

คุณค่าทางโภชนาของหญ้าอมริช

แพรวพรรณ เครือมังกร^{1/} สุรนนท์ น้อยอุทัย^{2/} วรรณ อ่างทอง^{2/}

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาของหญ้าอมริช 2 การทดลองโดยวิธีการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) และโดยใช้สัตว์ทดลอง (*in vivo*) ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาท ระหว่างเดือนตุลาคม 2541 ถึงเดือนมีนาคม 2545 โดยการทดลองที่ 1 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาของหญ้าอมริชที่อายุการตัด 30 45 และ 60 วัน โดยวิธี *in vitro* ได้แก่การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยวิธี Proximate ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (DMD) และค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ(OMD) ด้วยวิธีการใช้ถุงไนลอน (nylon bag technique) ในตัวสัตว์ และด้วยวิธีการใช้เอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส (pepsin-cellulase technique) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) ด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊ส (gas test) การทดลองที่ 2 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาของหญ้าอมริชอายุ 45 วัน โดยวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยวิธี Proximate ได้แก่โปรตีนหยาบ ไขมัน เยื่อใยหยาบ เถ้าและคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งศึกษาคุณค่าโภชนาที่ย่อยได้และค่าพลังงาน (TDN DE และ ME) ของหญ้าอมริชในโคนมสาว (*in vivo*)

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาของหญ้าอมริชที่อายุการตัด 30 45 และ 60 วัน โดยวิธีการทางห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) พบว่าหญ้าอมริชที่อายุ 30 วันเป็นอาหารหยาบคุณภาพดีมากโดยมีโปรตีนหยาบ 11.33 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 45 และ 60 วันเป็นอาหารหยาบคุณภาพปานกลาง มีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 5.67 – 6.47 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (DMD) เมื่อทดสอบด้วยวิธีใช้ถุงไนลอนและเอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส อยู่ในช่วง 59.0 – 62.6 เปอร์เซ็นต์ และ 43.11 – 52.68 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ(OMD) เมื่อทดสอบด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สและใช้เอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลสอยู่ในช่วง 53.05 – 58.72 และ 34.63 – 47.89 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) เมื่อทดสอบโดยการวัดปริมาณแก๊สอยู่ในช่วง 6.8 – 7.52 MJ/kgDM

ค่าโภชนาที่ย่อยได้และค่าพลังงานของหญ้าอมริชในตัวสัตว์ (*in vivo*) โดยให้โคได้รับหญ้าอมริชแห้งที่อายุการตัด 45 วัน เสริมด้วยกากถั่วเหลืองในสัดส่วน 90:10 80:20 และ 70:30 พบว่ามีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DDM) 56.62 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุ (DOM) 60.97 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ(DCP) 49.55 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน(DEE) 46.74 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย(DNFC) 52.92 เปอร์เซ็นต์ และ ยอดโภชนาที่ย่อยได้ (TDN) 56.25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพลังงานที่ย่อยได้ (DE) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) เท่ากับ 7.75 และ 8.94 MJ/kgDMตามลำดับ

เลขทะเบียนวิจัย 43(1)(42:1)-0514-016

^{1/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

^{2/} กลุ่มวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์

A Study on Nutritive Values of Mauritius Grass (*Brachiaria mutica*)

Phrawphan Khuamangkorn^{1/} Suranant Noiuthai^{2/} Wanna Angthong^{2/}

Abstract

The experiment was conducted to study on nutritive value of Mauritius grass at chainat Animal Nutrition Research and Development Center during October 1998 to March 2000. The study was divided into 2 experiments. The first was carried out to study the nutritive value of Mauritius grass at 30, 45 and 60 days harvesting estimated by *in vitro*, the nutritive values were determined for chemical composition by proximate analysis, dry matter digestibility (DMD) and organic matter digestibility (OMD) estimated by nylon bag and enzyme pepsin-cellulase technique. Metabolizable energy (ME) estimated by gas test. The second experiment was carried out to study the nutritive value of Mauritius grass at 45 harvesting. The nutritive value were determined for chemical composition by proximate analysis and nutritive value digestibility of Mauritius grass by digestion trial in dairy cow (*in vivo*)

In vitro methods, the nutritive value composition of Mauritius grass at 30 day harvesting, the result showed that the crude protein was 11.3% and 45 and 60 days harvesting the result showed that the crude protein were 5.67 - 6.47%. The dry matter digestibilities (DMD) values determined by nylon bag and pepsin - cellulase were 59.0 – 62.6% and 43.11 – 52.68% organic matter digestibility (OMD) values determined by gas test and pepsin-cellulase were 53.05 – 58.72% and 34.63 – 47.89 %. Metabolizable energy (ME) values by gas test were 6.8 - 7.52 MJ/kg.DM.

In vivo methods was carried out by digestion trial in cattle. The animal received different ratio of Mauritius grass hay at 45 days harvesting and soy bean meal, included; 90:10, 80:20 and 70:30. The results indicated that *in vivo* digestibility of Mauritius grass were 56.62%DMD, 60.97%OMD 49.55%DCP, 46.74%DEE, 52.92%DNFC and 56.25%TDN. The digestibility of DE and ME were 7.75 and 8.94 MJ/kgDM.

Research Project No. 43(1) (42:1)-0514-016

^{1/} Nakornratchasima Animal Nutrition Research and Development Center. Nakornratchasima Province.

^{2/} Feed and Forage Analysis Section, Animal Nutrition Division.

คำนำ

อาหารหยาบเป็นอาหารหลักในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง การที่จะทราบว่าอาหารมีองค์ประกอบทางเคมีอย่างไร หรือมีโภชนะมากน้อยเพียงใด สามารถตรวจสอบได้โดยการวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของคุณค่าทางอาหารสัตว์ของหญ้าอาหารสัตว์ได้แก่พันธุ์หญ้าที่ใช้ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการปลูกดูแลรักษา ปริมาณน้ำฝนและการแพร่กระจายของฝน รวมทั้งอายุของหญ้าที่ตัดนำไปใช้ประโยชน์ การตัดหญ้าแต่ละครั้งมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงักประมาณ 6-18 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และถ้าตัดหญ้าบ่อยครั้งเกินไป จะทำให้ลดการสะสมคาร์โบไฮเดรต (Brown and Blaser, 1965) เพราะพืชต้องนำไปใช้ในการเจริญเติบโต การตัดหญ้าที่มีอายุการตัดมากขึ้น จะมีผลให้ ปริมาณโปรตีนหยาบลดลง (พิมพาพรและคณะ, 2535) และจากรายงานของสายัณห์และคณะ (2539) กล่าวว่าเมื่อพืชอายุมากขึ้นเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบภายในพืชจะลดลง แต่ตรงกันข้ามกับเปอร์เซ็นต์ของเยื่อใยกลับเพิ่มขึ้น

หญ้ามอริซัส (*Brachiaria mutica*) เป็นหญ้าอาหารสัตว์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพน้ำท่วมขัง และเป็นพืชที่มีอายุหลายปี กระจายพันธุ์ได้ง่าย โดยการแตกหน่อใหม่ มีคุณค่าทางโปรตีนหยาบประมาณ 6 -10 เปอร์เซ็นต์ (กองอาหารสัตว์, 2539) หญ้ามอริซัสเป็นหญ้าอาหารสัตว์ชนิดหนึ่งที่กองอาหารสัตว์แนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง จากการศึกษาของ Hare และคณะ (1999) พบว่าหญ้ามอริซัสแห่งที่อายุการตัด 30 45 และ 60 วัน มีปริมาณโปรตีนหยาบเท่ากับ 10.9 6.0 และ 7.7 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งตามลำดับ การตัดหญ้าที่อายุมากขึ้นมีผลให้โปรตีนหยาบลดลง (พิมพาพรและคณะ, 2535) แต่เยื่อใยจะเพิ่มมากขึ้น ขณะนี้กองอาหารสัตว์มีแต่ข้อมูลส่วนประกอบทางเคมีของหญ้ามอริซัสเท่านั้น แต่ยังขาดข้อมูลคุณค่าทางโภชนะที่สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้ เช่นค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของโปรตีนหยาบ ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ฯลฯ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความจำเป็นในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ หรือการพิจารณาว่าสัตว์ได้รับโภชนะเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เพื่อการให้ผลผลิตหรือไม่ การศึกษาคุณค่าทางโภชนะวิธีที่ดีที่สุด ได้ผลที่มีความถูกต้องคือวิธีการใช้สัตว์ทดลอง (*in vivo*) แต่วิธีนี้ต้องใช้แรงงาน เวลา และค่าใช้จ่ายมาก ในขณะที่วิธีการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) ซึ่งได้มีการปรับปรุงพัฒนาให้ดีขึ้นจะเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัด เช่นการหาค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งโดยวิธีใช้ถุงไนลอน (nylon bag technique) การหาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้โดยวิธี Hohenheim Gas Test เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องศึกษาคุณค่าทางโภชนะหญ้ามอริซัสที่อายุการตัด 30 45 และ 60 วัน ด้วยวิธีการในห้องปฏิบัติการ และที่อายุการตัด 45 วันด้วยวิธีการในสัตว์ เพื่อให้ทราบคุณค่าทางโภชนะโดยเฉพาะค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในตัวสัตว์ของหญ้ามอริซัสจากผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ดำเนินการศึกษาที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาท ต.บางหลวง อ.สรรพยา จ.ชัยนาท ระหว่างเดือนตุลาคม 2541-มีนาคม 2545 โดยศึกษาในส่วนของหญ้าอมริชส์ แบ่งการทดลองเป็น 2 งานทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในห้องปฏิบัติการ

1. การเตรียมตัวอย่าง เก็บตัวอย่างหญ้าอมริชส์แห่งที่อายุการตัด 30 45 และ 60 วัน ที่ได้จากแปลงรวบรวมพันธุ์ของสถานีพัฒนาอาหารสัตว์และศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์จำนวน 32 แห่ง นำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร สำหรับวิเคราะห์ค่า Proximate ด้วยวิธีของ AOAC การย่อยสลายของวัตถุแห้ง และการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุตามวิธีของ McLeod และ Minson และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ตามวิธีของ Menke และ Steingass และบดตัวอย่างขนาด 2 มิลลิเมตร สำหรับวิเคราะห์ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งโดยใช้ถุงไนลอนตามวิธีของ Orskov และ คณะ

2. การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของหญ้าอมริชส์

2.1 วิเคราะห์ค่า Proximate ได้แก่ วัตถุแห้ง (DM) โปรตีนหยาบ (CP) เยื่อใยหยาบ (CF) ไขมัน (EE) เถ้า (Ash) และ คาร์โบไฮเดรต (NFE) ตามวิธีของ AOAC(1990)

2.2 ค่าการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (Dry Matter Digestibility ,DMD) โดยวิธีใช้ถุงไนลอน (nylon bag technique) ตามวิธีของ Orskov และคณะ (1988) โดยการชั่งตัวอย่างหญ้าอมริชส์ที่อายุการตัด 30 45 และ 60 วันหนัก 3 - 4 กรัมใส่ในถุงไนลอน ขนาด 8x13 เซนติเมตร (ขนาดของรู 58 ไมครอน) จำนวนชนิดละ 3 ถุงแล้วนำไปจุ่มในกระเพาะรูเมนของโคพันธุ์บราห์มันเจาะกระเพาะจำนวน 3 ตัว โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 420 กิโลกรัม เลี้ยงด้วยหญ้าอูรีที่แห้ง และให้อาหารข้นโปรตีนหยาบ 15 เปอร์เซ็นต์ ประมาณวันละ 2 กิโลกรัมต่อตัว ใช้เวลานาน 0 4 8 12 24 48 และ 72 ชั่วโมง จากนั้นนำถุงตัวอย่างออกจากกระเพาะรูเมน ล้างด้วยน้ำสะอาดจนน้ำใส บีบน้ำออกจากถุงเบาๆ นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C จนแห้งสนิท ชั่งน้ำหนักถุงและอาหารที่เหลือแล้วนำตัวอย่างในถุงที่เหลือมาหาค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่ระยะเวลาต่างๆ กัน แล้วนำค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่ชั่วโมงต่างๆ เข้าโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen,1995) เพื่อคำนวณหาค่าการย่อยสลายโดยใช้สมการ $P = a + b(1 - e^{-ct})$ โดยที่ P = ปริมาณการย่อยสลายที่เวลา t ส่วน a b และ c เป็นค่าคงที่โดย

- | | | |
|---|---|---------------------------------|
| a | = | ปริมาณที่ย่อยสลายได้ทันที |
| b | = | ปริมาณการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน |
| c | = | อัตราการย่อยสลาย ของ b |

จากนั้นนำค่า a , b และ c รวมทั้งอัตราการไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะรูเมน (k) มาประเมินค่าการย่อยสลายของอาหาร (Effective Degradability, ED) โดยใช้สมการ $ED = a + bc/(k+c)$ โดยให้ k มีค่าเท่ากับ $0.02^{-1}hr$ ซึ่งกำหนดให้เป็นอัตราการไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะรูเมนที่ระดับดำรงชีพ (Webster, 1992)

2.3 การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter Digestibility, OMD) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable Energy, ME) โดยการวัดปริมาณแก๊ส (Hohenheim Gas Test) ประเมินตามวิธีของ Menke และ Steingass (1988) โดยชั่งตัวอย่างหญ้าหมักประมาณ 200 มิลลิกรัมน้ำหนักแห้งใส่ลงในหลอดแก้ว syringe เติมน้ำละลาย rumen liquor buffer จำนวน 30 มิลลิลิตรนำไป incubate ที่อุณหภูมิ $39^{\circ}C$ นาน 24 ชั่วโมง อ่านค่าแก๊สที่เกิดขึ้น แล้วนำค่าปริมาณแก๊ส (หลังจากปรับค่าโดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐานแล้ว) รวมทั้งส่วนประกอบทางเคมีมาคำนวณปริมาณการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ โดยใช้สมการ ของ Menke และ Steingass (1988) คือ

$$OMD(\%) = 16.49 + 0.9042GP + 0.0492XP + 0.0387XA \quad (R^2=93)$$

$$ME(MJ/kg) = 2.43 + 0.1206GP + 0.0069XP + 0.0187XL \quad (R^2=94)$$

โดยที่ GP = ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นเมื่อ incubate ตัวอย่างนาน 24 ชั่วโมง (ml/200mgDM feed) ส่วน XP XA และ XL เป็นปริมาณของโปรตีนหยาบ เถ้า และ ไขมัน (g/kg.DM)ตามลำดับ

2.4 การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (Dry Matter Digestibility, DMD) และอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter Digestibility, OMD) โดยใช้เอนไซม์เพปซิน - เซลลูเลส (pepsin – cellulase technique) ตามวิธีการของ McLeod และ Minson (1978) โดยการชั่งตัวอย่างหญ้าหมักน้ำหนัก 0.5 กรัม ลงในหลอดทดลองขนาด 100 มิลลิลิตร ใส่สารละลาย HCl-pepsin ปริมาณ 50 มิลลิลิตร แล้วนำไป incubate ที่อุณหภูมิ $39^{\circ}C$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาปั่นตกตะกอนตัวอย่างแล้วดูดสารละลายทิ้ง ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นแล้วจึงเติมสารละลาย cellulase-acetate buffer ปริมาณ 50 มิลลิลิตรนำไป incubate ที่อุณหภูมิ $39^{\circ}C$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาปั่นตกตะกอนตัวอย่างแล้วดูดสารละลายทิ้งล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น นำกากที่เหลือไปอบที่อุณหภูมิ $100^{\circ}C$ เพื่อหาค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD) แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ $550^{\circ}C$ เพื่อหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD)

3. นำข้อมูลจากการวิเคราะห์มาหาค่าเฉลี่ย

การทดลองที่ 2 การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของหญ้าหมักในโคนม

ดำเนินการในช่วงเดือนพฤษภาคม – สิงหาคม 2544 โดยทำการศึกษาค่าทางโภชนาการ โดยวิธี Total feed and faeces measurement (Wicks, 1983) ตามแผนการทดลองแบบ Latin Square โดยใช้โคนมสาวพันธุ์ Australian Friesian Sahiwal (AFS) สายเลือด 62.5 เปอร์เซนต์ อายุประมาณ 5 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 340 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว ทำการถ่ายพยาธิและปรับสภาพโคก่อนการทดลอง

อาหารทดลองใช้หญ้าอมริซัสแห้งอายุ 45 วัน สับให้มีขนาด 2-3 นิ้ว เพื่อไม่ให้สัตว์เลือกกิน ผสมอาหารขึ้นคือกากถั่วเหลืองโดยจัดสัดส่วนเป็น 3 ระดับ เพื่อให้มีปริมาณโปรตีนและพลังงานเพียงพอ สำหรับการดำรงชีพ (maintenance) ของสัตว์ (NRC, 1988) ดังนี้

หญ้าอมริซัส+ กากถั่วเหลือง สัดส่วน 90:10 (D1)

หญ้าอมริซัส + กากถั่วเหลือง สัดส่วน 80:20 (D2)

หญ้าอมริซัส + กากถั่วเหลือง สัดส่วน 70:30 (D3)

หญ้าอมริซัส + กากถั่วเหลือง สัดส่วน 60:40 (D4)

โดยกำหนดช่วงการทดลองดังนี้

ระยะเวลา	โคตัวที่ 1	โคตัวที่ 2	โคตัวที่ 3	โคตัวที่ 4
ช่วงที่ 1	D1	D2	D3	D1
ช่วงที่ 2	D2	D3	D1	D2
ช่วงที่ 3	D3	D1	D2	D3
ช่วงที่ 4	D1	D2	D3	D1

ระยะเวลาในการทดลองแต่ละช่วง 26 วัน แบ่งการทดลองได้ดังนี้

1. ระยะปรับสัตว์ (preliminary period) เพื่อปรับสัตว์ให้คุ้นเคยกับอาหารทดลองและอุปกรณ์การทดลองเช่นอุปกรณ์เก็บปัสสาวะใช้เวลา 21 วัน โดยสัตว์ทดลองจะได้รับอาหารเต็มที่ปริมาณ 2.0 - 2.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว แบ่งให้กินวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) โดยโรยกากถั่วเหลืองทับบนหญ้าอมริซัส มีแร่ธาตุชนิดก้อนแขวนไว้ให้กินและมีน้ำให้กินตลอดเวลา ใช้เวลาการทดลองช่วงนี้ 14 วัน จากนั้นจึงลดปริมาณอาหารโดยจำกัดอาหารให้เหลือเพียง 90 - 95 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้เต็มที่ เพื่อหลีกเลี่ยงปริมาณอาหารเหลือ ใช้เวลาการทดลองช่วงนี้ 7 วัน

2. ระยะเก็บข้อมูล (collection period) ทำการบันทึกปริมาณการกินอาหาร ปริมาณมูลและปัสสาวะของโคเป็นรายตัว และรายวันเป็นเวลา 5 วัน

การเก็บมูล เก็บปัสสาวะ เก็บมูลและปัสสาวะโคทุกตัว ทุกวัน โดยใช้อุปกรณ์กรวยแยกมูลและปัสสาวะที่ยึดติดกับตัวโค ปัสสาวะจะถูกเก็บในถังขนาด 50 ลิตร ที่มีกรด H_2SO_4 ความเข้มข้น 18 N. ปริมาณ 100 มิลลิลิตร เพื่อรักษาไนโตรเจนในปัสสาวะไม่ให้สูญเสียไปและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่ให้ มูล และปัสสาวะของโคเป็นรายตัว โดยทำการสุ่มเก็บมูลวันละ 5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ $60^{\circ}C$ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักแห้ง และสุ่มปัสสาวะวันละ 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละช่วง นำมูลและปัสสาวะที่เก็บในแต่ละวันมารวมกันเป็นรายตัว และนำไปวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีหาค่า Proximate ตามวิธีของ AOAC (1990) วิเคราะห์ค่า

Detergent fiber ตามวิธีของ Goering และ Van Soest (1970) และค่าพลังงาน แล้วคำนวณค่าโภชนาที่ ย่อยได้และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้จากสมการดังต่อไปนี้

1. ปริมาณโภชนาที่ย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีนหยาบ เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน โดยใช้สูตรของ Minson และคณะ(1976)

$$\text{ปริมาณโภชนาที่ย่อยได้ (\%)} = \frac{(\text{ปริมาณโภชนาที่กิน} - \text{ปริมาณโภชนาในมูล}) \times 100}{\text{ปริมาณโภชนาที่กิน}}$$

2. ยอดโภชนาที่ย่อยได้ (Total digestible nutrient,TDN) โดยใช้สูตร NRC (1988)

$$\%TDN = DCP + DNDF + DNFC + (DEE \times 2.25)$$

เมื่อ DCP, DNDF, DNFC และ DEE คือปริมาณโภชนาที่ย่อยได้ของโปรตีนหยาบ, เยื่อใย(NDF) คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย และไขมัน ตามลำดับ

3. ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) โดยคำนวณจากค่า TDN ตามสมการของ NRC(1988)

$$ME(MJ/kgDM) = -0.45 + (0.04453\%TDN)$$

วิเคราะห์ข้อมูลการย่อยได้ของหญ้าอมริชส์โดยใช้ General Linear Model มีปัจจัย คือ ตัว สัตว์และสัดส่วนของอาหารหยาบ(หญ้าอมริชส์)และอาหารข้น (กากถั่วเหลือง) วิเคราะห์ความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยโดย Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) ในโปรแกรม SAS (1987) จากนั้นนำค่า โภชนาที่ได้มาสร้างสมการ ของหญ้าอมริชส์โดยใช้ Linear regression

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาในห้วงปฏิบัติการ

1. ส่วนประกอบทางเคมี

เมื่อนำหญ้าอมริชส์จากแปลงรวบรวมพันธุ์ของศูนย์และสถานีที่อายุการตัด 30 ,45 และ 60 วัน จำนวน 40 ตัวอย่าง เมื่อนำมาวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยวิธี proximate พบว่าค่าที่ได้จะแตกต่างกันมากอาจเกิดจากสภาพดิน หรือปริมาณการใส่ปุ๋ย การจัดการดูแลที่แตกต่างกัน จึงได้เลือกค่าที่ใกล้เคียงกันจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันได้เพียง 6 ตัวอย่างของแต่ละอายุการตัด นำมาหาค่าเฉลี่ย จาก การศึกษาพบว่าหญ้าอมริชส์ที่อายุการตัด 30 วัน (ตารางที่ 1) มีปริมาณโปรตีนหยาบ เยื่อใย และเถ้า เท่ากับ 11.33 26.56 และ11.87 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ที่อายุการตัด 45 วันมีค่าเท่ากับ 6.47 30.74 และ 11.02 เปอร์เซนต์ตามลำดับ และที่อายุ 60 วันมีค่า CP CF และ Ash เท่ากับ 5.67 29.85 และ 10.50 เปอร์เซนต์ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าอมริชส์อายุการตัดต่างๆ กัน (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง)

อายุการตัด	DM	CP	EE	CF	Ash	NFE
อายุการตัด 30 วัน	90.61	11.33	1.86	26.56	11.87	48.39
อายุการตัด 45 วัน	90.95	6.47	1.00	30.74	11.02	50.77
อายุการตัด 60 วัน	91.16	5.67	1.06	29.85	10.50	52.93

เมื่อเทียบกับงานทดลองของ Hare และคณะ (1999) ที่พบว่าหญ้าอมริชส์ที่อายุการตัด 30 และ 45 วันมีค่าโปรตีนหยาบเท่ากับ 10.9 และ 6.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองนี้ แต่หญ้าอายุ 60 วันมีโปรตีนหยาบ 7.7 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าการทดลองนี้ จากการทดลองนี้หญ้าอมริชส์ที่อายุการตัด 30 วัน มีโปรตีนหยาบ 11.33 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพดีมาก (โปรตีนหยาบ 11.0 – 13.9 เปอร์เซ็นต์) ที่รายงานโดยวิทยาและคณะ (2547) สำหรับที่อายุ 45 และ 60 วัน มีค่าโปรตีนหยาบ 6.47 และ 5.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพปานกลาง (โปรตีนหยาบ 5.0 – 7.9 เปอร์เซ็นต์)

2. ค่าการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (DMD) โดยวิธีใช้ถุงไนลอน (nylon bag technique)

ผลการศึกษา พบว่า หญ้าอมริชส์ที่อายุการตัด 30 45 และ 60 วัน มีลักษณะการย่อยสลายในรูเมนคล้ายคลึงกันคือ จะถูกย่อยสลายได้เร็วในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงแรก และจะเริ่มย่อยสลายช้าลงในช่วงเวลาถัดมาที่ 24 – 72 ชั่วโมง (ตารางที่ 2) หญ้าอมริชส์ที่อายุการตัด 30 45 และ 60 วันมีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 62.6 59.7 และ 59.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การย่อยสลายของวัตถุแห้งโดยวิธีใช้ถุงไนลอน

ปริมาณการย่อยสลาย(%)ที่		อายุการตัด(วัน)		
		30	45	60
0	ชั่วโมง	21.0	21.0	19.7
2	ชั่วโมง	20.3	20.6	19.4
4	ชั่วโมง	24.6	22.3	22.6
8	ชั่วโมง	31.1	26.4	27.5
12	ชั่วโมง	38.2	33.8	34.4
24	ชั่วโมง	51.7	48.7	48.4

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ปริมาณการย่อยสลาย(%)ที่		อายุการตัด(วัน)		
		30	45	60
48	ชั่วโมง	62.6	59.7	59.0
72	ชั่วโมง	66.6	61.8	62.0
a		15.3	14.5	14.2
b		53.1	50.9	50.5
c		0.047	0.042	0.044
Effective Degradability(%)		52.7	49.3	49.1

หมายเหตุ ค่า Effective Degradability (ED) คำนวณโดยใช้สูตร $ED = (a+bc)/(k+c)$ โดยที่
 a - ปริมาณการย่อยได้ที่ 0 ชั่วโมง, b - ปริมาณการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน
 c - อัตราการย่อยสลาย และ k - อัตราการไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะรูเมน ($0.02^{-1}hr$)

เมื่อกำหนดเป็นปริมาณ การย่อยสลายของอาหาร (Effective Degradability, ED) พบว่าที่อายุการตัด 30 45 และ 60 วันมีค่าเท่ากับ 52.7 49.3 และ 49.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเทียบกับงานทดลองของพิมพาพรและคณะ(2535) ค่าการย่อยสลายของวัตถุดิบของหญ้าอริซัสที่อายุการตัด 45 และ 60 วันมีค่าเท่ากับ 63.0 และ 58.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ความแตกต่างนี้น่าจะมาจากหญ้าอริซัสที่ใช้ในงานทดลองของพิมพาพรและคณะ (2535) มีคุณค่าทางโภชนาการดีกว่าหญ้าที่ใช้ในงานทดลองนี้ คือมีโปรตีนหยาบ 7.7 และ 6.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่หญ้าที่ใช้ในการทดลองนี้มีโปรตีนหยาบ 6.47 และ 5.67 เปอร์เซ็นต์ที่อายุการตัด 45 และ 60 วัน

3. การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME)โดยวิธีวัดปริมาณแก๊ส

จากการทดสอบการย่อยสลายของหญ้าอริซัสที่อายุการตัดต่างๆ ด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่ผลิตขึ้นดังตารางที่ 3 พบว่ามีค่าการผลิตแก๊สเท่ากับ 35.46, 29.59 และ 32.86 มิลลิลิตรที่อายุการตัด 30 45 และ 60 วัน ตามลำดับ เมื่อกำหนดค่า OMD และ ME พบว่าที่อายุการตัด 30 วัน มีค่าเท่ากับ 58.72 เปอร์เซ็นต์ 7.52 MJ/kgDM ที่อายุการตัด 45 วัน มีค่าเท่ากับ 50.69 เปอร์เซ็นต์ 6.46 MJ/kgDM และที่อายุการตัด 60 วันมีค่า OMD และ ME เท่ากับ 53.05 เปอร์เซ็นต์ และ 6.80 MJ/kgDM ตามลำดับ เมื่อเทียบกับรายงานของนฤมล(2541) ที่รายงานไว้ว่าหญ้าอริซัสที่อายุการตัด 45 วันมีค่า OMD และ ME เท่ากับ 52.43 เปอร์เซ็นต์ และ 6.77 MJ/kgDM ความแตกต่างนี้น่าจะมาจากปริมาณโปรตีนหยาบ ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้าของหญ้าแตกต่างกัน

ตารางที่ 3 ปริมาณการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของหญ้า
มอริซซ์ที่คำนวณจากปริมาณแก๊สและส่วนประกอบทางเคมีโดยใช้สมการ

	อายุการตัด (วัน)		
	30	45	60
ปริมาณแก๊ส (GP,ml/200 mg DM feed)	35.46	29.59	32.86
- การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD, %)	58.72	50.69	53.05
- พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME, MJ/kgDM)*	7.52	6.46	6.80

หมายเหตุ : * สมการของ Menke and Steingass (1988)

$$\text{OMD (\%)} = 16.49 + 0.9042\text{GP} + 0.0492\text{XP} + 0.0387\text{XA}$$

$$\text{ME (MJ/kgDM)} = 2.43 + 0.1206\text{GP} + 0.069\text{XP} + 0.0187\text{XL}$$

เมื่อ GP = ปริมาณแก๊ส (ml) ที่ 24 ชั่วโมง ; XP = ปริมาณโปรตีน (g/kg DM) ; XA = ปริมาณเถ้า (g/kg DM)

XL = ปริมาณไขมัน (g/kg DM)

4. การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD)และอินทรีย์วัตถุ (OMD)โดยวิธีเอ็นไซม์เพปซิน- เซลลูเลส

ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4 พบว่าหญ้ามอริซซ์ที่อายุการตัด 30 45 และ 60 วัน มีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง เท่ากับ 52.68 43.10 และ 43.11 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 47.89 35.93 และ 34.63 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเทียบกับรายงานของพิมพาพร และคณะ(2535) ที่รายงานไว้ว่าหญ้ามอริซซ์ที่อายุการตัด 45 และ 60 วัน มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง เท่ากับ 60.5 และ 57.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ความแตกต่างกันนี้น่าจะมาจากค่าของโปรตีนหยาบ ที่มีค่าเท่ากับ 6.3 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการดีกว่าหญ้ามอริซซ์ที่ใช้ทดลองนี้ (โปรตีนหยาบเท่ากับ 5.73 และ 5.53 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการตัด 45 และ 60 วัน)

ตารางที่ 4 ปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD) และ อินทรีย์วัตถุ(OMD)โดยวิธีเอ็นไซม์เพปซิน-เซลลูเลส

	อายุการตัด (วัน)		
	30	45	60
การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD ,%)	52.68	43.10	43.11
การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD ,%)	47.89	35.93	34.63

เมื่อเปรียบเทียบการย่อยได้ของวัตถุแห้งของหญ้าอมริชส์ที่อายุการตัดต่างๆ กันด้วยวิธีใช้ถุงไนลอน การใช้เอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส และ วิธีวัดปริมาณแก๊ส (ตารางที่ 5) จะเห็นได้ว่าหญ้าอมริชส์ที่อายุการตัด 30 วัน จะให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าที่อายุการตัดอื่นๆ ทั้ง 2 วิธีการที่ใช้ทดสอบ คือ ใช้ถุงไนลอนและใช้เอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส และพบว่าวิธีการใช้ถุงไนลอนจะให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าวิธีใช้เอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส ที่มีค่าเท่ากับ 62.6 เปอร์เซ็นต์เทียบกับ 52.68 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษาของพิมพาพรและคณะ (2535) ที่รายงานไว้ว่าหญ้าอมริชส์ตัดที่ 45 วัน มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งที่เวลา 48 ชั่วโมงสูงกว่าที่อายุการตัด 60 วัน ทั้ง 2 วิธีการที่ใช้ทดสอบ คือ ใช้ถุงไนลอนและใช้เอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส และพบว่าการใช้ถุงไนลอนจะให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าวิธีใช้เอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส ที่มีค่าเท่ากับ 63.0 และ 58.8 เปอร์เซ็นต์ที่อายุการตัด 45 และ 60 วันตามลำดับ และเมื่อใช้เอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส มีค่าเท่ากับ 60.5 และ 57.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การที่ค่าการย่อยได้โดยวิธีใช้ถุงไนลอนมีค่าสูงกว่าค่าการย่อยได้โดยวิธีเอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส อาจเนื่องมาจากในพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพต่ำนั้นมักจะมีปริมาณเยื่อใยสูง การย่อยส่วนใหญ่จึงเกิดขึ้นในกระเพาะรูเมน ซึ่งขบวนการย่อยในกระเพาะรูเมนนี้เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ร่วมกันย่อยสลายเยื่อใยทั้งทางด้านกายภาพ และโดยเอ็นไซม์หลายชนิด ในขณะที่การย่อยได้โดยวิธีเอ็นไซม์เพปซิน-เซลลูเลสเป็นเพียงการย่อยโดยใช้เอ็นไซม์บริสุทธิ์ที่สกัดจากการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์เพียงอย่างเดียว (Orpin, 1984)

สำหรับค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุที่อายุการตัด 30 วันของการทดลองนี้ จะมีค่าสูงกว่าที่อายุการตัดอื่นๆ ทั้ง 2 วิธีการที่ใช้ทดสอบคือวิธีวัดปริมาณแก๊สและใช้เอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส และพบว่า การทดสอบด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สจะได้ค่า OMD ดีกว่าวิธีใช้เอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส คือ มีค่า 58.72 เทียบกับ 47.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับหญ้าอมริชส์ที่อายุการตัด 45 และ 60 วันมีค่าการย่อยได้ของ OMD และ DMD ลดลงเมื่ออายุการตัดเพิ่มขึ้นทุกวิธีการที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการย่อยสลายของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุของหญ้าอมริชส์ที่อายุการตัดต่างๆ กันโดยวิธีใช้ถุงไนลอนและวิธีใช้เอ็นไซม์เพปซิน-เซลลูเลส

	อายุการตัด (วัน)		
	30	45	60
ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (DMD, %)			
วิธีใช้ถุงไนลอน (ที่ 48 ชั่วโมง)	62.6	59.7	59.0
วิธีใช้เอ็นไซม์เพปซิน-เซลลูเลส	52.68	43.10	43.11
<i>In vivo</i>	-	56.62	-
ค่าการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ (OMD, %)			
วิธีวัดปริมาณแก๊ส	58.72	50.69	53.05
วิธีใช้เอ็นไซม์เพปซิน-เซลลูเลส	47.89	35.53	34.63
<i>In vivo</i>	-	60.97	-

และเมื่อเปรียบเทียบค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ด้วยวิธีการในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) และทดลองในสัตว์ (*in vivo*) ของหญ้าอมริชส์ที่อายุการตัด 45 วัน พบว่าเมื่อใช้วิธีทดลองในถุงไนลอน (ที่ 48 ชั่วโมง) จะมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองในสัตว์ (59.7เปอร์เซ็นต์ เทียบกับ 56.62 เปอร์เซ็นต์) แต่เมื่อทดลองด้วยวิธีการใช้เอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งจะต่ำกว่าที่ทดลองในสัตว์ (43.10 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับ 56.62 เปอร์เซ็นต์) และในทำนองเดียวกันค่าการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุเมื่อทดลองในสัตว์จะมีค่าสูงกว่าวิธีวัดปริมาณแก๊ส และใช้เอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส (60.97 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับ 50.69 และ 35.53 เปอร์เซ็นต์) สอดคล้องกับการศึกษาของรำไพโร และคณะ(2546) ที่รายงานไว้ว่าหญ้าที่อายุ 45 วันเมื่อทดลองในสัตว์ค่าการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ จะสูงกว่าเมื่อทดลองด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊ส (67.9 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับ 60.8 เปอร์เซ็นต์)

การทดลองที่ 2. การศึกษาโภชนาที่ย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในสัตว์ทดลอง

ในการทดลองนี้จากแผนการทดลองได้กำหนดไว้ว่าใช้โคทดลอง 4 ตัวแต่เมื่อถึงเวลาทำการทดลองปรากฏว่าสัตว์ป่วย 1 ตัว ไม่สามารถหาสัตว์ทดลองทดแทนได้จึงต้องใช้สัตว์ทดลองเพียง 3 ตัว

2.1 ส่วนประกอบทางเคมี

หญ้าอมริชส์แห้งที่ใช้ในการทดลองนี้ตัดที่อายุ 45 วัน จัดว่ามีคุณภาพปานกลางเพราะมีโปรตีนหยาบ 6.8 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าใกล้เคียงกับค่าโปรตีนหยาบของหญ้าอมริชส์อายุการตัด 45 วันในการทดลองที่ 1 คือมีค่าเท่ากับ 6.47 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่า OM Ash EE NDF ADF และ NFC มีค่าเท่ากับ 90.5 9.5 1.2 73.5 31.2 48.6 และ 9.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าพลังงาน GE 3.6 kcal/g และค่า TDN 50.74 เปอร์เซ็นต์ (จากการคำนวณ) เมื่อเทียบกับงานทดลองของ Holm (1971) พบว่าหญ้าอมริชส์ที่อายุการตัด 42 วัน มีค่าโปรตีนหยาบ ไขมัน เยื่อใย และ คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 7.7 2.4 31.8 และ 47.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ความแตกต่างกันน่าจะมาจากสภาพอากาศ สภาพดินหรือปริมาณการใส่ปุ๋ย การจัดการดูแลที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบทางเคมีและพลังงานของหญ้าอมริชส์และกากถั่วเหลือง(เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง)

อาหาร	DM	OM	Ash	CP	EE	CF	NFE	NDF	ADF	NFC	TDN	GE
	% on DM											(kcal/g)
หญ้าอมริชส์	91.7	90.5	9.5	6.8	1.2	31.2	51.3	73.5	48.6	9.0	50.74	3.6
กากถั่วเหลือง	89.3	92.4	7.6	51.6	1.3	6.0	33.5	12.1	8.5	27.4	80.72	4.1

หมายเหตุ สูตรการคำนวณค่า TDN ของหญ้าแห้ง = $-17.2649 + 1.2120(\text{CP}\%) + 0.8352(\text{NFE}\%) + 2.4637(\text{EE}\%) + 0.4475(\text{CF}\%)$ โดย Kearn, 1982
 TDN ของวัตถุดิบแหล่งโปรตีน = $40.3227 + 0.5398(\text{CP}\%) + 0.4448(\text{NFE}\%) + 1.4218(\text{EE}\%) - 0.7007(\text{CF}\%)$ โดย Kearn, 1982
 NFC (คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย) = $100 - (\text{CP}\% + \text{EE}\% + \text{Ash}\% + \text{NDF}\%)$
 OM (อินทรีย์วัตถุ) = $100 - (\text{Ash}\%)$

สำหรับกากถั่วเหลืองที่ใช้มีปริมาณโปรตีนหยาบ 51.6 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง พลังงาน GE 4.1 kcal/g และ TDN (จากการคำนวณ) เท่ากับ 80.72 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกับงานทดลองของสุชนและคณะ(2543) พบว่ากากถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนหยาบและอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 50.45 และ 92.9 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งตามลำดับ ส่วนไขมันและเยื่อใย (ADF) มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของวรรณา (2544) คือ 1.93 และ 9.57 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และจากรายงานของ NRC (1988) พบว่ากากถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนหยาบและ TDN เท่ากับ 49.9 และ 84 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งตามลำดับ

2.2 การกินและการย่อยได้

การศึกษาปริมาณการกินและการย่อยได้ของหญ้าอมริชในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธี regression สัตว์ทดลองได้รับหญ้าอมริชแห้งร่วมกับอาหารข้น (กากถั่วเหลือง) 3 ระดับ คือ 90:10 80:20 และ 70:30 ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่าปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ของแต่ละสูตรอาหารที่ประกอบด้วยหญ้าอมริชระดับต่างๆ (ตารางที่ 7) จากการเพิ่มสัดส่วนของหญ้าอมริชในสูตรอาหาร ทำให้สัตว์ทดลองกินได้ลดลง ส่วนหนึ่งน่าจะมาจากลักษณะลำต้นของหญ้าแห้งทำให้ความน่ากินลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Kawashima และคณะ (2003) ที่นำหญ้าที่แห้งเสริมกากถั่วเหลืองที่ระดับต่างๆ มาเลี้ยงโคพื้นเมือง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณหญ้าที่กินได้ของโคจะลดลง และจาก Milford และ Minson (1967) ได้รายงานไว้ว่าถ้าโปรตีนหยาบในอาหารหยาบต่ำกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลง เมื่อนำผลการกินได้ของสูตรอาหารทั้ง 3 มาหาค่าปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ของสัตว์ทดลองโดยใช้สมการถดถอยพบว่าปริมาณวัตถุแห้งที่สัตว์กินหญ้าอมริชได้อย่างเดียวเท่ากับ 7,784.86 กรัมต่อวัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวและ กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนัก^{0.75} สัตว์จะกินหญ้าอมริชได้ 1.74 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว หรือ 75.47 กรัมต่อกิโลกรัมต่อน้ำหนัก^{0.75}

ตารางที่ 7 ปริมาณหญ้าอมริชแห้งที่โคกินได้ จากสมการทำนายโดยวิธี regression

	ระดับที่1	ระดับที่2	ระดับที่3	ปริมาณหญ้าที่โคกินได้จาก
มอริชที่กิน, %	70.0	80.0	90.0	การประเมินโดยวิธี regression
กากถั่วเหลือง, %	30.0	20.0	10.0	
ปริมาณการกินได้ กรัม/วัน	10,432	9,396	8,721.7	7,784.86
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว	2.2	2.0	1.9	1.74
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนัก ^{0.75}	112.2	101.0	87.8	75.47

สำหรับค่าเฉลี่ยการย่อยได้โภชนะและพลังงานของอาหารที่ประกอบด้วยหญ้าอมริชส์ ร่วมกับกากถั่วเหลืองทั้งสามสูตร แสดงไว้ในตารางที่ 8 พบว่าค่าการย่อยได้ของโปรตีนหยาบ (DCP) ไขมัน (DEE) เยื่อใย (DNDF) และพลังงานที่ย่อยได้ (DE) ในอาหารลดลง ($P < 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณหญ้าอมริชส์ในสูตรอาหาร สอดคล้องกับงานทดลองของ Kawashima และคณะ (2003) ที่ใช้หญ้าอูฐี่แห้งเสริมกากถั่วเหลืองเลี้ยงโคพื้นเมือง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณหญ้าอูฐี่ในสูตรอาหารการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ จะลดลง การเสริมด้วยกากถั่วเหลืองมีผลทำให้สมดุลระหว่างไนโตรเจนและคาร์โบไฮเดรต ซึ่งใช้เป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนดีขึ้น มีผลให้การย่อยได้ของอาหารหยาบดีขึ้น และการเพิ่มปริมาณอาหารหยาบในสูตรอาหารก็มีผลทำให้การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ลดลง (จินดา และคณะ, 2546) ในขณะที่การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DDM) อินทรีย์วัตถุ (DOM) เยื่อใย (DADF) คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (DNFC) ยอดโภชนะที่ย่อยได้ (TDN) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) มีค่าที่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

และเมื่อคำนวณเป็นโภชนะที่ย่อยได้ของหญ้าอมริชส์ ซึ่งได้เปรียบเทียบกับวิธีการอื่น (ตารางที่ 5) พบว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ในหญ้าอมริชส์อายุ 45 วัน ในการทดลองนี้มีค่าเท่ากับ 56.62 เปอร์เซ็นต์ และการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 60.97 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าอูฐี่ซึ่งเป็นหญ้าสกุลเดียวกันมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 55.4 และ 57.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Kawashima และคณะ, 2000) ความแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากค่าโปรตีนหยาบของหญ้าอูฐี่ที่ใช้ทดลองในโคพันธุ์บราห์มันเท่ากับ 3.4 เปอร์เซ็นต์ มีคุณค่าทางโภชนะต่ำกว่าหญ้าอมริชส์ที่ใช้ในการทดลองนี้ (โปรตีนหยาบ 6.2 เปอร์เซ็นต์) ส่วนค่าโภชนะที่ย่อยได้ของ DCP DEE เท่ากับ 49.55 และ 46.74 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าการย่อยได้ DNDF DADF DNFC และ TDN เท่ากับ 67.49 57.9 52.92 และ 56.25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่า DE และ ME (จากการคำนวณค่า TDN) เท่ากับ 7.75 และ 8.94 MJ/kgDM และจากงานทดลองของ Kawashima และคณะ (2000) พบว่าค่าการย่อยได้ของกากถั่วเหลืองที่นำมาเสริมหญ้าอูฐี่แห้งเลี้ยงโคพันธุ์บราห์มันมีค่า DDM DOM DCP DEE DNDF DADF และ TDN เท่ากับ 87.5 90.7 87.9 87.6 88.0 64.0 และ 93.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่า DE และ ME เท่ากับ 16.82 และ 12.92 MJ/kgDM ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ค่าโภชนาที่่ย่อยได้และพลังงานของหญ่้ามอริซัสในสูตรอาหารระดับต่างๆ ของโคนม และค่าการย่อยได้ของโภชนาและพลังงานโดยใช้สมการถดถอย

ระดับที่	1	2	3	ค่าจากการประมาณ	
หญ่้ามอริซัส	70.0	80.0	90.0	CV	หญ่้ามอริซัส (100%)
กากถั่วเหลือง	30.0	20.0	10.0	(%)	
โภชนาที่่ย่อยได้					
วัตถุแห้ง (DDM,%)	63.50	60.8	59.13	2.3	56.62 $y = 78.62 - 0.22x$ ($R^2 = 0.9818$, $cv = 0.7$)
อินทรียวัตถุ (DOM,%)	66.57	64.67	62.47	2.1	60.97 $y = 80.97 - 0.20x$ ($R^2 = 0.9982$, $cv = 0.2$)
โปรตีนหยาบ (DCP,%)	81.59 ^a	70.72 ^b	60.43 ^c	1.9	49.55 $y = 155.55 - 1.06x$ ($R^2 = 0.9997$, $cv = 0.3$)
ไขมัน (DEE,%)	61.27 ^a	56.57 ^b	51.17 ^c	2.0	46.74 $y = 96.74 - 0.50x$ ($R^2 = 0.9984$, $cv = 0.8$)
เยื่อใย (DNDF,%)	64.75 ^a	63.63 ^a	59.93 ^b	0.9	67.49 $y = 43.49 + 0.24x$ ($R^2 = 0.9128$, $cv = 1.7$)
เยื่อใย (DADF,%)	60.17	59.63	57.93	4.2	57.9 $y = 68.20 - 0.11x$ ($R^2 = 0.9179$, $cv = 0.8$)
คาร์โบไฮเดรตที่่ย่อยได้ง่าย(DNFC,%)	71.07	62.80	49.45	4.4	52.92 $y = 110.92 - 0.58x$ ($R^2 = 0.9436$, $cv = 1.3$)
TDN ,%	61.43	59.63	57.77	2.5	56.25 $y = 74.25 - 0.180x$ ($R^2 = 0.9999$, $cv = 0.3$)
DE , MJ/kgDM	10.33 ^a	9.66 ^b	8.79 ^b	4.3	7.75 $y = 15.75 - 0.080x$ ($R^2 = 0.9944$, $cv = 2.4$)
ME ,MJ/kgDM	9.48	9.15	8.80	3.1	8.94 $y = 11.94 - 0.03x$ ($R^2 = 0.9946$, $cv = 0.1$)

หมายเหตุ : ตัวเลขที่่กำกับด้วยตัวอักษรแตกต่างในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาของหญ่้ามอริซัสสรุปได้ว่า

1. คุณค่าทางโภชนาของหญ่้ามอริซัสที่่อายุการตัด 30 45 และ 60 วันโดยวิธีการทดลองทางห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) พบว่าหญ่้ามอริซัสที่่อายุการตัด 30 วันเป็นอาหารหยาบคุณภาพดีมาก โดยมีโปรตีนหยาบ 11.33 เปอร์เซ็นต์ ที่่อายุการตัด 45 และ 60 วันมีค่าโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 5.67 - 6.47 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จัดเป็นอาหารหยาบคุณภาพปานกลาง มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งเมื่อทดสอบด้วยวิธีใช้ถุงไนลอนและใช้เอ็นไซม์เพปซิน-เซลลูเลส อยู่ในช่วง 59.0 - 62.6 และ 43.11 - 52.68 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ เมื่อทดสอบด้วยวิธีวัดปริมาณแก๊สและใช้เอ็นไซม์เพปซิน - เซลลูเลส อยู่ในช่วง 53.05 – 58.72 และ 34.63 – 47.89 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

2. คุณค่าทางโภชนาของหญ่้ามอริซัสที่่อายุการตัด 45 วัน โดยวิธีทดลองในสัตว์ (*in vivo*) พบว่ามีโปรตีนหยาบ 6.8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง 56.62 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 60.97 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ 49.55 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 46.74 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย 52.92 เปอร์เซ็นต์ และยอดโภชนาที่่ย่อยได้เท่ากับ 56.25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพลังงานที่่ย่อยได้ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ที่่คำนวณจากค่า TDN เท่ากับ 7.75 และ 8.94 MJ/kgDM ตามลำดับ

3. ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งโดยวิธีใช้ถุงไนลอนที่ 48 ชั่วโม่งจะมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองในตัวสัตว์แต่จะมีค่าสูงกว่าวิธีใช้เอ็นไซม์เพปซิน-เซลลูเลส ส่วนค่าการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุโดยวิธีทดลองในตัวสัตว์จะมีค่าสูงกว่าวิธีวัดปริมาณก๊าซและใช้เอ็นไซม์เพปซิน-เซลลูเลส สำหรับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ที่ได้จากการทดลองในตัวสัตว์จะมีค่าสูงกว่าวิธีวัดปริมาณแก๊ส (8.94 MJ/kgDM เทียบกับ 6.46 MJ/kgDM)

ข้อเสนอแนะ

การประเมินคุณค่าทางโภชนาของพืชอาหารสัตว์ในการทดลองนี้ ข้อมูลที่ได้มีเพียงเล็กน้อยใช้ได้เพียงเป็นข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น การประเมินค่าพลังงานที่ย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้จากผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อนำมาทำนายค่าพลังงาน DE ME และ TDN จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก ทั้งจากการทดสอบในตัวสัตว์ และในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเรื่องนี้ต่อไป และในการทดสอบควรจะปรับวิธีการทดสอบให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ทั้งวิธีการทดสอบในตัวสัตว์ และวิธีในห้องปฏิบัติการ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระบบ เพื่อให้สามารถนำผลที่ได้ไปใช้เป็นฐานข้อมูลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.บุญล้อม ชีวะอิสระกุล ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คุณวราณี พานิชผล นักวิทยาศาสตร์ 8 ว คุณโอสถ นาคสกุล นักวิชาการสัตวบาล 8 ว คุณอิทธิพล เผ่าไพศาล นักวิชาการสัตวบาล 7 ว เจ้าหน้าที่งานวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ และงานวิเคราะห์ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น และผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ช่วยเหลือและได้สนับสนุนให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กองอาหารสัตว์. 2539. หน่วยงาน. เอกสารวิชาการกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กรุงเทพฯ. 26 หน้า.
- จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา ประพฤทธิ์ จงใจภักดิ์ และ พิมพาพร พลเสน. 2546. คุณค่าทางโภชนาของถั่วคาวาลเคดในโคเนื้อ. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2546. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ หน้า 264-276.
- พิมพาพร เทวาคูดี ฉายแสง ไผ่แก้ว และจิตราภรณ์ ธวัชพันธุ์. 2535. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการย่อยได้จากการทดสอบโดยวิธีใช้ถุงไนลอนและวิธีการใช้เพปซิน – เซลลูเลส ในพืชอาหารสัตว์เขตร้อนบาง

- ชนิด. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2535. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. หน้า 222 – 239.
- นฤมล สุมาลี. 2541. การหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ในอาหารโคนมโดยใช้เทคนิคการวัดแก๊สแบบไฮเซนโฮม.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. หน้า 41-86.
- รำไพโร นามสีลี พิมพาพร พลเสน ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา และ วิทยา สุมาลย์. 2546 . การศึกษาคุณค่าทางโภชนาของพืชอาหารสัตว์ (1)หญ้ารูซี่ (2)ถั่วฮามาต้า . รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2546. กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์. หน้า 228-242.
- วรรณภา อ่างทอง. 2544. ผลกระทบของอาหารที่โคได้รับต่อของเหลวในรูเมนซึ่งใช้ประเมินคุณค่าทางอาหารโดยวิธี *In vitro* Gas Production. ปัญหาพิเศษปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 34 หน้า.
- วิทยา สุมาลย์ สมจิตร อินทรมณี และมาซามิ คูราโมชิ. 2547. คู่มือการเก็บสำรองพืชอาหารสัตว์. โครงการพัฒนาการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชอาหารสัตว์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย. กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 45 หน้า.
- สายัณห์ ทัดศรี สุวนารถ สุขะเกต และ อภิพรรณ พุกภักดี. 2539.ผลผลิตและคุณภาพของหญ้าเขตร้อนบางชนิด. วารสารเกษตรศาสตร์ ปีที่ 30 : 293-302.
- สุชน ตั้งทวีพัฒน์ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ รุ่งรัตน์ ปิงเมือง. 2543. ระดับโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมืองระยะเจริญเติบโต. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 38 สาขาสัตว์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ .หน้า 100 -113.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis 15th ed. Association of Official Analysis Chemists. Virginia,USA. 1298 p.
- Brown, R.H. and R.E. Blaser. 1965. Relationships between reserve carbohydrate accumulation And growth rate in orchard grass and tall fescue. Crop. Sei.5(6) : 577 – 581 p.
- Chen, X.B. 1995. A computer on diskette Version 4.1. Produced at the Rowett Research Institute.
- Goering , H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis. US Department of Agriculture, Handbook No. 379. Washington,D.C. 12 –15 p.
- Hare, M.D., Booncharern. P., Tatsapong, P., Wongpichet, K., Kaewkunya, C. and Thummasaeng,K. (1999). Performance of para grass (*Brachiaria mutica*) and Ubon paspalum (*Paspalum atratum*) on seasonally wet soils in Thailand. Tropical Grassland. 33 (75-81)

- Holm, J. 1971. *Brachiaia mutica* . Animal Feed Resources Information System. Retrieved October 13 ,2000, from <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/AFRIS.HTM>. 2 p.
- Kawashima, T., Sumamal, W., Pholsen, P., Chaithiang, R., Boonpakdee, W. and F. Terada., 2003. Energy and nitrogen metabolism of Thai native cattle given Ruzi grass hay with differen levels of soybean meal. Animal Nutrition Division Annual Research Report 2003.Department of Livestock Development Ministry of Agriculture and Cooperatives 362-378 p.
- Kawashima, T., Sumamal, W., Pholsen, P., Chaithiang, R., Boonakdee, W. and F. Terada. 2000. Comparative study on energy and protein metabolism of Brahman cattle and sheep given Ruzi grass hay with different levels of soybean meal. Final report of the collaborative research project between Japan International Research Center for Agriculal Sciences, Japan and Department of Livestock Development, Thailand. 123 – 136 p.
- Kearl, L.C. 1982. Nutrient Requirment of Ruminants in Developing countries. Internation Feed Stuffs Istitute. Utah State University Logan, USA. 381 p.
- McLeod, M.N. and D.J. Minson. 1978. The accuracy of pepsin–cellulase technique for estimating the dry matter digestibility *in vivo* of grasses and legumes. *Anim. Feed Sci Technol.* 3 : 277 – 287 p.
- Menke, K.H. and H. Stiengass. 1988. Estimation of energetic feed obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development.* Vol. 28 :7 -55 p.
- Milford, R., D. J. Minson. 1967. The feeding value of tropical pasture. Tn:Tropical Pastures. Eds. W.Davies and Skidmore Faber and Faber, London. 106 p.
- Minson, D. J., T.H. Stobbs, M.P.Hegarty and M.J.Playne. 1976. Measuring The Nutritive Value of Pasture Plant :. In : Tropical Pasture Research, Principle and Methods Shaw N. Hand Bryan W.W.(ed.) Alden Press, Oxford. 308-337 p.
- NRC. 1988. Nutrient Requirements of Dairy cattle. 6th ed. National Research council. National cademy Press, Washington, D.C.,USA. 157 p.
- Orpin, C.O. 1984. The role of ciliate protozoa and fungi in the rumen digestion of plant cell wall. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10 : 121 – 143 p.
- Orskov, E.R, G.W. Reid and M.Kay. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation Characteristic of roughages. *Anim. Prod.* 46:29 – 34.

- SAS Institute, Inc.,1987. SAS/STAT™ guide for personal computer. Version 6 Edition. SAS cycle
 curry, NC 27512 -8000.,1028 p.
- Webster , A.J.F.1992.The metabolizable protein system for ruminants. In Recent Advances in
 Animal Nutrition 1992. Eds. P.C.Garnsworthy,W.Haresigh and D.J.A Cole. Butterworth –
 Heinenemann. 93-109 p.
- Wicks. R.B. 1983. Feeding Experiments with Dairy cattle in Dairy Cattle ResearchTechniques
 Queensland Department of Primary Industries, Brisbane 4001, Australia. 70 – 97 p.

ภาคผนวก

ความหมายของคำที่ใช้ในงานวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์

ก. *In Vitro* method

1. Proximate Analysis ได้แก่

- 1.1 วัตถุแห้ง (Dry Matter , DM)
- 1.2 โปรตีนหยาบ (Crude Protein , CP)
- 1.3 ไขมัน (Ether Extract , EE)
- 1.4 เยื่อใยหยาบ (Crude Fiber , CF)
- 1.5 เถ้า (Ash)
- 1.6 คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (Nitrogen Free Extract , NFE)
- 1.7 ยอดโภชนาที่ย่อยได้ (Total Digestible Nutrient , TDN)

2. Detergent Analysis ได้แก่

- 2.1 เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral Detergent Fiber , NDF)
- 2.2 เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid Detergent Fiber , ADF)
- 2.3 ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (Non – Fiber Carbohydrate , NFC)

3. Nylon bag technique ได้แก่

- 3.1 การย่อยสลายของวัตถุแห้ง (Dry Matter Digestibility , DMD)
- 3.2 การย่อยสลายของอาหาร (Effective Degradability , ED)

4. Hohenheim Gas Test ได้แก่

- 4.1 การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter Digestibility , OMD)
- 4.2 พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable Energy , ME)

5. Pepsin – Cellulase technique ได้แก่

- 5.1 การย่อยสลายของวัตถุแห้ง (Dry Matter Digestibility , DMD)
- 5.2 การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter Digestibility , OMD)

ข. *In Vivo* method

- 1.1 วัตถุแห้งที่ย่อยได้ (Digestible Dry Matter , DDM)
- 1.2 อินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้ (Digestible Organic Matter , DOM)

- 1.3 โปรตีนที่ย่อยได้ (Digestible Crude Protein , DCP)
- 1.4 ไขมันที่ย่อยได้ (Digestible Ether Extract , DEE)
- 1.5 เยื่อใย ADF ที่ย่อยได้ (Digestible Acid Detergent Fiber , DADF)
- 1.6 เยื่อใย NDF ที่ย่อยได้ (Digestible Nuetral Detergent Fiber , DNDF)
- 1.7 คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยที่ย่อยได้ (Digestible Non – Fiber Cabohydrate , DNFC)
- 1.8 ยอดโภชนะย่อยได้ (Total Digestible Nutrient , TDN)
- 1.9 พลังงานที่ย่อยได้ (Digestible Energy ,DE)
- 1.10 พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable Energy , ME)