

บทที่ 3

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี การประเมินคุณค่าทางพลังงานและการศึกษาการย่อยสลายใน กระเพาะหมักของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง

3.1 บทนำ

เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันถั่วเหลือง ถึงแม้จะมีองค์ประกอบของเยื่อใยอยู่สูง สัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ แกะ และกวาง สามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองโดยอาศัยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก อย่างไรก็ตาม ข้อมูลทางโภชนาและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องยังมีอยู่น้อย การศึกษาครั้งนี้จึงต้องการศึกษาโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี หลังจากนั้นประเมินคุณค่าทางพลังงาน และศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมักโดยใช้วิธีการใช้ถุงไนลอน

3.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ประเมินคุณค่าทางพลังงาน และศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมักของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 ทำการสุ่มตัวอย่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร (ข้าวโพดบด มันเส้น กากมันสำปะหลัง กากปาล์ม กากถั่วเหลือง) นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 36 ชั่วโมง เพื่อหาวัตถุแห้ง (Dry matter, DM) (AOAC, 1990)

3.3.2 นำตัวอย่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร (ข้าวโพดบด มันเส้น กากมันสำปะหลัง กากปาล์ม กากถั่วเหลือง) มาทำการบดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร แล้วนำตัวอย่างที่ได้เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในกระเพาะหมักต่อไป

3.3.3 นำตัวอย่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร (ข้าวโพดบด มันเส้น กากมันสำปะหลัง กากปาล์ม กากถั่วเหลือง) มาวิเคราะห์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) (AOAC, 1990) ซึ่งวิเคราะห์วัตถุแห้งโดยเครื่อง Hot air oven โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) โดยเครื่อง Kjeltac auto analyzer ไขมัน (Ether extract) โดยเครื่อง Soxhlet auto analyser เถ้า (Ash) โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550°C

เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ส่วนเชื้อใยหยาบ (Crude fiber, CF) และการวิเคราะห์เชื้อใยโดย Detergent analysis (Goering and VanSoest, 1970) ได้แก่ เชื้อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) เชื้อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) และ Acid detergent lignin, ADL โดยเครื่อง Fibertec auto analyser

3.3.4 นำตัวอย่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร (ข้าวโพดบด มันเส้น กากมันสำปะหลัง กากปาล์ม และกากถั่วเหลือง) ที่ได้เก็บไว้ในข้อ 3.3.2 มาศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักโดยวิธีถุงไนลอน (Nylon bag technique) บ่มในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ (Ørskov et al., 1980) โดยการนำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ มาบดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 2.0 มิลลิเมตร และถุงไนลอนที่ใช้ในการทดลองมีขนาดรูพรุนของถุง 47 μm นำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 1 – 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบประมาณ 5 – 6 กรัม ใส่ลงในถุงไนลอน ทำการซั้งและบันทึกน้ำหนักไว้ แล้วหลังจากนั้นนำถุงไนลอนที่ใส่ตัวอย่างวัตถุดิบแล้วนำมาร้อยติดกับสายพลาสติกยาวประมาณ 90 เซนติเมตร นำไปบ่มในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ โดยให้สายพลาสติกอยู่ในส่วนที่ลึกที่สุดของกระเพาะหมัก และให้แต่ละถุงมีระยะเวลาการบ่มอยู่ในกระเพาะหมักต่างกันดังนี้ คือ 0, 2, 4, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง โดยในแต่ละตัวอย่างทำ 2 ซ้ำ ใช้โคเจาะกระเพาะจำนวน 3 ตัว และให้ถุงที่ใส่ในโคแต่ละตัวเป็น 1 ซ้ำ

เมื่อบ่มถุงไนลอนในกระเพาะหมักของโคได้ตามเวลาที่กำหนดแล้วนำถุงทั้งหมดออกจากกระเพาะหมักนำมาล้าง เพื่อเอาเศษอาหารที่ติดจากกระเพาะหมักออกแล้วนำไปแช่แข็งเพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ เมื่อได้ตัวอย่างครบตามเวลานำถุงไนลอนทั้งหมดมาล้างผ่านน้ำจนสะอาดหลังจากนั้นนำถุงไนลอนทั้งหมดมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 36 ชั่วโมงและนำไปซั้งเพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง และนำอาหารที่เหลือจากการย่อยสลายในถุงไนลอนไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน โดยทำการรวมตัวอย่างจากโคตัวที่ 1, 2 และ 3 เข้าไว้ด้วยกันจาก นั้นนำค่าสัดส่วนที่สูญหายไปในระยะเวลาค่างๆของวัตถุแห้งและไนโตรเจนมาคำนวณหาอัตราการย่อยสลายได้ต่อไป

นำค่าสัดส่วนโปรตีนที่สูญหายไปในระยะเวลาค่าง ๆ ที่นำถุงออกมาจากกระเพาะหมักมาคำนวณโดยใช้สมการที่แนะนำโดย (Ørskov and Mehrez, 1979)

$$dg = a + b(1 - \exp^{-ct})$$

เมื่อ dg = effective rumen degradability

a = water soluble N extracted by cold water rinsing (0 hr bag)

- b = potentially degrade N, other than water soluble N
 c = fraction rate of degradation of feed N per hour
 t = hour

การคำนวณค่าปริมาณการย่อยสลายของโปรตีนที่ทิ้งไว้ในช่วงระยะเวลาต่างๆ มาคำนวณอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY EXCEL (Chan, 2003) ตาม สมการดังนี้

$$dg = a + bc / (c + k)$$

- เมื่อ dg = Effective protein degradability
 a = water soluble N extracted by cold water rinsing (0 hr bag)
 b = potentially degrade N, other than water soluble N
 c = fraction rate of degradation of feed N per hour
 k = Fractional outflow rate of digesta per hour

เมื่อคำนวณได้ค่า dg แล้วสามารถนำไปประมาณค่าโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (Rumen degradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (Rumen undegradable protein, RUP) ได้ตามสมการดังนี้

$$RDP = CP \times dg$$

$$CP = RDP + RUP \text{ หรือ } RUP = CP - RDP$$

นำผลการวิเคราะห์ตัวอย่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร (ข้าวโพดบด, มันเส้น, กากมันสำปะหลัง, กากปาล์ม, กากถั่วเหลือง) และการย่อยสลายในกระเพาะหมักมาหาค่าเฉลี่ยและนำเสนอในรูปแบบ Mean \pm SE

3.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.4.1 องค์ประกอบทางเคมีในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ ด้วยวิธีการ Proximate analysis และ detergent Analysis ในห้องปฏิบัติการ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนใกล้เคียงกับข้าวโพด แต่เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง มีองค์ประกอบของเยื่อใย NDF และ ADF ในปริมาณที่สูง เช่นเดียวกับกากปาล์ม และในกากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์ไขมันค่อนข้างสูง (8.50 เปอร์เซ็นต์) แต่มีน้ำสำหรับและกากมันสำหรับมีเปอร์เซ็นต์ไขมันค่อนข้างต่ำ (0.46 และ 0.16 %ตามลำดับ) และในกากถั่วเหลือง มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง (48.95%)

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิด พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีองค์ประกอบทางเคมี คือ เปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำกว่ารายงานของ DePeters et al. (1997); Arosemena et al. (1995); Zervas et al. (1998) และ DeFrain et al. (2002) (1.26, 3.79, 5.75, 3.90 และ 2.90% ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าใกล้เคียงกับ DePeters et al. (1997) แต่ต่ำกว่าที่ Arosemena et al. (1995); Zervas et al. (1998) และ DeFrain et al. (2002) (10.25, 10.62, 14.60, 12.20 และ 13.50% ตามลำดับ) ในส่วนของเปอร์เซ็นต์เยื่อใยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนของเยื่อใยต่ำกว่า NRC (1984) (34.14 และ 40.1% ตามลำดับ) และ NDF ที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกับ Zervas et al. (1998) (64.86 และ 66.10% ตามลำดับ) แต่สูงกว่า Arosemena et al. (1995) ส่วน ADF พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับที่รายงานโดย Arosemena et al. (1995); DePeters et al. (1997); Zervas et al. (1998) และ DeFrain et al. (2002) (46.41, 43.39, 49.11, 47.30 และ 43.30% ตามลำดับ) ทั้งนี้องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่วิเคราะห์ได้นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น พันธุ์ อายุ และฤดูกาลในการเก็บเกี่ยว ฤดูกาลในการเพาะปลูกเพราะว่าเมื่อพืชอาหารสัตว์มีอายุมากขึ้นเท่าใด การสะสมของปริมาณเยื่อใยจะมากขึ้นนั้น ในขณะที่เดียวกันเปอร์เซ็นต์โปรตีน และการย่อยได้จะลดต่ำลงด้วย (เมธา, 2533)

ข้าวโพดบดมีโปรตีนใกล้เคียงกับรายงานของ Preston (2002) และ อุทัย (2537) (9.21, 9.00 และ 8.00% ตามลำดับ) ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันพบว่าต่ำกว่าที่ Preston (2002) และ อุทัย (2537) รายงาน (2.65, 4.30 และ 4.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์เยื่อใยหยาบใกล้เคียงกับรายงานของ Preston (2002) และ อุทัย (2537) รายงาน (2.69, 2.00 และ 2.50% ตามลำดับ) ส่วนเปอร์เซ็นต์เถ้า พบว่าต่ำกว่า Preston (2002) (1.61 และ 2.00%ตามลำดับ) และเปอร์เซ็นต์ NDF สูงกว่าที่ Preston (2002) รายงานไว้ (11.48 และ 9.00%) และ ADF ใกล้เคียงกับ Preston (2002) รายงานไว้ (2.76 และ 3.00%) ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง (48.95 %) และมีค่าใกล้เคียงกับ NRC (1988) และ McDonald et al. (1995) พบว่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีน (49.9 และ 50.3%) ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่า NRC (1988) และ McDonald et al. (1995) (2.03, 1.5 และ 1.7%

ตามลำดับ) และเปอร์เซ็นต์เยื่อใยหยาบมีค่าใกล้เคียงกับ Preston (2002) รายงานไว้ (6.42 และ 6.00% ตามลำดับ) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการสกัดน้ำมันและพันธู์ของถั่วเหลือง

มันสำปะหลังหรือมันเส้น มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าที่รายงานโดย สุขสันต์ (2540) และ McDonald et al. (1995) (3.38, 2.52 และ 3.00% ตามลำดับ) แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันใกล้เคียงกับรายงาน (0.46, 0.47 และ 0.90 % ตามลำดับ) ส่วนเปอร์เซ็นต์เถ้าในมันสำปะหลัง พบว่าใกล้เคียงกับ McDonald et al. (1995) (2.35 และ 3.00% ตามลำดับ) แต่ สุขสันต์ (2540) พบว่าเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงถึง 5.03 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ปริมาณเถ้าจะขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิตมันเส้น ซึ่งอาจมีการปลอมปนของดินที่ติดมากับหัวมันสำปะหลังสด ส่วนเปอร์เซ็นต์เยื่อใยหยาบใกล้เคียงกับ สุขสันต์ (2540) และ McDonald et al. (1995) (3.62, 3.50 และ 4.30% ตามลำดับ) และ NDF สูงกว่ารายงานของ McDonald et al. (1995) (20.86 และ 11.4% ตามลำดับ) เช่นเดียวกับ ADF ที่พบว่ามีค่าสูงกว่า (11.50 และ 6.3% ตามลำดับ) จากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่ามันสำปะหลังมีคุณค่าทางโภชนาการประเภทโปรตีนต่ำ มันสำปะหลังยังเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายสูง มีความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูง (77.50%) หรือพลังงาน 3.24 Mcal/kg (โอภาส และคณะ, 2539)

กากมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเท่ากับ 89.40% มีค่าใกล้เคียงกับ Lim (1967) และ Khang et al. (2000) ได้รายงานไว้ที่ 88.8 และ 91.2% ตามลำดับ แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำกว่าที่ Lim (1967) และ Khang et al. (2000) รายงาน (0.16, 0.55 และ 2.24% ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์โปรตีนพบว่าสูงกว่าที่ Preston (2002) และ Khang et al. (2000) รายงาน (4.25, 2.0 และ 1.08% ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีน ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการสกัดแป้งของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังและอายุของมันสำปะหลัง ส่วนเปอร์เซ็นต์เยื่อใยพบว่าสูงกว่าที่ Preston (2002) รายงาน (13.32 และ 5.00% ตามลำดับ) NDF ที่วิเคราะห์ได้สูงกว่า Preston (2002) (37.31 และ 34.00% ตามลำดับ) ส่วนเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงกว่าที่ Preston (2002) รายงาน (8.06 และ 3.0% ตามลำดับ) ซึ่งอาจมีการปนเปื้อนของดินในขณะตากกากมันสำปะหลัง ส่วน ADF พบว่าสูงกว่าที่ Preston (2002) และ Khang et al. (2000) (19.58, 8.0 และ 3.42% ตามลำดับ) ซึ่งจะเห็นว่ากากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ค่อนข้างต่ำโดยเฉพาะโปรตีนซึ่งคุณค่าทางโภชนาการในกากมันสำปะหลังนั้นขึ้นอยู่กับอายุของมันสำปะหลังที่ส่งเข้าโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์มันสำปะหลัง การใส่ปุ๋ยทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยวิทยาศาสตร์ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน พื้นที่ในการเพาะปลูก ฤดูกาลในการปลูกมันสำปะหลัง นอกจากนี้กรรมวิธีการกระบวนการสกัดแป้งออกก็ยังส่งผลถึงองค์ประกอบทางโภชนาการของกากมันสำปะหลังอีกด้วย (เจริญศักดิ์, 2519)

กากปาล์มเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์ม จากการศึกษาพบว่ากากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเท่ากับ 94.84 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน ไขมัน เยื่อใย NDF และ ADF เท่ากับ 14.71, 8.50, 23.40, 77.16 และ 34.64% ตามลำดับ ค่าโปรตีนที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าและมีไขมันและเยื่อใยสูงกว่าที่ จินดา

และคณะ (nd) รายงานว่ากากปาล์มมีโปรตีน ไขมัน เยื่อใย NDF และ ADF เท่ากับ 16.15, 0.72, 16.03, 75.84 และ 47% ตามลำดับ ซึ่งอาจเนื่องจากความแตกต่างกันในกรรมวิธีการผลิตและขบวนการสกัดน้ำมันปาล์มรวมทั้งฤดูกาลในการเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์ม

3.4.2 การประเมินค่าพลังงานในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์

เมื่อนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์จากตารางที่ 3.1 มาคำนวณหาค่าพลังงานประเภทต่างๆ ตามสมการของ NRC (2001) จะได้ค่าพลังงานของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ดังตารางที่ 3.2 พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN_{IX}) ค่าพลังงานการย่อยได้ (DE_p) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) และค่าพลังงานสุทธิ (NE_p) มีค่าต่ำกว่าข้าวโพด, กากถั่วเหลือง, มันสำปะหลัง, กากมันสำปะหลัง และกากปาล์ม แต่มีค่าพลังงานการย่อยได้สูงกว่ากากปาล์ม

เมื่อนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีไปคำนวณหาค่าพลังงานประเภทต่างๆ ตามสมการของ NRC (2001) พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีพลังงานในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN_{IX}) เท่ากับ 62.33% ซึ่งต่ำกว่าที่ NRC (1984) รายงานไว้ที่ 77% ทั้งนี้เนื่องจากมาจากการเก็บเกี่ยวและขึ้นอยู่กับพันธุ์ของเมล็ดถั่วเหลือง แต่จากการใช้ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีประเมินค่าพลังงานของวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทต่างๆ พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดต่ำกว่าข้าวโพด กากถั่วเหลือง และมันสำปะหลัง แต่มีโภชนะที่ย่อยได้ใกล้เคียงกับกากมันสำปะหลังและกากปาล์ม ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structure carbohydrate) อยู่สูง จึงทำให้มีค่าโภชนะที่ย่อยได้ต่ำกว่าข้าวโพดซึ่งมีส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non structure carbohydrate) อยู่สูง จึงทำให้มีค่าโภชนะที่ย่อยได้สูง

3.4.3 การย่อยสลายของวัตถุแห้ง

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบการย่อยสลายของวัตถุแห้งของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยวิธีการใช้ถุงไนลอนพบว่าปริมาณวัตถุแห้งที่ย่อยสลายไปดังแสดงในตารางที่ 3.3 ณ ชั่วโมงต่าง ๆ เมื่อนำไปบ่มในกระเพาะหมักของโคทดลอง พบว่าเมื่อมีระยะเวลาอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้น วัตถุดิบอาหารสัตว์ทุกชนิดมีอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีอัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ($dgDM$) ใกล้เคียงกับกากปาล์ม แต่มีอัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้งต่ำกว่าข้าวโพด กากถั่วเหลือง มันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีค่า Effective degradability of DM ($dgDM$) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มวัตถุดิบที่ศึกษาเพราะมันสำปะหลังมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายสูง ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดี แต่มีปริมาณโปรตีนต่ำ ในกรณีที่ใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถแก้ปัญหาได้โดยการปรับปรุงใช้ร่วมกับสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) ในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีค่า Effective

degradability of DM (*dgDM*) ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับกากมันสำปะหลัง, ข้าวโพด และกากถั่วเหลือง แต่มีค่าใกล้เคียงกับกากปาล์ม ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง และกากปาล์มประกอบด้วยเยื่อใยในปริมาณสูง ซึ่งเป็นผลให้ การย่อยสลายวัตถุแห้งที่เวลาต่างๆ ต่ำกว่าวัตถุดิบอื่น ๆ ส่วนการย่อยสลายวัตถุแห้งของกากถั่วเหลืองเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ ปิตุนาถ (2547) พบว่ามีค่า Effective degradability of DM (*dgDM*) สูงกว่า (68.10 และ 62.30% ตามลำดับ)

3.4.4 การย่อยสลายของโปรตีนรวม

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบการย่อยสลายของ โปรตีนของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยวิธีการใช้ถุงไนลอนพบว่าปริมาณโปรตีนที่สลายตัวไปดังแสดงในตารางที่ 4.4 ณ ชั่วโมงต่าง ๆ เมื่อนำไปป้อนในกระเพาะหมักของโคทดลอง พบว่าเมื่อมีระยะเวลาอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้น วัตถุดิบอาหารสัตว์ทุกชนิดมีอัตราการย่อยสลายโปรตีน (*dgCP*) ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามเวลา โดยที่วัตถุดิบอาหารสัตว์ มีอัตราการย่อยสลายโปรตีนใกล้เคียงกัน

จากการศึกษาการย่อยสลายของโปรตีนของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิด พบว่ากากถั่วเหลือง มีค่า Effective degradability of CP (*dgCP*) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มวัตถุดิบที่ศึกษา แต่พบว่า Effective degradability of CP (*dgCP*) ปิตุนาถ (2547) รายงานไว้ (59.3 และ 64.0% ตามลำดับ) เช่นเดียวกับข้าวโพด พบว่ามีค่า Effective degradability of CP (*dgCP*) ต่ำกว่าที่ ปิตุนาถ (2547) รายงานไว้ (55.9 และ 60.0% ตามลำดับ) มันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลังเนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนค่อนข้างต่ำจึงไม่สามารถหาค่า Effective degradability of CP (*dgCP*) ในกระเพาะหมักได้

3.5 สรุปผลการทดลอง

เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ 10.25% CP, 1.29% Fat, 4.64% Ash, 64.86% NDF, 46.41% ADF, 62.23% TDN_{ix}, 2.25 Mcal ME_p, 1.39 Mcal NE_{Lp} และมีค่าการย่อยสลายได้ 45.5% *dgDM* และ 56.1% *dgCP* นับได้ว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดีพอสมควร โดยเฉพาะการใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เขียวเอื้อง อย่างไรก็ตาม สามารถใช้เป็นอาหารสุกรได้เช่นเดียวกัน เพียงแต่การใช้เป็นอาหารสุกรนั้นจะถูกจำกัดด้วยเปอร์เซ็นต์เยื่อใย ซึ่งมีอยู่ค่อนข้างสูง



ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Mean \pm SE)

เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง	วัตถุดิบ						
	เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	ข้าวโพด	กากมันสำปะหลัง	กากถั่วเหลือง	มันสำปะหลัง	กากปาล์ม	
วัตถุดิบแห้ง	95.89 \pm 0.03	89.43 \pm 0.70	89.40 \pm 0.07	88.32 \pm 0.01	89.00 \pm 0.10	94.84 \pm 0.09	
โปรตีน	10.25 \pm 0.03	9.21 \pm 0.13	4.25 \pm 0.25	48.95 \pm 0.00	3.38 \pm 0.23	14.62 \pm 0.20	
ไขมัน	1.29 \pm 0.01	2.65 \pm 0.01	0.16 \pm 0.01	2.03 \pm 0.03	0.46 \pm 0.00	8.50 \pm 0.06	
เถ้า	4.64 \pm 0.04	1.61 \pm 0.05	8.07 \pm 0.06	6.50 \pm 0.023	2.35 \pm 0.00	4.08 \pm 0.03	
เยื่อใย	34.14 \pm 0.07	2.69 \pm 0.13	13.32 \pm 0.45	6.42 \pm 0.28	3.62 \pm 0.13	23.40 \pm 0.73	
NDF	64.86 \pm 0.05	11.48 \pm 0.32	37.31 \pm 0.21	16.62 \pm 0.03	20.86 \pm 0.26	61.92 \pm 0.20	
ADF	46.41 \pm 0.13	2.76 \pm 0.15	19.58 \pm 0.09	10.47 \pm 0.56	11.50 \pm 0.42	34.64 \pm 0.30	
ADL	3.63 \pm 0.00	1.60 \pm 0.60	3.70 \pm 0.10	0.75 \pm 0.07	1.17 \pm 0.04	12.67 \pm 0.30	
NFC	18.97 \pm 0.07	75.05 \pm 0.06	50.22 \pm 0.63	25.91 \pm 0.00	72.95 \pm 0.50	10.87 \pm 0.04	
NDIN	0.61 \pm 0.02	1.10 \pm 0.01	0.13 \pm 0.01	1.31 \pm 0.07	1.30 \pm 0.10	1.30 \pm 0.17	
NDICP	3.79 \pm 0.00	6.96 \pm 0.04	0.79 \pm 0.06	8.16 \pm 0.47	8.35 \pm 0.60	8.13 \pm 1.03	
ADIN	0.16 \pm 0.13	0.88 \pm 0.00	0.11 \pm 0.01	0.88 \pm 0.02	0.84 \pm 0.02	0.74 \pm 0.02	
ADICP	0.99 \pm 0.01	5.48 \pm 0.10	0.70 \pm 0.01	5.51 \pm 0.10	5.24 \pm 0.12	4.62 \pm 0.09	

หมายเหตุ : ADF = Acid-detergent fiber, ADL = Acid-detergent lignin, ADIN = Acid-detergent insoluble nitrogen, ADINCP = Acid-detergent insoluble crude protein, NDF = Neutral-detergent fiber, NDIN = Neutral-detergent insoluble nitrogen, NDICP = neutral detergent insoluble crude protein, NFC = non-fiber carbohydrate

ตารางที่ 3.2 คุณค่าทางพลังงานของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Mean \pm SE)

เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง	วัตถุดิบ					
	เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	ข้าวโพด	กากมันสำปะหลัง	กากถั่วเหลือง	มันสำปะหลัง	กากปาล์ม
TDN _{ix} (%) ^{1/}	62.33 \pm 0.06	82.94 \pm 0.54	66.22 \pm 0.40	80.02 \pm 0.10	80.71 \pm 0.20	60.36 \pm 0.70
DE _{ix} (Mcal/kg) ^{2/}	2.75 \pm 0.003	3.58 \pm 0.02	2.83 \pm 0.12	4.01 \pm 0.00	3.41 \pm 0.01	2.70 \pm 0.03
DE _p (Mcal/kg) ^{3/}	2.67 \pm 0.00	3.18 \pm 0.01	2.69 \pm 0.00	3.60 \pm 0.00	3.05 \pm 0.00	2.65 \pm 0.02
ME _p (Mcal/kg) ^{4/}	2.25 \pm 0.00	2.76 \pm 0.01	2.27 \pm 0.00	3.18 \pm 0.00	2.63 \pm 0.00	2.26 \pm 0.02
NE _{Lp} (Mcal/kg) ^{5/}	1.39 \pm 0.00	1.75 \pm 0.00	1.41 \pm 0.00	2.05 \pm 0.00	1.66 \pm 0.00	1.41 \pm 0.02

หมายเหตุ:

$$^1/ \text{TDN}_{ix} (\%) = \text{tdNFC} + \text{tdCP} + (\text{tdFA} \times 25.25) + \text{tdNDF} - 7$$

$$^2/ \text{DE}_{ix} (\text{Mcal/kg}) = [(\text{tdNFC}/100) \times 4.2] + [(\text{tdNDF}/100) \times 4.2] \times [(\text{tdCP}/100) \times 5.6] + [(\text{FA}/100) \times 9.4] - 0.3$$

$$^3/ \text{DE}_p (\text{Mcal/kg}) = \{[(\text{TDN}_{ix} - [0.18 \times \text{TDN}_{ix}] - 10.3) \times \text{Intake}] / \text{TDN}_{ix}\} \times \text{DE}_{ix}$$

$$^4/ \text{ME}_p (\text{Mcal/kg}) = [1.01 \times (\text{DE}_p) - 0.45] + [0.0046 \times (\text{EE} - 3)]$$

$$^5/ \text{NE}_{Lp} (\text{Mcal/kg}) = [0.703 \times \text{ME}_p] - 0.19 \text{ (Moe and Tyrrell, 1972)}, (\text{EE} < 3\%)$$

$$^5/ \text{NE}_{Lp} (\text{Mcal/kg}) = [(0.703 \times \text{ME}_p) - 0.19] + [(0.097 \times \text{ME}_p)/97] \times [(\text{EE} - 30)], (\text{EE} > 3\%)$$

ตารางที่ 3.3 แสดงการย่อยสลายวัตถุแห้งของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุบดอาหารสัตว์ในกระเพาะหมัก

วัตถุดิบ	วัตถุแห้ง								dg ¹	
	0 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง			
------(%)-----										
Degradability of DM										
เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	17.1	24.9	26.8	27.1	36.5	58.8	74.0	45.5		
ข้าวโพด	25.7	32.1	33.1	34.7	46.4	58.5	75.3	50.2		
กากถั่วเหลือง	24.9	41.8	44.8	49.3	65.5	85.2	93.9	68.1		
มันสำปะหลัง	48.0	61.8	65.6	69.2	81.3	84.9	93.0	78.7		
กากมันสำปะหลัง	20.7	27.8	30.9	35.3	47.1	65.6	79.6	52.1		
กากปาล์ม	20.2	23.4	28.4	33.2	40.4	47.0	66.5	43.0		

หมายเหตุ: ¹ Effective degradability of Dry matter

ตารางที่ 3.4 แสดงการย่อยสลายโปรตีนของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ในกระเพาะหมัก

วัตถุดิบ	วัตถุแห้ง								dg ^{1/}	
	0 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง			
------(%)-----										
Degradability of CP										
เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	29.8	38.6	39.5	41.6	56.3	63.2	78.1	56.1		
ข้าวโพด	39.1	40.9	42.2	44.4	52.2	61.7	76.7	55.9		
กากถั่วเหลือง	21.8	26.3	31.6	41.3	51.8	79.5	89.9	59.3		
กากปาล์ม	39.7	41.1	43.2	46.4	49.1	66.3	76.5	56.8		

หมายเหตุ: ^{1/} Effective degradability of Crude protein

ตารางที่ 3.5 แสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของวัตถุดิบอาหารสัตว์

Disappearance (%)	วัตถุดิบ					
	เปลือกหุ้มเมล็ดธัญพืช	ข้าวโพด	กากถั่วเหลือง	มันสำปะหลัง	กากมันสำปะหลัง	กากปาล์ม
DM Disappearance (%)						
A	17.1	25.7	24.9	48.0	20.7	20.2
B	81.0	69.4	74.0	44.9	68.5	69.4
c	0.026	0.026	0.059	0.079	0.042	0.021
A + B	98.1	95.1	98.9	92.9	89.2	89.6
Effective Disappearance (%)*	45.5	50.2	68.1	78.7	52.1	43.0
CP Disappearance (%)						
A	29.8	39.1	21.8	-	-	39.7
B	56.6	60.7	74.8	-	-	52.2
c	0.038	0.021	0.056	-	-	0.027
A + B	86.4	99.8	96.6	-	-	91.9
Effective Disappearance (%)*	56.1	55.9	59.3	-	-	56.8

หมายเหตุ : *Outflow rate (fraction/h) = 0.05