บทที่ 5

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

วิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากทานตะวันและกากเรปซีดเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง (ตารางที่ 8) จะเห็นได้ว่ากากทานตะวันมีโปรตีนเป็น 62% ของกากถั่วเหลือง (28.7 vs. 46.3% DM, ตามลำดับ) และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรายงานของ NRC (1994) ปรากฏว่ามีโปรตีนเพียง 58% ของกากถั่วเหลืองเท่านั้น ค่านี้ใกล้เคียงกับรายงานของวีระศักดิ์ และคณะ (2542) ที่อ้างว่ากากทานตะวันที่ใช้ในประเทศไทยมีโปรตีนเป็น 60% ของกากถั่วเหลือง กล่าวคือ มีโปรตีนเท่ากับ 29.4% DM ในขณะที่กากทานตะวันจากต่างประเทศมีโปรตีนสูงถึง 34.0 และ 49.8% DM ตามลำดับ (Dale, 1997 และ Bath *et al.*, 1997) การที่กากทานตะวันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีโปรตีนต่ำเนื่องจากไม่ได้กะเทาะเปลือกออก ทำให้มีปริมาณของเยื่อใยสูง (29.5% DM) โดยสูงเป็น 4 เท่าของกากถั่วเหลือง ส่วนปริมาณของไขมันมีค่าใกล้เคียงกับวีระศักดิ์ และคณะ (2542) ที่บ่งว่ามีไขมัน 5.3% และใกล้เคียงกับกากถั่วเหลืองที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ด้วย แต่สูงกว่ารายงานของ NRC (1994) มาก (5.4 vs. 0.9% DM, ตามลำดับ)

กากเรปซีดพบว่ามีโปรตีนเป็น 82% ของกากถั่วเหลืองที่ใช้ในครั้งนี้ (37.8 vs. 46.3% DM, ตามลำดับ) และเป็น 77% ของกากถั่วเหลืองตามที่รายงานไว้โดย NRC (1994) สอดคล้องกับ ไพฑูรย์ (2539) ที่รายงานว่ากากเรปซีดมีโปรตีนเป็น 77% ของกากถั่วเหลือง ในขณะที่มีเยื่อใยและไขมันสูงกว่ากากเรปซีดที่ศึกษาในครั้งนี้เล็กน้อย กล่าวคือ มีเยื่อใยและไขมัน เท่ากับ 15.7 และ 2.7% ตามลำดับ

ส่วนกากถั่วเหลืองที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้ พบว่า มีวัตถุแห้ง และโปรตีน ต่ำกว่ารายงานของ NRC (1994) เล็กน้อย (83.4 vs. 89.0% และ 46.3 vs. 49.4% DM, ตามลำดับ) แต่กลับมีไขมันสูงกว่ามาก แสดงว่ากระบวนการสกัดน้ำมันในประเทศไทยมีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ใช้ในต่างประเทศ ดังจะสังเกตุเห็นได้ว่าทั้งกากถั่วเหลืองและกากทานตะวันที่ผลิตในประเทศไทยมีค่าไขมันสูงกว่ากากเรปซีดซึ่งเป็นวัตถุดิบนำเข้า และสูงกว่ากากถั่วเหลืองจากรายงานต่างประเทศมาก

การย่อยได้

เมื่อเปรียบเทียบการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ในวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด โดยเฉลี่ยจากไก่ทั้ง 2 ประเภท พบว่า การย่อยได้ของโภชนะส่วนใหญ่ (ยกเว้นเยื่อใย) ในกากถั่วเหลืองสูงกว่ากากทานตะวันและกากเรปซีดอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกากทานตะวันมีเยื่อใย และ NSP สูงจึงไปขัดขวางการย่อยได้ของโภชนะอื่น ๆ (Dusterhoft *et al.*, 1993) ส่วนกากเรปซีดมีสารพิษกลูโคซิโนเลท กรดอิรูซิค และสารขัดขวางการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ เช่น เยื่อใยและแทนนินในระดับสูง จึงทำให้มีการย่อยได้ของโภชนะส่วนใหญ่ค่อนข้างต่ำ Dalibard and Paillard (1995) รายงานว่าการย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนชนิดไลซีน เมทไธโอนีน ซีสตีน และทรีโอนีนของกากเรปซีดที่ยังไม่ได้ปรับปรุงสายพันธุ์ (-0-variety) มีปริมาณต่ำกว่ากากทานตะวันและกากถั่วเหลือง แต่เมื่อได้ปรับปรุงสายพันธุ์ (-00-variety) แล้ว มีการย่อยได้ใกล้เคียงกับกากถั่วเหลืองและกากทานตะวันและยังสูงกว่ากากพืชน้ำมันชนิดอื่นบางชนิด เช่นกากเมล็ดฝ้าย และกากถั่วลิสงอีกด้วย (ตารางที่ 6)

สำหรับการที่การย่อยได้ของเยื่อใยในกากทานตะวันมีค่าสูงกว่ากากเรปซีดและกากถั่วเหลืองทั้งในไก่ทำท่อมูลเทียมและไก่ปกติโดยมีค่าเฉลี่ยของไก่ทั้งสองชนิดเท่ากับ 44.9, 17.6 และ 17.1% ตามลำดับ นั้น อาจเป็นเพราะกากทานตะวันมีเยื่อใยสูงเนื่องจากเป็นชนิดที่ไม่ได้กะเทาะเปลือก Hsu *et al.* (1996) รายงานว่าวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูงจะมีการย่อยได้ของเยื่อใยสูงตามไปด้วย เนื่องจากเยื่อใยมีผลไปลดอัตราการไหลผ่านของอาหารในทางเดินอาหาร ทำให้อาหารค้างอยู่ในทางเดินอาหารนาน จึงเกิดการหมักของจุลินทรีย์ในไส้ตันมากขึ้น เกิดกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid, VFA) สูง สอดคล้องกับรายงานของ Zuprizal *et al.* (1992) ที่พบว่ากากเรปซีดที่ไม่ได้กะเทาะเปลือกออกก่อนการสกัดน้ำมัน ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยสูงกว่ากากเรปซีดที่กะเทาะเปลือกออก (13.3 vs. 6.6 % ตามลำดับ)

จากการเปรียบเทียบการย่อยได้ของโภชนะในไก่ที่ทำท่อมูลเทียมและไก่ปกติ (ตารางที่ 9) โดยการบังคับให้ไก่กินกากทานตะวัน กากเรปซีด และกากถั่วเหลืองจำนวน 30 กรัมต่อตัว พบว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน และอินทรียวัตถุสูงกว่าไก่ปกติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยเฉพาะโปรตีนมีค่าการย่อยได้สูงเกือบ 1.5 เท่าของไก่ปกติ (79.6 vs. 59.8%) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของวีระศักดิ์ และคณะ (2542) ทั้งนี้เนื่องมาจากมูลของไก่ปกติมีส่วนของปัสสาวะปนเปื้อนอยู่ด้วย ซึ่งปัสสาวะมีไนโตรเจนที่เกิดจากการเผาผลาญอาหารในร่างกาย มิใช่ส่วนของอาหารที่ไม่ถูกย่อย จึงทำให้ค่าดังกล่าวไม่ถูกต้อง ส่วนการย่อยได้ของเยื่อใยในไก่ทำท่อมูลเทียมมีแนวโน้มต่ำกว่าไก่ปกติ ทั้งนี้เนื่องมาจากไก่ที่ทำท่อมูลเทียมถูกตัดส่วนของลำไส้ตรง (rectum) ออกไป ซึ่งในส่วนนี้แม้จะไม่มีการย่อยโดยน้ำย่อยจากตัวสัตว์ แต่มีจุลินทรีย์ช่วยย่อยอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกที่

ไม่สามารถย่อยได้ในลำไส้เล็ก ดังนั้นไก่ปกติจึงมีการย่อยได้ของเยื่อใยสูงกว่า แต่ค่าดังกล่าวไม่ใช่ค่าที่ถูกต้องนัก เพราะโภชนะที่ถูกย่อยได้ในลำไส้ใหญ่ สัตว์ไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้

พลังงานย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์

การหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ไม่ว่าจะเป็นแบบปรากฏ (AME) หรือแบบจริง (TME) ก็ตาม โดยใช้ไก่ที่ทำท่อมูลเทียมเปรียบเทียบกับไก่ปกติ พบว่า ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ อาจเป็นเพราะการหาค่า ME ใช้พลังงานทั้งในมูลและปัสสาวะมาหักลบจากพลังงานที่กิน ดังนั้นไม่ว่าจะทำการผ่าตัดแยกมูลและปัสสาวะออกจากกันหรือไม่ก็ได้ผลคล้ายคลึงกัน สอดคล้องกับรายงานของวีระศักดิ์ และคณะ (2542) ที่พบว่าไก่ที่ทำท่อมูลเทียมและไก่ปกติมีค่า ME ใกล้เคียงกัน

ส่วนการที่กากถั่วเหลืองมีค่าพลังงานสูงกว่ากากทานตะวันและกากเรปซีดตามลำดับ เนื่องมาจากกากถั่วเหลืองมีโปรตีน และไขมันสูงกว่า แต่มีเยื่อใยต่ำกว่า เป็นเหตุให้มีค่าพลังงานรวมสูงกว่า ประกอบกับกากถั่วเหลืองมีการย่อยได้ของโภชนะทุกชนิด (ยกเว้นเยื่อใย) สูงกว่ากากทานตะวันและกากเรปซีดตามลำดับ จึงทำให้มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์สูงกว่าด้วย อย่างไรก็ตาม ค่า TME ของกากถั่วเหลือง กากทานตะวันและกากเรปซีดในการศึกษาในครั้งนี้ มีค่าเท่ากับ 3.7, 2.8 และ 2.2 kcal/g DM, ตามลำดับ สอดคล้องกับรายงานของวีระศักดิ์ และคณะ (2542) ที่ทดลองในกากทานตะวัน และไพฑูรย์ (2539) ที่ทดลองในกากเรปซีด สำหรับกากถั่วเหลืองในการทดลองนี้ที่มีค่า AME เท่ากับ 2.8 kcal/g DM นั้นสูงกว่ารายงานของ Rad and Keshavarz (1976) และ NRC (1994) ที่ระบุว่าค่า ME ของกากถั่วเหลืองเท่ากับ 2.5 kcal/g DM เล็กน้อย

สำหรับค่าพลังงานย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์แบบจริงมีค่าสูงกว่าแบบปรากฏ เนื่องมาจากแบบจริงได้หักลบส่วนของพลังงานที่มาจากร่างกาย (endogenous energy) ออกจากพลังงานในมูลและปัสสาวะ ก่อนที่จะไปหักลบกับพลังงานที่กิน ซึ่งการคิดแบบนี้ถูกต้องกว่าแบบปรากฏ (บุญล้อม, 2541) ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับวีระศักดิ์ และคณะ (2542) อย่างไรก็ดี ค่า ME ที่นำไปใช้ในสูตรอาหารสัตว์ ส่วนใหญ่นิยมใช้ค่า AME มากกว่า TME ซึ่งมีค่าต่ำกว่า ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

คุณภาพโปรตีน

การประเมินคุณภาพโปรตีนโดยอาศัยการเจริญเติบโตเป็นหลัก พบว่า หนูที่ได้รับกากทานตะวันมีน้ำหนักตัวเพิ่ม PER และ NPR สูงกว่าที่ได้รับกากเรปซีดเล็กน้อย (1.1 vs. 1.0; 1.1 vs. 0.8 และ 2.5 vs. 2.1 ตามลำดับ) โดยไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในลูกไก่

ให้ผลตรงกันข้าม โดยลูกไก่ที่ได้รับกากทานตะวันมีค่าดังกล่าวต่ำกว่าเรปซีดอย่างมีนัยสำคัญ (P <0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างชนิดของสัตว์ เพราะในกากทานตะวันมีปริมาณของเยื่อใยสูง ลูกไก่ไม่มีเอนไซม์มาย่อยเยื่อใยเหล่านี้ได้ จึงพบค่าดังกล่าวต่ำ (4.1 vs. 10.9; 1.0 vs. 2.1 และ 3.3 vs. 3.6 ตามลำดับ) อย่างไรก็ดี เมื่อเฉลี่ยจากสัตว์ทั้งสองชนิด คุณภาพโปรตีน (ค่า PER และ NPR) ของกากทานตะวันและกากเรปซีด ไม่พบว่ามีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับค่า BV, TD, NPU และ NPV ซึ่งจะได้กล่าวถึงในลำดับถัดไป

Fuller (1988) รายงานว่าการวัดค่า PER ไม่ได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพโปรตีนเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับความน่ากินของอาหารด้วย ดังนั้นจึงเกิดความแปรปรวนของค่าดังกล่าวได้ นอกจากนี้ บุญล้อม (2541) ยังได้รายงานว่า การวัดค่า PER และ NPR โดยอาศัยน้ำหนักตัวของสัตว์นี้อาจไม่ถูกต้องนักเพราะน้ำหนักตัวไม่สัมพันธ์กับโปรตีนที่ถูกสะสมไว้ในร่างกาย ดังนั้นจึงมีความแม่นยำน้อยกว่าวิธีที่ใช้สมดุลของไนโตรเจนเป็นหลัก

จากผลการศึกษาการวัดคุณภาพโปรตีนโดยอาศัยสมดุลไนโตรเจน (ตารางที่ 12) เมื่อเปรียบเทียบวิธีการคำนวณ การคำนวณ NPU และ NPV จากสิ่งขับถ่ายให้ค่าสูงกว่าคำนวณจากซาก ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของสูตรที่ใช้ ซึ่งแม้ว่าทางทฤษฎีแล้วจะมีค่าเท่าเทียมกัน แต่ในทางปฏิบัติอาจได้ค่าต่างกัน อย่างไรก็ดีเรื่องนี้คงต้องมีการศึกษาจำนวนมากเพื่อยืนยันข้อมูลด้วย

สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างชนิดของสัตว์ หนูให้ค่า NPU และ NPV สูงกว่าไก่ แสดงว่าหนูสามารถใช้ไนโตรเจนในอาหารไปสะสมในร่างกายได้มากกว่าไก่ สอดคล้องกับรายงานของ Wu *et al.* (1995) ที่พบว่าการประเมินคุณภาพโปรตีนโดยใช้หนูและไก่มีความแตกต่างกัน โดยพบว่าหนูที่กินเคซีนจะมีการขับไนโตรเจนออกมาในมูลต่ำกว่าในไก่ประมาณ 21 เท่า (0.4 vs. 7.9%) และมีค่าการย่อยได้จริงสูงกว่าในไก่ (96.4 vs. 85.1% ตามลำดับ) นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาพืชตระกูลถั่ว พบว่า การย่อยได้จริงของกรดอะมิโนในหนูสูงกว่าในไก่อีกด้วย จากเหตุผลนี้เองอาจทำให้ค่า NPU และ NPV ที่คำนวณจากซากของไก่ต่ำกว่าในหนู เพราะมีการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายได้น้อยกว่าในหนู และพบว่าค่า NPU และ NPV จากสิ่งขับถ่ายก็ต่ำกว่าในหนูเล็กน้อยเช่นกัน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกากทานตะวันและกากเรปซีด พบว่า วัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ชนิดมีคุณภาพโปรตีนไม่ต่างกัน เมื่อนำวัตถุดิบทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกับเคซีน พบว่ามีค่า

ต่ำกว่าเคซีน ดังจะเห็นได้จากค่า NPU หรือ NPV ที่คำนวณจากทั้ง 2 วิธี ตลอดจนค่า BV และ TD ก็ต่ำกว่าด้วย

การที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากกากทานตะวันและกากเรปซีดนี้ เป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนที่มาจากพืช จึงมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนในปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสมกับความต้องการของสัตว์น้อยกว่าโปรตีนที่มาจากสัตว์ (บุญล้อม, 2541) ประกอบกับเคซีนเป็นโปรตีนในนม ซึ่งได้ชื่อว่าเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี ดังนั้นจึงได้ค่าดังกล่าวสูงกว่ากากทานตะวันและกากเรปซีด อย่างไรก็ดีคุณภาพโปรตีนของกากเรปซีดในงานทดลองนี้สอดคล้องกับ Jensen *et al.* (1995) ที่รายงานว่ากากเรปซีดในหนูมีการย่อยได้จริงอยู่ระหว่าง 71-77% การให้ความร้อนจะมีผลลดค่า NPU และ BV ตามการเพิ่มขึ้นของเวลาการให้ความร้อน กล่าวคือ เมื่อให้ความร้อนจาก 0 เป็น 120 นาที ค่า NPU และ BV จะลดลงจาก 62.9% เป็น 56.3% และ 71.2 เป็น 65.8% ตามลำดับ รวมทั้งการลดปริมาณของกลูโคซิโนเลทก็จะทำให้มีคุณภาพโปรตีนดีขึ้นด้วย ส่วนคุณภาพโปรตีนของกากทานตะวันในงานทดลองนี้ใกล้เคียงกับของ Miller and Pretorius (1985) ที่รายงานว่าค่า BV ในกากทานตะวันมีค่าระหว่าง 72-85% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขบวนการแปรรูป เช่น การกะเทาะเปลือกออกก่อนการสกัดน้ำมัน เป็นต้น

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาหาค่าการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ของกากทานตะวันและกากเรปซีดเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง โดยทำการศึกษาในไก่ที่ทำท่อมูลเทียมและไก่ปกติ ชนิดละ 4 ตัว โวยวิธีการบังคับให้ไก่กินอาหารทดสอบดังกล่าวล้วน ๆ ปริมาณ 30 กรัม และการประเมินคุณภาพโปรตีนของกากทานตะวันและกากเรปซีด เปรียบเทียบกับเคซีน โดยใช้หนูพันธุ์ Sparque dowley อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 20 ตัว และลูกไก่เนื้อสายพันธุ์ AA 707 อายุ 7 วัน จำนวน 80 ตัว เป็นสัตว์ทดลองนั้น ผลการศึกษาพอสรุปรายละเอียดได้โดยย่อ ดังนี้

1. กากทานตะวันและกากเรปซีดมีปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำกว่ากากถั่วเหลือง โดยมีโปรตีนเพียง 62 และ 82% และมีไขมันเท่ากับ 69 และ 13% ของกากถั่วเหลือง ตามลำดับ แต่มีเยื่อใยสูงกว่ากากถั่วเหลือง 4 และ 2 เท่า
2. พลังงานรวมในกากทานตะวัน กากเรปซีด และกากถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 4.834, 4.447 และ 5.055 kcal/g DM ตามลำดับ

3. การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน NFE และอินทรียวัตถุในกากถั่วเหลืองมีค่าสูงกว่ากากทานตะวันและกากเรปซีดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่การย่อยได้ของเยื่อใยในกากทานตะวันกลับสูงกว่ากากเรปซีดและกากถั่วเหลือง ประมาณ 3 เท่า

   เมื่อเปรียบเทียบระหว่างไก่ทำท่อมูลเทียมกับไก่ปกติ ไก่ที่ทำท่อมูลเทียมมีค่าการย่อยได้ของโภชนะส่วนใหญ่สูงกว่าไก่ปก ติโดยเฉพาะโปรตีน มีค่าสูงกว่าไก่ปกติเกือบ 1.5 เท่า แต่มีการย่อยได้ของเยื่อใยต่ำกว่าไก่ปกติ
4. DE และ ME ของกากถั่วเหลืองมีค่าสูงกว่ากากทานตะวันและกากเรปซีดอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่กากทานตะวันก็มีค่า DE และ ME สูงกว่ากากเรปซีดอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ส่วนค่า ME ที่ศึกษาในไก่ทั้ง 2 ประเภท (ไก่ที่ทำท่อมูลเทียมและไก่ปกติ) ให้ค่าไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ค่าพลังงานย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์แบบจริง (TDE และ TME)มีค่าสูงกว่าแบบปรากฏ (ADE และ AME)
5. การประเมินคุณภาพโปรตีนโดยอาศัยการเจริญเติบโตเป็นหลัก พบว่า ไก่มีค่า PER และ NPR สูงกว่าในหนู

   เมื่ออาศัยสมดุลไนโตรเจน การคำนวณ NPU และ NPV จากซาก ได้ค่าต่ำกว่าการคำนวณจากสิ่งขับถ่าย และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของสัตว์ หนูให้ค่าดังกล่าวสูงกว่าไก่ แต่ถ้าคำนวณจากสิ่งขับถ่ายให้ผลไม่ต่างกัน
6. คุณภาพโปรตีนของกากทานตะวันและกากเรปซีดมีค่าไม่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะคำนวณโดยใช้น้ำหนักตัวหรือสมดุลไนโตรเจนเป็นหลัก แต่วัตถุดิบทั้งสองชนิดมีคุณภาพโปรตีนต่ำกว่าเคซีน