

การประเมินค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสัตว์ โดยวิธี Hohenhiem Gas Test (2) วัตถุดิบอาหารสัตว์

รำไพร นามสีลี^{1/} สุภาพร มนต์ชัยกุล^{2/} วรณา อ่างทอง^{2/} พิมพาพร พลเสน^{1/}

บทคัดย่อ

จากการประเมินค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter Digestibility, OMD) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy, ME) ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่หาได้ในประเทศไทยจำนวน 34 ชนิด 82 ตัวอย่าง โดยวิธี Hohenhiem Gas Test ซึ่งประเมินจากปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากการบ่มอาหารในสารละลายยูเรียเนนนาน 24 ชั่วโมง และจากส่วนประกอบทางเคมีโดยใช้สมการ

ผลการทดลองพบว่าค่าที่ประเมินได้ส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกับค่าที่มีรายงานมาแล้วมากนักโดย วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทแหล่งโปรตีนจากพืช 13 ชนิด ได้แก่ กากมะพร้าวสกัดน้ำมัน กากมะพร้าวหีบน้ำมัน กากเมล็ดฝ้ายรวมเปลือก กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม กากรวมผลปาล์ม เมล็ดยางพารา กากเรปซีด กากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก กากถั่วเหลืองรวมเปลือก กากถั่วเหลืองจากการผลิตนมถั่วเหลือง กากถั่วลิสงรวมเปลือก กากถั่วลิสงกะเทาะเปลือก และกากเมล็ดทานตะวันกะเทาะเปลือก มีค่า OMD เฉลี่ย 74.3, 68.9, 68.8, 58.8, 34.8, 41.5, 74.2, 89.3, 83.4, 72.5, 68.1, 83.0 และ 72.1 % และค่า ME เฉลี่ย 2.94, 3.39, 2.59, 2.58, 1.63, 1.98, 2.44, 3.06, 2.89, 3.35, 2.37, 2.80, และ 2.41 Mcal/kg ตามลำดับ วัตถุดิบประเภทแหล่งโปรตีนจากสัตว์ ได้แก่ ปลาป่น ค่า OMD และ ME ที่ประเมินได้มีค่าค่อนข้างต่ำโดยมีค่า OMD อยู่ในช่วง 49.1-60.8 % และค่า ME อยู่ในช่วง 1.43-1.70 Mcal/kg ตามลำดับ วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทผลพลอยได้จากการเกษตร 4 ชนิด ได้แก่ ถ้ามันแกลว ใบมันสำปะหลัง เปลือกฝักถั่วเขียว และเปลือกเมล็ดข้าวฟ่าง มีค่า OMD 65.9, 60.8, 65.9, และ 51.9 % และค่า ME 1.70, 1.86, 2.20 และ 1.60 Mcal/kg ตามลำดับ วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม 3 ชนิด ได้แก่ กากเปียร์ ส่าเปียร์ และกากมะเขือเทศ มีค่า OMD 48.3, 45.1, และ 48.7 % และค่า ME 1.77, 2.08 และ 2.10 Mcal/kg ตามลำดับ ส่วนวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทแหล่งพลังงาน 13 ชนิด ได้แก่ ปลาขี้ขาว ปลาขี้ขาวเทียม รำละเอียด รำกลาง รำหยาบ รำสกัดน้ำมัน รำถั่วเขียว เมล็ดข้าวโพด ชังข้าวโพด ถั่วเขียวบด มันเส้น มันอัดเม็ด และลูกเดี๋ย มีค่า OMD 95.7, 86.1, 64.0, 42.0, 38.8, 61.3, 72.7, 84.4, 40.4, 43.8, 90.3, 80.5 และ 88.8 % และค่า ME 2.35, 2.99, 3.01, 1.70, 0.93, 1.89, 2.49, 3.0, 1.41, 0.79, 3.23, 2.82 และ 3.42 Mcal/kg ตามลำดับ

เลขทะเบียนวิจัย 41/(1/41)-0514-031

1/ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ต.ท่าพระ อ.เมือง จ.ขอนแก่น

2/ กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์

Determination of Organic Matter Digestibility and Metabolizable Energy of Feeds by Hohenhiem Gas Test : (2) Feedstuffs

Rumphrai Narmsilee^{1/} Supaporn Molchaikul^{2/} Wanna Angthong^{2/} Pimpaporn Pholsen^{1/}

Abstract

Eighty- two samples of 34 kinds of feedstuffs available in Thailand were determined for organic matter digestibility (OMD) and metabolizable energy (ME) by using Hohenhiem gas test. The method concerns with amount of gas production during 24 hr incubation of feed sample in rumen fluid solution and chemical compositions of feed by equation. Most of OMD and ME values determined by this method were not much different from the previous tables of feed values. The average OMD and ME values of 13 kinds of protein source feedstuffs including coconut meal(solvent extracted), coconut meal (mechanical extracted), cotton seed meal , kernel palm meal, palm meal, para rubber seed, rape seed, kernel soy bean meal, soy bean meal, soy bean meal from milk factory, peanut meal, kernel peanut meal and sun flower seed meal were 74.3, 68.9, 68.8, 58.8, 34.8, 41.5, 74.2, 89.3, 83.4, 72.5, 68.1, 83.0 and 72.1 % and 2.94, 3.33, 2.59, 2.58, 1.63, 1.98, 2.44, 3.06, 2.89, 3.35, 2.37, 2.80 and 2.41 Mcal/kg, respectively. For fish meal samples the values were rather low, ranging from 49.1-60.8 % and 1.43-1.70 Mcal/kg, for OMD and ME respectively. In agricultural by product samples 4 kinds including yam bean vine, cassava leaves, mung bean seed hull and sorghum seed hull the average OMD and ME values were 65.9, 60.8, 65.9, and 51.9% and 1.70, 1.86, 2.20 and 1.60 Mcal/kg, respectively. In industrial by product samples 3 kinds including brewery waste, brewery yeast, tomato pomace the average OMD and ME values were 48.3, 45.1 and 48.7% and 1.77, 2.08 and 2.10 Mcal/kg, respectively. For energy source samples 13 kinds including broken rice, artificial broken rice, rice bran (fine), rice bran (middle), rice bran (coarse), rice bran(oil extracted), mung bean bran, seed corn, sorghum seed hull, mung bean meal, cassava chips, cassava tablet and Job's tear seed, the average OMD and ME values were 95.7, 86.1, 64.0, 42.0, 38.8, 61.3 72.7, 84.4, 40.4, 43.8, 90.3, 80.5 and 88.8 % and 2.35, 2.99, 3.01, 1.70, 0.93, 1.89, 2.49, 3.0, 1.41, 0.79, 3.23, 2.82 and 3.42 Mcal/kg, respectively.

Research Project No. 41/(1/41)-0514-031

^{1/} Khon Kaen Animal Nutrition Research and Development Center, Thra phra, Muang, Khon Kaen

^{2/} Animal Feed and Forage Analysis Section, Division of Animal Nutrition, Department of Livestock Development

คำนำ

ในการคำนวณสูตรอาหารสัตว์และการจัดการให้สัตว์ได้รับอาหารที่มีโภชนาความเป็นไปตามความต้องการของสัตว์นั้นประเภทของโภชนาที่จะต้องพิจารณาได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์โดยวิธี Proximate Analysis และ เยื่อใย วิเคราะห์โดยวิธี Detergent Analysis นอกจากนี้ยังต้องทราบถึงค่าพลังงาน ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable Energy, ME) ซึ่งเป็นค่าที่นิยมและนำมาใช้ประเมินคุณค่าอาหารของอาหารสัตว์ ทั้งนี้เพราะพลังงานจัดเป็นโภชนาหลักสำคัญที่สัตว์ต้องการเป็นปริมาณมาก เพื่อใช้ในการดำรงชีพ และสร้างผลผลิตสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น ไก่ สุกร เนื่องจากไม่ต้องการค้ำจนถึงปริมาณพลังงานที่ต้องสูญเสียไปในรูปของก๊าซมีเทนเพราะมีปริมาณน้อยมาก แต่สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นพบว่าพลังงานสูญเสียไปในรูปของก๊าซมีเทนสูงถึง 8 % ของพลังงานทั้งหมด (Gross Energy หรือ GE) ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงปริมาณพลังงานที่สูญเสียไปในรูปของก๊าซดังกล่าว ในการวัดค่าพลังงานในรูปของก๊าซมีเทนนั้นเป็นวิธีการที่ต้องใช้เครื่องมือที่ยุ่งยาก และมีราคาแพง เรียกว่า Respiratory calorimeter ดังนั้นในปี ค.ศ. 1988 Menke และ Steingass จึงได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาค่า ME ในอาหารสัตว์เรียกว่าวิธี Hohenhiem Gas Test ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ไม่ยุ่งยาก สะดวก รวดเร็ว และสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้จำนวนมากในแต่ละครั้ง โดยการนำตัวอย่างมาย่อยด้วยของเหลวจากกระเพาะรูเมนในหลอดแก้ว แล้ววัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น และวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี วิธีนี้สามารถคำนวณค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter Digestibility, OMD) และค่า ME ได้โดยใช้สมการ วิธีการวัดปริมาณก๊าซวิธีนี้สามารถปรับใช้กับพืชอาหารสัตว์ และวัตถุดิบอาหารสัตว์ในเขตร้อนอย่างประเทศไทยได้ ประกอบกับปัจจุบันประเทศไทยมีข้อมูลด้านคุณค่าทางอาหารสัตว์ที่จำเป็นโดยเฉพาะค่า ME และ OMD น้อยมาก การนำข้อมูลที่ต่างประเทศมีรายงานไว้มาใช้อาจไม่ถูกต้องนัก ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงได้ศึกษา และประเมินหาค่าดังกล่าวในวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดต่างๆเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับคำนวณสูตรอาหารสัตว์ และการจัดการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ต.ท่าพระ อ. เมือง จ. ขอนแก่น และกลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ ระหว่างเดือน ตุลาคม 2541-กันยายน 2542 โดยมีวิธีการดังนี้

1. การเตรียมตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ ที่เกษตรกรนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ จากฟาร์มโคนม สหกรณ์โคนมในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยแบ่งเป็นประเภทต่างๆดังนี้

1.1 วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีน

1.1.1 ประเภทแหล่งโปรตีนจากพืช วัตถุดิบเหล่านี้ส่วนมากสะสมอาหารไว้ในผลหรือเมล็ด ตัวอย่างที่สุ่มมาวิเคราะห์ได้แก่ กากมะพร้าวสกัดน้ำมัน (3 ตัวอย่าง) กากมะพร้าวหีบน้ำมัน (2 ตัวอย่าง) กากเมล็ดฝ้าย (2 ตัวอย่าง) กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (4 ตัวอย่าง) กากรวมผลปาล์ม (4 ตัวอย่าง) เมล็ดยางพารา (1 ตัวอย่าง) กากเรปซีด (1 ตัวอย่าง) กากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก (7 ตัวอย่าง) กากถั่วเหลืองรวมเปลือก (5 ตัวอย่าง) กากถั่วเหลืองจากการผลิตนมถั่วเหลือง (1 ตัวอย่าง) กากถั่วลิสงรวมเปลือก (1 ตัวอย่าง) กากถั่วลิสงกะเทาะเปลือก (2 ตัวอย่าง) กากเมล็ดทานตะวัน (นำเข้าจากต่างประเทศ 3 ตัวอย่าง) รำถั่วเขียว (2 ตัวอย่าง) และ ถั่วเขียวบด (3 ตัวอย่าง)

1.1.2 ประเภทที่มาจากแหล่งโปรตีนจากสัตว์ ได้แก่ ปลาป่น (5 ตัวอย่าง)

1.1.3 ประเภทผลพลอยได้จากการเกษตร ได้แก่ เถามันแกว (1 ตัวอย่าง) ใบมันสำปะหลัง (2 ตัวอย่าง) เปลือกฝักถั่วเขียว (1 ตัวอย่าง) เปลือกเมล็ดข้าวฟ่าง (1 ตัวอย่าง) และขังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บด (1 ตัวอย่าง)

1.1.4 ประเภทผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ กากเบียร์ (3 ตัวอย่าง) ส่าเบียร์ (1 ตัวอย่าง) และกากมะเขือเทศ (2 ตัวอย่าง)

1.2 วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งพลังงาน

วัตถุดิบเหล่านี้ส่วนมากมาจากพืชที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นหลักได้แก่ ปลายข้าว (2 ตัวอย่าง), ปลายข้าวเทียม (1 ตัวอย่าง) รำละเอียด (3 ตัวอย่าง) รำโรงสีกลางกลาง (2 ตัวอย่าง) รำหยาบ (2 ตัวอย่าง) รำสกัดน้ำมัน (3 ตัวอย่าง) เมล็ดข้าวโพด (5 ตัวอย่าง) มันเส้น (4 ตัวอย่าง) มันอัดเม็ด และลูกเดือย อย่างละ 1 ตัวอย่าง

สุ่มตัวอย่างที่เก็บรวบรวมได้บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. ถ้าตัวอย่างมีความชื้นสูงให้นำมาอบที่อุณหภูมิ 60°C ก่อนที่จะนำมาบด แล้วเก็บตัวอย่างในตู้เย็นเพื่อทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี และประเมินค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME)

2. การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี และประเมินค่า OMD และ ME

2.1 วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน (ตามวิธีของ AOAC, 1975) โปรตีนหยาบ (โดยวิธี Kjeldahl) และ เยื่อใย NDF (ตามวิธีของ Goering และ Van Soest, 1970)

2.2 ประเมินค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) ทำการวิเคราะห์โดยวิธีการวัดปริมาณก๊าซ ตามวิธีของ Menke และ Steingass (1988) โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 ชั่งตัวอย่างอาหารที่ใช้ทดสอบประมาณ 200 มก. น้ำหนักแห้งใส่ในหลอด syringes แก้ว ขนาด 100 มล. ทาวาสลินที่แกนต้นเพื่อมิให้แกนต้นฝืด ที่ปลายหลอดมีสายยางและคลิบ พร้อมทั้งปิด คลิบที่สายยางแล้วนำหลอดแก้วไปใส่ในตู้บ่ม ที่อุณหภูมิ 39 °C เพื่อปรับสภาพตัวอย่างให้มีอุณหภูมิเท่ากับในกระเพาะรูเมน

2.2.2 เตรียมสารละลายรูเมน (rumen fluid solution) ซึ่งประกอบด้วย สารละลาย macromineral, micromineral, buffer, rezasurin solotion, reduction solution, น้ำกลั่น และของเหลวจากกระเพาะรูเมน โดยใช้ของเหลวที่เก็บมาใหม่ๆ จากกระเพาะรูเมนของ โคברהมันเจาะกระเพาะจำนวน อย่างน้อย 3 ตัว ที่ทำการปรับสภาพโดยให้กินอาหารอย่างเต็มที่ 2 เวลา คือ 08.30 และ 16.30 ภายในคอกมีน้ำ และแร่ธาตุก่อนให้กินตลอดเวลา การเตรียมสารละลายนี้เตรียมในขวด 3 คอ ที่แช่ในอ่างน้ำอุ่น (water bath) อุณหภูมิ 39°C โดยคอขวดด้านหนึ่งจะใส่สายยางพ่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ลงในขวดเพื่อทำให้สารละลายมีสภาพไร้ออกซิเจน (O₂) ตลอดเวลา พร้อมทั้งคนสารละลายให้เข้ากันโดยใช้เครื่องกวนสารละลาย (magnetic stirrer) และหลังจากเตรียมสารละลาย แล้วจะต้องนำไปใช้ทันที

2.2.3 ปิเปตสารละลายรูเมนที่เตรียมเสร็จแล้วลงในหลอดที่ชั่งอาหารใส่เตรียมไว้ ผ่านทางสายยางที่ปลายหลอด หลอดละ 30 มล. โดยใช้ปิเปตอัตโนมัติ ดันแกนต้นไล่อากาศจากหลอดออกให้หมดปิดคลิบ หลังจากนั้นนำหลอดใส่ rotator ที่หมุนอย่างช้าๆ ในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยในการวิเคราะห์จะทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และทุกครั้งจะต้องทำ blank (ไม่ใส่ตัวอย่างอาหาร) พร้อมกับตัวอย่างมาตรฐานที่ทราบค่าปริมาณก๊าซแน่นอน จำนวน 2 ตัวอย่าง คือ หญ้าแห้ง และอาหารข้น เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของสารละลายของเหลวจากกระเพาะรูเมน และใช้สำหรับคำนวณค่า correction factor

2.2.4 วัดปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้นในหลอด หลังจากบ่มนาน 24 ชั่วโมง แล้วคำนวณเป็นปริมาณก๊าซ (มล.) ต่อน้ำหนักอาหารแห้ง 200 มก. โดยมีการหักปริมาณก๊าซจากหลอด blank และปรับตัวเลขโดยใช้ค่า correction factor ที่คำนวณจากตัวอย่างมาตรฐาน (ตามรายละเอียดในคู่มือการวิเคราะห์ ของ Close และ Menke, 1986)

2.2.5 นำค่าปริมาณก๊าซจากข้อ 2.2.4 มาเข้าสมการประเมินค่า OMD และ ME โดยใช้สมการของ Close และ Menke, 1986

Compounds and components

$$\text{OMD (\%)} = 9.0 + 0.9991\text{GP} + 0.0595\text{XP} + 0.0181\text{XA} \dots\dots\dots (R^2=92)$$

$$\text{ME (MJ/kgDM)} = 1.06 + 0.1570\text{GP} + 0.0084\text{XP} + 0.0220\text{XL} - 0.0081\text{XA} (R^2=94)$$

All roughage feeds

$$\text{OMD (\%)} = 15.38 + 0.8453\text{GP} + 0.0595\text{XP} + 0.0675\text{XA} \dots\dots\dots (R^2=92)$$

$$\text{ME (MJ/kgDM)} = 2.20 + 0.1357\text{GP} + 0.0057\text{XP} + 0.0002859(\text{XL})^2 \dots\dots(R^2=92)$$

โดยที่ GP = ปริมาณก๊าซ (มล./น.น.แห้งอาหาร 200 มก) ที่เกิดขึ้นในเวลา 24 ชั่วโมง

(หลังจากหักลบค่า blank และปรับด้วยค่า Correction factor แล้ว)

XP = ปริมาณโปรตีนหายไปในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง)

XA = ปริมาณเถ้าในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง)

XL = ปริมาณไขมันในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง)

เปลี่ยนหน่วย ME (MJ/Kg) เป็น Kcal / Kg โดย 1 Calorie = 4.185 Joules

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองสามารถสุ่มเก็บตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในประเทศไทยได้จำนวน 34 ชนิด 82 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี และการประเมินค่า OMD และ ME ที่ได้ จากวิธีการวัดปริมาณก๊าซ ของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละประเภท (ตารางที่ 1) ได้ดังนี้

1. วัตถุดิบแหล่งโปรตีน

1.1 ประเภทแหล่งโปรตีนจากพืช

ตัวอย่างที่สุ่มมาทดสอบได้แก่ กากมะพร้าวสกัดน้ำมัน กากมะพร้าว กากเมล็ดฝ้าย กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม กากรวมผลปาล์ม เมล็ดยางพารา กากเรปซีด กากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก กากถั่วเหลืองรวมเปลือก กากถั่วเหลืองจากการผลิตนมถั่วเหลือง กากถั่วลิสรวมเปลือก กากถั่วลิสกะเทาะเปลือก กากเมล็ดทานตะวัน รำถั่วเขียว และถั่วเขียวบด

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับค่าที่เคยรายงานไว้ โดย วารุณี และวลัยกานต์ (2541) ตัวอย่างส่วนมากจะเป็นกากเหลือจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำมัน มีค่าโปรตีน ไขมัน และ เยื่อใย แตกต่างกันขึ้นกับชนิดตัวอย่าง กรรมวิธี และขั้นตอนการในการผลิต จากการวิเคราะห์พบว่า กากถั่วลิส มีค่าเฉลี่ยโปรตีน สูงสุด 53.6 % รองลงมาคือ กากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก 52.8 % ต่ำสุดคือ กากรวมผลปาล์ม 7.2 % ส่วนปริมาณไขมัน เฉลี่ยสูงสุดคือ กากมะพร้าวหีบน้ำมัน 19.6% รองลงมาคือ กากถั่วเหลืองจากการผลิตนมถั่วเหลือง 17.2 % และต่ำสุดคือ รำถั่วเขียว 0.5 % ส่วนค่าเยื่อใย (NDF) สูงสุดคือ กากเนื้อใน และกากรวมผลปาล์ม 62.4 และ 62.3 % ตามลำดับ ส่วนค่า

เยื่อใย (NDF) ต่ำสุดในกากถั่วเหลืองกระเทาะเปลือก 10.2 % ในวัตถุดิบบางชนิดมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตัวอย่างถั่วเขียวบด ซึ่งมีปริมาณเถ้าค่อนข้างสูง และจากการประเมินพบว่าปริมาณก๊าซที่วัดได้มีค่าต่ำ ค่า OMD และ ME ที่ประเมินได้ก็มีค่าต่ำด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อประเมินค่า OMD และ ME ที่ได้ส่วนใหญ่จะมีค่าค่อนข้างสูง โดยกากถั่วเหลืองกระเทาะเปลือกมีค่า OMD และ ME สูงสุด 89.3 % และ กากมะพร้าวหีบน้ำมันมีค่า ME สูงสุด 3.39 Mcal / Kg จากการทดลองพบว่า ค่า OMD และ ME ที่ได้ของวัตถุดิบแหล่งโปรตีนจะต่ำกว่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทแหล่งพลังงาน

1.2 ประเภทแหล่งโปรตีนจากสัตว์

ตัวอย่างที่นำมาทดสอบ ได้แก่ ปลาป่น จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี และประเมินค่า OMD และ ME แบ่งกลุ่มตัวอย่างได้ 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่มีโปรตีนเฉลี่ย 61.8 % ไขมัน 6.5 % และเยื่อใย (NDF) 6.0 % ค่า OMD 60.8% และ ME 1.70 Mcal/Kg

กลุ่มที่มีโปรตีนเฉลี่ย 44.1 % ไขมัน 8.4 % ค่า OMD 49.1 % และ ME 1.43 Mcal/Kg

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีตัวอย่างจะมีส่วนประกอบโปรตีนสูง และจากการทดสอบปริมาณก๊าซที่ผลิตจากตัวอย่างปลาป่นค่อนข้างจะต่ำมาก (เฉลี่ยประมาณ 10.1มล./200 มก. ตัวอย่าง) เมื่อเทียบกับตัวอย่างประเภทอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากปลาป่นมีโปรตีนสูง และปริมาณก๊าซที่เกิดจากการหมักโปรตีนจะต่ำ (Getachew และคณะ, 1998) ค่า OMD และ ME ที่ประเมินได้จึงมีค่าต่ำมาก

1.3 ประเภทผลพลอยได้จากการเกษตร

ตัวอย่างที่นำมาทดสอบได้แก่ ถ่านแกลบ ใบมันสำปะหลัง เปลือกฝักถั่วเขียว เปลือกเมล็ดข้าวฟ่าง และ ชังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี พบว่าในเปลือกฝักถั่วเขียว เปลือกเมล็ดข้าวฟ่าง และชังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีค่า เยื่อใย NDF ค่อนข้างสูง กว่าถ่านแกลบ และใบมันสำปะหลัง ค่า OMD ส่วนมากมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นในเปลือกเมล็ดข้าวฟ่าง และชังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่มีค่า OMD ต่ำ ส่วนค่า ME ที่ประเมินได้ก็มีค่าไม่สูงนัก โดยเปลือกฝักถั่วเขียวมีค่าสูงสุด 2.20 Mcal/ Kg. และต่ำสุดคือชังข้าวโพด 1.86 Mcal/ Kg

1.4 ประเภทผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม

ตัวอย่างที่นำมาทดสอบได้แก่ กากเบียร์แห้ง ส่าเบียร์ และกากมะเขือเทศ จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีตัวอย่างมีค่าเยื่อใย (NDF) ค่อนข้างสูง ปริมาณก๊าซที่ผลิตไม่สูงมากนัก ค่า OMD และ ME โดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นในกากเบียร์ที่มีค่า ME ต่ำกว่าที่ Close และ Menke (1986) เคยรายงานไว้ (2.56 Mcal/Kg)

2. วัตถุดิบแหล่งพลังงาน

ตัวอย่างที่ได้นำมาทดสอบได้แก่ ปลายข้าว ปลายข้าวเทียม รำละเอียด รำโรงสีกลาง รำหยาบ รำสกัดน้ำมัน เมล็ดข้าวโพด มันเส้น มันอัดเม็ด และลูกเดี๋ยย จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ส่วนมากในแต่ละตัวอย่างจะมีค่าสม่ำเสมอ ค่าก๊าซที่ผลิตส่วนมากจะมีค่าสูง ค่า OMD และ ME มีค่าค่อนข้างสูงกว่าวัตถุดิบทุกชนิด โดยปลายข้าว มีค่า OMD และ ME เฉลี่ยสูงสุด 95.7 %, และ 3.51 Mcal/kg ตามลำดับ มันเส้นจะมีค่า OMD และ ME สูงกว่ามันอัดเม็ดเล็กน้อย เช่นเดียวกับ ปลายข้าว จะมีค่า OMD และ ME สูงกว่าปลายข้าวเทียม รำหยาบ มีค่า OMD และ ME ต่ำสุด 38.8 % และ Mcal/kg

ค่า OMD และ ME ที่ประเมินได้จากการทดลองนี้พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Krishnamoorthy และ คณะ (1995), Sen และ คณะ (1978) และ นฤมล (2541) ที่ประเมินค่า OMD และ ME ในอาหารสัตว์ด้วยวิธีการวัดปริมาณก๊าซเช่นเดียวกัน แม้ว่าวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดค่าที่ได้จะมีค่าต่ำกว่าที่เคยมีรายงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตัวอย่างปลาปน

สรุปผลการทดลอง

จากการประเมินค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของ วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่หาได้ในประเทศไทยจำนวน 34 ชนิด 82 ตัวอย่าง โดยวิธี Hohenhiem Gas Test พบว่าค่าที่ประเมินได้ส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับค่าที่เคยมีรายงานไว้ โดยจากตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์จำนวน 18 ชนิด พบว่าตัวอย่างส่วนใหญ่ (12 ชนิด) มีค่า OMD และ ME ใกล้เคียงกัน หรือ อยู่ในช่วงเดียวกัน ได้แก่ กากมะพร้าว กากเมล็ดฝ้าย กากเนื้อในเม็ดปาล์ม กากเรปซิด กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง กากเมล็ดทานตะวัน ปลายข้าว รำละเอียด รำสกัด เมล็ดข้าวโพด และมันเส้น ส่วน ตัวอย่าง 6 ชนิด ค่าที่ได้ค่อนข้างต่ำกว่าค่าที่เคยมีในรายงานไว้ได้แก่ ใบมันสำปะหลัง ปลาปน กากเบียร์ กากมะเขือเทศ ชังข้าวโพด และถั่วเขียวบด แม้ว่าวัตถุดิบเหล่านี้จะมีส่วนประกอบทางเคมี ใกล้เคียงกัน

ข้อเสนอแนะ

การประเมินค่า OMD และ ME โดยวิธีการวัดปริมาณก๊าซเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ย่างรวดเร็ว และประหยัด ที่สามารถทำนายค่าพลังงานใกล้เคียงกับการทดลองในสัตว์ เพื่อให้ข้อมูลที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ควรจะมีการศึกษาวิจัยต่อไป วิธีการวัดก๊าซ ในตัวอย่างที่มีทราย หรือของแข็งคล้าย ทราย เช่นกะลา ลำต้นพืช มักมีปัญหาของเหลวรั่วซึมทำให้ค่าที่ได้ไม่ถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

- นฤมล สุมาลี. 2541 . การหาค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในอาหารโคนม โดยใช้เทคนิคการวัดก๊าซแบบไฮเซนไฮม์. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 26-39 .
- วารุณี พานิชผล และ วลัยกานต์ เจียมเจตจรรยา. 2541. ตารางคุณค่าอาหารสัตว์. เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 6-26.
- AFRC. 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants. As advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB INTERNATIONAL, Wallingford, UK.
- AOAC. 1975. Official Methods of analysis (12thed.).Association of Official Analysis Chemists Washington D.C.U.S.A. P129,136-137.
- Close, W. and K. H. Menke. 1986. Selected Topics in Animal Nutrition: A manual prepared for the 3rd Hohenheim course on Animal Nutrition in the Tropics and Semi-Tropics. 2nd edition. University of Hohenheim. Germany. P 170.
- Getachew, G.,M. Blummel., H. P. S. Makkar., and K. Becher. 1998. *In vitro* gas techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. Anim. Feed Sci. Technol. 72: P 261-281.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses. Agricultural Hand book No.379. United States Department of Agriculture, Washington D.C. U.S.A. p20.
- Gohl B.1993.Tropical Feeds. Software developed by Oxford Computer Journals Version 4.0 FAO.
- Jarrige, R. 1989. Ruminant Nutrition: Recommended allowances and feed tables. INRA, Paris. France. p. 389.
- Krishnamoorthy, U.,H. Soller .,H. Steingass and K. H. Menke. 1995. Energy and protein evaluation of tropical feedstuffs for whole tract and ruminal digestion by chemical analyses and rumen inoculum studies *in vitro*. Anim. Feed Sci. Technol. 52: p177-188.

- Kearl, L. C. 1982. Nutrients Requirement of Ruminants in Developing Countries. International Feedstuffs Institute, Utah Agricultural Experiment Station. Utah State University. Logan Utah. USA. p 381.
- Menke, K. H. and H. Steingass. 1988. Estimation of energetic feed value obtained From chemical analysis and *in vitro* gas production. Animal Research and Development. Vol 28.p 7-55.
- National Research Council. 1982. Nutrient Requirements for Dairy Cattle. National Academy Press. Washington D.C.U.S.A.
- Sen, K., Ray, S. N. and Ranjhan S., 1978. Nutritive Value of Indian Cattle Feeds and the Feeding of Animals. ICAR, New Delhi. India. Cited by Krishnamoorthy, U., H. Soller ., H. Steingass and K. H. Menke. 1995. Energy and protein evaluation of tropical feedstuffs for whole tract and ruminal digestion by chemical analyses and rumen inoculum studies *in vitro*. Anim. Feed Sci. Technol. 52: p177-188.

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมี ปริมาณก๊าซที่ผลิต ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) ที่ประเมินได้จากวิธีการวัดก๊าซของวัตถุดิบชนิดต่างๆและค่าอ้างอิงจากรายงานอื่นๆ

วัตถุดิบอาหารสัตว์	ส่วนประกอบเคมี(% วัตถุแห้ง)								ค่าอ้างอิงที่ได้จากรายงานอื่นๆ(Ref.) ME (Mcal/Kg.DM)	จำนวนตัวอย่าง (n)
	% วัตถุแห้ง	% โปรตีนหยาบ	% ไขมัน	% เถ้า(Ash)	% เยื่อใย(NDF)	ปริมาณก๊าซ (มล./200มก.)	% OMD	ME (Mcal/kg.DM.)		
1. วัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งโปรตีน										
1.1 แหล่งโปรตีนจากพืช										
กากมะพร้าวสกัดน้ำมัน	92.00	20.6	8.1	7.4	48.4	51.8	74.3	2.94	2.72(6), 3.30(7), 3.08(2), 3.13(3)	3
SD.		1.2	1.6	0.8	4.6	2.6	3.1	0.5		
กากมะพร้าวหีบน้ำมัน	92.10	12.5	19.6	4.2	57.9	51.7	68.9	3.39		2
SD.		0.2	0.6	0.2	4.1	1.9	1.9	0.4		
กากเมล็ดฝ้าย รวมเปลือก	90.02	47.9	5.7	8.5	17.0	29.8	68.8	2.59	2.63(6), 2.65(2), 2.75(7), 3.06(3), 3.11(1), 2.13(4)	2
SD.		0.3	0.1	0	0.3	0.9	0.1	0		
กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม(กะเทาะกะลา)	89.02	13.6	11.3	4.4	62.4	40.0	58.8	2.58	2.75(7), 2.77(2), 2.89(6), 3.30(3)	4
SD.		1.8	6.0	0.2	4.1	10.5	11.6	1.6		

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วัตถุดิบอาหารสัตว์	ส่วนประกอบเคมี(% วัตถุแห้ง)									
	% วัตถุแห้ง	% โปรตีนหยาบ	% ไขมัน	% เถ้า(Ash)	% เยื่อใย(NDF)	ปริมาณก๊าซ (มล./200มก.)	% OMD	ME (Mcal/kg.DM.)	ค่าอ้างอิงที่ได้จาก รายงานอื่นๆ(Ref.) ME (Mcal/Kg.DM)	จำนวนตัวอย่าง (n)
กากรวมผลปาล์ม (รวมกะลา)	90.01	7.2	10.3	4.7	62.3	20.8	34.8	1.63		4
SD.		1.4	2.6	1.4	5.9	3.7	4.6	1.1		
เมล็ดยางพารารวมเปลือก	90.1	10.4	11.5	3.2	49.2	25.8	41.5	1.98		1
กากเรปซีด	91.01	38.4	1.1	9.4	26.9	40.7	74.2	2.44	2.61(2), 2.27(4), 2.82-2.94(6)	1
กากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก	90.20	52.8	1.5	6.9	10.2	47.7	89.3	3.06	3.18(2), 3.18-3.20(6), 3.27(1) 3.41-3.47(3), 2.92-3.49(7)	7
SD.		2.6	0.6	0.6	2.1	2.9	1.7	0.4		
กากถั่วเหลืองรวมเปลือก	90.01	41.1	2.6	7.0	12.9	46.9	83.4	2.89		5
SD.		4.9	2.2	0.5	2.2	2.8	4.1	0.9		
กากถั่วเหลือง จากการผลิตนมถั่วเหลือง	90.08	32.9	17.2	4.3	25.5	43.2	72.5	3.35		1
กากถั่วลิสง รวมเปลือก	90.60	18.3	3.5	9.8	34.2	46.5	68.1	2.37		1

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วัตถุดิบอาหารสัตว์	ส่วนประกอบเคมี(% วัตถุแห้ง)									
	% วัตถุแห้ง	% โปรตีนหยาบ	% ไขมัน	% เถ้า(Ash)	% เยื่อใย(NDF)	ปริมาณกาก (มล./200มก.)	% OMD	ME (Mcal/kg.DM.)	ค่าอ้างอิงที่ได้จาก รายงานอื่นๆ(Ref.) ME (Mcal/Kg.DM)	จำนวนตัวอย่าง (n)
กากถั่วลิสง กะเทาะเปลือก	90.01	53.6	1.3	7.1	16.3	40.9	83.0	2.80	2.34(4), 2.39-2.92(5), 2.99(1), 3.08-3.13(6), 2.87- 3.25(7), 3.27(2), 3.25-3.47(3)	2
SD.		5.3	0.2	0.5	0.9	2.5	0.6	0.1		
กากเมล็ดทานตะวัน กะเทาะเปลือก	92.02	40.7	1.9	8.5	25.7	37.4	72.1	2.41	1.51(1), 2.29(2), 2.84(3)	3
SD.		0.9	0.6	0.7	6.3	1.4	1.7	0.4		
1.2 แหล่งโปรตีนจากสัตว์										
ปลาป่น ชนิดโปรตีน ต่ำกว่า 50 %	90.41	44.1	8.4	25.1	0	9.3	49.1	1.43		1
ชนิดโปรตีน 60 %	90.60	61.8	6.5	27.3	6.0	10.1	60.8	1.70	2.63-2.99(6), 2.84(3), 3 .39(2)	4
SD.		1.2	0.6	0.0	0	1.3	1.0	0.3		
1.3 ผลพลอยได้จากการเกษตร										
ถั่วมันแกว	92.40	22.9	1.7	15.2	39.5	31.5	65.9	1.70		1

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วัตถุดิบอาหารสัตว์	ส่วนประกอบเคมี(% วัตถุแห้ง)								ค่าอ้างอิงที่ได้จาก รายงานอื่น(Ref.) ME (Mcal/Kg.DM)	จำนวนตัวอย่าง (n)
	% วัตถุแห้ง	% โปรตีนหยาบ	% ไขมัน	% เถ้า(Ash)	% เยื่อใย(NDF)	ปริมาณก๊าซ (มล./200มก.)	% OMD	ME (Mcal/kg.DM.)		
ไบมันสำปะหลัง	92.01	21.5	6.4	9.0	35.0	31.5	60.8	1.86	2.20(3)	2
SD.		5.8	0.5	0.8	1.8	1.8	4.4	0.6		
เปลือกฝักถั่วเขียว	92.50	5.1	0.5	8.5	53.1	49.4	65.9	2.20		1
เปลือกเมล็ดข้าวฟ่าง	91.08	5.1	1.4	11.2	54.5	30.7	51.9	1.60		1
ซังข้าวโพดบด	92.55	2.5	0.3	2.0	87.6	26.2	40.4	1.41	2.75(3)	1
1.4 ผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม										
ส่าเบียร์แห้ง (Brewery yeast)	92.01	32.4	12.3	3.8	58.5	16.1	45.1	2.08		1
กากเบียร์แห้ง (Brewer spent grain)	91.02	25.1	5.7	7.6	66.8	23.0	48.3	1.77	2.56(7), 2.58(3), 2.68(1), 2.75(2)	3
SD.		1.5	2.0	3.6	7.2	3.1	1.6	0.7		
กากมะเขือเทศ	90.10	20.9	10.1	4.9	53.8	26.5	48.7	2.10	1.84(6)	2
SD.		2.4	0.1	2.0	3.8	7.3	5.5	1.1		

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วัตถุดิบอาหารสัตว์	ส่วนประกอบเคมี(% วัตถุแห้ง)								ค่าอ้างอิงที่ได้จาก รายงานอื่นๆ(Ref.) ME (Mcal/Kg.DM)	จำนวนตัวอย่าง (n)
	% วัตถุแห้ง	% โปรตีนหยาบ	% ไขมัน	% เถ้า(Ash)	% เยื่อใย(NDF)	ปริมาณก๊าซ (มล./200มก.)	% OMD	ME (Mcal/kg.DM.)		
2. วัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงาน										
ปลายข้าว	89.07	7.2	0.8	0.7	0	82.4	95.7	3.51	3.27(3), 3.47(3)	2
SD.		1.3	0.1	0.3	0	0.6	1.4	0.2		
ปลายข้าวเทียม (สั่งต่างประเทศ)	90.12	7.3	0.5	6.8	15.6	71.6	86.1	2.99		1
รำละเอียด	90.15	14.3	17.6	7.3	14.2	45.2	64.0	3.01	2.56(6), 2.49(7), 2.99(3)	3
SD.		0.3	1.5	1.6	3.1	4.1	3.9	0.6		
รำโรงสีกลาง	89.07	9.5	9.1	9.9	36.5	25.6	42.0	1.70		2
SD.		0.4	4.0	0.8	7.9	2.2	2.3	1.3		
รำหยาบ	90.10	4.2	1.5	17.8	72.5	10.6	38.8	0.93		2
SD.		0.1	0	1.6	4.9	0.1	1.2	0		
รำสกัดน้ำมัน	89.10	19.5	1.8	14.3	42.7	38.1	61.3	1.89	1.70(2), 1.91(4)	3
SD.		0.8	0.6	0.4	0.3	5.5	6.1	0.8		

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วัตถุดิบอาหารสัตว์	ส่วนประกอบเคมี(% วัตถุแห้ง)									
	% วัตถุแห้ง	% โปรตีนหยาบ	% ไขมัน	% เถ้า(Ash)	% เยื่อใย(NDF)	ปริมาณก๊าซ (มล./200มก.)	% OMD	ME (Mcal/kg.DM.)	ค่าอ้างอิงที่ได้จาก รายงานอื่น(Ref.) ME (Mcal/Kg.DM)	จำนวนตัวอย่าง (n)
รำข้าวเปียก	89.72	17.4	0.5	5.7	39.0	52.3	72.7	2.49		2
SD.		2.1	0.6	1.4	9.6	3.8	2.3	0.4		
เมล็ดข้าวโพด	89.01	8.7	5.1	1.5	17.3	70.0	84.4	3.0	2.92(4), 3.04(5), 3.30(2), 3.37(6), 3.47(3), 3.49(7)	5
SD.		0.5	0.5	0.1	0.5	3.8	2.9	0.6		
ถั่วเขียวบด	91.10	9.6	1.0	30.4	24.5	23.6	43.8	0.79	3.37(3)	3
SD.		0.8	0.3	1.9	21.3	3.2	3.4	0.4		
มันเส้น	90.10	2.2	0.4	3.5	12.4	79.0	90.3	3.23	2.92(3)	4
SD.		0.7	0.1	2.2	5.2	6.6	6.5	1.2		
มันอัดเม็ด	89.10	2.5	0.6	5.8	0	69.0	80.5	2.82		1
ลูกเดี๋ยย	90.10	15.9	4.7	1.8	23.4	70.1	88.8	3.42		1

(1) Nutrient Requirment Council (1982); (2) AFRC (1993); (3) Gohl ,(1993); (4.) Sen และ คณะ (1978);
 (5) Kearl ,(1982); (6) Jarrige,(1989); (7) Close และ Menke, (1986)