.15	32.46
	7.50	49.28	4.26	8.33	47.43	34.18
	10.00	51.38	4.22	8.26	50.11	35.76
เสริม	0.00	45.35	4.28	8.70	45.49	31.11
กากน้ำตาล	5.00	46.63	4.33	8.67	47.91	33.45
	7.50	48.53	4.24	8.55	48.50	35.89
	10.00	52.22	4.24	8.36	51.81	36.72

ที่มา: ดัดแปลงจาก ชานนท์ และคณะ (2555)

ตารางที่ 46 ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ตรวจพบในเปลือกและเมล็ดลำไยหมักร่วมกับฟางข้าว

พืชหมัก	%		
	ระดับฟางข้าว	Lactic acid	Acetic acid
ไม่เสริม	0.00	1.23	0.29
	5.00	1.64	0.24
	7.50	1.65	0.26
	10.00	1.69	0.46
เสริมกากน้ำตาล	0.00	1.47	0.27
	5.00	1.52	0.26
	7.50	1.51	0.37
	10.00	1.54	0.49

ที่มา: ดัดแปลงจาก ชานนท์ และคณะ (2555)

และจากรายงานของ จักรี (2555) ที่ศึกษาการใช้เปลือกลำไยแห้งบดร่วมกับกากน้ำเต้าหู้ และใบกระถินแห้งในระดับต่างๆ เป็นแหล่งอาหารข้นในอาหารผสมสำเร็จเลี้ยงโคนม เพื่อศึกษาการย่อยได้ของโภชนะของอาหารผสมสำเร็จด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้ (indicator method) คือ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash ; AIA) ตามแผนการทดลองแบบ 4 × 4 Latin Squares Design โดยอาหารผสมสำเร็จ (Total Mixed Ration, TMR) ทุกสูตรมีหญ้ากินนีหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ ในสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นเท่ากับ 50 : 50 อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทดลองมี 4 สูตร คือ TMR 1 = อาหารผสมสำเร็จสูตรควบคุม (ไม่มีเปลือกลำไยบดผสมกับกากน้ำเต้าหู้เป็นส่วนประกอบ) TMR 2 = อาหารผสมสำเร็จที่มีอาหารข้นจากเปลือกลำไยบดผสมกับกากน้ำเต้าหู้ 11 เปอร์เซ็นต์ (สัดส่วนในอาหารข้น 78 : 22) TMR 3 = อาหารผสมสำเร็จที่มีอาหารข้นจากเปลือกลำไยบดผสมกับกากน้ำเต้าหู้ 12 เปอร์เซ็นต์ (สัดส่วนในอาหารข้น 76 : 24) และ TMR 4 = อาหารผสมสำเร็จที่มีอาหารข้นจากเปลือกลำไยบดผสมกับกากน้ำเต้าหู้ 13 เปอร์เซ็นต์ (สัดส่วนในอาหารข้น 74 : 26) ผลการศึกษาพบว่าอาหารผสมสำเร็จ TMR1 มีค่าการย่อยได้ของ อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF สูงที่สุดคือ 66.42, 73.73, 51.91 และ 46.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอาหารผสมสำเร็จ TMR4 มีค่าการย่อยได้ของโภชนะต่ำที่สุดคือ 61.86, 69.20, 47.59 และ 42.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าการย่อยได้ของโภชนะมีแนวโน้มลดลงเมื่ออาหารข้นทดลองมีสัดส่วนของเปลือกลำไยบดร่วมกับกากน้ำเต้าหู้ และใบกระถินแห้ง (50:50:0) เพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 47

ตารางที่ 47 ค่าการย่อยได้ของโภชนะของอาหารผสมสำเร็จด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

อาหารผสมสำเร็จ	ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะ (%)				
	DM	OM	CP	NDF	ADF
TMR1	84.61^{B}	66.42^{A}	73.73^{A}	51.91	46.10
TMR2	87.85^{A}	67.07^{A}	71.75^{B}	49.92	44.57
TMR3	87.97^{A}	62.99^{B}	69.23^{B}	48.50	42.48
TMR4	85.71^{B}	61.86^{B}	69.20^{B}	47.59	42.38
SEM	0.192	0.454	0.389	0.849	0.793
P-value	0.000	0.004	0.003	0.341	0.327

ที่มา: จักรี (2555)

หมายเหตุ ^{A,B} ค่าในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ขณะที่ ประมวล และคณะ (2555) ได้ทดลองใช้ลำไยเกรด C เป็นอาหารเสริมเปรียบเทียบกับการใช้กากน้ำตาลเลี้ยงโคเนื้อพันธุ์ขาวลำพูน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตกลุ่มที่เสริมลำไยเกรด C (0.376 กก./วัน) มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกากน้ำตาล (0.315 กก/วัน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และมีแนวโน้มว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกากน้ำตาล ส่วนโคทั้งสองกลุ่มมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งไม่แตกต่างกัน แต่โคกลุ่มที่เสริมลำไยเกรด C ได้รับพลังงานมากกว่ากลุ่มที่เสริมกากน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (26.29 และ 25.37 เมกะแคลอรี่/วัน ตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 48

ตารางที่ 48 สมรรถภาพการเจริญเติบโตของโคพันธุ์ขาวลำพูน ของการทดลองเลี้ยงขุนขังในคอกโดยการเสริมกากน้ำตาลและลำไยเกรด C

ลักษณะที่ศึกษา	วันที่ 0 - 167 ของการเลี้ยง		SEM
	กลุ่มที่ 1 กากน้ำตาล	กลุ่มที่ 2 ลำไยซี	
จำนวนสัตว์ทดลอง (ตัว)	6	6	
น้ำหนักตัวเมื่อเริ่มต้น (กก./ตัว)	155.67	155.50	8.105
น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุด (กก./ตัว)	210.17	220.67	5.898
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก./ตัว)	54.50	65.17	4.702
การเจริญเติบโต (กก./ตัว/วัน)	0.315 [a]	0.376 [b]	0.022
การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (กก.ของวัตถุแห้ง/กก.)	19.25	16.58	1.210
ปริมาณวัตถุแห้งที่กิน (DMI) [1/]			
อาหารหยาบ	4.17	4.20	0.031
อาหารข้น	0.93	0.93	-
อาหารเสริม	0.97	0.98	-
ปริมาณที่กินทั้งหมด			
วัตถุแห้ง (กก./วัน)	6.07	6.11	0.086
พลังงานที่กิน (เมกะแคลอรี่/วัน)	25.37 [a]	26.29 [b]	0.082
อาหารที่กินคิดเป็น % น้ำหนักตัว	3.33	3.25	0.299
โปรตีน (กรัม/วัน)	430.83	447.63	6.996

ที่มา: ดัดแปลงจาก ประมวล และคณะ (2555)

หมายเหตุ [a,b] ค่าเฉลี่ยแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

Sruamsiri *et al.* (2014) ได้ทำการทดลองศึกษาการใช้เศษเหลือจากการผลิตลำไยเป็นอาหารเสริมเลี้ยงโคเนื้อพันธุ์ (พื้นเมือง x บราห์มัน) โดยใช้แผนการทดลองแบบการเปรียบเทียบแบบกลุ่ม (Group comparison) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ใช้ระยะเวลาทดลอง 189 วัน และช่วงการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ระยะการทดลอง ในระยะ 56 วันแรก ให้กินอาหารหยาบเต็มที่ และให้กินอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของน้ำหนักตัว โดยกลุ่มที่ 1 ให้กินฟางข้าวกับเปลือกและเมล็ดลำไยหมัก กลุ่มที่ 2 ให้กินฟางอบยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ ในระยะที่ 2 ใช้ระยะเวลาทดลอง 28 วัน โดยกลุ่มที่ 1 เสริมหญ้ากินนี 10 กิโลกรัม + ใบกระถินแห้ง 100 กรัม ในกลุ่มที่ 2 เสริมหญ้ากินนี 10 กิโลกรัม + ฟางอบยูเรียให้กินเต็มที่ และระยะสุดท้ายของการทดลองใช้ระยะเวลา 105 วัน กลุ่มที่ 1 ให้กินหญ้ากินนีสดร่วมกับลำไยเกรด C เพียงอย่างเดียว กลุ่มทดลองที่ 2 ให้กินหญ้ากินนีสด + กากน้ำตาล 1 กิโลกรัม เพื่อศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของวัตถุแห้งของเปลือกและเมล็ดลำไยเกรด C พบว่าสมรรถภาพการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ของโภชนะ ของเปลือกและเมล็ดลำไยเกรด C ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 49

ตารางที่ 49 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและปริมาณการกินได้ของโภชนะในโคเนื้อทดลอง

	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	Pr>T
น้ำหนักเริ่มต้น (กก.)	224.17±6.92	227.50±9.11	0.718
น้ำหนักสิ้นสุด (กก.)	314.17±5.24	319.83±7.89	0.303
อัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน)	0.476±0.19	0.488±0.19	0.238
ปริมาณการกินได้ทั้งหมด (กก./วัน)	6.04±0.11	5.73±0.08	0.206
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	2.24±0.04	2.12±0.06	0.486
อาหารหยาบ (วัตถุแห้ง) (กก./วัน)	3.81±0.23	4.13±0.07	0.575
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	1.42±0.03	1.51±0.03	0.585
ปริมาณการกินได้ของโภชนะ(กก./DM/วัน)			
- CP	0.56±0.01	0.54±0.01	0.480
- NDF	4.20±0.08	3.95±0.06	0.216
- ADF	2.45±0.06	2.10±0.03	0.113
- GE (Mcal/d)	24.32±0.51	22.58±0.30	0.433

ที่มา: ดัดแปลงจาก Sruamsiri *et al.* (2014)

Tran *et al.* (2005) รายงานผลจากการศึกษาผลของการใช้เมล็ดลำไย ข้าวโพด และมันสำปะหลังเป็นอาหารแพะนมในช่วงฤดูหนาวของประเทศเวียดนาม โดยทำการทดลองในแพะนมลูกผสมพันธุ์ Bachthao และ Barbary ที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 51.5 -54.5 กิโลกรัม และอยู่ในช่วงการให้นมที่ 3-4 โดยให้อาหารข้นที่มีเมล็ดลำไยในระดับ 0, 15 และ 20% จากการทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า การให้เมล็ดลำไยในระดับสูงทำให้ปริมาณอาหารที่กินและผลผลิตน้ำนมลดลงโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม ดังแสดงในตารางที่ 50 และ ตารางที่ 51

ตารางที่ 50 ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดลำไยแห้ง ข้าวโพด และกากมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลอง (% วัตถุแห้ง)

	CP	EE	CF	Ash	NDF	ADF	Ca	P
ข้าวโพด	9.45	4.67	2.61	1.61	12.8	3.77	0.14	0.35
เมล็ดลำไย	9.06	4.32	6.96	2.22	36.78	8.71	0.37	0.28
กากมันสำปะหลัง	3.18	0.73	2.66	2.25	9.42	8.71	0.16	0.13

ที่มา: ดัดแปลงจาก Tran *et al.* (2005)

ตารางที่ 51 ผลของเมล็ดลำไยที่ระดับต่างๆ ในอาหารข้นต่อผลผลิตน้ำนม

	เมล็ดลำไย (%)		
	0	15	20
น้ำหนักเริ่มทดลอง (กิโลกรัม)	53.30	51.50	54.50
น้ำหนักหลังทดลอง (กิโลกรัม)	50.80	49.10	51.30
ผลผลิตน้ำนม (กรัมต่อตัวต่อวัน)	2,689[a]	2,601[a]	2,314[b]
ของแข็งทั้งหมด (%)	28.60	29.00	28.00
โปรตีน (%)	3.20	3.25	3.20
ไขมัน (%)	4.55	4.47	4.49

ที่มา: ดัดแปลงจาก Tran *et al.* (2005)

หมายเหตุ [a,b] ค่าเฉลี่ยแนวนอนที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การศึกษาการย่อยได้โดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ทรงศักดิ์ และยุทธชัย (2542) กล่าวว่า การวิเคราะห์การย่อยได้ในห้องปฏิบัติการถูกพัฒนาขึ้นมา เนื่องจากการวัดการย่อยได้ในตัวสัตว์ เป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และใช้แรงงานเป็นจำนวนมาก จึงมีการพัฒนาการย่อยได้โดยการเลียนแบบสภาวะภายในทั้งหมดให้เหมือนกับการย่อยที่เกิดขึ้นจริงในตัวสัตว์ ซึ่งมีอยู่หลายวิธีที่นิยมใช้กัน ดังที่ บุญล้อม (2541) ได้แนะนำไว้คือ

1. วิธีการ 2 ขั้นตอน ของ Tilley and Terry (2-stage *in vitro* method) วิธีนี้ได้รับความนิยมมานาน โดยใช้ตัวอย่างอาหารประมาณ 0.5 กรัม ร่วมกับของเหลวจากกระเพาะรูเมน จำนวน 10 มิลลิลิตร และสารละลายบัฟเฟอร์ จำนวน 40 มิลลิลิตร แช่บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นหยุดปฏิกิริยาด้วย Mercuric chloride จากนั้นทำการปั่นแยกกากตะกอนแล้วย่อยต่อด้วย Acid-Pepsin อีก 48 ชั่วโมง ปั่นแยกเอาตะกอนออก จากนั้นทำให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนักเพื่อแยกผลการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุต่อไป แต่ภายหลังเมื่อมีการพัฒนาวิธีอื่นที่สามารถให้ข้อมูลได้มากกว่า และมีความแม่นยำสูงกว่าวิธีนี้จึงได้รับความนิยมน้อยลงไป

2. วิธีการเอนไซม์เปปซิน-เซลยูเลส (pepsin-cellulase technique) ทำได้โดยใช้เอนไซม์ที่สกัดจากจุลินทรีย์มาบ่มกับตัวอย่าง วิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถทำได้รวดเร็ว ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาทั้งคุณภาพของเอนไซม์และวิธีการวิเคราะห์ทำให้ได้ค่าที่แม่นยำขึ้น สะดวกสำหรับห้องปฏิบัติการที่ไม่มีสัตว์เจาะกระเพาะ มีวิธีการอยู่ 3 ขั้นตอนด้วยกัน ได้แก่ ขั้นตอนแรกใช้เอนไซม์ pepsin ใน 0.1 M HCl ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และต่อด้วย starch hydrolysation ด้วยสารละลายเดิมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ก่อนจะล้างด้วยน้ำอุ่นและย่อยผนังเซลด้วยเอนไซม์ cellulase ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นหาค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (organic matter digestibility; OMD) ที่ได้จากสมการคำนวณและไขมัน (ether extract ; EE) จากการวิเคราะห์ สามารถนำไปคำนวณเป็นค่าพลังงาน เมทาบอไลซ์ (metabolizable energy; ME) และค่าพลังงานสุทธิใช้ในการให้นม (net energy for lactation; NE_l) โดยใช้สมการที่ DeBoever *et al.* (1986) ได้เสนอสมการไว้ดังนี้

$$ME\ (MJ/kgDM) = 0.150 \times OMD + 0.214 \times EE - 0.99\ (R^2 = 0.96)$$

$$NE_l\ (MJ/kgDM) = 0.112 \times OME + 0.159 \times EE + 2.37\ (R^2 = 0.96)$$

3. วิธีวัดปริมาณก๊าซ (gas production technique) ได้รับการพัฒนาขึ้นในประเทศเยอรมันเพื่อให้สามารถทำนายการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และค่าพลังงานในอาหารได้ ต่อมาได้มีการดัดแปลงให้สามารถวัดอัตราการย่อยสลายของอาหารได้ด้วย วิธีการนี้สามารถประเมิน

การย่อยได้ใกล้เคียงกับการใช้สัตว์ทดลองมากที่สุด การศึกษาตามวิธีการนี้อาศัยความรู้จากการหมักย่อยอาหาร โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในของเหลวในกระเพาะรูเมน ผลจากการหมักย่อยอาหารจะทำให้เกิดก๊าซขึ้น ซึ่งได้มีการพัฒนาวิธีการและการคำนวณเพื่อใช้ทำนายคุณค่าทางอาหารได้ ก๊าซที่เกิดขึ้นจากหมักย่อยส่วนใหญ่ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid) ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโปรปิโอนิก และกรดบิวทีริก โดย Menke and Steingass (1988) พัฒนาวิธีการศึกษานี้โดยมีหลักการคือ บ่มตัวอย่างอาหารประมาณ 0.2 กรัม กับของเหลวในกระเพาะรูเมนใส่ลงในหลอด glass syringe ขนาด 100 มิลลิลิตรในตู้อบที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส (ใกล้เคียงกับสภาพภายในรูเมน) แล้วอ่านค่าก๊าซเมื่อบ่มครบ 24 ชั่วโมง นำไปคำนวณตามสมการที่กำหนดไว้ นำค่าโปรตีน ไขมัน และเถ้าไปใช้ในการหาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) และค่าพลังงานสุทธิใช้ในการให้นม (net energy for lactation; NE_l)

4. วิธีหาการย่อยได้โดยวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะวิธีนี้ได้ปรับปรุงและพัฒนามาจากวิธีการ 2 ขั้นตอนของ Tilley and Terry (1963 อ้างโดย Wilman and Adesogan, 2000) ซึ่งเป็นการหาค่าการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ การทดลองด้วยวิธีนี้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายและแรงงานในการปฏิบัติการได้ (Adesogan, 2005) มีขั้นตอนการทำโดยการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) ของโคที่ผ่าตัดกระเพาะรูเมนแล้วซึ่งเป็นโคที่ได้รับอาหารชนิดเดียวกันกับอาหารที่ใช้ในการทดลอง 14 วัน ก่อนทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน (Robinson *et al*. 1999)

ถุงที่ใช้ในการทดลองใช้ถุงไนล่อนขนาด 5.0 x 7.0 เซนติเมตร มีขนาดรูถุง (pore size) 45 ไมโครเมตร ชั่งด้วยตัวอย่างอาหารที่บดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 1.5-2 กรัม ใส่ลงในถุงแล้วปิดปากถุงด้วยเครื่องทำความร้อน นำถุงอาหารใส่ลงในโถแก้วแล้วเติมสารละลายบัฟเฟอร์ นำมาผสมกับของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ผ่านการปั่น โดยทุกขั้นตอนมีการเติมก๊าซ-คาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา จากนั้นนำโถแก้วเข้าแช่บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ในเครื่องแช่บ่ม ANKOM Daisy[ll] เมื่อครบกำหนดเวลานำถุงออกมาล้างด้วยน้ำจนสะอาด แล้วนำถุงเข้าตู้อบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (Robinson *et al*. 1999) จากนั้นนำมาหาค่าการย่อยได้ด้วยวิธี IVTD จากสูตร

$$\%IVTD = 100 - \frac{(w_3 - (w_1 \times w_4)) \times 100}{w_2}$$

โดย w_1 = น้ำหนักถุงเปล่า

w_2 = น้ำหนักอาหารทดลอง

w_3 = น้ำหนักถุงพร้อมอาหารทดลอง

w_4 = น้ำหนัก blank (น้ำหนัก blank หลังการแช่บ่ม / น้ำหนัก blank)

5. วิธีใช้ถุงไนล่อน (nylon bag technique) หรือ *in sacco* วิธีนี้จำเป็นต้องอาศัยสัตว์เจาะกระเพาะรูเมน เป็นวิธีได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เพราะให้ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการย่อยสลายของอาหารซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์มาก นำตัวอย่างอาหารที่ต้องการทดสอบใส่ในถุงที่ทำจากผ้าหรือไนล่อน ที่มีขนาดรูของถุง 40-60 ไมโครเมตร ซึ่งจุลินทรีย์สามารถเข้าไปย่อยอาหารได้แต่อาหารออกจากถุงไม่ได้ แช่ถุงไว้ตามระยะเวลาที่ต้องการ เมื่อครบกำหนดเวลา นำถุงทั้งหมดออกล้างแล้ววัดปริมาณอาหารที่เหลือและวิเคราะห์ทางเคมี (Ørskov and McDonald, 1979)

ถึงแม้การศึกษาการสลายตัวของโภชนะภายในกระเพาะหมักโดยวิธีการใช้ถุงไนล่อนจะเป็นวิธีการที่สะดวก ค่าใช้จ่ายถูกกว่าการศึกษาในตัวสัตว์ แต่ก็มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีผลทำให้แม่นยำและข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ ได้แก่ ลักษณะเฉพาะของถุง ชนิดของถุง ขนาดของถุง ลักษณะของตัวอย่างอาหาร การใส่ถุงตัวอย่างในกระเพาะหมัก การล้างถุง การอบถุง รวมทั้งการให้อาหารและสัตว์ทดลอง จำเป็นต้องกระทำด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันความผิดพลาดของค่าที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีนี้

การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะโดยการทดลองกับตัวสัตว์

ทรงศักดิ์ และยุทธชัย (2542) กล่าวว่าการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารสัตว์สามารถบ่งบอกได้ถึงเปอร์เซ็นต์ของโภชนะที่มีอยู่ในอาหารชนิดนั้น แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าโภชนะที่มีอยู่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงในตัวสัตว์ เนื่องจากอาหารที่กินเข้าไปไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด และจะมีโภชนะบางส่วนที่สูญเสียไปในระหว่างกระบวนการย่อย การดูดซึม และการเปลี่ยนแปลงของอาหารภายในร่างกาย ดังนั้น การประเมินคุณภาพอาหารจึงนิยมทำโดยวิธีการวัดการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร โดยทดลองกับตัวสัตว์ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. วิธีการชั่งน้ำหนักทั้งหมด (total collection method หรือ conventional method) โดยให้สัตว์กินอาหารทดลอง ชั่งน้ำหนักของอาหารที่สัตว์กินเข้าไป ชั่งน้ำหนักมูลที่ถ่ายออกมา และเก็บตัวอย่างปัสสาวะทั้งหมด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถบ่งบอกได้ถึงความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะแต่ละชนิดได้ หากนำอาหารที่กินและสิ่งที่ขับถ่ายมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร

การศึกษาด้วยวิธีการนี้จำเป็นต้องเลือกสัตว์ที่มีความสม่ำเสมอทั้งด้านอายุ น้ำหนักตัว และพันธุกรรม เพื่อไม่ให้เกิดความแปรปรวนซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากตัวสัตว์ นอกจากนั้นแล้วระยะเวลาในการปรับสัตว์ ซึ่งต้องมีความเหมาะสม โดยทั่วไปจะใช้เวลา 2-4 สัปดาห์ หรือมากกว่านั้น ก่อนที่ทำการทดลอง จากนั้นเป็นช่วงการทดลองจริง ซึ่งจะใช้เวลาทดลองประมาณ 10-14 วัน เพื่อบันทึก

ปริมาณอาหารที่กินและมูลที่ถ่ายออกมาในแต่ละวัน และจะนำตัวอย่างอาหารและมูลไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร ในช่วงนี้นิยมให้อาหารแบบจำกัด โดยจะให้ประมาณ 85-90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณอาหารที่สัตว์ทดลองกินแบบเต็มที่ หลังจากนั้นก็นำค่าต่างๆ ที่ได้มาวิเคราะห์มาคำนวณเพื่อหาค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆต่อไป ตามสูตรนี้ (เมธา, 2533)

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - \frac{(\text{น้ำหนักโภชนะในมูลปรับแห้ง})\times 100}{\text{น้ำหนักของโภชนะในอาหารที่กินปรับแห้ง}}$$

2. วิธีการใช้ตัวที่บ่งชี้ (indicator หรือ marker) เป็นวิธีการทางอ้อม เพราะไม่ต้องเก็บตัวอย่างมูลทั้งหมดของสัตว์ที่ขับถ่ายออกมา เนื่องจากการเก็บมูลทั้งหมด จะเป็นปัญหาในการทดลองสำหรับสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ และปริมาณมูลที่ขับถ่ายออกมามากในแต่ละวันโดยใช้สารบ่งชี้ร่วมกับอาหารทดลองให้สัตว์กิน เพื่อแสดงถึงปริมาณอาหารที่เคลื่อนผ่านทางเดินอาหารในส่วนต่างๆ โดยทั่วไปสามารถแบ่งสารบ่งชี้ เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือตัวบ่งชี้ภายใน (internal indicator) และตัวบ่งชี้ภายนอก (external indicator) โดยทั่วไป สารบ่งชี้ที่ใช้ในการศึกษาควรมีคุณสมบัติดังนี้ 1) ต้องไม่มีการย่อยหรือการดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร 2) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้คุณหรือโทษเมื่อเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินอาหาร 3) ผ่านไปในระบบทางเดินอาหารในอัตราความเร็วเดียวกับอาหารทดลอง 4) สามารถนำมาวิเคราะห์ทางเคมีได้ง่าย 5) มีการกระจายตัวได้อย่างทั่วถึงในอาหารทดลอง (สำหรับตัวบ่งชี้ภายนอก) 6) ผสมในอาหารที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารได้เป็นอย่างดี (สำหรับตัวบ่งชี้ภายใน)

2.1 การใช้ตัวบ่งชี้ภายใน ใช้สารที่กระจายอยู่ในทั่วไปในอาหาร เช่น ลิกนิน (lignin) หรือเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash; AIA) ในการศึกษาจำเป็นต้องวิเคราะห์หาค่า AIA หรือลิกนินในอาหารทดลองและต้องทราบปริมาณการกินได้ของสัตว์ที่แน่นอน โดยการสุ่มตัวอย่างมูลจากสัตว์ทดลองเป็นรายตัวหลายๆ วันติดต่อกัน นำมูลที่ได้ในแต่ละวันมาผสมกัน แล้วสุ่มมาประมาณ 500 กรัม นำมาอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจนแห้งจากนั้นนำมาวิเคราะห์หา AIA หรือลิกนิน และโภชนะที่เหลืออยู่ในมูลเพื่อการย่อยได้ของโภชนะตามสูตร

$$\text{การย่อยได้ของโภชนะ}(\%) = 100 - \left[100\times \frac{(\text{เปอร์เซ็นต์ indicator ในอาหาร}\times\text{โภชนะในมูล})}{(\text{เปอร์เซ็นต์ indicator ในมูล}\times\text{โภชนะในอาหาร})}\right]$$

2.2 การใช้ตัวบ่งชี้ภายนอก เป็นการใช้สารเคมีเติมเข้าไปในอาหารทดลองซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้ คือสารโครมิกออกไซด์ (chromix oxide; Cr_2O_3) ทำการผสมสารบ่งชี้ภายนอกชนิดที่ต้องการในอาหารที่ใช้ทดลอง เช่น ผสม Cr_2O_3 ลงในอาหารเข้ากันอย่างสม่ำเสมอ แล้ววิเคราะห์หาปริมาตรของโครมิกออกไซด์ ที่มีในอาหารผสมกับมูลที่ถ่ายออกมาในมูลเพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ ตามสูตร

$$\text{การย่อยได้ (\%)} = \frac{\left[\dfrac{\text{วัตถุแห้งในอาหาร}}{Cr_2O_3 \text{ ในอาหาร}}\right] - \left[\dfrac{\text{วัตถุแห้งในมูล}}{Cr_2O_3 \text{ ในมูล}}\right]}{\left[\dfrac{\text{วัตถุแห้งในอาหาร}}{Cr_2O_3 \text{ ในอาหาร}}\right]} \times 100$$

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

เริ่มดำเนินการ เดือนตุลาคม 2555
เสร็จสิ้น เดือนธันวาคม 2557

สถานที่ทำการวิจัย

1. ฟาร์มโคนม สาขาโคนม-โคเนื้อ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

อุปกรณ์การดำเนินงาน

1. แพะรุ่นเพศผู้ลูกผสม (ซาแนน x พื้นเมือง) อายุ 8-10 เดือน น้ำหนัก 15±5 กิโลกรัม จำนวน 9 ตัว
2. กรงทดลองหาการย่อยได้ (Metabolic cage) ซึ่งมีบริเวณให้อาหารและน้ำแยกอิสระต่อกัน
3. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลขนาด 1, 5 และ 150 กิโลกรัม
4. ถุง Filter Bags ขนาด 5.0 x 7.0 เซนติเมตร มีขนาดรูถุง (pore size) 45 ไมโครเมตร จำนวน 120 ใบ
5. อุปกรณ์ทำความสะอาดถุงไนล่อน และอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหาร และมูล
6. อุปกรณ์และชุดวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์
7. เครื่องมือวัดค่า pH แบบ Hand pH meter รุ่น HI 98107
8. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)
9. อุปกรณ์สำหรับการทดลองโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy^{II}) ตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD)
10. กระบอกเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน และถังก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
11. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายด้วยเครื่อง gas chromatography รุ่น GC 6890N (Agilent Technologies. USA)

12. อาหารทดลอง ประกอบด้วยอาหารหยาบชนิดต่างๆ อาหารข้น และแร่ธาตุก้อน

วิธีการดำเนินการวิจัย

การใช้เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย เป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงแพะ ประกอบด้วย 2 การทดลองคือ

การทดลองที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ และโครงสร้าง คุณค่าทางอาหาร และการย่อยได้ของโภชนะของเปลือกลำไยหมักยูเรียร่วมกับฟางข้าวในระดับต่างๆ

ประกอบด้วย 2 การทดลองย่อยดังนี้

การทดลองที่ 1.1 การหาสัดส่วนที่เหมาะสมของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0) วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล ประกอบด้วย 2 ปัจจัย (2x4 factorial in Completely Randomized Design, CRD) ปัจจัยที่ 1 คือ ระดับของน้ำ (100 และ 80 เปอร์เซ็นต์) ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับของเปลือกลำไย (0,25,50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) กลุ่มการทดลองมี 8 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมี 4 ซ้ำ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 = เปลือกลำไย : ฟางข้าว : น้ำ : ยูเรีย (0 : 100 : 100 : 6)

กลุ่มที่ 2 = เปลือกลำไย : ฟางข้าว : น้ำ : ยูเรีย (25 : 75 : 100 : 6)

กลุ่มที่ 3 = เปลือกลำไย : ฟางข้าว : น้ำ : ยูเรีย (50 : 50 : 100 : 6)

กลุ่มที่ 4 = เปลือกลำไย : ฟางข้าว : น้ำ : ยูเรีย (75 : 25 : 100 : 6)

กลุ่มที่ 5 = เปลือกลำไย : ฟางข้าว : น้ำ : ยูเรีย (0 : 100 : 80 : 6)

กลุ่มที่ 6 = เปลือกลำไย : ฟางข้าว : น้ำ : ยูเรีย (25 : 75 : 80 : 6)

กลุ่มที่ 7 = เปลือกลำไย : ฟางข้าว : น้ำ : ยูเรีย (50 : 50 : 80 : 6)

กลุ่มที่ 8 = เปลือกลำไย : ฟางข้าว : น้ำ : ยูเรีย (75 : 25 : 80 : 6)

ขั้นตอนในการเตรียมอาหารทดลอง

1. นำเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมลำไยอบแห้งในจังหวัดลำพูนมาคัดแยกเปลือกออกจากเมล็ด และสิ่งปลอมปนออกจากกันโดยใช้ตะแกรงร่อน แล้วนำเปลือกลำไยมาผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (ใช้ปุ๋ยยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์) บรรจุในถุงพลาสติกสีดำขนาด 25x30 นิ้ว ขนาดบรรจุถุงละ 10 กิโลกรัม ตามอัตราส่วนที่กำหนดในแต่ละกลุ่มทดลอง

2. ฟางข้าวที่ใช้คือ ฟางข้าวเหนียวจากพื้นที่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ที่แยกเมล็ดด้วยเครื่องจักรและอัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาด กว้าง x ยาว (30 x 70 นิ้ว) นำฟางข้าวมาผสมคลุกเคล้ากับเปลือกลำไยให้ทั่ว ตามอัตราส่วนที่กำหนด แล้วราดด้วยสารละลายยูเรียโดยใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)

ละลายในน้ำในอัตราส่วน 6:100 และ 6:80 ตามลำดับ ต้องรอให้ปุ๋ยยูเรียละลายให้หมดก่อน จึงนำสารละลายยูเรียไปราดบนเปลือกลำไยกับฟางข้าวที่คลุกเคล้ากันทั่ว แล้วบรรจุส่วนผสมเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในแต่ละกลุ่มการทดลอง ลงในถุงพลาสติก 2 ชั้น เพื่อป้องกันการรั่วซึม จากนั้นดูดอากาศออกให้หมดและมัดปากถุงให้แน่นด้วยยางรัด นำไปเก็บไว้ในที่ร่มเป็นเวลา 21 วัน เมื่อครบกำหนดเวลา ทำการเปิดถุงและสุ่มตัวอย่างเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียจากถุงใน 3 ตำแหน่ง คือ จากส่วนบน ส่วนล่าง และส่วนกลางของถุง แล้วคลุกเคล้าตัวอย่างทั้งหมดให้ทั่ว ก่อนสุ่มตัวอย่างที่เหลือประมาณ 1,000 กรัม เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร และศึกษาการย่อยได้ของโภชนะ

3. นำตัวอย่างไปอบในตู้อบลมร้อน (hot air oven) ด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างแห้งดี จากนั้นแบ่งตัวอย่างเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารด้วยวิธี Proximate analysis ตามวิธี AOAC (1998) วิเคราะห์เยื่อใยผนังเซล (NDF) และลิกโนเซลลูโลส (ADF) ตามวิธี Goering and Van Soest (1970) ส่วนที่ 2 บดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาการสลายตัวของโภชนะในชุดกระเพาะ-หมักเทียม (*in vitro* true digestibility) เก็บตัวอย่างที่บดแล้วไว้ในถุงพลาสติกปิดสนิท เพื่อรอการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

4. สุ่มตัวอย่างเปลือกลำไย และฟางข้าวที่ไม่ได้หมักยูเรีย เปลือกลำไยหมักยูเรีย และฟางข้าวหมักยูเรีย เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ และลักษณะโครงสร้างพื้นผิวด้านนอก โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ทำการตัดตัวอย่างให้มีขนาดเท่ากับ stub ติดตัวอย่างด้านที่ไม่ต้องการศึกษาด้วยกาวหรือเทปสองหน้าตามความเหมาะสม เป่าทำความสะอาดฝุ่นที่ปนเปื้อนด้วยลูกโป่งยาง แล้วทาด้านข้างด้วย carbon หรือ silver paste แล้วนำตัวอย่างที่ได้ไปฉาบผิวด้วยผงทองแดงแล้วนำตัวอย่างไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ณ ห้องปฏิบัติการสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

การทดลองที่ 1.2 การสลายตัวของโภชนะจากเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) ทำการศึกษาโดย ใช้เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy^{II}) ตามวิธีของ Holden. (1999) วางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial in CRD มีจำนวนกลุ่มทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

ขั้นตอนในการทดลอง มีดังนี้

1. เตรียมถุง Filter Bags และตัวอย่างทดลอง นำถุง Filter Bags ขนาดกว้าง x ยาว (5 x 7 เซนติเมตร) เข้าอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำออกจากตู้อบลมร้อนแล้วทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดความชื้น (Desicator) ชั่งถุง Filter Bags เพื่อบันทึกเป็นค่า W_1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารทดลองที่เตรียมไว้ทั้ง 8 ตัวอย่าง ใส่ตัวอย่างลงในถุง Filter Bags จำนวน 15 ถุง ต่อตัวอย่าง โดยใส่ตัวอย่างกลุ่มทดลองประมาณ 1.5 – 2 กรัมต่อถุง บันทึกเป็นค่า W_2 แล้วปิดปากถุงให้สนิทโดยใช้ยางรัดปากถุง จากนั้นใส่ถุง Filter Bags ที่มีตัวอย่างลงในโถ (1 โถ สามารถใส่ถุงได้ 25 ถุง) แล้วใส่สารละลาย Buffer ตามสัดส่วนที่กำหนด ปรับสภาพให้เหมือนกระเพาะรูเมน เพื่อแช่บ่มถุง Filter Bags ที่มีตัวอย่างในสารละลายเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ

2. เตรียมสารละลาย Buffer ในการทดลอง ส่วนประกอบของสารละลาย ดังแสดงในตารางที่ 52 สารละลาย A เตรียมโดยการผสมสารเคมี KH_2PO_4 จำนวน 10 กรัม สาร $MgSO_47H_2O$ จำนวน 0.5 กรัม สาร NaCl จำนวน 0.5 กรัม สาร $CaCl_2.2H_2O$ จำนวน 0.1 กรัม และยูเรีย จำนวน 0.5 กรัม ลงในน้ำกลั่นปราศจากไอออน (deionized water) จำนวน 1 ลิตร เตรียมสารละลาย B โดยการผสมสารเคมี Na_2CO_3 จำนวน 15 กรัม และสาร $Na_2S.9H_2O$ จำนวน 1.0 กรัม ลงในน้ำกลั่นปราศจากไอออน (deionized water) จำนวน 1 ลิตร

ตารางที่ 52 ส่วนประกอบของสารละลายที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี		กรัม/ลิตร
Buffer Solution A		
Potassium dihydrogen phosphate	(KH_2PO_4)	10.0
Magnesiumsulfate-Heptahydrate	($MgSO_47H_2O$)	0.5
Sodium chloride	(NaCl)	0.5
Calciumchlorid-Dihydrate	($CaCl_2.2H_2O$)	0.1
Urea (reagent grade)		0.5
Buffer Solution B		
Sodium Carbonate anhydrous	(Na_2CO_3)	15.0
Sodium sulphide nonahydrate	($Na_2S.9H_2O$)	1.0

ที่มา: Holden (1999)

3. การเตรียมของเหลวจากกระเพาะรูเมน ทำการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคนมเพศผู้ตอน อายุ 4 ปี ที่เจาะกระเพาะรูเมนและติดท่อเก็บตัวอย่างอาหารแบบถาวร (Permanent rumen fistulation) จำนวน 2 ตัว ๆ ละ 1 ลิตร พร้อมด้วยอาหารที่อยู่ในกระเพาะรูเมน อาหารหยาบที่ให้คือฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบกินอย่างเต็มที่ และอาหารข้นโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ โดยให้กิน 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และนำของเหลวจากกระเพาะรูเมนใส่ลงในกระบอกสุญญากาศจนเต็ม จากนั้นนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง ตวงให้ได้ปริมาตร 400 มิลลิลิตร แล้วนำลงใส่ในโถพร้อมทั้งเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อไล่อากาศออก จากนั้นนำโถเข้าแช่บ่มในเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม ANKOM DAISY^{II} โดยใช้เครื่องมือ DAISY^{II} (ANKOM technology Corp., Fairpot, NY) (Holden, 1999) ที่อุณหภูมิ 39.5 องศาเซลเซียส เมื่อครบกำหนดเวลา คือ 24 และ 48 ชั่วโมง นำออกมาล้างด้วยน้ำจนสะอาดแล้วนำถุงเข้าอบในตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 100 องศา-เซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักที่เหลือและสุ่มตัวอย่างอาหารเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร คือ วัตถุแห้ง ความชื้น เถ้า โปรตีน ADF และ NDF ตามวิธีการของ AOAC (1998) และ Goering and Van Soest (1970) ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์นำไปคำนวณหาค่าการย่อยได้ของโภชนะจากสูตร

$$\%IVTD = 100 - \left[\frac{(W_3 - (W_1 \times W_4)) \times 100}{W_2}\right]$$

โดย W_1 = น้ำหนักถุงเปล่า

W_2 = น้ำหนักอาหารทดลอง

W_3 = น้ำหนักถุงพร้อมอาหารทดลอง

W_4 = น้ำหนัก blank (น้ำหนัก blank หลังการแช่บ่ม / น้ำหนัก blank)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้วิธีวิเคราะห์วาเรียนซ์ (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกลุ่มการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1984) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

การทดลองที่ 2 การศึกษาสมรรถภาพในการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ การเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมน และค่าโลหิตวิทยา

ประกอบด้วย 2 การทดลองย่อยดังนี้

การทดลองที่ 2.1 สมรรถภาพในการผลิต และการย่อยได้ของโภชนะ โดยวิธีใช้สารบ่งชี้ (indicator method) คือ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash ; AIA) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ใช้แพะลูกผสม (ซาแนน x พื้นเมือง) เพศผู้ อายุ 8-10 เดือน น้ำหนัก 15±5 กิโลกรัม จำนวน 9 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มทดลอง ตามชนิดของอาหารหยาบ คือ

กลุ่มทดลองที่ 1 = หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (100%)

กลุ่มทดลองที่ 2 = หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (50%) ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟาง-ข้าวหมักด้วยยูเรีย (50%)

กลุ่มทดลองที่ 3 = เปลือกลำไยหมักยูเรียร่วมกับฟางข้าว (100%)

แพะทุกกลุ่มการทดลองได้รับอาหารแบบแยกส่วน โดยให้อาหารหยาบกินอย่างเต็มที่ อาหารข้นให้กินในอัตรา 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (NRC, 2007) ส่วนประกอบของอาหารข้นดังแสดงในตารางที่ 53 โดยเลี้ยงแพะทดลองในคอกแบบขังเดี่ยวที่มีบริเวณให้อาหาร และน้ำแยกอิสระออกจากกัน ใช้ระยะการทดลองทั้งหมด 126 วัน โดยใน 105 วันแรกของการทดลอง เป็นการศึกษาสมรรถภาพของผลผลิต และ 21 วันสุดท้าย เป็นระยะการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะ และการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมนและค่าทางโลหิตวิทยา

ตารางที่ 53 ส่วนประกอบของอาหารข้น

ส่วนประกอบ (% วัตถุแห้ง)	ราคา/กก. (บาท)	ปริมาณที่ใช้
กากถั่วเหลือง	20.00	20.00
ใบกระถินป่นรวมก้าน	4.00	13.00
มันเส้น	7.50	45.00
รำละเอียด	9.00	15.00
เกลือ	6.00	2.00
กระดูกป่น	8.00	2.00
กากน้ำตาล	10.00	3.00
รวม		100.00
ราคา (บาท/kg.DM)	9.80	

วิธีการทดลอง

1. ให้แพะทดลองทุกกลุ่มได้รับอาหารแบบแยกส่วน โดยให้อาหารหยาบกินอย่างเต็มที่ อาหารข้นให้กิน 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และให้กินอาหารวันละ 2 เวลา คือ 8.00 น. และ 17.00 น. บันทึกน้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสิ้นสุด และการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักทุก 2 สัปดาห์ โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลขนาด 150 กิโลกรัม ชั่งน้ำหนักแพะในตอนเช้าก่อนให้อาหาร โดยอดอาหารเย็นก่อนที่จะชั่งน้ำหนักทุกครั้ง และบันทึกปริมาณอาหารที่กิน อาหารที่เหลือทุกวัน สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารข้นและอาหารหยาบ 2 สัปดาห์ต่อ 1 ครั้ง

2. ทำการเก็บตัวอย่างมูลแพะเพื่อศึกษาการย่อยได้ของโภชนะ ในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง วิธีการเก็บตัวอย่างมูล (Metabolic cage) เพื่อศึกษาการย่อยได้ของโภชนะโดยวิธีใช้สารชี้บ่ง คือ ค่าเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) โดยเก็บมูลสดวันละ 3 เวลา (06.00 น. 12.00 น. และ 18.00 น.) ใช้ระยะเวลาในการเก็บมูล 5 วัน

3. นำมูลที่ได้จากตัวสัตว์ในแต่ละวันมาผสมกันแล้วสุ่มมาประมาณ 500 กรัม นำมาอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนแห้งหลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ค่า AIA ตามวิธีการของ Van Keulen and Young (1977) วิเคราะห์โภชนะที่เหลืออยู่ในมูล และโภชนะในอาหาร เพื่อหาการย่อยได้ของโภชนะตามวิธีการของ (AOAC, 1998)

การทดลองที่ 2.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมน และค่าโลหิตวิทยา มีวิธีการทดลองดังนี้

วิธีการทดลอง

1. เก็บตัวอย่างของเหลวจากระเพาะรูเมนในวันสุดท้ายของการทดลองในชั่วโมงต่างๆ คือ ก่อนกินอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) และหลังจากกินอาหาร 4 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยสุ่มตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมนจากแพะทดลองตัวละประมาณ 100 มล. ต่อครั้ง แล้วนำมาวัดค่า pH ทันที ด้วยเครื่องวัด pH แบบ Hand pH meter รุ่น HI 98107 แบ่งตัวอย่างประมาณ 80 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อของเหลวจากกระเพาะรูเมน 10 มิลลิลิตร เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ แล้วจึงนำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บสารละลายเฉพาะส่วนใส (supernatant) ปริมาตร 10-15 มิลลิลิตร นำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็ง อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (ammonia nitrogen, NH_3-N) ตามวิธีของ (AOAC, 1998) เก็บของเหลวใส 1 มิลลิลิตร โดยกรองผ่าน syring filter 0.45 µm นำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เพื่อนำตัวอย่างไปวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acid; VFA) โดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟฟีตามวิธีของ Josefa *et al.* (1999)

2. เก็บตัวอย่างเลือดแพะทดลองทุกตัวโดยเจาะเลือด ปริมาณ 10 มิลลิลิตรต่อตัว จากเส้นเลือดดำใหญ่ที่คอ (jugular vein) ก่อนกินอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) และ หลังจากกินอาหาร 4 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเลือดจากกระบอกฉีดยาปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดเก็บตัวอย่างเลือดซึ่งมี EDTA (ethylene diamine tetraacetate) เป็นสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดและถ่ายเลือดส่วนที่เหลือลงในหลอดเก็บตัวอย่างเลือด ตั้งหลอดใส่เลือดในกระติกน้ำแข็งจนแยกซีรั่ม (serum) ทำการดูดถ่ายซีรั่มใส่หลอดเก็บตัวอย่างและนำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ส่งตัวอย่างไปที่โรงพยาบาลสัตว์เล็ก คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) ด้วยวิธีการ Urea two steps enzymatic colorimetric test (โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Urea Liquicolor ของบริษัท Diagnostic ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน) วิเคราะห์หาน้ำตาลในเลือด (blood glucose, BG) และ ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (packed cell volume, PCV) ตามวิธีของ Tiffany *et al.* (1972) เปรียบเทียบค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ และค่าเฉลี่ยต่างๆ ของกลุ่มทดลองโดยใช้วิธีวิเคราะห์วาเรียนซ์ (analysis of variance ; ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ที่มี 3 กลุ่มการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1984) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ และโครงสร้างพื้นผิวด้านนอก คุณค่าทางอาหาร และการย่อยได้ของโภชนะของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย

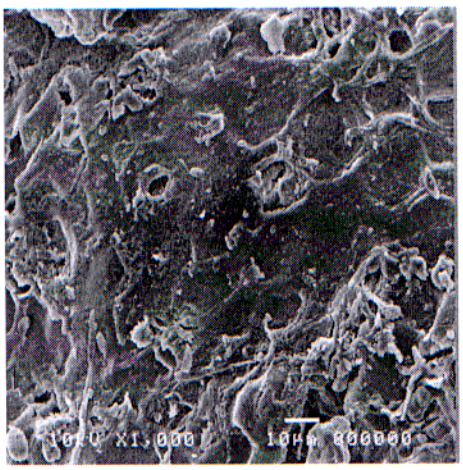
การทดลองที่ 1.1 การหาสัดส่วนที่เหมาะสมของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย

ลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างพื้นผิวด้านนอก

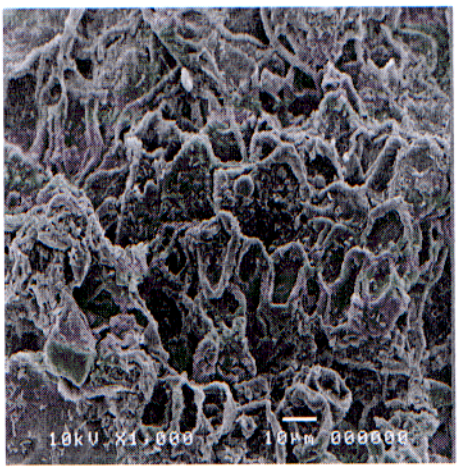
จากการศึกษาพบว่า เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเก็บรักษาคุณภาพของเปลือกลำไยเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องในช่วงเวลาที่ขาดแคลนอาหารหยาบได้ โดยลักษณะทางกายภาพของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียทุกกลุ่มการทดลอง มีกลิ่นฉุนของแอมโมเนียจากสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ร่วมกับกลิ่นเปรี้ยวคล้ายกลิ่นผลไม้ดอง โดยฟางข้าวที่ผ่านการหมักยูเรียมีลักษณะเปื่อยยุ่ยกว่าฟางข้าวที่ยังไม่ได้หมัก แต่เปลือกลำไยไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ

จากการสังเกตพบว่า การลดระดับน้ำจาก 100 เปอร์เซ็นต์ เป็น 80 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เปลือกลำไยและฟางข้าวที่หมักยูเรียมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ส่วนการเพิ่มระดับเปลือกลำไย 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้เปลือกลำไยและฟางข้าวมีสีน้ำตาล และความชุ่มน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับระดับที่ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์

เมื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างพื้นผิวด้านนอก (cuticle) ของเปลือกลำไยและฟางข้าวที่ไม่ได้หมักยูเรีย เปรียบเทียบเปลือกลำไยหมักยูเรีย และฟางข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 21 วัน โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่ผิวของเปลือกลำไย และฟางข้าวที่ผ่านการหมักยูเรียนาน 21 วัน โดยผิวของทั้งฟางข้าว และเปลือกลำไยมีการคลายตัวออกจากกันอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบเปลือกลำไยและฟางข้าวที่ไม่ได้หมัก ดังแสดงในภาพที่ 4



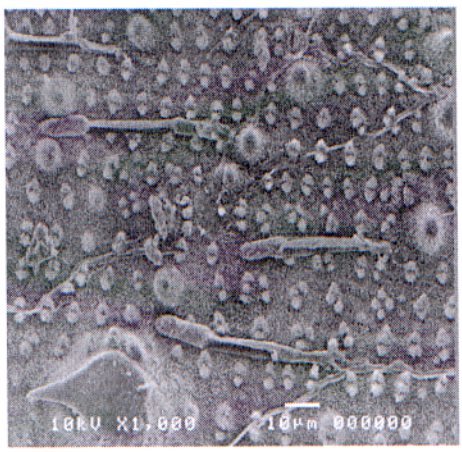
ก.



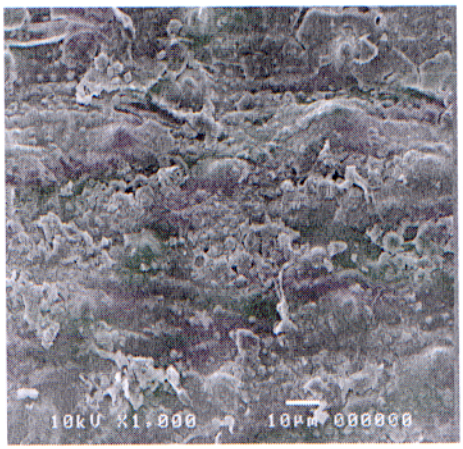
ข.

ค.

ง.



จ.



ฉ.

ภาพที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของเปลือกลำไยและฟางข้าวโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ (SEM)

หมายเหตุ ก. เปลือกลำไยไม่ได้หมักยูเรีย

ข. เปลือกลำไยหมักยูเรีย

ค. ใบของฟางข้าวที่ไม่ได้หมักยูเรีย

ง. ใบของฟางข้าวหมักยูเรีย

จ. ลำต้นของฟางข้าวที่ไม่ได้หมักยูเรีย

ฉ. ลำต้นของฟางข้าวหมักยูเรีย

คุณค่าทางอาหาร

จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 54 พบว่าการลดระดับน้ำในสารละลายยูเรียลงจาก 100 เปอร์เซ็นต์ เป็น 80 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใยผนังเซล และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ลิกโนเซลลูโลสมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง และเถ้าลดลง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 54 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย (% วัตถุแห้ง)

น้ำ (%)	เปลือกลำไย (%)	โภชนะ (%)				
		DM	CP	NDF	ADF	Ash
100	0	56.84	7.21	75.22	54.91	14.81
	25	47.97	9.87	73.24	53.64	13.38
	50	41.15	11.85	68.70	53.39	10.71
	75	35.84	12.43	61.69	48.63	10.12
80	0	54.04	7.65	77.95	56.36	12.85
	25	45.11	10.46	73.71	54.06	10.58
	50	39.46	12.29	69.38	53.60	8.50
	75	34.91	12.49	62.19	49.46	7.45
A (น้ำ)		ns	ns	ns	ns	ns
B (เปลือกลำไย)		*	*	*	*	*
AB (น้ำ x เปลือกลำไย)		ns	ns	ns	ns	ns

สำหรับการเพิ่มระดับเปลือกลำไยในการทำเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียพบว่ามีผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เถ้า เยื่อใยผนังเซล และลิกโนเซลลูโลส ของกลุ่มทดลองลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของทุกกลุ่มทดลองที่มีระดับเปลือกลำไยที่ 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55.44, 46.54, 40.31 และ 35.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์เถ้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.83, 11.98, 9.61 และ 8.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์เยื่อใยผนังเซล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.59, 73.48, 69.04 และ 61.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ลิกโนเซลลูโลส มีค่าเท่ากับ 55.64, 53.85, 53.50 และ 49.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้การเพิ่มระดับเปลือกลำไยมีผลให้กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์

โปรตีนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนของกลุ่มทดลองที่มีเปลือกลำไยในทุกระดับน้ำ มีค่าสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.43, 10.17, 12.07 และ 12.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 55

การศึกษาในครั้งนี้ไม่พบปฏิสัมพันธ์กันระหว่างระดับของน้ำที่ใช้ในการหมักยูเรียกับปริมาณเปลือกลำไย ต่อองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย

ตารางที่ 55 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย (% วัตถุแห้ง)

โภชนะ	ระดับเปลือกลำไย					ระดับน้ำ		
	0%	25%	50%	75%	Sig.	80%	100%	Sig.
DM	55.44^{D}	46.54^{C}	40.31^{B}	35.38^{A}	**	43.38	45.45	ns
CP	7.43^{A}	10.17^{B}	12.07^{C}	12.46^{C}	**	10.72	10.34	ns
NDF	76.59^{D}	73.48^{C}	69.04^{B}	61.94^{A}	**	70.81	69.71	ns
ADF	55.64^{C}	53.85^{B}	53.50^{B}	49.05^{A}	**	53.37	52.64	ns
Ash	13.83^{B}	11.98^{AB}	9.61^{AB}	8.79^{A}	ns	9.85	12.26	ns

หมายเหตุ $^{A-D}$ ค่าในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

การทดลองที่ 1.2 การศึกษาการสลายตัวของโภชนะของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD)

จากการศึกษา พบว่าค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้ง และโปรตีน ในทุกกลุ่มทดลองมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น (จาก 24 ชั่วโมง เป็น 48 ชั่วโมง) โดยการเพิ่มระดับเปลือกลำไยมีผลให้ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กลุ่มทดลองที่มีระดับเปลือกลำไย 75 เปอร์เซ็นต์ และใช้ระดับน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 33.13 เปอร์เซ็นต์ ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของปัจจัยด้านระดับเปลือกลำไยที่ 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 27.79, 28.52, 30.12 และ 33.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในชั่วโมงที่ 48 พบว่า การเพิ่มระดับของเปลือกลำไยมีผลให้ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง มีค่าสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.42, 37.86, 39.60

และ 41.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และกลุ่มทดลองที่มีระดับเปลือกลำไย 75 เปอร์เซ็นต์ และใช้ระดับน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 41.40 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 56 เปรียบเทียบค่าการสลายตัวของโภชนะในชั่วโมงที่ 24 และ 48 ของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย ด้วยวิธี IVTD (%)

โภชนะ	ระดับเปลือกลำไย					ระดับน้ำ		
	0%	25%	50%	75%	Sig.	80%	100%	Sig.
				24 ชั่วโมง				
DM	27.79^{a}	28.52^{a}	30.12^{a}	33.13^{b}	*	30.70	29.04	ns
CP	29.02^{A}	32.53^{B}	33.47^{C}	39.59^{D}	**	35.07	32.55	ns
				48 ชั่วโมง				
DM	36.42^{a}	37.86^{a}	39.60^{b}	41.40^{c}	*	39.31	38.33	ns
CP	36.95^{A}	41.59^{B}	44.30^{C}	47.59^{D}	**	45.51	39.70	ns

หมายเหตุ $^{a-c}$ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

$^{A-D}$ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

จากตารางที่ 56 ค่าการสลายตัวของโปรตีนของกลุ่มทดลองสอดคล้องกับค่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง โดยชั่วโมงที่ 24 พบว่า ค่าการสลายตัวของโปรตีนมีค่าสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ตามระดับของเปลือกลำไยที่เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มทดลองที่มีระดับเปลือกลำไย 75 เปอร์เซ็นต์ และใช้ระดับน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการสลายตัวของโปรตีนสูงที่สุดเท่ากับ 39.59 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มทดลองที่มีระดับเปลือกลำไย 0 เปอร์เซ็นต์ และระดับน้ำ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการสลายตัวของโปรตีนต่ำที่สุดเท่ากับ 29.02 เปอร์เซ็นต์

ค่าการสลายตัวของโปรตีนที่ชั่วโมงที่ 48 มีค่าสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเพิ่มระดับของเปลือกลำไย กลุ่มทดลองที่มีระดับเปลือกลำไย 75 เปอร์เซ็นต์ และใช้ระดับน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการสลายตัวของโปรตีนสูงที่สุดเท่ากับ 47.59 เปอร์เซ็นต์ ค่าการสลายตัวของ

โปรตีนของปัจจัยด้านระดับเปลือกลำไยที่ 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 36.95, 41.59, 44.30 และ 47.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการศึกษาพบว่า ระดับน้ำไม่มีผลต่อค่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง และโปรตีน ในชั่วโมงที่ 24 และชั่วโมงที่ 48

จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารและผลการศึกษาการสลายตัวของโภชนะในเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียจากกลุ่มทดลองต่างๆ พบว่า กลุ่มทดลองที่มีระดับเปลือกลำไย 75 เปอร์เซ็นต์ และระดับน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ มีคุณค่าทางอาหาร และค่าการสลายตัวของโภชนะสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกอาหารทดลองที่มีระดับเปลือกลำไย 75 เปอร์เซ็นต์ ผสมฟางข้าว 25 เปอร์เซ็นต์ หมัก-ด้วยยูเรีย โดยใช้ระดับน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับการทดลองที่ 2 ต่อไป

การทดลองที่ 2 ศึกษาสมรรถภาพในการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ การเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมน และค่าโลหิตวิทยา

การศึกษาสมรรถภาพในการผลิต

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลอง ดังตารางที่ 57 แสดงให้เห็นว่า เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใยผนังเซล (NDF) สูงที่สุดเท่ากับ 13.30 เปอร์เซ็นต์ และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 11.61 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย NDF ของอาหารหยาบทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 11.61, 12.35 และ 13.30 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ลิกโนเซลลูโลส (ADF) มีค่าเท่ากับ 10.50, 11.85 และ 12.23 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 57 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (% วัตถุแห้ง)

โภชนะ (%)	อาหารข้น	ฟางข้าว	เปลือกลำไย	NP	NP–UTRSLP	UTRSLP
DM	90.03	91.00	38.50	94.72	94.67	94.52
OM	95.18	81.50	93.50	81.70	81.57	79.52
CP	16.20	3.50	6.30	11.08	11.27	12.14
Ash	4.82	18.50	6.50	18.30	18.43	20.48
NDF	13.13	55.30	51.30	11.61	12.35	13.30
ADF	11.15	45.40	42.50	10.50	11.85	12.23

หมายเหตุ NP คือ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

NP–UTRSLP คือ เนเปียร์ปากช่อง 1 + เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย (50 : 50)

UTRSLP คือ เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย

ตารางที่ 58 ผลของสมรรถภาพในการผลิตของแพะ

รายการ	NP	NP–UTRSLP	UTRSLP	SEM	P-value
จำนวน (ตัว)	3	3	3		
ระยะเวลา (วัน)	105	105	105		
น้ำหนักเริ่มต้น (กก.)	17.87±1.83	17.03±1.40	17.32±0.86	0.72	0.916
น้ำหนักสิ้นสุด (กก.)	21.71±2.57	19.57±1.68	21.33±0.44	0.95	0.681
น้ำหนักที่เพิ่ม (กก.)	3.85±1.07	2.53±0.29	4.01±0.56	0.43	0.346
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม./วัน)	37.00±10.17	24.00±2.81	38.00±5.38	4.08	0.346
การเปลี่ยนอาหารเป็น น.น. ตัว	20.82±4.40	30.47±2.30	19.70±2.77	2.43	0.130
ปริมาณวัตถุแห้งที่กิน (กก./วัน)	1.03±0.08	1.06±0.09	1.08±0.02	0.04	0.854
อาหารข้น (กก.วัตถุแห้ง/วัน)	0.35±0.05	0.33±0.04	0.36±0.01	0.02	0.822
อาหารหยาบ (กก.วัตถุแห้ง/วัน)	0.67±0.03	0.72±0.06	0.72±0.01	0.02	0.644
% BW	5.21±0.22	5.77±0.13	5.61±0.07	0.11	0.095
g/kg $BW^{0.75}$	109.52±2.12	119.10±3.27	117.60±0.64	1.87	0.051
ปริมาณการกินได้ของโภชนะในอาหารข้น (กก.วัตถุแห้ง/วัน)					
DM	0.30±0.04	0.29±0.03	0.31±0.01	0.01	0.886
CP	0.05±0.01	0.05±0.01	0.06±0.00	0.00	0.897

ตารางที่ 58 (ต่อ)

รายการ	NP	NP-UTRSLP	UTRSLP	SEM	P-value
OM	0.31±0.04	0.29±0.03	0.32±0.01	0.02	0.859
ADF	0.04±0.00	0.04±0.00	0.04±0.00	0.00	0.630
NDF	0.05±0.00	0.05±0.00	0.05±0.00	0.00	0.630
ปริมาณการกินได้ของโภชนะในอาหารหยาบ (กก.วัตถุแห้ง/วัน)					
DM	0.39±0.02	0.45±0.03	0.44±0.04	0.02	0.390
CP	0.08±0.01	0.08±0.01	0.09±0.00	0.00	0.464
OM	0.54±0.03	0.58±0.05	0.57±0.01	0.02	0.772
ADF	0.08±0.00	0.09±0.01	0.09±0.00	0.00	0.501
NDF	0.06±0.02	0.05±0.00	0.05±0.00	0.00	0.583

จากตารางที่ 58 พบว่า อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) และการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของแพะทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด รองลงมาคือ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเท่ากับ 38.00±5.38, 37.00±10.17 และ 24.00±2.81 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม พบว่ามีค่าเท่ากับ 19.70±2.77, 20.82±4.40 และ 30.47±2.30 ตามลำดับ

แพะทดลองทุกกลุ่มมีค่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่กลุ่มที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย และเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งสูงกว่ากลุ่มที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เล็กน้อย เมื่อคิดค่าปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และ g/kg $BW^{0.75}$ พบว่ามีค่าสอดคล้องกับปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง โดยปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว และ g/kg $BW^{0.75}$ ของกลุ่มทดลอง มีค่าเท่ากับ 1.03±0.08, 1.06±0.09 และ 1.08±0.02 กิโลกรัมต่อวัน และ 109.52±2.12, 119.10±3.27 และ 117.60±0.64 g/kg $BW^{0.75}$ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ทุกกลุ่มทดลองมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และอินทรียวัตถุ (DM, CP, OM) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่การกินได้ของเยื่อใยผนังเซล (NDF) มีแนวโน้มต่ำลง ในขณะที่ปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลสมีแนวโน้มสูงขึ้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะ โดยวิธีใช้สารบ่งชี้

ผลการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร โดยใช้สารบ่งชี้ คือ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash ; AIA) พบว่า กลุ่มที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าการย่อยได้ของวัตถุ-แห้ง โปรตีน และเยื่อใยลิกโนเซลลูโลส (ADF) สูงที่สุด คือ 72.57, 50.59 และ 58.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าการย่อยได้ของโภชนะต่ำที่สุด คือ 42.85, 20.19 และ 50.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ดังแสดงในตารางที่ 59

ตารางที่ 59 ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะของอาหารทดลอง ด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

อาหารหยาบ	เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะ				
	DM	OM	CP	NDF	ADF
NP	72.57[B]	79.39	50.59[B]	62.00	58.11[B]
NP-UTRSLP	50.27[A]	70.28	23.50[A]	60.08	57.17[B]
UTRSLP	42.85[A]	69.46	20.19[A]	57.27	50.58[A]
SEM	4.72	2.06	5.01	0.95	1.31
P-value	0.001	0.067	0.000	0.094	0.005

หมายเหตุ [A,B] ค่าในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นอาหารหยาบมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 72.57 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของแพะที่กินหญ้าเนเปียร์-ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเท่ากับ 50.27 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 42.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ด้านค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ พบว่ามีค่าเฉลี่ยสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุ-แห้ง แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุสูงที่สุด รองลงมาคือ แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย และกลุ่มที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 79.39, 70.28 และ 69.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

จากตารางที่ 59 พบว่าแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.59 เปอร์เซ็นต์ และแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 20.19 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยผนังเซลล์ (NDF) ของกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยผนังเซลเท่ากับ 62.00, 60.08 และ 57.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าการย่อยได้ของเยื่อใยผนังเซลสูงที่สุดเท่ากับ

62.00 เปอร์เซ็นต์ และแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียมีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 57.27 เปอร์เซ็นต์

ด้านค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยลิกโนเซลลูโลส (ADF) ของกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 58.11, 57.17 และ 50.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้สูงที่สุดเท่ากับ 58.11 เปอร์เซ็นต์ และแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ต่ำที่สุดเท่ากับ 50.58 เปอร์เซ็นต์ ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยลิกโนเซลลูโลส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงผลผลิตในกระเพาะรูเมน

ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวกระเพาะรูเมน

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวกระเพาะรูเมน (ruminal pH) พบว่า ระดับค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในของเหลวกระเพาะรูเมนของแพะทดลองก่อนที่แพะได้กินอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) มีค่าระหว่าง 5.60 - 6.27 โดยแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นแหล่งอาหารหยาบ มีค่าเฉลี่ย pH สูงที่สุด รองลงมา คือ แพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย และแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย ค่าเฉลี่ย pH มีค่าเท่ากับ 6.27 ± 0.03, 6.03 ± 0.09 และ 5.60 ± 0.21 ตามลำดับ หลังจากกินอาหาร 4 ชั่วโมง พบว่า ทุกกลุ่มการทดลองมีค่า pH ในของเหลวกระเพาะรูเมนลดลง อยู่ระหว่าง 5.20 - 5.70 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย เป็นอาหารหยาบมีค่า pH สูงที่สุด คือ 5.70 ± 0.12 รองลงมา คือ แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเท่ากับ 5.40 ± 0.12 และแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าเท่ากับ 5.20 ± 0.10 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 60

ตารางที่ 60 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมน

อาหารหยาบ	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	
	ชั่วโมงที่ 0	**ชั่วโมงที่ 4**
NP	$6.27^{b} \pm 0.03$	$5.20^{a} \pm 0.10$
NP-UTRSLP	$5.60^{a} \pm 0.21$	$5.40^{a} \pm 0.12$
UTRSLP	$6.03^{b} \pm 0.09$	$5.70^{b} \pm 0.12$
SEM	0.12	0.09
P-value	0.031	0.049

หมายเหตุ ^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน

ผลวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในของเหลวกระเพาะรูเมน ช่วงก่อนกินอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) และหลังจากกินอาหาร 4 ชั่วโมง พบว่า ค่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนของกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณของเหลวในกระเพาะรูเมนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น หลังการให้อาหาร 4 ชั่วโมง ก่อนกินอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) พบว่า แพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย เป็นอาหารหยาบ มีค่าเฉลี่ยแอมโมเนียไนโตรเจนสูงที่สุด รองลงมา คือแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเท่ากับ 10.60 ± 0.38, 9.70 ± 0.50 และ 9.32 ± 0.76 mg/dl ตามลำดับ หลังจากกินอาหาร 4 ชั่วโมง ทุกกลุ่มทดลองมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในของเหลวกระเพาะรูเมนสูงขึ้น โดยกลุ่มทดลองที่มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนสูงที่สุดคือ แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 รองลงมาคือแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย และแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย ค่าเฉลี่ยของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนมีค่าเท่ากับ 14.83 ± 1.19, 13.22 ± 0.25 และ 13.12 ± 1.19 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 61

ตารางที่ 61 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน (mg/dl)

อาหารหยาบ	ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) (mg/dl)	
	ชั่วโมงที่ 0	ชั่วโมงที่ 4
NP	9.70 ± 0.50	14.83 ± 1.19
NP-UTRSLP	9.32 ± 0.76	13.12 ± 1.19
UTRSLP	10.60 ± 0.38	13.22 ± 0.25
SEM	1.02	1.69
P-value	0.329	0.435

ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) พบว่า แพะทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) ก่อนกินอาหาร (0 ชั่วโมง) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วย ยูเรีย และแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าเท่ากับ 22.00 ± 3.20, 15.37 ± 1.17 และ 13.53 ± 1.33 mg/dl ตามลำดับ หลังจากกินอาหาร 4 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดของทุกกลุ่มทดลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 22.90 ± 3.48 รองลงมา คือ แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย และแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าเท่ากับ 18.57 ± 2.37 และ 14.33 ± 1.86 mg/dl ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 62

ตารางที่ 62 ปริมาณค่าเฉลี่ยของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (mg/dl)

อาหารหยาบ	BUN (mg/dl)	
	0 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง
NP	13.53 ± 1.33	14.33 ± 1.86
NP-UTRSLP	15.37 ± 1.17	18.57 ± 2.37
UTRSLP	22.00 ± 3.20	22.90 ± 3.48
SEM	1.67	1.82
P-value	0.065	0.154

ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวมในกระเพาะรูเมน

ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนรวมในชั่วโมงที่ 0 (ก่อนกินอาหาร) มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ผลรวมของกรดไขมันระเหยง่าย (กรดอะซิติก กรดโปรปิโอนิก และกรดบิวทีริก) สูงที่สุดเท่ากับ 40.09 ± 1.72 mM/L ในชั่วโมงที่ 4 (หลังจากกินอาหาร) พบว่า แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่ากรดไขมันระเหยง่ายรวมในกระเพาะ-รูเมน สูงที่สุดเท่ากับ 50.85 ± 2.25 mM/L ค่าผลรวมของกรดไขมันระเหยง่ายของกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.64, 50.85 และ 33.69 mM/L ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 63

ตารางที่ 63 ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวม (C2+C3+C4) (mM/L)

อาหารหยาบ	ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวม (mM/L)	
	0 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง
NP	40.09^{B} ± 1.72	42.64^{B} ± 1.47
NP-UTRSLP	38.44^{B} ± 4.86	50.85^{B} ± 2.25
UTRSLP	18.72^{A} ± 2.94	33.69^{A} ± 2.66
SEM	3.84	2.71
P-value	0.008	0.004

หมายเหตุ ^{A,B} ค่าในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ในของเหลวของกระเพาะรูเมนกรดอะซิติกเป็นกรดไขมันระเหยง่ายที่พบเป็นอันดับที่ 2 รองจากกรดโปรปิโอนิก ก่อนกินอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) ปริมาณกรดอะซิติกของกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดอะซิติกที่ตรวจพบมีค่าเท่ากับ 14.57 ± 0.56, 14.42 ± 1.46 และ 7.40 ± 1.21 mM/L ตามลำดับ และหลังจากกินอาหาร 4 ชั่วโมง ปริมาณกรดอะซิติกของกลุ่มทดลองเพิ่มสูงขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 16.72 ± 0.30 mM/L และแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 12.73 ± 0.96 mM/L ดังแสดงในตารางที่ 64

ตารางที่ 64 ต่อปริมาณกรดอะซิติกในกระเพาะรูเมน (mM/L)

อาหารหยาบ	ปริมาณกรดอะซิติก (mM/L)	
	0 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง
NP	14.57^{B} ± 0.56	15.44^{b} ± 0.50
NP-UTRSLP	14.42^{B} ± 1.46	16.72^{b} ± 0.30
UTRSLP	7.40^{A} ± 1.21	12.73^{a} ± 0.96
SEM	1.31	0.67
P-value	0.007	0.013

หมายเหตุ ^{a,b} ค่าในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^{A,B} ค่าในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

กรดโปรปิโอนิก คือกรดไขมันระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่พบมากที่สุดทั้งในชั่วโมงที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ก่อนกินอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) ปริมาณกรดโปรปิโอนิกของกลุ่มทดลอง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เท่ากับ 19.39 ± 0.88, 18.44 ± 2.68 และ 8.97 ± 1.26 mM/L ตามลำดับ แต่หลังจากให้อาหาร 4 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณกรดโปรปิโอนิก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) กรดโปรปิโอนิกแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 26.13 ±

1.98 mM/L รองลงมา คือ แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และ แพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.41 ± 0.87 mM/L และ 15.94 ± 1.33 mM/L ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 65

ตารางที่ 65 ปริมาณกรดโปรปิโอนิกในกระเพาะรูเมน (mM/L)

อาหารหยาบ	ปริมาณโปรปิโอนิก (mM/L)	
	0 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง
NP	$19.39^{b} \pm 0.88$	$20.41^{A} \pm 0.87$
NP-UTRSLP	$18.44^{b} \pm 2.68$	$26.13^{B} \pm 1.98$
UTRSLP	$8.97^{a} \pm 1.26$	$15.94^{A} \pm 1.33$
SEM	1.89	1.65
P-value	0.011	0.008

หมายเหตุ ^{a,b} ค่าในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A,B} ค่าในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

กรดบิวทีริกเป็นกรดไขมันระเหยง่ายที่พบได้น้อยที่สุดในกระเพาะรูเมน ปริมาณกรดบิวทีริกที่ตรวจพบในชั่วโมงที่ 0 (ก่อนกินอาหาร) และชั่วโมงที่ 4 (หลังกินอาหาร) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในชั่วโมงที่ 0 พบว่า แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณกรดบิวทีริกสูงที่สุดเท่ากับ 6.13 ± 0.29 mM/L แต่ในชั่วโมงที่ 4 หลังกินอาหาร แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 8.00 ± 0.23 mM/L ดังแสดงในตารางที่ 66

ตารางที่ 66 ปริมาณกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมน (mM/L)

อาหารหยาบ	ปริมาณกรดบิวทีริก (mM/L)	
	0 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง
NP	$6.13^{B} \pm 0.29$	$6.79^{B} \pm 0.26$
NP-UTRSLP	$5.58^{B} \pm 0.73$	$8.00^{C} \pm 0.23$
UTRSLP	$2.35^{A} \pm 0.49$	$5.02^{A} \pm 0.37$
SEM	0.65	0.46
P-value	0.005	0.001

หมายเหตุ $^{A-C}$ ค่าในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

จากการตรวจวัดปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายที่ 4 ชั่วโมง หลังจากกินอาหาร พบว่า สัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายที่เกิดขึ้นจากการหมักอาหารในกระเพาะรูเมนของกลุ่มทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.80 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์โมลาร์ แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.65 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์โมลาร์ ดังแสดงในตารางที่ 67

ตารางที่ 67 ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่าย (เปอร์เซ็นต์โมลาร์)

อาหารหยาบ	เปอร์เซ็นต์โมลาร์			
	กรดอะซิติก	กรดโปรปิโอนิก	กรดบิวทีริก	สัดส่วน C2:C3
NP	$36^{B} \pm 0.33$	48 ± 1.00	16 ± 0.33	$0.76^{b} \pm 0.02$
NP-UTRSLP	$33^{A} \pm 1.15$	51 ± 1.45	16 ± 0.58	$0.65^{a} \pm 0.05$
UTRSLP	$38^{B} \pm 0.33$	47 ± 0.33	15 ± 0.00	$0.80^{b} \pm 0.01$
SEM	0.78	0.81	0.28	0.03
P-value	0.010	0.070	0.111	0.029

หมายเหตุ ^{a,b} ค่าในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

^{A,B} ค่าในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ค่าโลหิตวิทยาของแพะทดลอง

ผลวิเคราะห์ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น และระดับของกลูโคสในเลือด (PCV และ BG) ดังแสดงในตารางที่ 68 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยทั้ง 2 ช่วงเวลา (0 และ 4 ชั่วโมง) แพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียมีค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (packed cell volume, PCV) สูงที่สุดเท่ากับ 37.67 ± 1.76 และ 37.00 ± 2.08 เปอร์เซ็นต์ ค่าระดับของกลูโคสในเลือด (blood glucose) พบว่า แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าสูงที่สุด ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ที่ 0 ชั่วโมง ระดับกลูโคสในเลือดมีค่าเท่ากับ 8.00 ± 1.53 mg/dl ที่ชั่วโมงที่ 4 หลังกินอาหาร มีค่าเท่ากับ 29.33 ± 1.45 mg/dl

ตารางที่ 68 การเปลี่ยนแปลงของกลูโคสในเลือด และปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น

อาหารหยาบ	เม็ดเลือดแดงอัดแน่น (%)		กลูโคสในเลือด (mg/dl)	
	0 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	0 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง
NP	37.00 ± 5.13	32.00 ± 2.08	7.67 ± 0.88	26.00 ± 1.53
NP-UTRSLP	34.00 ± 1.73	34.67 ± 2.91	8.00 ± 1.53	29.33 ± 1.45
UTRSLP	37.67 ± 1.76	37.00 ± 2.08	7.00 ± 0.58	26.33 ± 1.76
SEM	1.71	1.40	0.56	0.95
P-value	0.802	0.392	0.804	0.331

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ และโครงสร้างพื้นผิวด้านนอก คุณค่าทางอาหาร และการย่อยได้ของโภชนะของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย

การทดลองที่ 1.1 การหาสัดส่วนที่เหมาะสมของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย

ลักษณะทางกายภาพ โครงสร้างพื้นผิวด้านนอก และคุณค่าทางอาหาร

ลักษณะทางกายภาพของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย พบว่า เปลือกลำไยมีสีน้ำตาลและมีความชุ่มน้ำคงเดิม ส่วนฟางข้าวมีสีน้ำตาลเข้ม มีความชุ่มน้ำเพิ่มขึ้น และมีลักษณะเปื่อย-ยุ่ย มีกลิ่นฉุนของแอมโมเนียจากสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์จากการหมักยูเรีย ร่วมกับกลิ่นเปรี้ยวคล้ายกลิ่นเปรี้ยวของผลไม้ดอง ที่ได้มาจากน้ำตาลในเปลือกลำไยถูกจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักนำมาใช้ในการเจริญเติบโต และผลิตกรดแลคติก (สายัณห์, 2540; กองส่งเสริมการปศุสัตว์, 2543; ชานนท์ และคณะ, 2555) ซึ่งสอดคล้อง กับรายงานของ บุญล้อม (2546) และ Wanapat and Cherdthong (2009) ที่พบว่า การชุ่มน้ำของฟางข้าวที่หมักยูเรียเป็นผลมาจากการได้รับความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมจากสารละลายยูเรียที่ใช้ในการทำฟางข้าวหมักยูเรีย จึงทำให้จุลินทรีย์เพิ่มปริมาณและผลิตเอนไซม์ Urease เพื่อสลายยูเรียให้เป็นแอมโมเนีย เมื่อแอมโมเนียละลายน้ำเป็นสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีสภาพเป็นด่าง จึงมีผลให้พันธะของลิกนินที่จับอยู่กับเซลลูโลสในผนังเซลของเปลือกลำไยและฟางข้าวคลายตัวออก ฟางข้าวที่หมักยูเรียจึงนุ่มขึ้น การย่อยได้ของโภชนะในฟางข้าวจึงมีค่าสูงขึ้นตามมา ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างพื้นผิวด้านนอกของเปลือกลำไยและฟางข้าวที่ไม่ได้หมักยูเรีย และหมักยูเรียโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ที่พบว่าลักษณะโครงสร้างพื้นผิวด้านนอกของเปลือกลำไย ใบ และลำต้นของฟางข้าวมีลักษณะคลายตัวออกจากกัน แสดงให้เห็นว่า การหมักยูเรียสามารถทำให้โครงสร้างผนังเซล ส่วนลิกโนเซลลูโลสมีการเปลี่ยนแปลง มีผลให้จุลินทรีย์เข้าไปใช้ประโยชน์จากเยื่อใยเซลลูโลสได้ดีขึ้น (Wanapat *et al.*, 2009) และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Liu *et al.* (2005) และ Wang *et al.* (2007) รายงานผลการปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Tranmission Electron Microscope, TEM) ตรวจดูพบว่ามีการคลายตัวของโครงสร้างลักษณะของพื้นผิวด้านนอกอย่างเห็นได้ชัด จึงมีส่วนช่วยให้การใช้ประโยชน์จากโภชนะในฟางข้าวสูงขึ้น

ด้านผลวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร พบว่า การใช้ยูเรียหมักเปลือกลำไยผสม ฟางข้าวมีผลให้คุณค่าทางอาหารสูงขึ้น โดยเฉพาะค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน สอดคล้องกับรายงานของ กองส่งเสริม

การปศุสัตว์ (2543; สินีนาฏ และเมธา, 2550; สุรวุฒิ และนิรันดร, 2552) ที่รายงานว่า การปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของฟางข้าวโดยการหมักยูเรียมีผลทำให้ฟางข้าวหมักยูเรียมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ได้หมัก และสอดคล้องกับรายงานคุณค่าทางอาหารโดย กรมปศุสัตว์ (2550) พบว่า ฟางข้าวธรรมดามีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (DM) โปรตีน (CP) เยื่อใยลิกโนเซลลูโลส (ADF) เยื่อใยผนังเซลพืช (NDF) และค่าโภชนะที่ย่อยได้รวม (TDN) เท่ากับ 90.98, 3.99, 44.14, 69.23 และ 52.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนฟางข้าวหมักยูเรียมีเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวเท่ากับ 49.09, 7.76, 48.39, 73.27 และ 47.37 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่สูงขึ้นจากการหมักยูเรียเป็นผลจากการได้รับไนโตรเจนจากยูเรียที่แตกตัวเป็นแอมโมเนีย เมื่อแอมโมเนียทำปฏิกิริยากับน้ำจะเปลี่ยนเป็นสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีผลให้พันธะระหว่างเซลลูโลสและลิกนินที่ผนังเซลคลายตัวออก จุลินทรีย์จึงสามารถใช้ประโยชน์จากเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลได้มากขึ้น

การลดระดับน้ำลงมีผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์เยื่อใยผนังเซล และเปอร์เซ็นต์ลิกโนเซลลูโลสมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง และเถ้าลดลง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เป็นผลจากการลดระดับน้ำทำให้สารละลายยูเรียที่ใช้ในการหมักมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จึงมีผลต่อการคลายตัวของพันธะระหว่างเซลลูโลสและลิกนินสูงกว่า จุลินทรีย์จึงสามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยเซลลูโลสได้ดีกว่า (สมคิด และดำรัส, 2549) และ (Wanapat *et al.*, 2009)

นอกจากนี้ความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลายยูเรียที่ใช้จากการลดปริมาณน้ำลงยังคงทำให้ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียแตกต่างกัน สารละลายที่มีความเข้มข้นมากกว่าจะทำให้การคลายตัวของพันธะระหว่างเซลลูโลสและลิกนินสูงกว่า จึงมีผลให้กลไกการแพร่ (diffusion) ของสารเข้าไปในเซลล์เพิ่มขึ้นด้วย การใช้ประโยชน์จากโภชนะโดยจุลินทรีย์จึงสูงขึ้นด้วย (ภรณี, 2541)

ด้านการเพิ่มระดับเปลือกลำไย พบว่ามีผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เถ้า เยื่อใยผนังเซล และลิกโนเซลลูโลสลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) แต่เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ซึ่งเป็นผลจากเปลือกลำไยมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าฟางข้าว โดยเปลือกลำไยมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งต่ำกว่า แต่เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าฟางข้าว สอดคล้องกับรายงานของ สุธาทิพย์ (2553) ที่พบว่าเปลือกลำไยมีวัตถุแห้ง โปรตีน อินทรียวัตถุ ลิกโนเซลลูโลส และเยื่อใยผนังเซล เท่ากับ 35.48, 6.94, 88.12, 45.22 และ 53.56 เปอร์ซ็นต์ ตามลำดับ และชานนท์ (2553) ที่รายงานว่าเปลือกลำไยหมักมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง โปรตีน อินทรียวัตถุ ลิกโนเซลลูโลส และเยื่อใยผนังเซล เท่ากับ 44.31, 8.48, 95.02, 31.64 และ 43.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากเปลือกลำไยมีค่าเฉลี่ยวัตถุแห้งต่ำกว่าฟางข้าว เมื่อเพิ่มระดับของเปลือกลำไยจึงทำให้ค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง และเถ้าลดลง

การศึกษาในครั้งนี้ไม่พบปฏิสัมพันธ์กันระหว่างระดับของน้ำที่ใช้ในการหมักยูเรียกับปริมาณเปลือกลำไยต่อองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย

การทดลองที่ 1.2 การศึกษาการสลายตัวของโภชนะของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD)

จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้ง และโปรตีนของเปลือกลำไยหมักยูเรียร่วมกับฟางข้าวมีค่าสูงขึ้นเมื่อลดระดับน้ำลง และระดับเปลือกลำไยสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร โดยระยะเวลาการแช่บ่มที่นานขึ้นมีผลให้ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้ง และโปรตีนของกลุ่มทดลองมีค่าสูงขึ้นด้วย สอดคล้องกับ Sruamsiri and Silman (2012) รายงานจากการศึกษาการสลายตัวของโภชนะในเศษเหลือจากการผลิตลำไย คือใบลำไย ผลลำไยตกเกรด (เกรด C) เปลือกและเมล็ดลำไย ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี *In vitro* true digestibility พบว่า เศษเหลือจากการผลิตลำไยของโภชนะมีการสลายตัวของวัตถุแห้ง เยื่อใยผนังเซล และโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการแช่บ่มที่เพิ่มขึ้น (จาก 24 ชั่วโมง เป็น 48 ชั่วโมง)

ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อระดับน้ำที่ใช้ในการหมักยูเรียลดลง แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้นมีผลให้สารละลายยูเรียเกิดการแพร่ (diffusion) เข้าไปในเซลล์ของเปลือกลำไยและฟางข้าวดีกว่า จึงส่งผลให้จุลินทรีย์มีโอกาสเข้าไปใช้ประโยชน์จากโภชนะได้ดีขึ้น (ภรณี, 2541) สอดคล้องกับ สมคิด และดำรัส (2549) ที่พบว่าในฟางหมักที่ใช้ยูเรียระดับ 5 และ 6 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้การสลายตัวของวัตถุแห้งดีขึ้นกว่าระดับที่ 4 เปอร์เซ็นต์ และรายงานของ Wanapat and Cherdthong (2009) พบว่า ภายหลังการปรุงแต่งฟางข้าวด้วยด่างชนิดต่างๆ ทำให้สารเยื่อใยในฟางข้าวเพิ่มขึ้นอาจเนื่องจากด่างไปทำลายการจับตัวของลิกนินให้แยกออกจากสารเยื่อใยเหล่านั้น

ด้านการเพิ่มระดับเปลือกลำไย มีผลให้ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เป็นผลจากเปลือกลำไยมีโปรตีนสูงกว่าฟางข้าว และมีลิกโนเซลลูโลสต่ำกว่าฟางข้าว โดยค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ระดับของเปลือกลำไย 75 เปอร์เซ็นต์ และระดับของน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้ง และโปรตีนสูงที่สุด เมื่อแช่บ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ สอดคล้องกับ สมปอง และไพโรจน์ (2558) รายงานว่าในเปลือกลำไยมีค่าเฉลี่ยโปรตีน 6.98 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยลิกโนเซลลูโลส 41.86 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ Wanapat *et al.* (2009) กล่าวว่าในฟางข้าวมีค่าเฉลี่ยโปรตีน เท่ากับ 2.50 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยเยื่อใยลิกโนเซลลูโลสเท่ากับ 61.30 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 ศึกษาสมรรถภาพในการผลิต และการย่อยได้ของโภชนะและการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในกระเพาะรูเมน

การศึกษาสมรรถภาพในการผลิต

จากการศึกษาพบว่าแพะทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด รองลงมา คือ แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ 38.00±5.38, 37.00±10.17 และ 24.00±2.81 (กรัม/ตัว/วัน) โดยมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เท่ากับ 19.70±2.77, 20.82±4.40 และ 30.47±2.30 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการหมักยูเรียเปลือกลำไยผสมฟางข้าว สามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ สอดคล้องกับการทดลองของ Sruamsiri *et al.* (2014) ได้ศึกษาการใช้เศษ-เหลือจากการผลิตลำไย (เปลือกลำไยหมักและลำไยเกรดซี) เป็นอาหารเสริมเลี้ยงโคเนื้อพันธุ์ (พื้นเมือง x บราห์มัน) ระยะเวลาทดลอง 189 วัน พบว่า กลุ่มทดลองมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับ ประมวล และคณะ (2555) ทดลองใช้ลำไยเกรดซีเสริมอาหารหยาบเปรียบเทียบกับการใช้กากน้ำตาล เลี้ยงโคเนื้อพันธุ์ขาวลำพูน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตกลุ่มที่เสริมลำไยเกรดซี (0.376 กก./วัน) มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมกากน้ำตาล (0.315 กก/วัน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ด้านปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของแพะทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีแนวโน้มที่ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งสูงขึ้นกว่าแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยเฉพาะวัตถุแห้งจากอาหารหยาบมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ปริมาณการกินได้ของเปลือกลำไยผสมฟางข้าว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.03±0.08, 1.06±0.09 และ 1.08±0.02 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ แพะในทุกกลุ่มทดลองมีปริมาณการกินได้ของโภชนะ (DM, CP, OM) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่การกินได้ของอาหารหยาบในโภชนะของเยื่อใยผนังเซล (NDF) มีแนวโน้มต่ำลง ขณะที่ปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลสมีค่าสูงขึ้น อาจเป็นเพราะว่าเป็นผลจากปริมาณเยื่อใยลิก-โนเซลลูโลสในเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียมีค่าสูงกว่าแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นแหล่งอาหารหยาบ และจากการวิเคราะห์ปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของกลุ่มทดลอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.44 - 0.74 กิโลกรัมต่อวัน ค่าเฉลี่ยจากการทดลองสอดคล้องกับ NRC (2007) ที่กล่าวว่าแพะน้ำหนัก 20 กิโลกรัม ควรจะได้รับวัตถุแห้งต่อวัน เท่ากับ 0.47 กิโลกรัมต่อวัน

การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะ โดยวิธีใช้สารบ่งชี้

การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารทดลอง โดยใช้สารบ่งชี้ คือเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA) ให้แพะทดลองได้รับอาหารข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และอาหารหยาบกินเต็มที่ พบว่าแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใยผนังเซล (NDF) และเยื่อใยลิกโนเซลโลส (ADF) สูงที่สุด คือ 79.39, 50.59, 62.00 และ 58.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าการย่อยได้ของโภชนะต่ำที่สุด คือ 69.46, 20.19, 57.27 และ 50.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การย่อยได้ของโภชนะ (DM, OM, CP, NDF, ADF) ของแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าลดต่ำลงเมื่อเพิ่มระดับของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย การย่อยได้ของโภชนะที่ลดลงของกลุ่มทดลองเป็นผลจากปริมาณของลิกโนเซลลูโลสที่เพิ่มขึ้นจากเปลือกลำไยผสม-ฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร โดย เทอดชัย (2548) และ Jansik *et al.* (2008) รายงานอย่างสอดคล้องกันว่า ลิกนินส่วนใหญ่จะพบในส่วนที่แข็งของพืช เช่น เปลือก ซัง หรือส่วนที่เป็นเยื่อใยของลำต้น โดยลิกนินเป็นสารที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรตที่สามารถทนทานต่อการย่อยของเอนไซม์ในท่อทางเดินอาหาร และไม่มีเอนไซม์ของสัตว์ชนิดใดที่สามารถย่อยได้ ลิกนินจึงเป็นส่วนที่ขัดขวางการย่อยได้ของอาหารหยาบ ดังนั้นการเพิ่มระดับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย จึงส่งผลให้การย่อยได้ของโภชนะในอาหารทดลองลดลง นอกจากนี้ยังอาจเป็นผลจากฟางข้าวมีสัดส่วนของซิลิกาและลิกนินอยู่สูง โดยระดับของซิลิกาจะมีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะ (Doble and Walker, 1977 และ Enishi, 2002) สอดคล้องกับ Van Soest (2006) รายงานว่าฟาง-ข้าวมีสัดส่วนของซิลิกาอยู่สูงประมาณ 5.31±1.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้การย่อยได้ของสัตว์ลดลง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงผลผลิตในกระเพาะรูเมน

1. ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวของกระเพาะรูเมน

ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวของกระเพาะรูเมน พบว่าก่อนที่แพะได้กินอาหาร (ชั่วโมงที่ 0) กลุ่มทดลองมีระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในของเหลวกระเพาะรูเมนแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) มีค่าระหว่าง 5.60-6.27 โดยแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีค่าเฉลี่ย pH สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.27 ± 0.03 หลังจากได้กินอาหาร 4 ชั่วโมง ค่า pH ในของเหลวกระเพาะรูเมนทุกกลุ่มทดลองมีค่าลดลงแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าระหว่าง 5.20-5.70 โดยแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 5.70 ± 0.12 ค่า pH ที่ลดลงหลังจากได้กินอาหารเป็นผลจากผลผลิตที่เกิดจากกระบวนการหมักอาหารโดยจุลินทรีย์ คือ กรดไขมันที่ระเหยง่าย ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโปรปิโอนิก และกรดบิวทีริก จึงมีผลให้ค่า pH ในของเหลวของกระเพาะรูเมนลดต่ำลง สอดคล้องกับ Wanapat (2000) และ Huang *et al.* (1999) ที่ได้รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-

ด่าง ของของเหลวในกระเพาะรูเมนก่อนให้อาหารจะมีค่าสูงกว่า 6.2 แล้วจะค่อยๆ ลดลงหลังจากกินอาหาร ขณะที่ จินดา (2555) รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะรูเมนมีความสำคัญต่อขบวนการย่อยอาหารของโค การควบคุมให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนคงที่ได้ จะสามารถเพิ่มการย่อยอาหารให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วงของค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม ควรมีค่าระหว่าง 6.0-6.5 ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมนจะมีผลโดยตรงมาจากอาหารที่กิน ถ้าให้โคได้กินอาหารแบบแยกส่วนระหว่างอาหารหยาบ และอาหารข้น จะมีผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนเปลี่ยนแปลงไปตามอาหารที่กินตลอดเวลา

ค่า pH ของของเหลวในกระเพาะรูเมนของแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่น และมีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยทั้งก่อนและหลังกินอาหาร น่าจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของแพะทดลองและมีส่วนทำให้อัตราการเจริญเติบโตของแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียต่ำกว่าในกลุ่มทดลองอื่น สอดคล้องกับ ฉลอง (2541) รายงานว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของของเหลวในกระเพาะรูเมนมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร โดยเฉพาะค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมนที่มีค่าต่ำกว่า 5.5 มีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และประสิทธิภาพการใช้อาหารในโคนม จะส่งผลให้ไขมันนมต่ำ

2. ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในของเหลวของกระเพาะรูเมน

ผลวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในของเหลวของกระเพาะรูเมน พบว่าในชั่วโมงที่ 0 และ ชั่วโมงที่ 4 ก่อนและหลังการให้อาหารค่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนของอาหารทดลองทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนสูงขึ้นหลังจากให้อาหาร 4 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนของกลุ่มทดลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ (9.32-14.83 mg/dl) สอดคล้องกับ Perdok and Leng (1990) ที่พบว่า ระดับแอมโมเนียไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5-20 mg/dl และระดับของแอมโมเนียไนโตรเจนของของเหลวในกระเพาะรูเมนไม่ควรมีมากเกิน 80 mg/dl หากมีมากกว่านี้อาจทำให้สัตว์เกิดอาการเป็นพิษเนื่องจากแอมโมเนีย (ammonia toxicity) ซึ่งแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย ก่อนกินอาหารมีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนสูงที่สุดเป็นผลจากการให้เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียเป็นอาหารหยาบ รองลงมา คือ แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าเท่ากับ 10.60 ± 0.38, 9.70 ± 0.50 และ 9.32 ± 0.76 mg/dl และหลังการให้อาหารมีค่าเท่ากับ 13.22 ± 0.25, 14.83 ± 1.19 และ 13.12 ± 1.19 mg/dl ค่าเฉลี่ยมีค่าสูงกว่ารายงานของ พีระวัฒน์ และคณะ (2554) ที่รายงานว่า ค่าเฉลี่ยแอมโมเนียไนโตรเจนหลังจากที่แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียนได้กินหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งร่วมกับเศษเหลือของสับปะรดสดในระดับ

ต่างๆ อยู่ในช่วง 6.71-8.18 mg/dl ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันน่าจะมีผลจากชนิดของอาหารหยาบที่ให้กินและคุณค่าทางอาหาร

3. ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือด

ปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดของแพะทดลอง ทั้งก่อน (13. 53 ± 1.33, 15.37 ± 1.17 และ 22.00 ± 3.20 mg/dl) และหลังกินอาหาร (14.33 ± 1.86, 18.57 ± 2.37 และ 22.90 ± 3.48 mg/dl) มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดมีค่าสูงขึ้นหลังจากสัตว์กินอาหาร 4 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของโชคชัย (2536) ที่กล่าวว่าค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือดจะสูงขึ้นหลังจากสัตว์ได้รับอาหาร ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดมีค่าสอดคล้องกับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนของของเหลวในกระเพาะรูเมน แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์จากโภชนะในเปลือกลำไยและฟางข้าวหมักยูเรียได้ ค่าปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดจากการทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 13.53-22.90 mg/dl ค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ปกติ สอดคล้องกับ เมธา, 2533 และ เทอดชัย, 2548 รายงานว่า โดยปกติปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดของแพะมีค่าอยู่ระหว่าง 12.6-28.0 mg/dl ซึ่งค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือดจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ระดับโปรตีนที่สัตว์ได้รับ การย่อยได้ของโปรตีน ระดับพลังงาน และการสลายตัวของโปรตีนในร่างกาย

4. ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน

ผลการศึกษาปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวม (กรดอะซิติก กรดโปรปิโอนิก และกรดบิวทีริก) ในของเหลวของกระเพาะรูเมน พบว่าผลรวมของกรดไขมันระเหยง่ายของอาหารทดลองทุกกลุ่มมีค่าสูงขึ้นหลังจากให้อาหาร 4 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ทั้งก่อนและหลังการให้อาหาร ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวม สอดคล้องกับค่า pH ที่ลดต่ำลงในชั่วโมงที่ 4 เป็นผลจากผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมักอาหาร คือกรดไขมันระเหยง่าย ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโปรปิโอนิก และกรดบิวทีริก ที่เกิดจากจุลินทรีย์เข้าใช้ประโยชน์จากโภชนะที่ละลายได้ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ก่อน จากนั้นจึงใช้ประโยชน์จากโภชนะในอาหารที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ สอดคล้องกับ Wanapat (2000) กล่าวว่าปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายจะเพิ่มขึ้นหลังกินอาหาร 2 ถึง 4 ชั่วโมง ทำให้ค่า pH ในของเหลวของกระเพาะรูเมนลดลง ทั้งนี้ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายที่ผลิตขึ้นโดยการหมักอาหารของจุลินทรีย์ สามารถใช้แสดงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากโภชนะในอาหารได้ โดยกรดไขมันระเหยง่ายจะถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของสัตว์เคี้ยวเอื้อง สำหรับการทดลองนี้กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายรวมอยู่ที่ระหว่าง 18.72-50.85 mM/L แตกต่างจากรายงานของ ปราโมทย์ (2553) รายงานว่าค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดของแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน มีค่าอยู่ระหว่าง 47.2-59.5 mM/L และรายงานของ ปิ่นและคณะ (2556) ที่รายงานว่า แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียนที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่มีสัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบ เท่ากับ

75:25 มีค่าอยู่ในช่วง 66.8-81.3 mM/L โดยความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับ การกินหญ้าอ่อน การกินอาหารที่มีโปรตีนสูง ปริมาณการกินได้และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (ฉลอง, 2541)

เมื่อพิจารณาถึงประเภทกรดไขมันระเหยง่ายที่พบในของเหลวกระเพาะรูเมน พบว่าทั้งก่อนและหลังให้อาหาร กรดโปรปิโอนิกมีปริมาณสูงที่สุด รองลงมา คือ กรดอะซิติก และกรดบิวทีริกตามลำดับ ปริมาณกรดโปรปิโอนิกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.39 ± 0.88, 18.44 ± 2.68 และ 8.97 ± 1.26 mM/L ตามลำดับ และหลังจากให้อาหาร 4 ชั่วโมง กรดโปรปิโอนิกมีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.41 ± 0.87, 26.13 ± 1.98 และ 15.94 ± 1.33 mM/L อาจเป็นผลจากสัตว์ทดลองทุกกลุ่มได้รับอาหารข้นที่มีโปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว จึงอาจส่งผลให้สัตว์ทดลองมีปริมาณของกรดโปรปิโอนิกสูงที่สุด ทั้งนี้สัตว์ทดลองที่มีอายุอยู่ในช่วงนี้ควรได้รับโปรตีนในอาหารข้นไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ และให้ในปริมาณ 1.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (NRC, 2007)

กรดอะซิติกของกลุ่มทดลอง มีค่าเท่ากับ 14.57 ± 0.56, 14.42 ± 1.46 และ 7.40 ± 1.21 mM/L สำหรับแพะที่กินอาหารทดลองกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารทดลองที่ 1 มีค่าสูงสุดคือ 14.57 ± 0.56 mM/L และกลุ่มที่ได้รับอาหารทดลองที่ 3 มีค่าต่ำที่สุด คือ 7.40 ± 1.21 mM/L หลังการให้อาหาร 4 ชั่วโมง ปริมาณกรดอะซิติกของอาหารทดลองทุกกลุ่มสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 15.44 ± 0.50, 16.72 ± 0.30 และ 12.73 ± 0.96 mM/L ตามลำดับ

ปริมาณกรดบิวทีริกที่เกิดจากการหมักอาหารทดลอง มีค่าต่ำที่สุดในชั่วโมงที่ 0 (ก่อนกินอาหาร) กรดบิวทีริกของแพะที่กินอาหารทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.13 ± 0.29, 5.58 ± 0.73 และ 2.35 ± 0.49 mM/L ตามลำดับ โดยแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดบิวทีริกสูงที่สุดที่ชั่วโมงที่ 4 หลังจากกินอาหาร ปริมาณกรดบิวทีริกมีค่าเท่ากับ 6.79 ± 0.26, 8.00 ± 0.23 และ 5.02 ± 0.37 mM/L ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดบิวทีริกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ซึ่งสอดคล้องกับ วิโรจน์ (2546) ได้รายงานว่า โดยปกติในอาหารโคทั่วไปจะมีสัดส่วนของ กรดบิวทีริกน้อยที่สุดประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ และอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับการให้อาหาร

อัตราส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายที่เกิดขึ้นทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยสัดส่วนของ กรดอะซิติก : กรดโปรปิโอนิก : กรดบิวทีริก (C2:C3:C4) มีค่าเท่ากับ 36:48:16, 33:51:16 และ 38:47:15 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอาหารทดลอง มีปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายแตกต่างจากรายงานของ วิโรจน์ (2546) กล่าวว่าในอาหารปกติโดยทั่วไปจะมีสัดส่วนของกรดอะซิติก 65 เปอร์เซ็นต์ กรดโปรปิโอนิก

20 เปอร์เซ็นต์ และกรดบิวทีริก 15 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนดังกล่าวอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับการให้อาหาร สอดคล้องกับรายงานของ เทอดชัย (2548) และ Hungate (1966) อ้างโดย เมธา (2533) พบว่าความเข้มข้นของกรดอะซิติก (C2) กรดโปรปิโอนิก (C3) และกรดบิวทีริก (C4) เท่ากับ 62, 22 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัดส่วนที่แตกต่างอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับการให้อาหาร สัดส่วนของอาหาร ถ้าให้อาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตย่อยง่ายมาก และมีปริมาณเยื่อใยน้อย จะมีผลให้การผลิตกรดอะซิติกน้อยลง แต่การผลิตกรดโปรปิโอนิกจะเพิ่มขึ้น โดยสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นที่มีผลต่อกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนแกะ มีรายงานดังนี้ ถ้าสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น คือ 100 : 0, 80 : 20, 60 : 40, 40 : 60 และ 20 : 80 จะมีกรดไขมันระเหยง่ายรวมเท่ากับ 97, 80, 87, 76 และ 70 mM/l ซึ่งค่าเฉลี่ยสัดส่วนของ กรดอะซิติก : กรดโปรปิโอนิก : กรดบิวทีริก (C2:C3:C4) มีค่าเท่ากับ 66:22:9, 61:25:11, 61:23:13, 52:34:12 และ 40:40:15 ตามลำดับ (Ishler *et al*. 1996 และ McDonald *et al*. 1995)

เมื่อเทียบเป็นสัดส่วนของกรดอะซิติก : กรดโปรปิโอนิก (C2:C3) มีค่าเท่ากับ 0.76 ± 0.02, 0.65 ± 0.05 และ 0.80 ± 0.01 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยกรดโปรปิโอนิก และกรดบิวทีริกของไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ค่าเฉลี่ยของกรดอะซิติกมีความแตกต่างกันยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ซึ่งอาหารทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสัดส่วน C2:C3 มากที่สุดคือ 0.80 ซึ่งค่าสัดส่วนของ C2:C3 จะบ่งบอกถึงค่าที่เหมาะสมของสัดส่วนกรดไขมันระเหยง่าย ดังที่ วิโรจน์ (2546) ได้กล่าวมาข้างต้นว่าในอาหารปกติโดยทั่วไปจะมีสัดส่วนของกรดอะซิติก 65 เปอร์เซ็นต์ กรดโปรปิโอนิก 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการเทียบให้เป็นค่าสัดส่วนระหว่างกรดอะซิติก : กรดโปรปิโอนิก (C2:C3) จะมีค่าเท่ากับ 3.25

5. ค่าโลหิตวิทยาของแพะทดลอง

ผลวิเคราะห์ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น และระดับกลูโคสในเลือด (PCV และ BG) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยแพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (packed cell volume, PCV) ทั้ง 2 ช่วงเวลา มีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย คือ 37.67 ±1.76, 37.00 ± 5.13 และ 34.00 ±1.73 เปอร์เซ็นต์ (ที่ 0 ชั่วโมง) และ 37.00 ± 2.08, 32.00 ± 2.08 และ 34.67 ± 2.91 เปอร์เซ็นต์ (ที่ 4 ชั่วโมง) ตามลำดับ สอดคล้องกับ Hean (1995) รายงานค่าปกติของปริมาตรของเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแพะ มีค่าอยู่ระหว่าง 22-38 เปอร์เซ็นต์ ค่าระดับของกลูโคสในเลือด (blood glucose) พบว่า ที่ 0 ชั่วโมง แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีระดับกลูโคสในเลือดสูงกว่า แพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และ แพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย (8.00 ± 1.53, 7.67 ± 0.88 และ 7.00 ± 0.58 mg/dl) ตามลำดับ แต่ที่ 4 ชั่วโมง หลังการให้อาหารพบว่าระดับกลูโคสในเลือดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกกลุ่มทดลอง โดยแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีระดับกลูโคสในเลือดสูงที่สุด รองลงมา คือ แพะที่กินเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย และแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (29.33 ± 1.45, 26.33 ± 1.76 และ 26.00 ± 1.53 mg/dl) ตามลำดับ โดยค่าน้ำตาลกลูโคสในเลือดจากการทดลองอยู่ในภาวะปกติ (มีค่าระหว่าง 24-65 mg/dl) โดยค่าน้ำตาลกลูโคสในเลือดที่ตรวจพบสอดคล้องกับปริมาณกรดโปรปิโอนิกที่ตรวจพบในของเหลวกระเพาะรูเมน ทั้งนี้กรดโปรปิโอนิกเป็นกรดไขมันระเหยง่าย ที่มีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับการรักษาปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือด และเป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์น้ำตาลแลคโตสในนม (เทอดชัย, 2548) ทั้งนี้ค่าระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดต่ำจะบ่งชี้ถึงการขาดอาหารพลังงานหรือได้รับอาหารไม่เพียงพอ (กฤตพล, 2550)

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

1. การหมักด้วยสารละลายยูเรียมีผลให้โครงสร้างพื้นผิวด้านนอกของเปลือกลำไยและฟางข้าว มีการคลายตัวมากขึ้น มีความนุ่มและชุ่มน้ำเพิ่มขึ้น คุณค่าทางอาหารสูงขึ้น โดยเฉพาะค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน การเพิ่มปริมาณเปลือกลำไยมีผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เถ้า เยื่อใย-ผนังเซลและลิกโนเซลลูโลสลดลง แต่เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ค่าการสลายตัวของการใช้เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าสูงขึ้นเมื่อ ลดระดับน้ำและเพิ่มปริมาณเปลือกลำไย โดยค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารและผลการศึกษาการสลายตัวของโภชนะในอาหารทดลองที่มีเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย พบว่าอาหารทดลองที่มีระดับเปลือกลำไย 75 เปอร์เซ็นต์ และระดับน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ มีคุณค่าทางอาหาร และค่าการสลายตัวของโภชนะสูงที่สุด

2. ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) และการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของแพะทดลองมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

3. เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และลิกโนเซลลูโลส มีค่าเฉลี่ยลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) แต่เปอร์เซ็นต์การย่อยของอินทรียวัตถุ เยื่อใยผนังเซลมีแนวโน้มลดลงแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีการย่อยได้ของโภชนะสูงที่สุด

4. ด้านการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในของเหลวกระเพาะรูเมนในกลุ่มทดลองมีค่าลดลงแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) แต่ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในของเหลวของกระเพาะรูเมน และปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ผลรวมของกรดไขมันระเหยง่ายของอาหารทดลองทุกกลุ่มมีค่าสูงขึ้นหลังจากกินอาหาร ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยแพะที่กินหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ร่วมกับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีค่าสูงที่สุด โดยกรดโปรปิโอนิก คือ กรดไขมันระเหย-ง่ายที่พบมากที่สุด สัดส่วนระหว่างกรดอะซิติก : กรดโปรปิโอนิก (C2:C3) มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

5. ค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นมีแนวโน้มลดลงหลังจากกินอาหาร (ชั่วโมงที่ 4) แต่ค่าระดับของกลูโคสในเลือดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรให้อาหารเป็นแบบผสมสำเร็จ เนื่องจากแพะมีนิสัยเลือกกินอาหาร
2. ควรหมักเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวด้วยยูเรียในทันที เนื่องจากในเปลือกลำไยมีน้ำจากเนื้อของลำไยเหลืออยู่ หากทิ้งไว้นานจะทำให้เปลือกลำไยเน่าเสียได้ง่าย
3. ควรสับฟางข้าวให้มีขนาดเล็กลง เพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยลดปัญหาการเลือกกินของแพะได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2553. **ระบบข้อมูลทางวิชาการลำไย**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=4 (12 สิงหาคม 2553).

กรมปศุสัตว์. 2550. **ผลการเปรียบเทียบการใช้ฟางข้าว ฟางหมักจุลินทรีย์ และฟางปรุงแต่งเป็นอาหารโคนม**. กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์. 2543. การปรุงแต่งคุณภาพฟางข้าวเพื่อเลี้ยงโคนม. **สัตว์บก**, 7 (82), 91-94.

กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. 2554. การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการเลี้ยงโค. **ปศุสัตว์-เกษตรศาสตร์**, 38(149), 55-60.

กฤตพล สมมาตย์. 2550. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการผลิตโคกระบือ**. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตว-ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จักรี มีแก้ว. 2555. **การใช้เปลือกลำไยบดร่วมกับกากน้ำเต้าหู้ และใบกระถินแห้งในระดับต่างๆ เป็นส่วนประกอบของอาหารข้นในอาหารผสมสำเร็จเลี้ยงโคนม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2547. การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้จากสับปะรดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. น. 562-581. ใน **รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์**. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2555. **อาหาร " TMR " กับการเลี้ยงโคนม–โคเนื้อ.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dld.go.th/km/th/index.php?option=com_content&view =article&id =239:--tmr---&catid=41:present-general&Itemid=59 (2 ตุลาคม 2555).

ฉลอง วชิราภากร. 2541. **โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เบื้องต้น**. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชานนท์ ศรีโรย. 2553. **ลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางอาหารของเปลือกและเมล็ดลำไยหมักร่วมกับฟางข้าว**. การค้นคว้าอิสระปริญญาตรี. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ชานนท์ ศรีโรย, สมปอง สรวมศิริ, ทองเลียน บัวจูม และจักรี มีแก้ว. 2555. การใช้สารเสริมในการหมักเปลือกและเมล็ดลำไยร่วมกับฟางข้าวต่อปริมาณกรดอินทรีย์และองค์ประกอบทางเคมี. **แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 2)**, 40, 541-544.

โชคชัย ตรีวิโรจน์. 2536. **ภาวะยูเรียในเลือดของโคนมที่อยู่ระหว่างการให้นม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐพงษ์ หม้อทอง, วิโรจน์ ภัทรจินดา, พรชัย ล้อวิลัย และ ศิวัช สังข์ศรีทวงษ์. 2556. การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยเพื่อเป็นอาหารในโคนมรุ่น. **แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 1)**, 41, 92-95.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี, เมธา วรรณพัฒน์, สุทธิพงค์ อุริยะพงค์สรรค์ และฉลอง วชิรภากร. 2543. ผลของฟางข้าวอัดเม็ดต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้และกระบวนการหมักในกระเพาะหมักในโคเนื้อลูกผสมบราห์มัน-พื้นเมือง. **สัตวบาล**, 10(82), 91-94.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี และยุทธชัย อุทัยแพน. 2542. **คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์และประเมินคุณภาพอาหารสัตว์**. มหาสารคาม: ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เทวรัตน์ ตรีอำนรรค. 2558. **การใช้ประโยชน์จากฟางข้าว: กรณีศึกษาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลผลิตทาง การเกษตร**. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2548. **โภชนะศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** พิมพ์ครั้งที่ 5. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตว-ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เทียนทิพย์ ไกรพรม และ ศรเทพ ธัมวาสร. 2557. ผลของการใช้เปลือกและซังข้าวโพดหมักร่วมกับฟางข้าวในอาหารโคนมรุ่น. **แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 1)**, 42, 273-278.

ธิดารัตน์ คล่องตรวจโรค. 2552. **สำนักงานโครงการแผนพัฒนาด้านการจัดการสารเคมีและของเสียอันตรายระบบการจัดการข้อมูลสารเคมี ChemTrack จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.**[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://chemsafe.chula.ac.th/chemtrack/index.php?option=com_ content&task=view&id=171 &Itemid=l. (8 มิถุนายน 2555).

นิรนาม. 2555 . **ขั้นตอนการแปรรูปลำไยอบแห้ง**.[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.kitty.in.th.com. (23 มกราคม 2556).

บัวเรียม มณีวรรณ, ทองเลียน บัวจูม, เผ่าพงษ์ ปูระณะพงษ์ และ โยธิน นันตา. 2554. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี การย่อยได้ของโภชนะ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของเมล็ดลำไยและเนื้อในเมล็ดลำไยในไก่พื้นเมือง. น. 343-348. ใน **การประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย ครั้งที่ 7**. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. **โภชนศาสตร์สัตว์**. พิมพ์ครั้งที่ 6. เชียงใหม่: ธนบรรณการพิมพ์.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์**. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2551. การใช้ฟางข้าวเป็นอาหารโค. **สาส์นไก่**, 56 (7), 46-48.

เบญจมาศ ศิลาอ้อย. 2545. **กล้วย**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประมวล เดชคง, ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ, ธนนันท์ ศุภกิจจานนท์ และอภิชาติ หมั่นวิชา. 2555. สมรรถนะการเจริญเติบโตของโคขาวลำพูนที่เสริมด้วยผลลำไยหรือกากน้ำตาล. **แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 2)**, 40, 145-148.

ปราโมทย์ แพงคำ. 2553. **การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์กากเมล็ดธัญพืช หรือพืชน้ำมันในอาหารแพะเนื้อต่อการให้ ผลผลิตและคุณภาพเนื้อแพะ**. นครราชสีมา: สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา.

ปิ่น จันจุฬา, พัชรินทร์ ภักดีฉนวน และสุธา วัฒนสิทธิ์. 2556. **ผลของกลีเซอรีนดิบในสูตรอาหารแพะต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะกระบวนการหมักสมดุลไนโตรเจน และ สมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะ**. สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พาวิน มะโนชัย. 2543. **ลำไย**. เชียงใหม่: สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

พาวิน มะโนชัย, ยุทธนา เขสุเมรุ, ชิติ ศรีตนทิพย์ และสันติ ช่างเจรจา. 2547. **เทคโนโลยีการผลลำไย**. กรุงเทพฯ: มิตรเกษตรการตลาดและโฆษณา.

พีระวัฒน์ ณ มณี, เสาวนิต คูประเสริฐ และ วันวิศาข์ งามผ่องใส. 2554. การใช้เศษเหลือของสับปะรดเป็นอาหารหยาบของแพะ. **แก่นเกษตร**, 39, 399-412.

ภรณี อุทโยภาศ. 2541. **ชีววิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภูริพงศ์ จิตรมะโน. 2549. **การย่อยได้ของโภชนะในอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปะรดหมักและฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

มณีรัตน์ รักษาชนม์. 2550. **การผลิตอาหารหยาบผสมที่มีหญ้ารูซี่แห้งหรือฟางข้าวเป็นหลักและอาหารข้นสำหรับโคให้นมปานกลาง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มณีวรรณ กมลพัฒนะ, สรรเพชร โสภณ และ ทองสุข เจตนา. การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอย่างยั่งยืนในการผลิตสัตว์. 2544. ใน **การประชุมวิชาการขยายปรับปรุงพันธุ์และความสมบูรณ์พันธุ์ในสัตว์ 26-27 กรกฎาคม 2544 ณ ห้องประชุมอาคารสถาบัน 3**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เมธา วรรณพัฒน์. 2528. **ฟางข้าวอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง**. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์ และฉลอง วชิราภากร. 2535. ฟางหมักยูเรียแหล่งอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง. **วัวควาย**, 5(56), 12-13.

เมธา วรรณพัฒน์, อดิศักดิ์ สังข์แก้ว, ฉลอง วชิราภากร และเวชสิทธิ์ ไทบุราณ. 2533. การศึกษาเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวจ้าวและฟางข้าวเหนียวเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยว-เอื้อง. **แก่นเกษตร**, 18(3), 132-141.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชวลิต ฮงประยูร. 2551. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วสันต์ สุวรรณ. 2547. **ผลของการใช้เมล็ดลำไยที่มีเปลือกและไม่มีเปลือกต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่กระทงอายุ 4-6 สัปดาห์**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

วารุณี พานิชผล และวลัยกานต์ เจียมเจตจรูญ. 2541. **ตารางคุณค่าทางอาหารสัตว์.** กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. **โคนม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศุภกิจ สุนาโท, วิโรจน์ ภัทรจินดา, พรชัย ล้อวิลัย และ งามนิจ นนทโส. 2556. การใช้กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอลหมักยีสต์เพื่อเป็นอาหารในโครีดนม. **แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 1)**, 41, 87-91.

ศุภชัย งามประจบ. 2548. **ผลของการเสริมเมล็ดลำไยที่มีเปลือกในอาหารต่อคุณภาพซากของไก่กระทง**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศุภชัย อุดชาชน, วรรณา อ่างทอง, พิสัย วงศ์พาณิชย์ และ อุดม ชัยนนท์. 2558. ผลของการใช้กากมันสำปะหลังหมักยีสต์ทดแทนอาหารข้นในสูตรอาหารโคขุนพันธุ์กบินทร์บุรีต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และลักษณะซาก. **แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 1)**, 43, 44-49.

ศูนย์วิจัยพัฒนาลำไยและลิ้นจี่. 2543. **การผลิตลำไย.** เชียงใหม่: สิรินาฏการพิมพ์.

สไบพร สุรินทร และ พิชาด เขจรศาสตร์. 2558. ผลของการใช้ใบอ้อยและฟางข้าวในอาหารผสมสำเร็จหมัก (FTMR) ต่อการกินได้ การย่อยได้ และจุลินทรีย์ในรูเมนของแกะ. **แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 1)**, 43, 1-7.

สายัณห์ ทัดศรี. 2540. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน : การผลิตและการจัดการ.** กรุงเทพฯ: ลินคอล์น.

สินีนาฏ พลโยราช และ เมธา วรรณพัฒน์. 2550. ผลของการใช้ยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวโดยวิธีถุงไนล่อน. น. 360-370. ใน **รายงานการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 3**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุญาณี แสนเศษ. 2555. **การศึกษาคุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของเปลือกกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum L.*)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สุธาทิพย์ หอยสังข์. 2553. **การศึกษาคุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของส่วนต่างๆของลำไยโดยวิธีใช้กระเพาะหมักเทียม**. เชียงใหม่: คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สุมน โพธิ์จันทร์. 2553. **การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นอาหารสัตว์**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dld.go.th/km/th/index. php?option=com_content&view (24 ธันวาคม 2553).

สุรวุฒิ จันทร์ชู และ นิรันดร หนักแดง. 2552. **การใช้วัสดุเหลือใช้เป็นอาหารสัตว์**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dld.go.th/km/th/index.php?option=com content&id=66&Itemid=73. (24 กุมภาพันธ์ 2552).

สมคิด พรมมา และ ดำรัส ชาตรีวงศ์. 2549. ผลของระดับและระยะเวลาในการหมักฟางข้าวที่มีต่อการสลายในกระเพาะรูเมน โดยวิธี in sacco. **สงขลานครินทร์**, 28(4), 765-770.

สมคิด ใจตรง นิธิยา รัตนาปนนท์ ดนัย ยุณยเกียรติ และอลิทซาเทธ บาวด์วิน. 2552. **ใยอาหารทั้งหมด เพคติน และลิกนินในเปลือกผลลำไยพันธุ์อีดอ**. เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมปอง สรวมศิริ และ ไพโรจน์ ศิลมั่น. 2554. **คุณค่าทางอาหารและการสลายตัวของโภชนะในลำไยตกเกรด เปลือก และเมล็ดลำไยในกระเพาะรูเมนโคนมโดยวิธีใช้ถุงไนล่อน**. เชียงใหม่: คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สมปอง สรวมศิริ และ ไพโรจน์ ศิลมั่น. 2558. องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการของเศษเหลือจากการผลิตลำไย. **วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร**, 32(2), 50-58.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. **ลำไย**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/longan.pdf

สำนักงานส่งเสริมสินค้าเกษตร. 2559. **สถานการณ์ลำไย เดือนสิงหาคม 2558**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://agri.dit.go.th/web_dit_sec3/home/view_upload.aspx?category_id=93&name (5 สิงหาคม 2558).

เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ, ณิชตา เป็งทินา, พรทิพย์ แสนยอง และ นพพล ชุบทอง. 2555. ผลของการเสริมยูเรียและกากน้ำตาลต่อคุณภาพของเปลือกข้าวโพดหมักและการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของโคดอย. **แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 2)**, 40, 187-192.

อรวรรณ ทรัพย์สุข. 2547. **ผลของการใช้เมล็ดลำไยที่มีเปลือกและไม่มีเปลือกต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่กระทงอายุ 0-3 สัปดาห์**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Adesogan, A. T. 2005. Effect of bag type on the apparent digestibility of feed in ANKOM DaisyII incubators. **Anim. Feed Sci. Tech.**, 199(3), 333–334.

AOAC. 1998. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16th ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.

Booth, A.N., D.J. Robbins and F. DeEds. 1996. Effect of dietary gallic acid and pyrogallol on choline requirement of rats. **J. Nutrition**, 75, 104-106.

Cherdthong, A., M. Wanapat and C. Wachirapakorn. 2011. Effects of urea-calcium mixture in concentrate containing high cassava chip on feed intake, rumen fermentation and performance of lactating dairy cows fed on rice straw. **Liv. Sci.**, 136, 76-84.

Chesson, A. and E. R. Ørskov. 1984. Microbial degradation in the digestive tract. pp. 395-399. In **F. Sundstol and E. Owen (eds). Straw and other Fibrous By-products as Feeds**. Amsterdam: Elsevier.

Choung, C. C. and W. R. McManus. 1976. Studies on forage cell walls. 3. Effects of feeding alkali-treated rice hulls to sheep. **J. Agri. Sci. Camb.**, 86(3), 517-530.

DeBoever, J. L., B. G. Cottyn, F. X. Buysse, F. W. Wainman and J. M. Vanacker. 1986. The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. **Anim. Feed Sci. Tech.**, 14(3), 203–214.

Enishi, O. 2002. Reevaluation on feed characteristics of rice straw. **J. Jap. Grassl. Sci.**, 48, 371–378.

Glick, Z. 1981. Modes of action of gallic acid in suppressing food intake of rats. **J. Nutrition**, 111, 1910-1916.

Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. **Forage fiber analysis (Apparatus, reagent, procedures and some applications)**. Agric. Handbook, No. 379, ARS-USDA, Washington, DC.

Huang Hsing-Juang, Peter Wen-Shyg Chiou, Chao-Ren Chen, Ju-Kuo Chiang and Bi Yu. 1999. Effects of dried rice distillers' and grain supplementtation on the performance of lactating cows. **Anim. Feed. Sci. Tech.**, 77(3-4), 303-315.

Hean P. J. 1995. **Principle of Hematology**. U.S.A.: Wm. C. Brown Publishers

Holden, L. A. 1999. Comparison of Methods of In Vitro Dry Matter Digestibility for Ten Feeds. **J. Dairy. Sci.**, 82(8), 1791-1794.

Ishler, V., J. Heinrichs and G. Varga. 1996. **From Feed to Milk Understanding Rumen Function**. Pennsylvania: The Pennsylvania State University Extension Circular.

Jackson, M. G. 1977. The alkali treatment of straws. **Anim. Feed. Sci. Tech.**, 2(2), 105-130.

Jansik, F., Holmoca, P. and Cermak, B. 2008. Determination of indigestible neutral detergent fibre contents of grasses and its prediction from chemical composition. **Czech J. Anim. Sci.**, 53, 128-135.

Josefa, M., Dolores, M. M. and Fuensanta, H. 1999. Determination of short chain volatile fatty acids in silages from artichoke and orange by-products by capillary gas chromatography. **J. Sci. Food Agric.**, 79, 580-584.

Joslyn, M. A. and Z. Glick. 1969. Comparative effects of gallotannic acid and related phenolics on the growth of rats. **J. Nutrition**, 98, 119-126.

Lewis, D. and K.J. Hill. 1983. The provision of nutrients. In **Nutritional Physiology of Farm Animals (Eds. J.A.F. Rook and P.C. Thomas)**. New York: Longman Inc.

Liu, D., J. X. Liu, S. L. Zhu, X. J. Chen. and Y. M. Wu. 2005. Histological investigation of tissues and cell wall of rice straw influenced by pretreatment with different chemicals and rumen degradation. **J. Anim. Feed Sci.**, 14, 373–387.

McDonald, P., R.A. Edward, J.F.D. Greenhalgh and C.A. Morgan. 1995. **Animal Nutrition**. 5th ed. New York: Longman Science and Technical.

NRC, 2007. **Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington, DC: National Academy Press.

Ørskov, E. R. and P. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measuremnts weighted according to rate of passage. **J. Agri. Sci. Camb.**, 92, 499-503.

Ololade, B. G. and D. N. Mowat. 1975. Influence of whole-plant barley reconstituted with sodium hydroxide on digestibility, rumen fluid and plasma metabolism of sheep. **J. Anim. Sci.**, 40(2), 351-357.

Perdok, H. B. and Leng, R. A. 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.

Robinson, P. H., M. C. Mathews and J. G. Fedel. 1999. Influence of storage time and temperature on in vitro digestion of neutral detergent fiber at 48 h, and camparison to 48 h in sacco neutral detergent fiber digestion. **Anim. Feed Sci. Tech.**, 80(3), 257–266.

Shen, H. SH., F. SundstØl and D.B. Ni. 1998. Studies on untreated and urea-treated rice straw from three cultivation seasons 2. Evaluation of straw quality through in vitro gas production and in sacco degradation measurements. **Anim. Feed. Sci. Tech.**, 74, 193-212.

Sruamsiri, S., 2007. Agricultural wastes as dairy feed in Chiang Mai. **Anim. Sci. J.**, 78, 335-341.

Sruamsiri, S. and P. Silman. 2012. Chemical composition and nutrient digestibility of longan by-products. pp. 410. In **Proceeding of the 15th AAAP Animal Science Congress**. Nov. 26-30th Thailand.

Sruamsiri, S., A. Manwicha. and P. Mahaprom. 2014. The use of longan by-products as supplemented roughage on growth performance of growing cattle. pp. 108-112. **In: Production of the 16th AAAP Congress Sustainable Livestock**. Nov. 10–14th Yogyakarta, INDONESIA.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1984. **Principle and Procedures of Statistics**. 2nd ed. New York: McGraw Hill.

Suksombat, W. 2004. Comparison of different alkali treatment of bagasse and rice straw. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.**, 17, 1430-1433.

Theander, O. and P. Aman. 1984. Anatomical and chemical characteristics. pp. 45-75. In: F. Sundstol and E. Owen (eds). **Straw and other Fibrous By-products as Feeds**. Amsterdam: Elsevier.

Tiffany, T. O., J. M. Jansen, C. A. Burtis, J. B. Overton and C. D. Scott. 1972. Enzymatic xenetic rate and end-point analyses of substrate by use of a GEMSAEC fasta analyzer. **Clim. Chem.**, 18, 829-834.

Tran, Q. V., X. H. Tran and V. H. Le. 2005. **Utilization of longan seed meal (by-products of dried longan pulp processing) as local and available feed resources for dairy goats in winter season of Vietnam**. [Online]. Available http://www.mekarn.org/proctu/viet 23. htm (13 July 2010).

Van Keulen, J.V. and B.A. Young. 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. **J. Animal. Sci.**, 44, 282.

Van Soest, P. J. 2006. Review: Rice straw, the role of silica and treatments to improve quality. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 130, 137–171.

Vijchulata, P. and S. Sanpote. 1982. pp. 113-118. In P. T. Doyle (Ed.). **The utilization of fibrous agricultural residues as animal feeds**. Parkville, Australia: Univ. of Melbourne printing services.

Wanapat, M. 2000. Rumen manipulation to increase the efficient use of local feed resources and productivity of ruminants in the tropics. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.**, 13 (Supplement), 59-67.

Wanapat, M. and A. Cherdthong. 2009. Use of real-time PRC technique in studying rumen cellulolytic bacteria population as affected by level of roughage in swamp buffaloes. **Curr. Microbiol.**, 58, 294-299.

Wanapat, M., S. Polyorach, K. Boonnop, C. Mapato and A. Cherdthong. 2009. Effects of treating rice straw with urea or urea and calcium hydroxide upon intake, digestibility, rumen fermentation and milk yield of dairy cows. **Liv. Sci.**, 125, 238-243.

Wang J.K., J.X. Liu, J.Y. Li, Y.M. Wu and J.A. Ye. 2007. Histological and rumen degradation changes of rice straw stem epidermis as influenced by chemical pretreatment. **Anim. Feed Sci. Tech.**, 136, 51-62.

Wilman D. and A. Adesogan. 2000. A comparison of filter bag methods with conventional tube methods of determining the in vitro digestibility of forages. **Anim. Feed Sci. Tech.**, 84(1-2), 33-47.

Zhu, S., Y. Wu, Z. Yu, J. Liao and Y. Zhang. 2005. Pretreatment by microwave/alkali of rice straw and its enzymic hydrolysis. **Process Biochem.**, 40, 3082-3086.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิชาการ

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร

สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปีที่ 31 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2557 ISSN 0125-8850

AGRI.RESEARCH & EXTENSION

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 31(2): 52-60

ลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางอาหาร และการย่อยได้ ศึกษาโดยวิธี *In Vitro* Digestibility ของโภชนะในเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย

Physical Characteristics, Nutritive Value and *In Vitro* Nutrient Degradability of Longan Peels Mixed with Rice Straw Treated with Urea

อภิชาติ หมั่นวิชา* สมปอง สรวมศิริ สกล ไข่คำ และไพโรจน์ ศิลมั่น

Apichart Manwicha*, Sompong Sruamsiri, Sakon Kaicome and Pirote Silman

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: apichart-m@mju.ac.th

Abstract

The objectives of this study were to investigate the physical characteristics, internal structure, nutritive value and degradability of 6% urea-ensiled longan peels mixed with rice straw using 2 way factorial arrangement in completely randomized design with 2 levels of water (100 and 80%) and 4 levels of longan peels (0, 25, 50 and 75%). It has been found that the ensiling of longan peels plus rice straw with urea resulted in the improvement of their physical characteristics with loosely packed internal structure. The decrease in the level of water had an effect on the increase in the average content of crude protein (CP), neutral-detergent fiber (NDF) and lignocelluloses (ADF); but on the contrary, it decreased the average content of dry mater (DM) and ash, though significant differences were not found. The increase in the level of longan peels resulted in the increasing of CP but significantly decreased DM content, NDF, ADF and ash. It was also found that the longer period of incubation resulted in the increasing of the average DM and CP degradation. Moreover, decreased water but increased longan peel levels had a significant effect on the degradation of CP at 24 and 48 hr.

Keywords: longan peel, rice straw, urea, nutritive value, *In Vitro* digestibility

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ โครงสร้างภายใน คุณค่าทางอาหาร และการสลายตัวของโภชนะในเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย 6% โดยวางแผนการทดลองแบบ 2×4 Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ระดับของน้ำ (100 และ 80%) และระดับของเปลือกลำไย (0, 25, 50 และ 75%) ผลการศึกษาพบว่า การหมักยูเรียทำให้ลักษณะทางกายภาพ และคุณค่าทางอาหารของเปลือกลำไยและฟางข้าวดีขึ้น โครงสร้างภายในมีลักษณะคลายตัวออกจากกัน การลดระดับน้ำมีผลให้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์โปรตีน (CP) เยื่อใยผนังเซลล์ (NDF) และลิกโนเซลลูโลส

Journal of Agr. Research & Extension 31(2): 52-60

(ADF) มีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (DM) และเถ้าลดลงแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) การเพิ่มระดับของเปลือกลำไยมีผลให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เยื่อใยผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และเถ้า ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ด้านระยะการแช่บ่มที่นานขึ้นมีผลให้ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้ง และโปรตีนของกลุ่มทดลองมีค่าสูงขึ้นด้วย ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง เมื่อลดระดับน้ำ และเพิ่มปริมาณเปลือกลำไย

คำสำคัญ: เปลือกลำไย ฟางข้าว ยูเรีย คุณค่าทางอาหาร การย่อยได้

คำนำ

เปลือกและเมล็ดลำไยเป็นเศษเหลือจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากลำไย ในรูปของลำไยกระป๋อง ลำไยกวน และลำไยอบแห้งเนื้อสีทอง ซึ่งนับว่าเป็นการถนอมอาหาร และเพิ่มมูลค่าของผลลำไยสดที่เป็นผลไม้ที่เน่าเสียง่าย แต่การแปรรูปทำให้มีเศษเหลือ (เปลือกและเมล็ด) ไม่น้อยกว่า 10,000 ตันต่อปี (สำนักงานส่งเสริมสินค้าเกษตร, 2556) ซึ่งเศษเหลือดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาในการจัดการโรงงานและปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเปลือกลำไยที่รายงานโดยสุธาทิพย์ (2553) พบว่า มีวัตถุแห้ง 35.48% และในวัตถุแห้งของเปลือกลำไยมีอินทรียวัตถุ 88.12% โปรตีน 6.94% เยื่อใยของผนังเซลล์พืช (NDF) 53.56% และลิกโนเซลลูโลส (ADF) 45.22% ตามลำดับ จะเห็นว่าเปลือกลำไยมีคุณค่าทางอาหารเพียงพอที่จะนำมาใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ที่สามารถย่อยเยื่อใยโดยอาศัยจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะหมักได้ แต่เปลือกลำไยมีความชื้นและคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้สูง ซึ่งได้จากขั้นตอนการแยกเนื้อลำไยออกจากเปลือกและเมล็ดจึงทำให้เน่าเสียได้ง่าย การเก็บรักษาในรูปแบบการหมักโดยใช้ฟางข้าวเป็นสารดูดซับความชื้นจึงเป็นวิธีการที่น่าสนใจ เนื่องจากฟางข้าวเป็นอาหารหยาบหลักที่เกษตรกรนิยมใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง แม้ว่าจะมีคุณค่าทางอาหารต่ำโดยเฉพาะเปอร์เซ็นต์โปรตีน และการย่อยได้ แต่มีรายงานว่า การปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของฟางข้าวโดยวิธีการหมักด้วยยูเรีย มีผลให้ฟางข้าวที่ปรับปรุงมีเปอร์เซ็นต์โปรตีน มีความน่ากิน และการย่อยได้สูงขึ้น (กองส่งเสริมการปศุสัตว์, 2543) การศึกษาในครั้งนี้จึงเพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ โครงสร้างของเปลือกลำไย คุณค่าทางอาหาร และการย่อยได้ของโภชนะในเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงโคนม และโคเนื้อต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเปลือกลำไยที่ได้จากโรงงานแปรรูปลำไยอบแห้งจากอำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน มาคัดแยกเอาสิ่งปลอมปนและเมล็ดลำไยออกโดยใช้ตะแกรงร่อนก่อนนำมาผสมในฟางข้าวในสัดส่วนต่างๆ กัน หมักด้วยยูเรีย ตามแผนการทดลองแบบ 2×4 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ระดับของน้ำ (100 และ 80%) และ ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับของเปลือกลำไย (0, 25, 50 และ 75%) กลุ่มทดลองมี 8 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 = เปลือกลำไย:ฟางข้าว:น้ำ (0:100:100)
กลุ่มที่ 2 = เปลือกลำไย:ฟางข้าว:น้ำ (25:75:100)
กลุ่มที่ 3 = เปลือกลำไย:ฟางข้าว:น้ำ (50:50:100)
กลุ่มที่ 4 = เปลือกลำไย:ฟางข้าว:น้ำ (75:25:100)
กลุ่มที่ 5 = เปลือกลำไย:ฟางข้าว:น้ำ (0:100:80)
กลุ่มที่ 6 = เปลือกลำไย:ฟางข้าว:น้ำ (25:75:80)
กลุ่มที่ 7 = เปลือกลำไย:ฟางข้าว:น้ำ (50:50:80)
กลุ่มที่ 8 = เปลือกลำไย:ฟางข้าว:น้ำ (75:25:80)

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 31(2): 52-60

ใช้ฟางข้าวที่แยกเมล็ดด้วยเครื่องจักร (ฟางโม่) และอัดเป็นก้อนเก็บไว้ นำมาคลุกเคล้ากับเปลือกลำไยตามอัตราส่วนที่กำหนด บรรจุในถุงดำขนาด 25x30 นิ้ว จำนวน 4 ถุงๆ ละ 10 กก./กลุ่มการทดลอง แล้วราดให้ทั่วด้วยสารละลายยูเรียที่มีความเข้มข้น 6% (โดยน้ำหนัก) จากนั้นปิดปากถุงและนำไปเก็บไว้ในที่ร่มเป็นเวลา 21 วัน เมื่อครบกำหนดเปิดถุงแล้วสุ่มตัวอย่างมาศึกษาโครงสร้างของเปลือกลำไยและฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย โดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น JSM-5410LV ที่ สถาบันตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ IQS มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เปรียบเทียบกับโครงสร้างก่อนการหมัก

นอกจากนี้ทำการสุ่มตัวอย่างจากแต่ละถุงประมาณ 300 กรัม นำมาคลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วอบตัวอย่างในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°ซ เป็นเวลา 3 วัน หรือจนตัวอย่างแห้ง จากนั้นแบ่งตัวอย่างที่อบแห้งออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. นำไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารแบบประมาณ (Proximate analysis) ตามวิธีการของ AOAC (1998) รวมทั้งวิเคราะห์เยื่อใยของผนังเซลล์ (NDF) และลิกโนเซลลูโลส (ADF) ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970) ส่วนชุดที่ 2 บดผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. นำไปศึกษาค่าการย่อยได้ของโภชนะ โดยวิธี *In Vitro* True Digestibility (IVTD) ในชุดกระเพาะหมักเทียมโดยใช้เครื่อง ANKOM Daisy^{II} (ANKOM technology Corp., Fairpot, NY) ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Holden (1999) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารใส่ถุง Filter bags ขนาด 5×7 ซม. ถุงละ 1.5-2 กรัม จำนวน 14 ถุง/ตัวอย่าง นำถุงบรรจุตัวอย่างอาหารมาใส่โถที่มีการปรับสภาพด้วยสารละลาย (Buffer) แล้วใส่ CO_2 ให้คล้ายกับสภาพในกระเพาะรูเมน แช่ตัวอย่างในโถเป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลานำตัวอย่างออกจากโถแล้วนำไปอบให้แห้งเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารต่อไป ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน ตามการจัดการทดลองแบบ 2x4 Factorial in CRD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะทางกายภาพและโครงสร้าง

ลักษณะทางกายภาพของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย พบว่า เปลือกลำไยมีสีน้ำตาลและมีความชุ่มน้ำคงเดิม ส่วนฟางข้าวมีสีน้ำตาลเข้มและมีความชุ่มน้ำเพิ่มขึ้น มีลักษณะเปื่อยยุ่ย และมีกลิ่นฉุนของแอมโมเนียจากสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ร่วมกับกลิ่นเปรี้ยวคล้ายกลิ่นผลไม้ดองที่ได้มาจากน้ำตาลในเปลือกลำไย ถูกจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักนำมาใช้ในการเจริญเติบโต และผลิตกรดแลคติก (ชานนท์ และคณะ, 2555; สายัณห์, 2540; กองส่งเสริมการปศุสัตว์, 2543) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ บุญล้อม (2546) และ Wanapat and Cherdthong (2009) ที่พบว่า การชุ่มน้ำของฟางข้าวที่หมักยูเรียเป็นผลมาจากการได้รับความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสม ทำให้จุลินทรีย์เพิ่มปริมาณและผลิตเอนไซม์ Urease เพื่อสลายยูเรียให้เป็นแอมโมเนีย เมื่อแอมโมเนียละลายน้ำเป็นสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีสภาพเป็นด่างจึงมีผลให้พันธะของลิกนินที่จับอยู่กับเซลลูโลสในผนังเซลล์ของเปลือกลำไยและฟางข้าวคลายตัวออก ฟางข้าวจึงนุ่มขึ้นและมีการย่อยได้สูงขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่า การลดระดับน้ำในสารละลายยูเรียที่ใช้หมักเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวจาก 100% เหลือ 80% มีผลทำให้สีของเปลือกลำไยและฟางข้าวที่หมักยูเรียเข้มขึ้น

ด้านการศึกษาโครงสร้างภายในของเปลือกลำไยและฟางข้าวที่ไม่ได้หมักยูเรีย และหมักยูเรียโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ (SEM) พบว่า โครงสร้างภายในของเปลือกลำไย ใบ และลำต้นของฟางข้าวมีลักษณะคลายตัวออกจากกัน (Figure 1) แสดงให้เห็นว่า การหมักยูเรียสามารถทำให้โครงสร้างผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส

Journal of Agr. Research & Extension 31(2): 52-60

เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมีผลให้จุลินทรีย์ใช้ประโยชน์จากเยื่อใยเซลลูโลสได้ดีขึ้น (Wanapat *et al.*, 2009) ผลนี้สอดคล้องกับ Liu *et al.* (2005) และ Wang *et al.* (2007) ที่รายงานว่า ฟางข้าวที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์ SEM และ Tranmission Electron Microscope (TEM) ตรวจดูพบว่ามีการคลายตัวของโครงสร้างภายในอย่างเห็นได้ชัด จึงมีส่วนช่วยให้การใช้ประโยชน์จากโภชนะในฟางข้าวสูงขึ้น

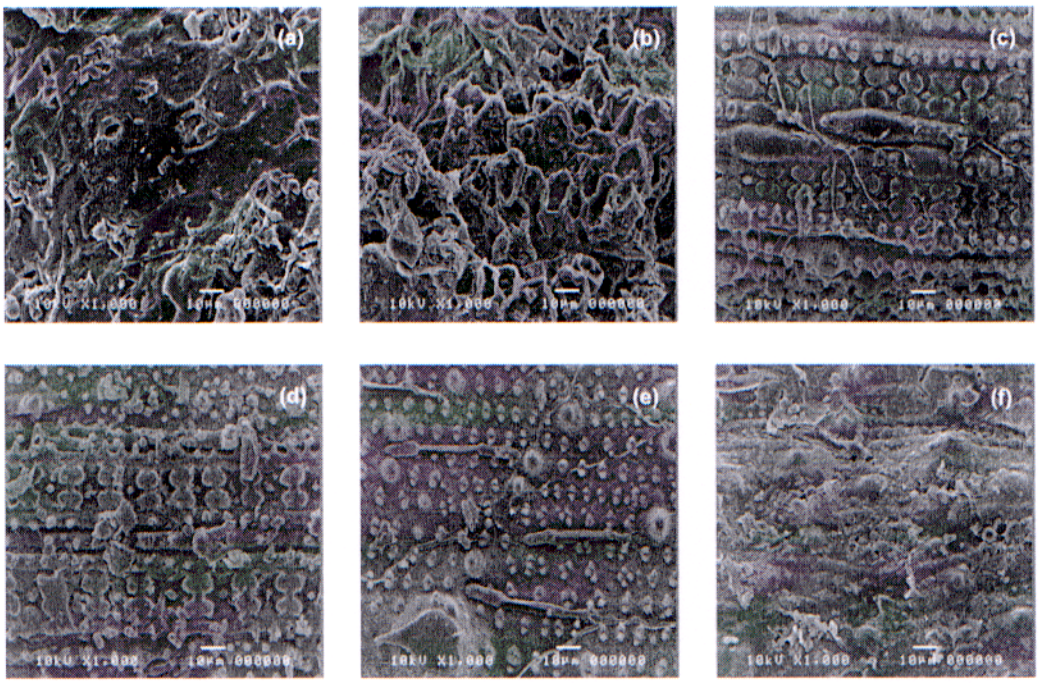


Figure 1 Scanning electron microscope of longan peel, longan peel silage, untreated and urea treated leaf and stem of rice straw (a, b, c, d, e and f)

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 31(2): 52-60

คุณค่าทางอาหาร

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร (Table 1) พบว่า การใช้ยูเรียหมักเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวมีผลให้มีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้น โดยเฉพาะค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน สอดคล้องกับรายงานของกองส่งเสริมการปศุสัตว์ (2543); สินีนาฏ และเมธา (2550) และสุรวุฒิ และนิรันดร (2552) ที่รายงานว่า ฟางข้าวหมักยูเรียมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ได้หมัก และสอดคล้องกับรายงานคุณค่าทางอาหาร โดยกรมปศุสัตว์ (2550) ที่พบว่า ฟางข้าวธรรมดามีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (DM) โปรตีน (CP) เยื่อใยลิกโนเซลลูโลส (ADF) เยื่อใยผนังเซลล์พืช (NDF) และค่าโภชนะที่ย่อยได้รวม (TDN) เท่ากับ 90.98, 3.99, 44.14, 69.23 และ 52.17 ตามลำดับ ส่วนฟางข้าวหมักยูเรีย มีเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวเท่ากับ 49.09, 7.76, 48.39, 73.27 และ 47.37 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน ที่สูงขึ้นจากการหมักยูเรียเป็นผลจากการได้รับไนโตรเจนจากยูเรียที่แตกตัวเป็นแอมโมเนีย เมื่อแอมโมเนียทำปฏิกิริยากับน้ำจะเปลี่ยนเป็นสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีผลให้พันธะระหว่างเซลลูโลสและลิกนินที่ผนังเซลล์คลายตัวออก จุลินทรีย์จึงสามารถใช้ประโยชน์จากเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ได้มากขึ้น

การลดระดับน้ำลงมีผลให้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์โปรตีน เยื่อใยผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและเถ้าลดลง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากการลดระดับน้ำมีผลให้ความเข้มข้นของสารละลายยูเรียเพิ่มขึ้น มีผลให้การคลายตัวของพันธะระหว่างเซลลูโลสและลิกนินมากขึ้น จุลินทรีย์จึงสามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยเซลลูโลสได้ดีกว่า สมคิด และดำรัส (2549) และ Wanapat *et al.* (2009)

การลดระดับน้ำในสารละลายยูเรียที่ใช้หมักเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าว มีแนวโน้มทำให้มีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ น่าจะเป็นผลจากความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลายยูเรียที่ใช้ ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียแตกต่างกัน สารละลายที่มีความเข้มข้นมากกว่าจะมีผลให้การคลายตัวของพันธะระหว่างเซลลูโลสและลิกนินสูงกว่า จึงมีผลให้กลไกการแพร่ (Diffusion) ของสารเข้าไปในเซลล์เพิ่มขึ้นด้วย (ภรณี, 2541)

ด้านการเพิ่มระดับเปลือกลำไย พบว่า มีผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เถ้า เยื่อใยผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสลดลง แต่เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นผลจากเปลือกลำไยมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าฟางข้าว สอดคล้องกับรายงานของสุธาทิพย์ (2553) ที่พบว่า เปลือกลำไยมีวัตถุแห้ง โปรตีน อินทรียวัตถุ (OM) เยื่อใยลิกโนเซลลูโลส และเยื่อใยผนังเซลล์พืช เท่ากับ 35.48, 6.94, 88.12, 45.22 และ 53.56% ตามลำดับ และชานนท์ (2553) ที่รายงานว่า เปลือกลำไยหมักมีค่าเฉลี่ยโภชนะดังกล่าวเท่ากับ 44.31, 8.48, 95.02, 31.64 และ 43.89% ตามลำดับ เนื่องจากเปลือกลำไยมีค่าเฉลี่ยวัตถุแห้งต่ำกว่าฟางข้าว เมื่อเพิ่มระดับของเปลือกลำไยจึงทำให้ค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้งและเถ้าลดลง

การศึกษาในครั้งนี้ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับของน้ำที่ใช้ในการหมักยูเรียกับปริมาณเปลือกลำไยต่อองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย

Journal of Agr. Research & Extension 31(2): 52-60

Table 1 Chemical composition of urea treated longan peel mixed with rice straw (%DM)

Water (%)	Longan peel (%)	Nutrient (%)				
		DM	CP	NDF	ADF	Ash
100	0	56.84a	7.21c	75.22a	54.91a	14.81a
	25	47.97b	9.87b	73.24a	53.64ab	13.38b
	50	41.15c	11.85a	68.70b	53.39b	10.71c
	75	35.84d	12.43a	61.69c	48.63c	10.12c
80	0	54.04a	7.65c	77.95a	56.36a	12.85a
	25	45.11b	10.46b	73.71a	54.06ab	10.58b
	50	39.46c	12.29a	69.38b	53.60b	8.50c
	75	34.91d	12.49a	62.19c	49.46c	7.45c
A (water)		ns	ns	ns	ns	ns
B (longan peel)		*	*	*	*	*
AB (water x longan peel)		ns	ns	ns	ns	ns

[a-d] Means within the same column with different common letters differ significantly (P<0.05)

Rice straw and Longan peel had the average dry matter of 90.00 and 63.34 with CP, ADF, NDF and Ash content of 3.05 and 5.92, 73.63 and 50.17, 50.92 and 42.61 and 14.64 and 5.90 % (DM basis), respectively.

***In Vitro* Digestibility**

จาก Table 2 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้ง และโปรตีนของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียมีค่าสูงขึ้นเมื่อลดระดับน้ำลง และระดับเปลือกลำไยสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร โดยระยะเวลาการแช่บ่มที่นานขึ้นมีผลให้ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้ง และโปรตีนของกลุ่มทดลองมีค่าสูงขึ้นด้วย ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อระดับน้ำที่ใช้ในการหมักยูเรียลดลง แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้นมีผลให้สารละลายยูเรียเกิดการแพร่ (Diffusion) เข้าในเซลล์ของเปลือกลำไยและฟางข้าวดีกว่า จึงส่งผลให้จุลินทรีย์มีโอกาสเข้าไปใช้ประโยชน์จากโภชนะได้ดีขึ้น (ภรณี, 2541) สอดคล้องกับสมคิด และดำรัส (2549) ที่พบว่า ในฟางหมักที่ใช้ยูเรียระดับ 5 และ 6% มีผลทำให้การสลายตัวของวัตถุแห้งดีขึ้นกว่าระดับที่ 4% และรายงานของ Wanapat and Cherdthong (2009) พบว่า ภายหลังการปรุงแต่งฟางข้าวด้วยด่างชนิดต่างๆ ทำให้สารเยื่อใยในฟางข้าวเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากด่างไปทำลายการจับตัวของลิกนินให้แยกออกจากสารเยื่อใยเหล่านั้น

ด้านการเพิ่มระดับเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย มีผลให้ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งและโปรตีนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เป็นผลจากเปลือกลำไยมีโปรตีนสูงกว่าฟางข้าว และมีลิกโนเซลลูโลสต่ำกว่าฟางข้าว โดยค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ระดับของเปลือกลำไย 75% และระดับของน้ำ 80% มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้ง และโปรตีนสูงที่สุด เมื่อแช่บ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ

การศึกษาในครั้งนี้ไม่พบปฏิสัมพันธ์กันระหว่างระดับของน้ำกับปริมาณเปลือกลำไยต่อการสลายตัวของโภชนะในเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย

วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 31(2): 52-60

Table 2 Degradability of nutrient in urea treated longan peel mixed with rice straw at 24 and 48 hrs. incubation time

Water (%)	Longan peel (%)	Nutrient (%)			
		Dry matter		Crude protein	
		24 hrs.	48 hrs.	24 hrs.	48 hrs.
100	0	27.23a	36.48a	28.47a	35.49a
	25	27.52a	37.60a	31.85b	38.52b
	50	29.77a	38.82b	33.25c	41.33c
	75	31.63b	40.42c	36.61d	43.45d
80	0	28.35a	36.37a	29.57a	38.40a
	25	29.85a	38.11a	33.45b	44.65b
	50	30.46a	40.38b	35.69c	47.27c
	75	34.13b	42.39c	41.58d	51.72d
A (water)		ns	ns	*	*
B (longan peel)		*	*	*	*
AB (water x longan peel)		ns	ns	ns	ns

Means within the same column with different common letters differ significantly (P<0.05)

สรุปผลการทดลอง

การหมักด้วยสารละลายยูเรียมีผลให้เปลือกลำไยและฟางข้าว มีความนุ่มและชุ่มน้ำเพิ่มขึ้น โดยโครงสร้างภายในผนังเซลล์มีการคลายตัวมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลให้คุณค่าทางอาหารสูงขึ้น โดยเฉพาะค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน การลดระดับน้ำในการหมักเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวด้วยยูเรียมีแนวโน้มทำให้คุณค่าทางอาหารสูงขึ้น (P>0.05) และการเพิ่มปริมาณเปลือกลำไยมีผลให้คุณค่าทางอาหารสูงขึ้นเช่นกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เถ้า เยื่อใยผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสลดลง แต่เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ระยะการแช่บ่มตัวอย่างในกระเพาะรูเมนเทียมที่นานขึ้น มีผลให้ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้ง และโปรตีนของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักยูเรียมีค่าสูงขึ้น ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อลดระดับน้ำและเพิ่มปริมาณเปลือกลำไย แต่การลดระดับน้ำมีผลต่อการสลายตัวของวัตถุแห้งอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นการปรับปรุงคุณค่าทางอาหารของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย จึงสามารถทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในเปลือกลำไยดีขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และอำนวยความสะดวกด้านสถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัย

Journal of Agr. Research & Extension 31(2): 52-60

เอกสารอ้างอิง

กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์. 2543. การปรุงแต่งคุณภาพฟางข้าวเพื่อเลี้ยงโคนม. **สัตว์บก** 7(82): 91-94.

กรมปศุสัตว์. 2550. **ผลการเปรียบเทียบการใช้ฟางข้าว ฟางหมักจุลินทรีย์ และฟางปรุงแต่งเป็นอาหารโคนม.** ผลงานวิจัยประจำปี 2550 กองอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 24 น.

ชานนท์ ศรีโรย. 2553. **ลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางอาหารของเปลือกและเมล็ดลำไยหมักร่วมกับฟางข้าว.** รายงานการค้นคว้าอิสระ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 36 น.

ชานนท์ ศรีโรย สมปอง สรวมศิริ ทองเลียน บัวจูม และจักรี มีแก้ว. 2555. การใช้สารเสริมในการหมักเปลือกและเมล็ดลำไยร่วมกับฟางข้าวต่อปริมาณกรดอินทรีย์และองค์ประกอบทางเคมี. **วารสารแก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 2)** 40: 541-544.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่. 202 น.

ภรณี อุทโยภาศ. 2541. **ชีววิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 193 น.

สายัณห์ ทัดศรี. 2540. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน: การผลิตและการจัดการ.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ลินคอล์น. 376 น.

สินีนาฏ พลโยราช และเมธา วรรณพัฒน์. 2550. **ผลของการใช้ยูเรียและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อคุณค่าทางโภชนะของฟางข้าวโดยวิธีถุงไนล่อน.** น. 360-370. ใน รายงานการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 3. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมคิด พรมมา และดำรัส ชาตรีวงศ์. 2549. ผลของระดับและระยะเวลาในการหมักฟางข้าวที่มีต่อการสลายในกระเพาะรูเมน โดยวิธี *In Sacco*. **วารสารสงขลานครินทร์** 28(4): 765-770.

สุธาทิพย์ หอยสังข์. 2553. **การศึกษาคุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของส่วนต่าง ๆ ของลำไย.** ปัญหาพิเศษสาขาโคนมและโคเนื้อ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 29 น.

สุรวุฒิ จันทร์ชู และนิรันดร หนักแดง. 2552. **การใช้วัสดุเหลือใช้เป็นอาหารสัตว์.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/km/th/index.php?option=comcontent&id=66&Itemid= 73 (24 กุมภาพันธ์ 2552).

สำนักงานส่งเสริมสินค้าเกษตร. 2556. **ปริมาณผลผลิตลำไย ปี 56 จังหวัดสำคัญ.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.agri.dit.go.th/wep_dit_sec3/admin/uploadfiles/upload_files/da8e968a-79b4-47d8-afbc-79809ff2acd9_ลำไย.pdf (8 สิงหาคม 2556).

AOAC. 1998. **Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists.** Maryland: Gaithersburg. 122 p.

Goering, H. K. and P. N. Van Soest. 1970. **Forage Fiber Analysis. USDA. Agriculture, Handbook No. 379.** Washington D.C. 118 p.

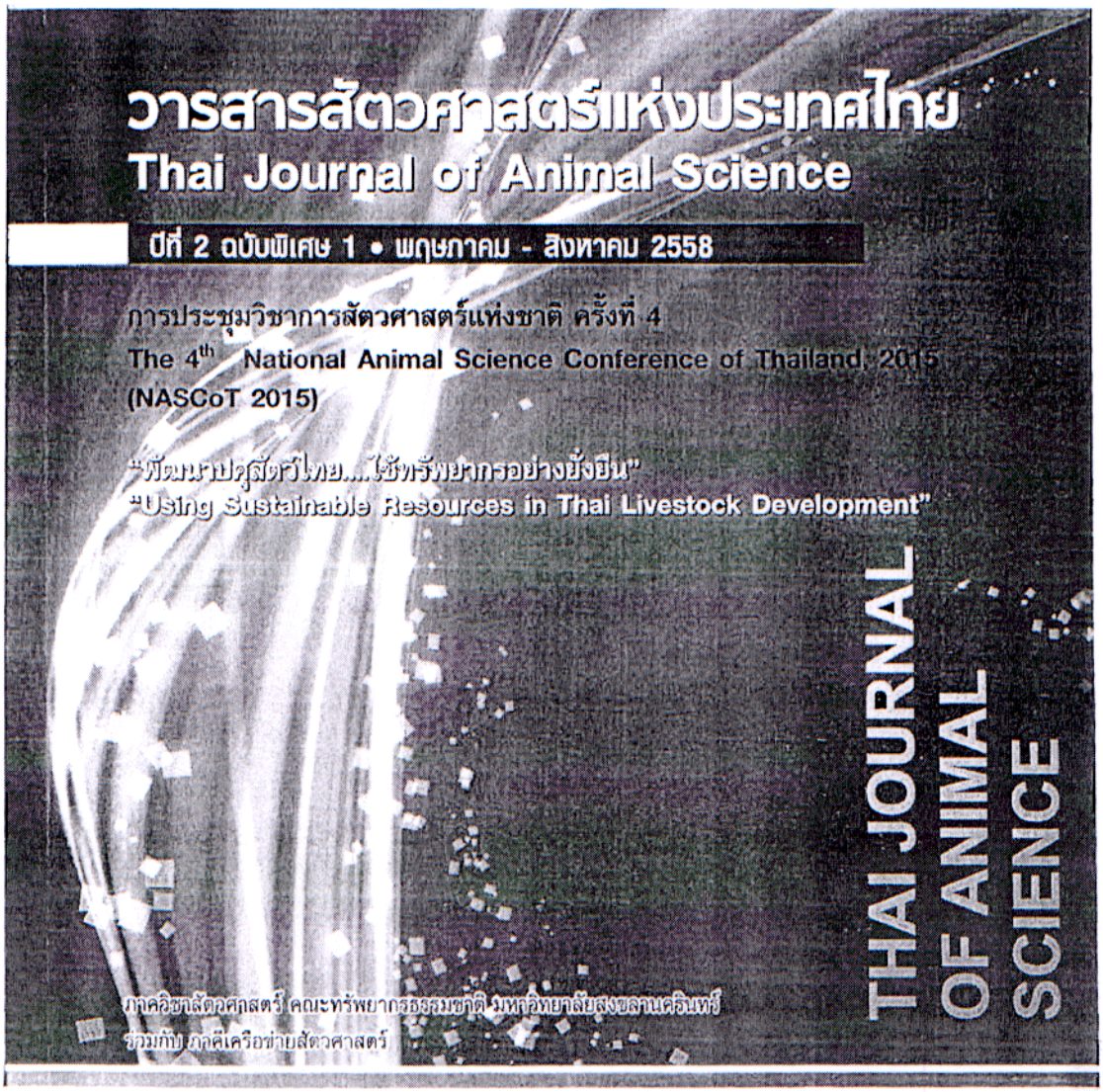
Holden, L. A. 1999. Comparison of methods of *In Vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **J. Dairy Science** 82: 1791-1794.

Liu, D., J. X. Liu, S. L. Zhu, X. J. Chen and Y. M. Wu. 2005. Histological investigation of tissues and cell wall of rice straw influenced by pretreatment with different chemicals and rumen degradation. **J. Anim. Feed Sci.** 14: 373-387.

Wanapat, M. and A. Cherdthong. 2009. Use of real-time PRC technique in studying rumen cellulolytic bacteria population as affected by level of roughage in swamp buffaloes. **Curr. Microbiol.** 58: 294-299.

Wanapat, M., S. Polyorach, K. Boonnop, C. Mapato and A. Cherdthong. 2009. Effects of treating rice straw with urea or urea and calcium hydroxide upon intake, digestibility, rumen fermentation and milk yield of dairy cows. **Livestock Science** 125: 238-243.

Wang J. K., J. X. Liu, J. Y. Li, Y. M. Wu and J. A. Ye. 2007. Histological and rumen degradation changes of rice straw stem epidermis as influenced by chemical pretreatment. **Anim. Feed Sci. Tech.** 136: 51-62.



ISSN 2351-0188

ผลของเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวหมักด้วยยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อค่าโลหิตวิทยาของแพะลูกผสม (ซาเนนxพื้นเมือง)

Effect of Urea Treated Longan Peels Mixed with Rice Straw as Roughage Source on Hematological Values of Crossbred Goats (SaanenxNative)

อภิชาติ หมั่นวิชา[1/] สมปอง สรวมศิริ[1/] และไพโรจน์ ศิลมั่น[1/]

Apichart Manwicha[1/] Sompong Sruamsiri[1/] and Pirote Silman[1/]

Abstract: Effect of urea treated longan peels mixed with rice straw as roughage source on hematological values of crossbred goats (SaanenxNative) was studied using Completely randomized design. Nine males average age (8-10 months) and weight (20±3.5 kg) were divided into 3 groups with different roughage source, namely: group 1=Napier Pakchong 1+urea treated longan peels mixed with rice straw (100:0), group 2=Napier Pakchong 1+urea treated longan peels mixed with rice straw (50:50) and group 3 = Napier Pakchong 1+urea treated longan peels mixed with rice straw (0:100). The result revealed that the packed cell volume, blood glucose and blood urea nitrogen (BUN) were not significant difference (P>0.05). So urea treated longan peels mixed with rice straw goats was.

Keywords: Urea treated longan peels mixed with rice straw, hematological values

[1/]คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1/]Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai,Thailand 50290

วารสารสัตวศาสตร์แห่งประเทศไทย ปีที่ 2 ฉบับพิเศษ 1: 357-362 (2558)

บทคัดย่อ: การศึกษาผลของเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อค่าโลหิตวิทยาของแพะลูกผสม (ซาเนนxพื้นเมือง) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยใช้แพะเพศผู้ อายุ 8-10 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 20±3.5 กิโลกรัม จำนวน 9 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามชนิดอาหารหยาบ คือ กลุ่มที่ 1 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย (100:0) กลุ่มที่ 2 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย (50:50) และกลุ่มที่ 3 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย (0:100) ผลการทดลอง พบว่าค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ระดับของกลูโคสในเลือด และค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นเปลือกลำไยจึงสามารถใช้ร่วมกับฟางข้าวหมักด้วยยูเรียเพื่อเลี้ยงแพะได้

คำสำคัญ: เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยข้าวยูเรีย ค่าโลหิตวิทยา

คำนำ

ปัญหาสำคัญในการผลิตแพะเนื้อและแพะนม เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด คือ การขาดแคลนปริมาณอาหารหยาบ และคุณภาพอาหารหยาบที่ใช้มีคุณภาพต่ำ เกษตรกรที่มีพื้นที่อย่างจำกัด จึงนิยมใช้เศษเหลือทางการเกษตร และเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตรเป็นอาหารแพะ ทั้งที่เศษเหลือดังกล่าวบางชนิดมีคุณค่าทางอาหารต่ำ ซึ่งมีผลเสียต่อการผลิตตามมา (บุญเหลือ, 2530) ดังนั้นการศึกษาเพื่อหาแหล่งอาหารหยาบชนิดใหม่ๆ เพื่อใช้เลี้ยงแพะ และสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดต่างๆ จึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะการนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับสัตว์ที่กำลังเจริญเติบโต เนื่องจากอาหารหยาบเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งในการพัฒนากระเพาะรูเมน (เทอดชัย, 2548) เปลือกลำไยเป็นเศษเหลือจากการแปรรูปลำไยอบแห้งหรือลำไยกระป๋องจากโรงงานแปรรูปทั้งระดับชุมชนและระดับอุตสาหกรรม การนำมาใช้ประโยชน์ในทางอาหารสัตว์ยังมีน้อยมาก ทั้งที่เป็นเศษเหลือที่มีปริมาณมากและหาได้ตลอดทั้งปี จากการวิเคราะห์เปลือกลำไย พบว่า มีเปอร์เซ็นต์โปรตีน เยื่อใย และไขมัน เท่ากับ 6.41, 37.04 และ 0.93 เปอร์เซ็นต์ในวัตถุแห้ง (ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์, 2552) คุณค่าทางอาหารในเปลือกลำไยจึงมีค่าเพียงพอที่จะใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ งานวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาผลของเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวหมักด้วยยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อค่าทางโลหิตวิทยาของแพะลูกผสม

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวหมักด้วยยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อค่าทางโลหิตวิทยาของแพะลูกผสม ใช้แพะทดลองเพศผู้ลูกผสม (ซาเนนxพื้นเมือง) จำนวน 9 ตัว อายุประมาณ 8-10 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 20±3.5 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) มี 3 กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่ 1 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวหมักยูเรีย (100:0) (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวหมักยูเรีย (50:50) และกลุ่มที่ 3 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวหมักยูเรีย (0:100) โดยให้แพะกินอาหารหยาบเต็มที่ (ad libitum) แพะทุกกลุ่มทดลองจะได้รับอาหารข้นผสมเองที่มี

โปรตีนรวม 14 เปอร์เซ็นต์ ในปริมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

นำเปลือกลำไยที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมลำไยอบแห้งในจังหวัดลำพูน มาคัดแยกเมล็ด และสิ่งปลอมปนออกโดยใช้ตะแกรงร่อน ใช้ฟางข้าวที่แยกเมล็ดด้วยเครื่องจักร (ฟางโม่) และอัดเป็นก้อนเก็บไว้ นำมาคลุกเคล้ากับเปลือกลำไยตามอัตราส่วนที่กำหนด คือ 75 : 25 : 80 (เปลือกลำไย : ฟางข้าว : น้ำ) แล้วบรรจุในถุงดำขนาด 25x30 นิ้ว ราดให้ทั่วด้วยสารละลายยูเรีย 6% เก็บไว้ 21 วัน ก่อนนำมาใช้ผสมร่วมกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงแพะ โดยให้อาหารวันละ 2 เวลา (8.00 น. และ 17.00 น.) ใช้ระยะเวลาทดลอง 105 วัน

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการเก็บตัวอย่างเลือดแพะทุกตัวในวันสุดท้ายของการทดลอง โดยเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำใหญ่ที่คอ (jugular vein) ในชั่วโมงที่ 0 (ก่อนกินอาหาร) และชั่วโมงที่ 4 (หลังการกินอาหาร) ครั้งละ 10 มิลลิลิตรต่อตัว จากนั้นถ่ายเลือดจากกระบอกฉีดยาปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดเก็บตัวอย่างเลือดซึ่งมี EDTA (ethylene diamine tetraacetate) เป็นสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดและถ่ายเลือดส่วนที่เหลือลงในหลอดเก็บตัวอย่างเลือด ตั้งหลอดใส่เลือดในกระติกน้ำแข็งจนแยกซีรั่ม (serum) แล้วดูดถ่ายซีรั่มใส่หลอดเก็บตัวอย่างและนำไปเก็บไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ-20 องศาเซลเซียส ส่งตัวอย่างไปที่โรงพยาบาลสัตว์เล็ก คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อวิเคราะห์หาค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) ด้วยวิธีการ Urea two steps enzymatic colorimetric test (โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Urea Liquicolor ของบริษัท Diagnostic ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน) วิเคราะห์ค่าน้ำตาลในเลือด (blood glucose, BG) และ ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (packed cell volume, PCV) ตามวิธีของ Tiffany et al. (1972)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าโลหิตวิทยาของกลุ่มทดลองโดยการวิเคราะห์วาเรียนซ์ (analysis of variance; ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของแพะทดลองทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยแพะในกลุ่มทดลองที่ 3 มีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด รองลงมาเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ตามลำดับ โดยมีค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 38.22±5.38, 36.63±10.17 และ 24.13±2.81 ดังแสดงใน Table 1

ผลวิเคราะห์ค่าโลหิตวิทยา (PCV, BG, BUN) (Table 1) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยกลุ่ม T3 มีค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (packed cell volume, PCV) ทั้ง 2 ช่วงเวลา มีแนวโน้มสูงขึ้นกว่ากลุ่ม T1 และ T2 คือ 37.67±3.06, 37.00±8.89 และ 34.00±3.00% (ที่ 0 ชั่วโมง) และ 37.00±3.61, 32.00±3.61 และ 34.67±5.03% (ที่ 4 ชั่วโมง) ตามลำดับ สอดคล้องกับ Hean (1995) รายงานค่าปกติของปริมาตรของเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแพะมีค่าอยู่ระหว่าง 22-38 เปอร์เซ็นต์ และค่าระดับของกลูโคสในเลือด (blood glucose) พบว่า ที่ 0 ชั่วโมงกลุ่ม T2 มีระดับกลูโคสในเลือดสูงกว่า T1 และ T3 (8.00±2.65, 7.67±1.53 และ 7.00±1.00 mg/dl ตามลำดับ) แต่ที่ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารพบว่าระดับกลูโคสในเลือดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกกลุ่มทดลอง โดยในกลุ่ม T2 มีระดับกลูโคสในเลือดสูงที่สุด รองลงมากลุ่ม T3 และ T1 ตามลำดับ (29.33±2.52, 26.33±3.06 และ 26.00±2.65 mg/dl) โดยค่าน้ำตาลกลูโคสในเลือดจากการทดลองอยู่ในภาวะปกติ (มีค่าระหว่าง 24-65 mg/dl) โดยค่าระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดต่ำจะบ่งชี้ถึงการ

วารสารสัตวศาสตร์แห่งประเทศไทย ปีที่ 2 ฉบับพิเศษ 1: 357-362 (2558)

ขาดอาหารพลังงานหรือได้รับอาหารไม่เพียงพอ (กฤตพล, 2550) ในส่วนระดับของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) พบว่าหลังจากให้อาหารค่า BUN มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกกลุ่มทดลอง โดยในกลุ่ม T3 มีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือกลุ่ม T2 และ T1 ตามลำดับ (22.90±6.04, 18.57±4.10 และ 14.33±3.21 mg/dl) โดยปกติปริมาณยูเรียไนโตรเจนในเลือดของแพะมีค่าอยู่ระหว่าง 12.6-28.0 mg/dl พลาสมา ซึ่งค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือดจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ระดับโปรตีนที่สัตว์ได้รับ การย่อยได้ของโปรตีน ระดับพลังงาน และการสลายตัวของโปรตีนในร่างกาย (เมธา, 2529; เทอดชัย, 2548) มีค่าระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือดของกลุ่ม T3 สูงที่สุด หลังจากกินอาหาร 4 ชั่วโมง อาจแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักสามารถใช้ประโยชน์จากเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวหมักด้วยยูเรียได้ สอดคล้องกับโชคชัย (2536) ที่รายงานว่าค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือดจะสูงขึ้นหลังจากสัตว์ได้รับอาหาร

สรุปผลการทดลอง

สามารถใช้เปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงแพะได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ และอุปกรณ์ในการวิจัย

Table 1 Blood glucose, blood urea nitrogen and packed cell volume

Items	T1	T2	T3	SEM	P-value
Growth performance					
Initial average weight (kg)	17.87±1.83	17.03±1.40	17.32±0.86	0.72	0.916
Final average weight (kg)	21.71±2.57	19.57±1.68	21.33±0.44	0.95	0.681
Average weight gain (g/d)	36.63±10.17	24.13±2.81	38.22±5.38	4.08	0.346
PCV (%)					
0 h.	37.00±8.89	34.00±3.00	37.67±3.06	1.71	0.802
4 h.	32.00±3.61	34.67±5.03	37.00±3.61	1.40	0.392
Glucose (mg/dl)					
0 h.	7.67±1.53	8.00±2.65	7.00±1.00	0.56	0.804
4 h.	26.00±2.65	29.33±2.52	26.33±3.06	0.95	0.331
BUN (mg/dl)					
0 h.	13.53±2.30	15.37±2.03	22.00±5.54	1.67	0.065
4 h.	14.33±3.21	18.57±4.10	22.90±6.04	1.82	0.154

เอกสารอ้างอิง

กฤตพล สมมาตย์. 2550. โภชนพลังงานศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 183 หน้า.

โชคชัย ตรีวิโรจน์. 2536. ภาวะยูเรียในเลือดของโคนมที่อยู่ระหว่างการให้นม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาสัตวบาลคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 84 หน้า.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2548. โภชนะศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่ 5. เชียงใหม่, ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 357 หน้า.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 202 หน้า.

บุญเหลือ เร่งศิริกุล. 2530. การทำเกษตรแบบผสมผสาน. การเลี้ยงแพะ-แกะ. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม.

ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์. ผลวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร. 2552. เปลือก และเมล็ดลำไย. ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

เมธา วรรณพัฒน์. 2529. โภชนะศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 387 หน้า.

Hean P.J. 1995. Principle of Hematology. Wm. C. Brown Publishers U.S.A.

Tiffany, T.O., J.M. Jansen, C.A. Burtis, J.B. Overton and C.D. Scott. 1972. Enzymatic xenetic rate and end-point analyses of substrate by use of a GEMSAEC fasta analyzer. Clim. Chem. 18: 829-834.

ภาคผนวก ข

ประวัตินักศึกษา

ประวัตินักศึกษา

ชื่อ–นามสกุล	นายอภิชาติ หมั่นวิชา	
เกิดเมื่อ	3 กรกฎาคม 2520	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2547	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ (โคนม-โคเนื้อ) คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2551 – ปัจจุบัน	นักวิชาการสัตวบาล คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ผลงานทางวิชาการ

ประมวล เดชคง, ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ, ธนนันท์ ศุภกิจจานนท์ และ_อภิชาติ หมั่นวิชา. 2555. สมรรถนะการเจริญเติบโตของโคขาวลำพูนที่ เสริมด้วยผลลำไยหรือกากน้ำตาล. **แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 2)**, 40, 145-148.

Sruamsiri, S., A. Manwicha. and P. Mahaprom. 2014. The use of longan by-products as supplemented roughage on growth performance of growing cattle. pp. 108-112. In **Production of the 16th AAAP Congress Sustainable Livestock,** Nov. 10–14th Yogyakarta, INDONESIA.

อภิชาติ หมั่นวิชา, สมปอง สรวมศิริ, สกล ไข่คำ และไพโรจน์ ศิลมั่น. 2557. ลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางอาหาร และการย่อยได้ ศึกษาโดยวิธี *In vitro* Digestibility ของโภชนะในเปลือกลำไยผสมฟางข้าวหมักด้วยยูเรีย. **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร**, 31(2), 52-60.

ปณัท สุขสร้อย, สมปอง สรวมศิริ และ อภิชาติ หมั่นวิชา. 2557. ลักษณะทางกายภาพ คุณค่าทางอาหาร และการสลายตัวของ โภชนะของเปลือกลำไยหมักร่วมกับหญ้ากินนี. **วารสารการเกษตรราชภัฏ**, 13, 47-55.

อภิชาติ หมั่นวิชา, สมปอง สรวมศิริ และ ไพโรจน์ ศิลมั่น. 2558. ผลของเปลือกลำไยร่วมกับฟางข้าวหมักด้วยยูเรียเป็นแหล่งอาหาร หยาบต่อค่าโลหิตวิทยาของแพะลูกผสม. น. 357-361. ใน **การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 4**. สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมปอง สรวมศิริ, ไพโรจน์ วงศ์พุทธิสิน, อภิชาติ หมั่นวิชา และ ไพโรจน์ ศิลมั่น. 2558. ลักษณะทางกายภาพของรำหยาบที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยเอนไซม์ หยาบจากก้อนเห็ดเก่า. น. 235-240. ใน **การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติ ครั้งที่ 4.** สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เบญจมาศ ก้อนแก้ว, อภิชาติ หมั่นวิชา, สมปอง สรวมศิริ, ภาณุพงศ์ มหาพรหม และ ไพโรจน์ ศิลมั่น. 2559. การศึกษาเปรียบเทียบน้ำหนักตัวและขนาดของร่างกายของลูกแพะพันธุ์แบล็คเบงกอลที่เกิดจากพ่อพันธุ์ที่นำเข้าและพ่อพันธุ์ที่เกิดในประเทศ. **แก่นเกษตร**, 44(1), 499-504.