

คุณภาพโปรตีนและค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากทานตะวัน และกากเรปซีด

Protein Quality and Metabolizable Energy of Sunflower and Rape Seed Meals

บุญล้อม จีวะอิสระกุล¹, วีระศักดิ์ สามาร¹ และ สุชน ตั้งทวีวัฒน¹

Boonlom Cheva-Isarakul¹, Weerasak Samart¹ and Suchon Tangtaweewipat¹

Abstract : Sunflower meal (SFM) contained lower CP than rape seed meal (RSM) and soybean meal (SBM; 28.7 vs. 37.8 and 46.3% DM) but higher CF (29.5 vs. 11.8 and 7.6% DM). RSM contained lower EE than SFM and SBM (1.0 vs. 5.4 and 7.9% DM) therefore it had lower gross energy content than the other two meals (4.5 vs. 4.8 and 5.1 kcal/g DM).

The digestibility trial was conducted in 4 artificial anus cocks and 4 normal cocks. It revealed that the true digestibility of most nutrients (DM, CP, EE, NFE and OM) in SBM were significantly higher than SFM and RSM. Artificial anus cocks showed higher digestibility of DM, CP, NFE and OM while that of CF was lower than the normal cocks. However that of EE had no significant difference.

True digestible energy (TDE) was found to be higher than ADE. True metabolizable energy (TME) was also higher than AME with regardless of chicken types. The energy value of SBM was significantly higher than SFM and RSM. The TME values of the 3 feedstuffs are 3.7 vs. 2.8 and 2.2 kcal/g DM, respectively.

Protein quality of SFM and RSM was evaluated using 80 heads of 7 days old chicks and 20 heads of 3 weeks old albino rats. Each kind of animals was divided into 4 dietary groups (including casein and N-free diets). It was found that RSM and SFM had similar protein quality. Their Protein efficiency ratio (PER) values were 1.4 vs. 1.0 and Net protein retention (NPR) were 2.9 vs. 2.9. These values determined in chicks were significantly higher than in rat (PER = 1.5 vs. 0.9 and NPR = 3.4 vs. 2.3, respectively).

บทคัดย่อ : จากการศึกษาค่าการย่อยได้ที่แท้จริง โดยใช้พ่อไก่ที่ทำต่อมูลเทียมและพ่อไก่ปกติอย่างละ 4 ตัว พบว่า การย่อยได้ที่แท้จริงของโภชนะส่วนใหญ่ (วัตถุดิบ โปรตีน ไขมัน NFE และอินทรีย์วัตถุ) ในกากถั่วเหลืองสูงกว่า กากทานตะวัน

¹ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang mai 50200, Thailand.

และกากเรปซิดอย่างมีนัยสำคัญ ไก่ที่ทำท่อนูเลียมมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน NFE และอินทรีย์วัตถุถูกต้องกว่า และสูงกว่าค่าที่ได้จากไก่ปกติแต่มีค่าการย่อยได้ของเชื้อใยต่ำกว่า ส่วนค่าการย่อยได้ของไขมัน ไม่แตกต่างกัน

ในแง่ของพลังงาน พบว่าพลังงานย่อยได้จริง (TDE) มีค่าสูงกว่าแบบปรากฏ (ADE) และพลังงาน ใช้ประโยชน์แบบจริง (TME) ก็มีค่าสูงกว่าแบบปรากฏ (AME) ทั้งในไก่ปกติและไก่ที่ทำท่อนูเลียม โดยชนิด ของไก่ให้ค่าพลังงาน ไม่แตกต่างกัน แต่ต่างกันที่ชนิดของวัตถุดิบ คือ กากถั่วเหลืองมีค่าสูงกว่ากากทานตะวัน และกากเรปซิดอย่างมีนัยสำคัญ (TME เท่ากับ 3.7 vs. 2.8 และ 2.2 kcal/g DM, ตามลำดับ)

จากการประเมินคุณภาพโปรตีนของกากทานตะวันและกากเรปซิด โดยใช้ลูกไก่เนื้อ อายุ 7 วัน จำนวน 80 ตัว และหนูขาวอายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 20 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตามสูตรอาหาร (รวมทั้งสูตรเคซีนและสูตรที่ปราศจากไนโตรเจนด้วย) พบว่า กากเรปซิดและกากทานตะวันมีคุณภาพโปรตีนไม่ต่างกัน โดยมีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) เท่ากับ 1.4 และ 1.0 และ NPR เท่ากับ 2.9 และ 2.9 การใช้ไก่เป็นสัตว์ทดลองได้ค่าดังกล่าว สูงกว่าเมื่อใช้หนูอย่างมีนัยสำคัญ (PER = 1.5 vs. 0.9 และ NPR = 3.4 vs. 2.3, ตามลำดับ)

Index words : อาหารสัตว์ กากทานตะวัน กากเรปซิด สรีรวิทยา

Metabolizable energy, Rape seed meal, Sunflower meal, Soybean meal

คำนำ

แหล่งโปรตีนจากพืชที่นิยมใช้ในอาหาร สัตว์ส่วนใหญ่ได้จากกากถั่วเหลือง ซึ่งประเทศไทย ผลิตได้ไม่เพียงพอ ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ แต่เนื่องจากอัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทอ่อนตัวลงมาก ทำให้เมล็ดและกากถั่วเหลืองที่นำเข้ามีต้นทุนสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีความพยายามหาแหล่งโปรตีนจากพืชชนิด อื่นที่มีราคาถูกกว่า เช่น กากทานตะวัน กากเรปซิด และกากงามาใช้ทดแทน ซึ่งการนำวัตถุดิบ ดังกล่าวมาประกอบสูตรอาหารจำเป็นต้องทราบ คุณค่าทางโภชนาที่ลึกซึ้งกว่าองค์ประกอบทางเคมี เช่น ค่าการย่อยได้ ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ (ME) และคุณภาพของโปรตีน เป็นต้น ประกอบกับ วัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดที่ใช้ในประเทศมีคุณภาพ แตกต่างจากที่ใช้ในต่างประเทศเช่น กากทานตะวัน ที่ใช้เป็นชนิดที่มีโปรตีนต่ำแต่มีเชื้อใย (Crude fiber, CF) สูง ส่วนกากเรปซิดที่นำเข้าจากต่างประเทศ

ก็ไม่ทราบแหล่งผลิตที่แน่นอน ดังนั้นการ ใช้ข้อมูลของวัตถุดิบดังกล่าวจากต่างประเทศมา อ้างอิงเพื่อใช้คำนวณสูตรอาหารอาจไม่ถูกต้องนัก ควรต้องทำการศึกษาโดยตรง

Dalibard and Paillard (1995) รายงานว่า กากถั่วเหลืองที่มีโปรตีน (Crude protein, CP) 44% มีค่าการย่อยได้ของ CP ต่ำกว่า แต่ของไลซีน (Lys) สูงกว่ากากทานตะวัน (87 vs. 89% และ 87 vs. 86 %) เมื่อใช้กากถั่วเหลืองที่มี CP สูงขึ้น (46-48%) การย่อยได้ของ CP และ Lys สูงกว่ากากทานตะวัน เล็กน้อย (90 vs. 89% และ 89 vs. 86%, ตามลำดับ) ส่วนกากเรปซิดมีค่าการย่อยได้ของ CP เท่ากับ 75-84% ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่ ยังไม่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ (-O-variety) มีค่าการย่อย ได้ต่ำกว่าสายพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์แล้ว (-OO-variety) Zhang and Parsons (1994) บ่งว่าการเพิ่ม ระยะเวลาในการให้ความร้อนด้วยการนึ่งกากทานตะวัน ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 0, 30, 60 และ 90 นาที

มีผลทำให้ค่าการย่อยได้จริงของกรดอะมิโน โดยเฉพาะ Lys ลดลงตามการเพิ่มระยะเวลาการให้ความร้อน (86, 54, 43 และ 35%, ตามลำดับ)

Dale (1997) รายงานว่า กากทานตะวันและกากเรปซิด มีค่า ME 2.26 และ 1.77 kcal/g ส่วนวิธีสกัดและคณะ (2542) บ่งว่า ค่าพลังงานย่อยได้ปรากฏ (Apparent digestible energy, ADE) ในกากทานตะวันมีค่า 2.37 kcal/g DM และพลังงานย่อยได้ที่แท้จริง (True digestible energy, TDE) เท่ากับ 2.81 kcal/g DM ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ ได้ปรากฏ (AME) และใช้ประโยชน์ได้จริง (TME) เท่ากับ 2.10 และ 2.65 kcal/g DM ตามลำดับ และยังพบว่า ME ในไก่ทำต่อมูลเทียมและ ไก่ปกติมีค่าไม่แตกต่างกันนัก ไพฑูรย์ (2539) รายงานว่าค่า TME ในกากเรปซิดมีค่าเท่ากับ 2.13 kcal/g DM ต่ำกว่ารายงานของ Lee *et al.* (1995) ที่บ่งว่ามีค่าเท่ากับ 2.50 kcal/g DM สำหรับ คุณภาพโปรตีนในกากทานตะวันนั้น Clandinin and Robblee (1950) รายงานว่า ความร้อนจะทำให้คุณภาพโปรตีนในกากลดลง เช่นเดียวกับ Rad and Keshavarz (1976) ที่ประเมินค่าทางโภชนาของกากถั่วเหลืองและกากทานตะวันที่ได้รับความร้อนโดยการต้มที่อุณหภูมิ 105-125°C และ 80-130°C พบว่าการใช้ประโยชน์ได้ของ Lys ลดลงตามการเพิ่มของอุณหภูมิ และยังพบว่าค่า Net protein value (NPV) ลดลงเช่นกัน ซึ่งค่า NPV ในกากทานตะวันจะต่ำกว่ากากถั่วเหลือง (44.2-49.0 vs. 55.2% ตาม ลำดับ)

การหาค่าการย่อยได้ในสัตว์ปีกทำได้ลำบาก เนื่องจากสัตว์ปีกมีการขับมูลและปัสสาวะออกพร้อมกัน จึงต้องทำโดยการผ่าตัดทำต่อมูลเทียมเพื่อแยกมูลออกจากปัสสาวะนอกจากนี้ การคำนวณ

หาค่าการย่อยได้โดยการหักเฉพาะปริมาณโภชนะในมูลออกจากอาหารอาจไม่ถูกต้องนัก เพราะมูลที่ขับออกมามีส่วนของน้ำย่อยเซลล์ผนังทางเดินอาหารที่หลุดลอกและจุลินทรีย์ปนออกมามีด้วย สิ่งเหล่านี้เรียกรวมๆว่า endogenous loss ดังนั้นต้องนำค่านี้มาหักออกจากมูลเสียก่อนจึงจะได้ค่า การย่อยได้ที่แท้จริง (True digestibility, TD)

ส่วนค่าพลังงานในอาหารสัตว์ปีกนิยมใช้ค่า ME เพราะได้คำนวณส่วนที่สูญเสียไปในมูลและปัสสาวะอย่างไรก็ดีเพื่อความถูกต้อง ควรคำนวณหาค่า TME โดยนำค่า endogenous loss มาหักออกด้วย

สำหรับการประเมินคุณภาพโปรตีนเป็นวิธีการที่จะบอกให้ทราบว่าโปรตีนในอาหารหรือวัตถุดิบชนิดนั้นๆ สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด วิธีการประเมินคุณภาพโปรตีนอาจทำได้โดยวิธีทางเคมีหรือวิธีทดลองกับตัวสัตว์ ซึ่งการทดลองกับสัตว์นั้นอาจใช้น้ำหนักตัวเป็นหลัก เช่น การหาค่า Protein efficiency ratio (PER) และ Net protein retention (NPR) หรืออาจใช้สมดุลของไนโตรเจน (N-balance) เช่น การหาค่า Biological value (BV), Net protein utilization (NPU) และ NPV เป็นต้น ซึ่งจะได้ผลแม่นยำกว่าการศึกษาหาค่าเหล่านี้มักใช้หนูเป็น สัตว์ทดลอง แต่เนื่องจากวัตถุดิบเหล่านี้ใช้ เป็นอาหารสัตว์ปีก จึงควรทำการศึกษาเกี่ยวกับสัตว์ปีกโดยตรง เพราะอาจได้ค่าที่แตกต่างออกไป เนื่องจากชนิดของสัตว์และระบบทางเดินอาหาร ประกอบกับการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างสัตว์ทั้ง 2 ชนิดยังมีอยู่น้อย การศึกษาส่วนนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาคุณภาพโปรตีนของวัตถุดิบทั้งสองชนิด โดยศึกษาทั้งในไก่และหนู

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สุ่มเก็บตัวอย่าง กากทานตะวันชนิดที่ผลิตภายในประเทศกากเรปซิด และกากถั่วเหลือง มาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี โดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) แล้วศึกษาหาค่าการย่อยได้และ ME โดยใช้ไก่ที่ผ่าตัดทำท่อมูลเทียมและไก่ปกติ เพศผู้โตเต็มวัย อย่างละ 4 ตัว ให้ไก่แต่ละตัวได้รับอาหารที่มี 16.5% CP เป็นเวลา 7 วัน เพื่อปรับตัวให้เข้ากับสภาพคอก จากนั้นทำการอดอาหารเพื่อให้ไก่ขับถ่ายมูลที่มาจากอาหารเก่าออกให้หมดก่อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วให้ไก่จำนวน 3 ตัว ได้รับอาหารที่มีกากทานตะวัน กากเรปซิดหรือกากถั่วเหลืองล้วนๆ จำนวนตัวละ 30 กรัม โดยการกรอกทางปาก (force-feeding) ตามที่อ้างอิง โดย Sibbald (1977a, b) ไก่ที่เหลืออีก 1 ตัวให้อาหารต่อไปอีก 24 ชั่วโมงเพื่อหาค่า endogenous loss ทำการเก็บสิ่งขับถ่ายของไก่ทุกตัว 3 ครั้ง ตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเริ่มทำการ ทดลองซ้ำอีกในรอบที่ 2 โดยใช้วิธีการเดียวกัน กับรอบแรก เพียงแต่สลับตัวไก่จนครบ 4 รอบ ตามแผนการทดลองแบบ 4 x 4 Latin square นำมูลและปัสสาวะที่เก็บได้มาวิเคราะห์ แล้วคำนวณหาค่า TD, AME และ TME โดยใช้สูตรดังนี้

$$TD(\%) = \frac{(I \times \%NU) - (E_f \times \%NU) - (E_r \times \%NU)}{I \times \%NU} \times 100$$

เมื่อ

I = ปริมาณอาหารที่กินเข้าไป (g DM)

NU_i = ความเข้มข้นของโภชนะในอาหาร ที่กิน (%DM)E_f = ปริมาณมูลของไก่ตัวที่ให้อาหาร (g DM)NU_r = ความเข้มข้นของโภชนะในมูลของไก่ตัวที่ให้อาหาร (% DM)E_r = ปริมาณมูลของไก่ตัวที่อดอาหาร (g DM)

NU_r = ความเข้มข้นของโภชนะในมูลของไก่ตัวที่อดอาหาร (% DM)

$$AME = \frac{((GE_i \times I) - [(GE_f \times F) - (GE_u \times U)])}{I}$$

$$TME = \frac{((GE_i \times I) - [(GE_f \times F) - (GE_u \times U)]) - [(GE_u \times U) - (GE_{nu} \times U)]}{I}$$

เมื่อ

GE_i = พลังงานรวมของอาหารที่กิน (kcal/g. DM)

I = ปริมาณอาหารที่กินเข้าไป (g. DM)

GE_f = พลังงานรวมของมูลไก่ตัวที่ให้อาหาร (kcal/g. DM)

F = ปริมาณมูลของไก่ตัวที่ให้อาหาร (g. DM)

GE_r = พลังงานรวมของมูลไก่ตัวอดอาหาร (kcal/g. DM)F_r = ปริมาณมูลจากไก่ตัวที่อดอาหาร (g. DM)GE_u = พลังงานรวมของปัสสาวะไก่ตัวที่ให้อาหาร (kcal/g. DM)

U = ปริมาณปัสสาวะของไก่ตัวที่ให้อาหาร (g. DM)

GE_{nu} = พลังงานรวมของปัสสาวะไก่ตัวอดอาหาร (kcal/g. DM)U_r = ปริมาณปัสสาวะของไก่ตัวที่อดอาหาร (g. DM)

หมายเหตุ ในกรณีไก่ปกติจะมีส่วนของปัสสาวะปนออกมารวมกับมูล การหาค่าการย่อยได้จึงไม่ถูกต้อง

ส่วนกรณีของไก่ที่ทำท่อมูลเทียมจากข้อมูลผลการวิเคราะห์ที่ได้ยังสามารถนำมาหาค่า ADE และ TDE โดยใช้สูตร

$$ADE = \frac{((GE_i \times I) - (GE_f \times F))}{I}$$

$$TDE = \frac{((GE_i \times I) - [(GE_f \times F) - (GE_r \times E_r)])}{I}$$

สัญลักษณ์ต่างๆ เป็นไปเช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น

การประเมินคุณภาพโปรตีน

สูตรอาหารที่ใช้เป็นอาหารกึ่งบริสุทธิ์ (Semi-purified diet) จำนวน 4 สูตร สูตรแรกไม่มี CP (N-free) สูตรที่ 2, 3 และ 4 มี 10% CP โดยใช้เคซีน กากทานตะวันและกากเรปซิดเป็นแหล่งโปรตีนหลัก สูตรอาหารดัดแปลงจาก Green and Kiener (1989) ดังแสดงในตารางที่ 1 นำอาหารที่ผสมแล้วไปผสมน้ำเล็กน้อย แล้วอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดแบบเกลียวสว่านที่ดัดแปลงจากเครื่องบดหมู ใช้ไม้ไผ่บางๆ ตัดอาหารออกเป็นท่อนๆ ยาว 1-2 ซม. จากนั้นนำไปตากแดดจนกว่าจะแห้งหรืออบที่ 60 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

1. การศึกษาในหนู

ใช้หนูขาวพันธุ์ Sparquedowley จำนวน 20 ตัว เป็นเพศผู้หลังหย่านม อายุ 3 สัปดาห์ เลี้ยงในห้องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 23 °ซ แบ่งหนูออกโดยสุ่มเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 5 ตัว (กรง) ให้ได้รับอาหารทดลอง (ตารางที่ 1) ก่อนการบันทึกข้อมูล ให้หนูได้ปรับสภาพเข้ากับกรงและอาหารก่อนเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นอดอาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักหนูในช่วงเช้า แล้วเริ่มทดลองจริงเป็นเวลา 7 วัน โดยให้กินน้ำและอาหารแบบเต็มที่ บันทึกอาหารที่ให้และอาหารเหลือทุกวัน เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองชั่งน้ำหนักหนูอีกครั้ง โดยอดอาหารก่อนชั่งเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ข้อมูลที่ได้คำนวณหาค่า PER และ NPR ด้วยสูตร

$$PER = \frac{BW \text{ gain (g)}}{Protein \text{ intake (g)}}$$

$$NPR = \frac{BW \text{ gain (test diet, g)} + BW \text{ loss (N-free diet, g)}}{Protein \text{ intake (g)}}$$

2. การศึกษาในไก่

ใช้ไก่เนื้อพันธุ์ AA 707 คณะเพศ อายุ 1 วัน จำนวน 80 ตัว นำมาเลี้ยงรวมกันให้ได้รับอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดของไก่เนื้อที่มี 21% CP เหมือนกัน เมื่อไก่อายุได้ 7 วัน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มเพื่อให้ได้รับอาหารทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยแต่ละกลุ่มมี 5 ตัว (คอก) ข้างละ 4 ตัว มีที่ให้อาหารและน้ำแยกแต่ละตัว ก่อนทดลองให้ทำการอดอาหารไก่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วบันทึกน้ำหนักตัว บันทึกปริมาณอาหารที่กินและอาหารเหลือทุกวัน ตลอดระยะเวลาทดลอง 9 วัน จากนั้นอดอาหารเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักตัวไก่อีกครั้ง นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่า PER และ NPR

ข้อมูลการเปรียบเทียบระหว่างชนิดของวัตถุดิบใช้แผนการทดลองแบบ CRD ส่วนค่าการย่อยได้และค่า ME เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง ชนิดของไก่ (ทำต่อมูลเทียบกับไก่ปกติ) และการ ประเมินคุณภาพโปรตีนเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง หนูกับไก่ ใช้แผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD

Table 1 Formulation and chemical composition of semi-purified diets used in the protein quality trial.

Group	N-free	Casein	Sunflower meal	Rapeseed meal
<i>Ingredient :</i>				
Casein	-	105.00	-	-
Sunflower meal	-	-	310.00	-
Rapeseed meal	-	-	-	227.17
Cassava starch	770.00	662.00	443.33	503.51
Sugar (sucrose)	100.00	100.00	100.00	100.00
Cellulose	50.00	50.00	-	30.00
Soybean oil	40.00	40.00	106.67	99.32
Methionine	-	3.00	-	-
Premix ^{1/}	40.00	40.00	40.00	40.00
Total	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
<i>Calculated chemical composition (% air dry basis):</i>				
CP	1.92	10.18	10.00	9.85
ME (kcal/g)	3.58	3.60	3.55	3.55
CF	8.77	8.25	11.31	8.14
EE	4.54	4.51	12.65	10.72
Methionine	-	0.58	0.15	0.72
Lysine	-	0.84	0.30	0.29
<i>Analyzed chemical composition (% air dry basis):</i>				
DM	89.72	89.96	89.59	90.95
CP	0.40	9.89	9.45	9.50

^{1/} mg/kg diet (except at noted); Vitamins : A 0.224 MIU, D₃ 0.04 MIU, E 240, K 32, B₁ 24, B₂ 64, B₁₂ 2.4, Pantothenic acid 160, Niacin 320, Folic acid 8, Biotin 0.64, Choline chloride 200; Minerals: Se 1.6, Fe 480, Mn 960, Zn 96, Co 1.6, I 8; Antioxidant 0.1, Preservative 400 and Carrier filled until 40,000; Produced by BASF (Thailand).

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมี

กากทานตะวันมี CP ต่ำกว่ากากเรปซิด และกากถั่วเหลือง 9.1 และ 17.6% ตามลำดับ (28.7 vs. 37.8 และ 46.3% DM) ทั้งนี้เนื่องจากกาก

ทานตะวันมี CF สูงกว่ากากเรปซิดและกากถั่วเหลือง มาก (30 vs. 8-12%) อย่างไรก็ตาม เรปซิดมี Ether extract (EE) ต่ำกว่ากากทานตะวัน และกากถั่วเหลือง มาก โดยมีปริมาณเท่ากับ 1.0, 5.4 และ 7.9% DM ตามลำดับ จึงทำให้ค่าพลังงานรวม (GE) ของกากเรปซิดต่ำกว่าของกากทานตะวัน และกากถั่วเหลือง

(4.5 vs. 4.8 และ 5.1 kcal/g DM ตามลำดับ, ตารางที่ 2)

สำหรับกากถั่วเหลืองที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้พบว่า มี DM และ CP ต่ำกว่า NRC (1994) เล็กน้อย (83.4 vs. 89.0% และ 46.3 vs. 49.4% DM, ตามลำดับ) แต่มี EE สูงกว่ามากแสดงว่ากระบวนการสกัดน้ำมัน

ในประเทศไทยมีประสิทธิภาพต่ำกว่า ที่ใช้ในต่างประเทศดังจะสังเกตเห็นได้ว่าทั้งกากถั่วเหลืองและกากทานตะวันที่ผลิตในประเทศไทยมีค่าไขมันสูงกว่ากากเรปซิด ซึ่งเป็นวัตถุดิบนำเข้าและสูงกว่ากากถั่วเหลืองจากรายงาน ต่างประเทศมาก

Table 2 Chemical composition of sunflower and rapeseed meals compared to soybean meal.

	Sunflower meal ^{1/}	Rapeseed meal ^{1/}	Soybean meal ^{1/}	Soybean meal ^{2/}
DM	93.13	91.56	83.43	89.0
CP	28.70	37.80	46.31	49.4
EE	5.43	1.03	7.92	0.9
CF	29.51	11.75	7.62	7.9
Ash	5.77	11.17	7.23	n.a
NFE	30.59	38.25	30.92	n.a
OM	94.23	88.83	92.77	n.a
GE (kcal/g DM)	4.83	4.45	5.06	n.a

n.a = No data available.

^{1/} Analyzed at the Department of Animal Science Laboratory.

^{2/} NRC (1994)

การย่อยได้

การย่อยได้ของโภชนะต่างๆในกากทานตะวันและกากเรปซิด เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองเมื่อใช้วิธีการออกอาหารทางปากในไก่ที่ทำต่อมูลเทียมและไก่ปกติ (intact chickens) แสดงในตารางที่ 3 โปรดสังเกตว่าในกรณีของไก่ปกติ ค่าที่แสดงไว้มิใช่การย่อยได้ที่ถูกต้องเพราะไก่มิมีการขับมูลและปัสสาวะออกพร้อมกัน แต่แสดงไว้เพื่อให้เห็นว่าเมื่อนำไก่ที่ไม่ได้ทำการผ่าตัดมาทดลองจะได้ผลต่างจากไก่ที่ผ่าตัดแยกมูลและปัสสาวะแล้วอย่างไรบ้างผลปรากฏว่าไก่ปกติมีค่าการย่อยได้ของโภชนะส่วนใหญ่ต่ำกว่าไก่ที่ทำต่อมูลเทียม อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในกรณีของ CP ทั้งนี้เนื่องจากไก่ปกติขับปัสสาวะออกมาปะปนกับมูลด้วย ซึ่งปัสสาวะมี

ไนโตรเจนอยู่สูงและเกิดจากการเผาผลาญอาหารในร่างกายนี้อยู่ส่วนของอาหารที่ไม่ถูกย่อย ดังนั้นเมื่อนำมาหักลบออกจากอาหารที่กินจะได้ค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริงด้วยเหตุนี้ในการศึกษาหาค่าการย่อยได้ จึงควรศึกษาในไก่ที่ผ่าตัดทำต่อมูลเทียมจะได้ค่าที่ถูกต้องกว่าส่วนในกรณีของ CF ซึ่งไก่ที่ทำต่อมูลเทียมมีแนวโน้มว่าย่อยได้ต่ำกว่าไก่ปกติเนื่องจากเนื้อเยื่อจากไก่ที่ทำต่อมูลเทียมถูกตัดส่วนของ ลำไส้ตรง (rectum) ออกไป ซึ่งในส่วนนี้แม้จะไม่มี การย่อยโดยน้ำย่อยจากตัวสัตว์โดยตรง แต่มีจุลินทรีย์ช่วยย่อยอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกที่ไม่สามารถย่อยได้ในลำไส้เล็ก ดังนั้นไก่ปกติจึงมีการย่อยได้ของเยื่อใยสูงกว่าแต่ค่าดังกล่าวไม่ใช่ค่าที่ถูกต้องนัก เพราะ โภชนะที่ถูกย่อยได้ใน

ถ้าใส่ใหญ่สัตว์ไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของอาหาร
พบว่ากากถั่วเหลืองมีค่าการย่อยได้ของโภชนะ
ส่วนใหญ่สูงกว่ากากทานตะวันและกากเรปซีด

อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่ากากถั่วเหลือง
มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่ากากน้ำมันพืชทั้ง 2 ชนิด
ทั้งด้านองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยได้ ดังนั้น
เมื่อสัตว์กินเข้าไปจะทำให้ได้รับ โภชนะมากกว่า

Table 3 True digestibility (% DM) of sunflower and rapeseed meals compared to soybean meal in the artificial anus and intact chickens.

	Sunflower meal	Rapeseed meal	Soybean meal	Average
<i>Artificial anus chicks</i>				
DM	52.51 ^b	47.29 ^{ab}	61.72 ^a	53.84 ^A
CP	83.16 ^a	68.19 ^b	87.35 ^a	79.56 ^A
EE	69.79 ^b	49.81 ^a	89.83 ^a	72.15 ^A
CF	43.53 ^a	16.55 ^b	10.87 ^b	23.65 ^B
NFE	39.03 ^a	51.04 ^a	44.40 ^a	44.82 ^B
OM	57.44 ^b	53.00 ^b	67.41 ^a	59.27 ^A
<i>Intact chicks^{1/}</i>				
DM	42.63 ^b	40.14 ^b	52.71 ^a	45.16 ^B
CP	61.32 ^{ab}	50.67 ^b	67.45 ^a	59.82 ^B
EE	73.97 ^b	45.84 ^c	96.63 ^a	69.81 ^A
CF	46.19 ^a	23.22 ^b	18.73 ^b	29.38 ^A
OM	40.25 ^b	42.71 ^b	60.88 ^a	50.59 ^B

^{a,c} Values within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

^{ab} Values within a column of the same nutrient (artificial anus vs. intact chicks) with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

^{1/} The values from intact chicks do not indicate a true digestibility because urine is excreted with feces via cloaca.

พลังงานย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์

ค่า ME ของกากทานตะวันและกากเรปซีด
เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองโดยใช้ไก่ที่ทำต่อมูลเทียม
และไก่ปกติผลแสดงในตารางที่ 4 ปรากฏว่า ไก่ทั้ง 2
ชนิดให้ค่า ME ใกล้เคียงกันไม่ว่าจะเป็นค่าแบบปรากฏ
(AME) หรือแบบจริง (TME) แต่ถ้าเปรียบเทียบระหว่าง
ชนิดของวัตถุดิบพบว่า ME ของกากถั่วเหลืองมีค่าสูง
กว่า กากทานตะวัน และกากเรปซีดอย่างมีนัยสำคัญ

(2.8 vs. 1.9 และ 1.3 kcal/g DM และ 3.7 vs. 2.8 และ 2.2
kcal/g DM, ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจากกากถั่วเหลืองมี
โภชนะมากกว่าและมีค่าการย่อยได้ของโภชนะสูงกว่า
ดังได้กล่าวมาแล้ว จึงมีพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้
ประโยชน์ในร่างกายได้มากกว่าเมื่อพิจารณาระหว่างค่า
TME และ AME พบว่า TME มีค่าสูงกว่าทั้งนี้เนื่องจากได้
หักลบส่วนของพลังงานในมูลและปัสสาวะที่ไม่ได้มา
จากอาหารออกไปแล้วซึ่งค่านี้จะถูกต้องกว่าค่า AME

สำหรับค่า DE ซึ่งปกติไม่นิยมหากันเนื่อง จาก ใน ไก่ปกติมูลและปัสสาวะถูกขับออกมาทางเดียวกัน ทาง cloaca จึงทำให้หาค่าดังกล่าวได้ยาก แต่การ ศึกษาในครั้งนี้ ได้ใช้ไก่ที่ทำท่อมูลเทียม ซึ่งสามารถ แยกมูล กับปัสสาวะออกจากกันได้ จึงสามารถหาค่า

DE ได้ โดยพบว่ากากเรปซีด มีค่าต่ำกว่ากากอีกสอง ชนิดอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่า TDE นั้น เป็นค่าที่ถูก ต้องกว่าและมีค่าสูงกว่าแบบ ADE เช่นกัน แม้ว่า ความแตกต่างจะไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติก็ตาม (ตารางที่ 4)

Table 4. Digestible and metabolizable energy of sunflower and rapeseed meals compared to soybean meal in artificial anus and intact chickens.

	Sunflower meal	Rapeseed meal	Soybean meal	Average
Metabolizable energy (ME, kcal/g DM)				
Apparent ME (AME)				
Artificial anus chicks	1.93 ^y	1.32 ^z	2.73 ^x	1.99 ^d
Intact chicks	1.94 ⁿ	1.34 ^o	2.79 ^m	2.02 ^d
Average	1.94 ^b	1.33 ^c	2.76 ^a	
True ME (TME)				
Artificial anus chicks	2.80 ^y	2.23 ^z	3.73 ^x	2.92 ^d
Intact chicks	2.75 ⁿ	2.16 ^o	3.69 ^m	2.87 ^d
Average	2.77 ^b	2.20 ^c	3.71 ^a	
Digestible energy (DE, kcal/g DM)				
Apparent DE (ADE)				
Artificial anus chicks	2.15 ^b	1.56 ^c	2.99 ^a	2.23
True DE (TDE)				
Artificial anus chicks	2.65 ^y	2.07 ^z	3.55 ^x	2.82

^{a-c, m-o, x-z and A-B} Values within a column or a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

คุณภาพโปรตีน

การประเมินคุณภาพโปรตีนของกากทานตะวัน และกากเรปซีด ได้ศึกษาทั้งในไก่และในหนู ผลการทดลองโดยพิจารณาจากน้ำหนักตัวเป็นหลัก พบว่า ลูกไก่มีน้ำหนักตัวเพิ่มมากกว่าหนูอย่างมีนัย สำคัญ (2.4 vs. 0.2 ก/วัน ตามลำดับ) เพราะไก่ที่ ใช้เป็นไก่เนื้อ ซึ่งถูกคัดเลือกพันธุ์ให้มีการเจริญ เติบโตเร็ว

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของวัตถุดิบ หนูที่ได้รับกากทานตะวันมีน้ำหนักตัวเพิ่มสูงกว่า ที่ได้รับกากเรปซีดแต่ให้ผลตรงกันข้ามเมื่อศึกษาใน ลูกไก่เมื่อนำน้ำหนักตัวเพิ่มของหนูหรือไก่และปริ มาณ CP ที่สัตว์กินไป มาคำนวณหาค่า PER และ NPR ปรากฏว่าในหนูค่าดังกล่าวของกาก ทานตะวันสูงกว่ากากเรปซีดเล็กน้อย (P>0.05) แต่ ในไก่ที่ได้รับกากเรปซีดมีค่า PER และ NPR สูงกว่า

ในกากทานตะวันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชและชนิดของสัตว์ กล่าวคือ พืชแต่ละชนิด มีปริมาณโภชนะแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของกรดอะมิโนในขณะเดียวกันสัตว์ แต่ละชนิดก็มีความสามารถในการย่อยได้และความต้องการโภชนะต่างกัน เช่น กากทานตะวัน มีปริมาณ CF สูง ซึ่งถูกไก่ไม่มีเอนไซม์มาย่อย CF เหล่านี้ จึงพบค่าดังกล่าวต่ำแต่เมื่อเฉลี่ยจากสัตว์ทั้งสองชนิดพบว่า คุณภาพโปรตีนของกากทานตะวัน และกากเรปซิด ไม่แตกต่างกัน คือ มีค่า PER = 1.02 vs. 1.45 และ

NPR = 2.86 vs. 2.87 Fuller (1988) รายงานว่า การวัดค่า PER ไม่ได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพโปรตีนเพียงอย่างเดียวแต่ขึ้นอยู่กับความน่ากินของอาหารด้วย จึงอาจเกิดความแปรปรวนของค่าดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตามก็ดีเมื่อเปรียบเทียบระหว่างหนูและไก่ โดยเฉลี่ยจากทุกกลุ่ม อาหาร พบว่า ไก่มีค่า PER และ NPR สูงกว่าหนูอย่างมีนัยสำคัญ (1.5 vs. 0.9 และ 3.4 vs. 2.3, ตามลำดับ) แสดงว่าไก่มีประสิทธิภาพในการใช้โปรตีนในการเพิ่มน้ำหนักตัวได้ดีกว่าหนู ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากไก่ได้ถูกคัดเลือกพันธุ์มาแล้ว ดังกล่าวข้างต้น

Table 5 Protein quality (PER and NPR) of sunflower and rapeseed meals by using albino rat and chicken.

	N-free	Sunflower meal	Rapeseed meal	Average
BW gain (g/day)				
Albino rat	-1.52 ^y	1.14 ^x	0.95 ^x	0.19 ^b
Chicks	-7.87 ^o	4.05 ⁿ	10.87 ^m	2.35 ^a
Average	-4.70 ^c	2.60 ^b	5.91 ^a	
PER				
Albino rat		1.05 ^x	0.82 ^x	0.94 ^B
Chicks		0.98 ⁿ	2.08 ^m	1.53 ^A
Average		1.02 ^a	1.45 ^a	
NPR				
Albino rat		2.46 ^x	2.14 ^x	2.30 ^B
Chicks		3.25 ⁿ	3.60 ^m	3.42 ^A
Average		2.86 ^a	2.87 ^a	

^{a,b,m,n,o,x,y and A-B} Values within column or row with no common superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

สรุปผลการทดลอง

จากการหาค่าการย่อยได้และ ME ของกากทานตะวันและกากเรปซิดเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง โดยศึกษาในไก่ที่ทำต่อมูลเทียมและไก่ปกติชนิดละ 4 ตัว โดยวิธีบังคับให้ไก่กินอาหารทดสอบดังกล่าวล้วนๆ ปริมาณ 30 กรัม นอกจากนี้ยังได้ทำการประเมินคุณภาพโปรตีนของกากทานตะวันและกากเรปซิด เปรียบเทียบกับเคซีน โดยใช้หนูพันธุ์ Sparque dowley อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 20 ตัว และลูกไก่เนื้อสายพันธุ์ Arbre Acre 707 อายุ 7 วัน จำนวน 80 ตัวเป็นสัตว์ทดลองนั้น ผลสรุปได้ดังนี้

1. กากทานตะวันและกากเรปซิดมีปริมาณ CP และ EE ต่ำกว่ากากถั่วเหลือง โดยมี CP เพียง 62 และ 82% และมี EE เท่ากับ 69 และ 13% ของกากถั่วเหลือง ตามลำดับ แต่มี CF สูงกว่ากากถั่วเหลือง 4 และ 2 เท่า

2. GE ในกากทานตะวัน กากเรปซิด และกาก ถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 4.834, 4.447 และ 5.055 kcal/g DM ตามลำดับ

3. การย่อยได้ของ DM, CP, EE, NFE และ OM ในกากถั่วเหลืองมีค่าสูงกว่ากากทานตะวันและกากเรปซิดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างไก่ที่ทำต่อมูลเทียมกับไก่ปกติ ไก่ที่ทำต่อมูลเทียมมีค่าการย่อยได้ของโภชนะส่วนใหญ่สูงกว่าไก่ปกติโดยเฉพาะ CP มีค่าสูงกว่าไก่ปกติเกือบ 1.5 เท่า แต่มีการย่อยได้ของ CF ต่ำกว่าไก่ปกติ

4. DE และ ME ของกากถั่วเหลือง มีค่าสูงกว่ากากทานตะวันและกากทานตะวัน ก็มีค่าสูงกว่ากากเรปซิดอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่า ME ที่ศึกษาในไก่ทั้ง 2 ประเภท (ไก่ที่ทำต่อมูลเทียมและไก่ปกติ) ให้ค่าไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าค่า

TDE และ TME มีความถูกต้องมากกว่าและมีค่าสูงกว่า ADE และ AME ตามลำดับ

5. การประเมินคุณภาพโปรตีนโดยอาศัยการเจริญเติบโตเป็นหลัก พบว่า ไก่มีค่า PER และ NPR สูงกว่าในหนู ส่วนคุณภาพโปรตีนของกากทานตะวัน และกากเรปซิดมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่วัตถุดิบทั้งสองชนิดมีคุณภาพโปรตีนต่ำกว่าเคซีน

เอกสารอ้างอิง

- ไพฑูรย์ พาสพิชญ. 2539. การใช้กากเรปซิดเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสัตว์ปีก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- วิระศักดิ์ สามาน, สุชน ตั้งทวีวัฒน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. การหาค่าการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ของกากทานตะวันในไก่ที่ทำต่อมูลเทียม และไก่ปกติ. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 37 สาขาสัตว, หน้า 68-75, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., USA.
- Clandinin, D.R. and A.R. Robblee. 1950. The effects of methods of processing on the nutritional value of sunflower meal. *Poultry Science*, 29:753.
- Dale, N. 1997. Ingredient analysis table : 1997 edition. *Feedstuffs Reference Issue*, 69(30):24-31.
- Dalibard, P. and E. Paillard. 1995. Use of the digestibility amino acid concept in formulating diets for poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 53(2):189-204.
- Fuller M.F. 1988. Methods of protein evaluation for nonruminants. In: *Feed Science*. pp. 81-101. 1st ed., E.R. Orskov, Rowett Research Institute Greenburn Road, Buckburn, Aberdeen AB2 9SB, Scotland.

- Green, S. and T. Kiener. 1989. Digestibilities of nitrogen and amino acids in soya-bean, sunflower, meat and rapeseed meals measured with pig and poultry. *Animal Production*, 89(1):157-179.
- Lee, K.H., G.H.Qi and J.S. Sim. 1995. Metabolizable energy and amino acid availability of full-fat seeds, meal and oils of flax and canola. *Poultry Science*, 74(8):1341-1348.
- NRC (National Research Council). 1994. Nutrient Requirements of Poultry, 9th ed., National Academy Press, Washington, D.C. USA.
- Rad, F.H. and K. Keshavarz. 1976. Evaluation of nutritional value of sunflower meal and possibility of substitution of sunflower meal for soybean meal in poultry diets. *Poultry Science*, 55(5):1757-1765.
- Sibbald, I.R. 1977(a). The true metabolizable energy system. Part I: Advantages of T.M.E in poultry feed formulation. *Feedstuffs*, 49(42):21-22.
- Sibbald, I.R. 1977(b). The true metabolizable energy system. Part II: Feedstuffs value and convention data. *Feedstuffs*, 49(43):23-24.
- Zhang, Y. and C.M. Parsons. 1994. Effect of overprocessing on the nutritional quality of sunflower meal. *Poultry Science*, 73(3):436-442.
-