

## วิจารณ์ผลการทดลอง

### ปริมาณสารฟอรับอเลสเทอร์ในกากสบูดำ

กากสบูดำ (ดิบ) มีสารฟอรับอเลสเทอร์สูง ๑.๗/๑๔ มก./ก. ซึ่งให้ค่าใกล้เคียงกับ Aregheore *et al.* (๒๐๐๓) ที่รายงานว่ากากสบูดำจากทวีปแอฟริกา มีสารนี้ ๑.๗๔ มก./ก. การลดสารฟอรับอเลสเทอร์ด้วยการใช้ ๙๐% เมทานอล, ๐.๐๓% NaHCO<sub>3</sub> และ ๔% NaOH เพียงอย่างเดียว ทั้งที่ไม่มีและมี ๙๒% เมทานอลเป็นตัวชะล้าง หรือใช้ร่วมกับ ๑๐% NaOCl สามารถลดสารฟอรับอเลสเทอร์ได้โดยเฉลี่ยเพียง ๐.๒๒๔, ๐.๔๗๔, ๐.๓๔๐ ๐.๕๒๕ และ ๐.๗/๓๕ สอดคล้องกับ Martinez-Herrera *et al.* (๒๐๐๖) ที่รายงานว่าเมื่อใช้สารเคมีดังกล่าวสามารถลดสารฟอรับอเลสเทอร์ลงได้ ๐.๑๖๐, ๐.๙๕๐, ND, ND และ ๐.๑๓ มก./ก. ตามลำดับ และสอดคล้องกับรายงานของ Aregheore *et al.* (๒๐๐๓) ที่อ้างว่าเมื่อใช้ ๔% NaOH เพียงอย่างเดียว ทั้งที่ไม่มีและมี ๙๒% เมทานอลเป็นตัวชะล้าง สามารถลดสารฟอรับอเลสเทอร์ได้เช่นเดียวกัน ยกเว้นเมื่อใช้ ๔% NaOH ร่วมกับ ๑๐% NaOCl สามารถลดสารฟอรับอเลสเทอร์ได้น้อยกว่า (คือเฉลี่ย ๐.๔๙ มก./ก.) อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนแบบต้มหรือหนึ่ง ร่วมกับ ๙๒% เมทานอลเป็นตัวชะล้าง สามารถลดสารฟอรับอเลสเทอร์ได้เช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพราะสารฟอรับอเลสเทอร์ส่วนมากจะอยู่ในส่วนของไขมัน เมื่อชะด้วยเมทานอลจึงส่งผลให้ลดสารนี้ในกากสบูดำลงได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากข้อมูลในตาราง ๒๐ แล้ว จะเห็นได้ว่า การลดสารฟอรับอเลสเทอร์ที่น่าสนใจมี ๔ วิธี คือ ๑) การต้มเป็นเวลา ๔๐ นาที นับจากน้ำเดือดแล้วล้างด้วยเมทานอลและน้ำ (ลดได้ ๙๔.๕๔%) ๒) การแช่กากสบูดำในน้ำ แล้วนำไป autoclave เป็นเวลา ๒๐ นาที และล้างด้วยน้ำ (ลดได้ ๙๔.๔๔%) ๓) การแช่กากสบูดำใน ๙๐% เมทานอล เป็นเวลา ๒ ชม. โดยไม่ผ่านความร้อน (ลดได้ ๘๖.๙๓%) และ ๔) การนึ่งเป็นเวลา ๔๐ นาที นับจากน้ำเดือดแล้วล้างด้วยเมทานอลและน้ำ (ลดได้ ๘๒.๗/๓%) เพราะสามารถทำให้สารฟอรับอเลสเทอร์เฉลี่ยในระดับต่ำกว่า ๐.๑๓ มก./ก. ซึ่งเป็นระดับสูงสุดที่ Aregheore *et al.* (๒๐๐๓) รายงานว่าหนูทดลองสามารถรับได้ อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากด้วย จึงอาจแนะนำให้นำไปใช้ในทางปฏิบัติได้

### ปริมาณสารยับยั้งทริซินในกากสบูดำ

จากการนำกากสบูดำทั้ง ๒ แหล่ง ไปผ่านกระบวนการต่างๆ ตามที่ระบุไว้ในตารางที่ ๔ จะเห็นได้ว่าการ autoclave จะช่วยทำลายสารยับยั้งทริซินได้มากกว่าการให้ความร้อนด้วย

วิธีการต้มหรือหนึ่ง รวมทั้งการไม่ผ่านความร้อน ยกเว้นวิธีการ autoclave ร่วมกับการนำกากสบู่ดำไปแช่ ๙๐% เอทานอลร่วมกับ ๐.๐๗% NaHCO<sub>3</sub> ที่ลดได้เพียง ผลได้ใกล้เคียงกับวิธี การนี้และการไม่นำไปผ่านความร้อน (๔๗.๔๐ vs. ๔๗.๑ และ ๔๐.๖%)ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การให้ความร้อนอาจมีผลต่อการลดปริมาณสารยับยั้งทริปซิน สอดคล้องกับรายงานของ Martinez–Herrera *et al.* (๒๐๐๖) ที่รายงานว่า การนำกากสบู่ดำไปผ่านความร้อนด้วยไอน้ำที่ ๑๒๑ °C เป็นเวลา ๒๐ นาที (การ autoclave) จะช่วยลดสารยับยั้งทริปซินลงได้ทำนองเดียวกับ Ehsan (๒๐๑๑) ที่รายงานใช้ความร้อนแบบ autoclave ร่วมกับการใช้สารเคมีทั้ง ๙ วิธี สามารถลดปริมาณสารยับยั้งทริปซินจาก ๓๔.๒ มก./ก. เหลือ ๐.๑–๐.๖ มก./ก. ซึ่งเท่ากับ ลดลงได้ ๙๘.๒๕–๙๙.๗๑% ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า การนำไป autoclave ร่วมกับการใช้ ๔% NaOH ช่วยลดลงได้ถึง ๙๙.๒% (จากปริมาณ ๓๙.๘๒ มก./ก. เหลือ ๒.๗๖ มก./ก.)

### องค์ประกอบทางเคมีของกากสบู่ดำ

กากสบู่ดำที่นำมาจากโครงการวิจัยสบู่ดำฯ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำไบโอดีเซลและกากสบู่ดำจากโรงงานผลิตไบโอดีเซล จ.ชลบุรี โดยการบีบน้ำมันออกจากเมล็ดด้วยวิธีการเหมือนกัน จะมีปริมาณไขมันเหลืออยู่ในกากค่อนข้างสูง โดยกากสบู่ดำจาก จ.ชลบุรี มีปริมาณไขมันน้อยกว่า จึงทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงกว่า อย่างไรก็ตาม กากสบู่ดำจาก ๒ แห่งข้างต้น ยังคงมีสัดส่วนโปรตีนค่อนข้างต่ำ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง จะเห็นได้ว่ากากสบู่ดำทั้งที่ไม่ผ่าน และผ่านการลดสารพิษที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่ากากถั่วเหลืองครึ่งหนึ่ง (๒๖.๘๖–๓๑.๙๑ vs. ๔๙.๔% DM) แต่มีไขมันสูงกว่ากากถั่วเหลืองมาก (๕.๑๕–๒๖.๓๘ vs. ๐.๙% DM) จึงทำให้ได้ค่าพลังงานรวมค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังพบว่า กากสบู่ดำมีเยื่อใยสูงมาก (๒๑.๐–๒๗.๑%) จึงไม่เหมาะในการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว ดังนั้นถ้าหากต้องการปรับปรุงให้กากสบู่ดำที่ได้จากการบีบน้ำมันออกนี้มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น เช่นมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น และมีเยื่อใยลดลง ควรใช้วิธีการสกัดน้ำมันที่มีประสิทธิภาพดีกว่านี้ เช่นสกัดด้วยสารละลาย (solvent extract) รวมทั้งควรมีการกระเทาะเปลือกเมล็ดออกด้วย เพื่อให้ค่าเยื่อใยลดลง

## การย่อยได้ของกากสบูดำ

### • สัตว์ปีก

การที่ค่าการย่อยได้ของโภชนะในกากสบูดำชนิดที่ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการต้มและนึ่ง โดยศึกษาด้วยวิธีการกรอกปาก มีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มว่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ลดสารพิษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของวัตถุดิบ และโปรตีนซึ่งต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญนั้น อาจเนื่องมาจากการกรอกกากสบูดำทางปากใช้ระยะเวลาสั้น ให้เพียงครั้งเดียวประมาณ ๓๐ ก./ตัว ไก่ทดลองจึงไม่ได้รับผลกระทบจากสารพิษของกากสบูดำ แต่อาจได้รับผลกระทบจากปริมาณเยื่อใยที่กลุ่มลดสารพิษมีค่าสูงกว่ากลุ่มไม่ลดสารพิษ โดยเยื่อใยขัดขวางการย่อยได้ของโภชนะ เมื่อนำค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ โปรตีน และไขมัน ในกากสบูดำทั้ง ๓ ชนิดดังกล่าวข้างต้นไปเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง และกาก เรปซีด ในการศึกษาของวีระศักดิ์ (๒๕๔๓) รวมทั้งกาก เรปซีด จากการศึกษาของไพฑูรย์ (๒๕๓๙) โดยใช้วิธีการกรอกอาหารทดลองทางปากเหมือนกัน ปรากฏว่า การย่อยได้ของวัตถุดิบ และโปรตีนของกากสบูดำทั้ง ๓ ชนิดมีค่าสูงกว่ากากถั่วเหลือง และกากเรปซีด คือ มีการย่อยได้ของวัตถุดิบเท่ากับ ๖๒-๗๒ vs. ๕๗ และ ๔๐-๓๖% ของโปรตีนเท่ากับ ๗๓-๘๑ vs. ๖๗ และ ๕๑-๓๙% ในขณะที่การย่อยได้ของไขมันมีค่าต่ำกว่ากากถั่วเหลือง แต่สูงกว่ากากเรปซีด กล่าวคือมีค่าเท่ากับ ๕๘-๗๒ vs. ๙๗% และ ๔๖-๔๕% ตามลำดับ

สำหรับการย่อยได้ของโภชนะในกากสบูดำชนิดที่ไม่ผ่าน และผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง เมื่อศึกษาด้วยวิธีนำไปแทนที่ในอาหารฐานระดับต่างๆ แล้วคำนวณด้วยวิธี Different method และ Regression method ปรากฏว่า ค่าการย่อยได้จากทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าการย่อยได้ของโปรตีนต่ำ ในกากสบูดำชนิดที่ไม่ผ่าน และผ่านการลดสารพิษ ทำให้ไก่สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย ส่วนการย่อยได้ของโภชนะอื่นก็มีค่าเช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากเยื่อใยซึ่งมีปริมาณสูงไปขัดขวางการย่อยได้ของโภชนะอื่นตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังจะสังเกตเห็นได้ว่า ค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ในสูตรอาหารลดลงตามลำดับ เมื่อมีปริมาณกากสบูดำแทนที่อาหารฐานมากขึ้น ประกอบกับกากสบูดำมีสารพิษหลายชนิด แม้ว่าการศึกษาค้นคว้านี้จะสามารถลดสารพิษฟอร์บออลเอสเทอร์ลงได้ในระดับที่น่าพอใจ แต่ก็ยังอาจมีสารพิษชนิดอื่น เช่น สารยับยั้งทริปซิน และสารซาโปนิน เหลืออยู่ในปริมาณที่สามารถขัดขวางการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ จึงทำให้มีค่าการย่อยได้ต่ำ ด้วยเหตุนี้การนำกากสบูดำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารไก่ อาจมีปัญหา เพราะไก่ไม่สามารถนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

## ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ของกากสับุดำ

จากการหาค่า AME ของกากสับุดำทั้งที่ไม่ผ่าน และผ่านการลดสารพิษในไก่โดยวิธีการรอกทางปาก พบว่า มีค่าสูงกว่าวิธีใช้สมการทำนาย (๒.๑๔ vs. ๑.๗/๘ และ ๒.๑๕ vs. ๑.๙๗ kcal/g DM) และเมื่อคำนวณเป็นค่า TME ของกากสับุดำทั้ง ๒ ชนิด ได้เท่ากับ ๒.๔๔ kcal/g DM ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้จากการแทนที่อาหารฐานที่ระดับ ๑๐% และเมื่อใช้กากสับุดำทั้ง ๒ ชนิดแทนที่อาหารฐานในระดับสูงขึ้นเป็น ๒๐ และ ๓๐% ค่า AME ของสูตรอาหารลดลงเหลือ ๒.๘๘ vs. ๒.๘๖ และ ๓.๐๗ vs. ๒.๙๖ kcal/g DM ตามลำดับ แสดงว่ากากสับุดำมี AME ต่ำกว่าอาหารฐานซึ่งอาจเนื่องมาจากมีเยื่อใยสูงจึงทำให้ย่อยได้ยาก ประกอบกับกากสับุดำมีสารพิษอยู่หลายชนิด ดังนั้นแม้ว่ากากสับุดำจะมีค่า GE ค่อนข้างสูง (๕.๐๓ vs. ๔.๘๖ kcal/g DM ตามลำดับ) แต่ไก่ก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย

และเมื่อใช้สมการคาดคะเนเส้นตรง ทำนายค่า AME ของกากสับุดำทั้ง ๒ ชนิด พบว่าได้ค่าสูงถึง ๒.๒๖ และ ๒.๓๓ kcal/g DM แสดงว่ายิ่งใช้กากสับุดำที่ระดับสูงก็ยิ่งนำโภชนะในกากสับุดำไปใช้ได้น้อยลง ดังนั้น การนำกากสับุดำไปใช้ผสมในสูตรอาหารไก่จึงไม่ควรใช้ในระดับสูงนัก อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่า AME ของกากสับุดำที่ผ่านการลดสารพิษที่คำนวณได้จากการคาดคะเนด้วยสมการเส้นตรงในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับกากทานตะวัน (๑.๙๔ kcal/g DM; วีระศักดิ์, ๒๕๔๓) แต่มีค่าต่ำกว่ารำละเอียด (๒.๙๑ kcal/g DM; NRC, ๑๙๙๔)

จากการศึกษาหาค่า ME ของเมล็ดทานตะวัน (บุญลือ และคณะ, ๒๕๓๔) และกากงา (สุชน และบุญล้อม, ๒๕๓๗) พบว่า ค่า ME ที่ได้จากการทำนายโดยใช้สมการคาดคะเนเส้นตรงจะสอดคล้องกับค่าที่ได้โดยการแทนที่อาหารฐานที่ระดับใดระดับหนึ่ง แต่จะเป็นระดับใดนั้นย่อมแล้วแต่ชนิดของวัตถุดิบที่นำมาศึกษา ซึ่งในกรณีที่ยังไม่ทราบระดับการแทนที่ที่เหมาะสมนี้ การใช้วัตถุดิบนั้นอาจทำให้ตลาดเคลื่อนเมื่อนำไปคำนวณในสูตรอาหารสัตว์ อาจให้ผลผลิตที่ด้อยลงได้

สำหรับการทดลองนี้ เมื่อพิจารณาข้อมูลที่ได้ในตาราง ๒๙ พบจะสรุปในเบื้องต้นได้ว่าการใช้กากสับุดำในอาหารไก่ ควรใช้ต่ำกว่า ๑๐% ดังจะเห็นได้จากการแทนที่อาหารฐานที่ระดับ ๑๐% ทำให้ค่า AME ของอาหารทั้งสูตรลดลง ไม่ว่ากากสับุดำนั้นจะไม่ผ่านหรือผ่านการลดสารพิษก็ตาม

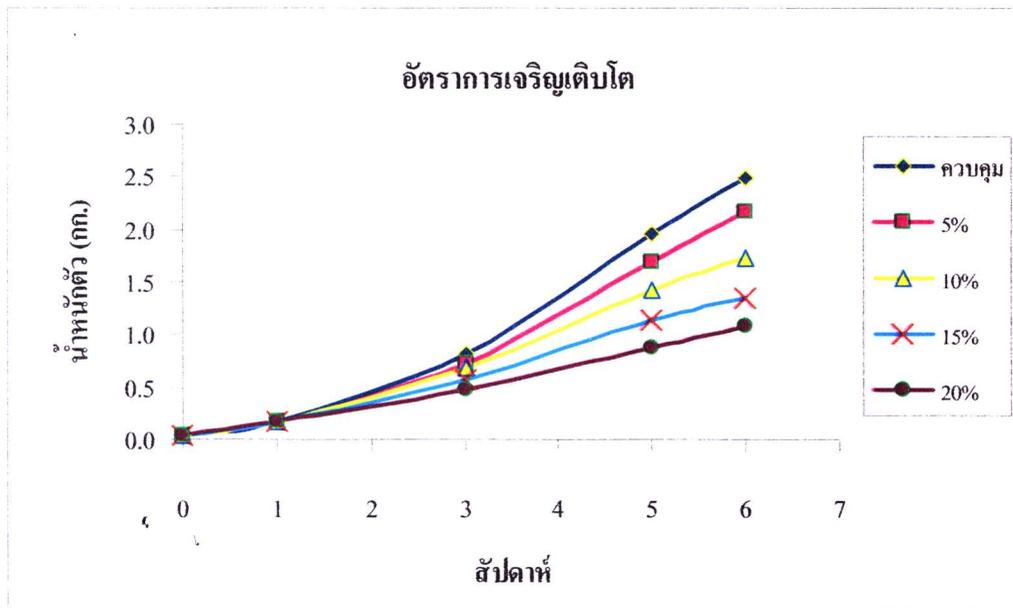
เมื่อพิจารณาค่า TME ของกากสับุดำที่ผ่านการลดสารพิษโดยวิธีการนี้ โดยศึกษาด้วยวิธีการรอกปากเปรียบเทียบกับค่าของวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนชนิดอื่นที่นิยมใช้ในประเทศไทย พบว่า มีค่าต่ำกว่ากากถั่วเหลือง กากมัสตาร์ด และกากงา แต่สูงกว่ากากทานตะวัน (๒.๑๑ vs. ๒.๒๔, ๒.๓๓-๒.๓๒, ๓.๑๙ และ ๑.๘๑ kcal/g AD; NRC, ๑๙๙๔, พิเศษจุ, ๒๕๔๔, สุชน และบุญล้อม, ๒๕๓๗, วีระศักดิ์, ๒๕๔๓) ดังนั้นกากสับุดำที่ผ่านการลดสารพิษจึงเป็นวัตถุดิบชนิด

หนึ่งที่น่าสนใจ ในแง่ที่มีราคาถูก แต่มีโปรตีนและไขมันสูง รวมทั้งมีค่า TME ใกล้เคียงกับวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักในอาหารสัตว์ปัจจุบัน ดังนั้นหากนำกากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานระดับต่ำในอาหารสัตว์ปีก อาจช่วยลดต้นทุนค่าอาหารได้ ซึ่งต้องพิจารณาจากข้อมูลที่จะกล่าวถึงในส่วนถัดไป

## การใช้กากสบู่ดำเป็นอาหารไก่เนื้อ

การใช้กากสบู่ดำที่ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการหนึ่ง เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานในอาหารไก่เนื้อระดับ ๐, ๕, ๑๐, ๑๕ และ ๒๐% ในช่วงไก่อายุ ๒-๖ สัปดาห์ ปรากฏว่าสมรรถภาพการผลิตลดลงตามการเพิ่มขึ้นของระดับกากสบู่ดำในอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากไก่กินอาหารได้น้อยลง (ตาราง ๓๒) จึงทำให้ได้รับโภชนะต่างๆ เช่น โปรตีน เมทไธโอนีน ไลซีน และ ME น้อยลง และเมื่อมีการนำกากสบู่ดำไปผ่านความร้อนอาจทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโนเสียไป

การที่ไก่กินอาหารได้น้อยลงตามการเพิ่มขึ้นของระดับกากสบู่ดำในอาหารนั้น อาจเนื่องจากกากสบู่ดำมีเยื่อใยสูง จึงทำให้อาหารย่อยได้ยากขึ้นประกอบกับมีความฟาม สัตว์จึงกินได้น้อยลง นอกจากนี้ยังอาจเนื่องมาจากกากสบู่ดำมีกลิ่นที่ไม่ชวนกิน หรือมีปัจจัยอื่นที่ทำให้อาหารมีความน่ากินลดลง นอกจากนี้ยังพบอาการช้อขาววมเกิดขึ้นกับตัวไก่ เนื่องมาจากสารฟอรับอลเอสเทอร์ไปกระตุ้นการทำงานของ Cyclooxygenase ๒ และ Nuclear factor-kappa B ทำให้ไก่ไม่สามารถยีนและเดินไปกินอาหารและน้ำได้ ปริมาณอาหารที่ไก่กินได้จึงลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อใช้กากสบู่ดำระดับสูง ส่งผลให้สมรรถภาพการผลิต และอัตราการตายเลวลงดังได้กล่าวแล้ว โดยผลเสียดังกล่าวนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัวเพิ่มสามารถเห็นได้ชัดเจนตั้งแต่ไก่อายุ ๒-๓ สัปดาห์ คือตั้งแต่ไก่ได้รับอาหารผสมกากสบู่ดำในสัปดาห์แรก ดังจะเห็นได้จากภาพ ๑๓ แม้ว่าอัตราแลกน้ำหนัก และอัตราการตายเมื่อใช้กากสบู่ดำระดับต่ำ (๕-๑๕%) จะเห็นผลช้ากว่านี้ก็ตาม



ภาพ ๑๔ อัตราการเจริญเติบโตของไก่เนื้อช่วงอายุ ๐-๖ สัปดาห์

ตาราง ๓๘ ปริมาณโภชนะที่ไก่เนื้อได้รับเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากสับดูต้าที่ผ่านการลดสารพิษ ด้วยวิธีการนึ่งระดับต่างๆ ในช่วงอายุ ๒-๖ สัปดาห์

ระดับกากสับดูต้าในอาหาร (%)	โปรตีน	เมทไธโอนีน	ไลซีน	เยื่อใย	ME
	(ก.)				(Mcal)
๐	๓/๙๐.๔	๑๓/๘๙	๔๔.๖๔	๑๖๑.๘๒	๑๓.๓๑
๕	๓/๑๖.๓	๑๖.๒๑	๔๐.๔๕	๑๓๓/๙๕	๑๒.๐๖
๑๐	๕๖๘.๑	๑๒.๘๖	๓๒.๐๘	๑๖๖.๒๔	๙.๕๓
๑๕	๔๕๔.๑	๑๐.๒๘	๒๕.๖๔	๑๕๒.๓๒	๓/๖๕
๒๐	๓๓๖.๒	๘.๕๑	๒๑.๒๕	๑๔๒.๙๖	๖.๓๔

สำหรับกรณีที่เมื่อใช้กากสับดูต้าในระดับสูงนั้น มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ซากลดลง แต่สัดส่วนของเครื่องในรวมทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมกากสับดูต้า อาจเนื่องมาจากไก่กลุ่มที่ได้รับกากสับดูต้ามีการกินอาหารได้น้อย โดยเฉพาะการใช้ที่ระดับ ๒๐% ดังนั้น น้ำหนักซาก เนื้ออก และเปอร์เซ็นต์ไขมันจึงน้อยตามไปด้วย สอดคล้องกับ Senkoylu and Dale. (๑๙๙๙) ที่รายงานว่า ไก่ที่สะสมไขมันในช่องท้องมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้กากทานตะวันที่มีเยื่อใยระดับสูง สำหรับปริมาณ

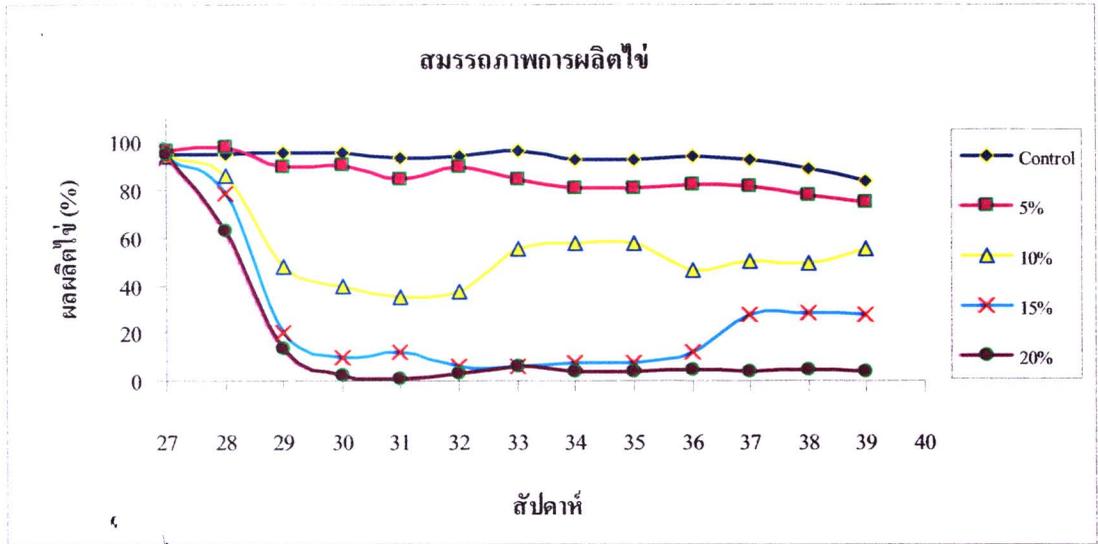
สารฟอรับออลเอสเทอร์ที่ตกค้างในเนื้อไก่ ปรากฏว่า มีระดับเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มกากสับดูดำในอาหารให้สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากไก่ได้รับสารพิษฟอรับออลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามระดับฟอรับออลเอสเทอร์ที่ตกค้างในเนื้อไก่ที่ได้รับกากสับดูดำในอาหารระดับต่ำกว่า ๒๐% นั้น นับว่าต่ำมาก (๐.๐๐๑-๐.๐๔๙ มก./ก.) ซึ่งอาจไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เพราะมีความเข้มข้นต่ำกว่า ๐.๑๓ มก./ก. ที่ Aregheore *et al.* (๒๐๐๓) รายงานว่าเป็นระดับที่หนูทดลองยอมรับได้ นอกจากนี้ในการนำเนื้อไก่ไปประกอบอาหารโดยทั่วไปมักจะใช้วิธีปรุงสุก จึงอาจทำให้ปริมาณสารพิษชนิดนี้ลดลงได้อีก

### การใช้กากสับดูดำเป็นอาหารไก่ไข่

จากการที่ใช้กากสับดูดำที่ผ่านการลดสารพิษผสมอาหารที่ระดับ ๕-๒๐% ปรากฏว่า ผลผลิตไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และน้ำหนักตัวเพิ่มลดลงตามระดับการใช้กากสับดูดำในอาหาร ดังจะเห็นได้จากภาพ ๑๔ เนื่องจากปริมาณอาหารที่กินลดลง จึงทำให้ไก่ได้รับโภชนาในแต่ละวันโดยเฉพาะโปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็น เช่นเมทไธโอนีน และไลซีน รวมทั้ง ME ลดลงอย่างชัดเจน (ตาราง ๔๙) ซึ่งการที่ไก่กินอาหารได้น้อยลงนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณเยื่อใยที่เพิ่มขึ้นตามระดับการเพิ่มของกากสับดูดำในอาหาร เนื่องจากเยื่อใยมีความสามารถในการอุ้มน้ำดี มาก จึงมีปริมาณมากในลำไส้และติดจับกับสารอาหารอื่น เป็นผลให้สารอาหารที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ลดน้อยลง (Schneeman, ๒๐๐๑)

นอกจากนี้ยังพบอาการข้อขาบวมเกิดขึ้นกับตัวแม่ไก่ เนื่องมาจากสารฟอรับออลเอสเทอร์ไปกระตุ้นการทำงานของ Cyclooxygenase ๒ และ Nuclear factor-kappa B จึงทำให้แม่ไก่ยืนกินอาหารไม่ได้ เป็นสาเหตุให้มีอัตราการตายเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับไก่เนื้อ





ภาพ ๑๕ สมรรถภาพการผลิตไข่ของไก่ไข่ช่วงอายุ ๒๗-๓๙ สัปดาห์

ตาราง ๓๙ ปริมาณโภชนะที่ไก่ไข่ได้รับเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากสับดูดำที่ผ่านการลดสารพิษ ด้วยวิธีการนึ่งระดับต่างๆ ในช่วงอายุ ๒๘-๓๙ สัปดาห์

ระดับกากสับดูดำในอาหาร (%)	โปรตีน	เมทไธโอนีน	ไลซีน	เยื่อใย	ME
	(ก.)				(kcal)
๐	๑๗.๓๙	๐.๔๒	๐.๙๖	๓.๗๕	๓๐๕.๓๓
๕	๑๕.๖๓	๐.๓๘	๐.๘๖	๔.๑๙	๒๗๓.๕๙
๑๐	๑๑.๓๒	๐.๒๘	๐.๖๒	๓.๖๓	๑๙๘.๐๔
๑๕	๗.๗๓	๐.๑๙	๐.๔๓	๒.๘๘	๑๓๕.๒๔
๒๐	๕.๔๗	๐.๑๓	๐.๓๐	๒.๓๒	๙๕.๗๙

ส่วนกรณีคะแนนของสีไข่แดง พบว่า กากสับดูดำทำให้สีไข่แดงมีความเข้มข้นตามระดับการใช้กากสับดูดำในอาหาร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกากสับดูดำมีสารสีหรือสารกระตุ้นการเพิ่มความเข้มของสีไข่แดงได้ สำหรับความหนาเปลือกไข่ที่มีค่าลดลงในกลุ่มที่เสริมกากสับดูดำระดับ ๑๐-๒๐% อาจเนื่องมาจากกากสับดูดำมีไฟเตทสูงซึ่งสามารถจับกับไอออนบวก เช่น  $Ca^{2+}$  ได้ (Peter, ๑๙๙๒) อีกทั้งปริมาณอาหารที่กินก็น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ จึงทำให้ได้รับแร่ธาตุไม่เพียงพอ นอกจากนี้สารฟอรับอเลสเทอร์ในกากสับดูดำยังออกฤทธิ์กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์โปรตีน

โคเนส ซี ซึ่งมีผลยับยั้งการทำงานของฮอร์โมน เอวีพี ส่งผลให้ระดับแคลเซียมลดลง จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เปลือกไข่บางลง

สำหรับปริมาณสารฟอรับอลเอสเทอร์ที่ตกค้างในไข่ไก่ ทั้งในส่วนของไข่แดงและไข่ขาว ปรากฏว่า มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับของกากสับดูดำที่ใช้ในอาหาร อย่างไรก็ตามระดับดังกล่าวนับว่าต่ำมากคือ 0.004-0.035 มก./ก. ไข่แดง และ 0.0002-0.0230 มก./ก. ของไข่ขาว ในกลุ่มที่ได้รับกากสับดูดำ ๕-๒๐% ซึ่งค่าดังกล่าวนี้ไม่น่าจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในกรณีสารตกค้างในเนื้อไก่ในการทดลองไก่เนื้อ

ส่วนต้นทุนการผลิตที่พบว่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มระดับกากสับดูดำในอาหาร ทั้งในกรณีของไก่เนื้อและไข่ไก่ แม้ว่ากากสับดูดำจะมีราคาถูกกว่าวัตถุดิบแหล่งโปรตีนและพลังงานอื่น เช่น กากถั่วเหลือง (๕.๐๐ vs. ๑๔.๒๐ บาท/กก.) ก็ตาม ทำให้ความน่าสนใจในการนำกากสับดูดำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ลดลงมาก

### การใช้กากสับดูดำในอาหารสุกร

(เนื่องจากผลการทดลองยังไม่สิ้นสุด)

### ปริมาณสารพิษตกค้าง

#### ปริมาณสารฟอรับอลเอสเทอร์ในเนื้อไก่

เมื่อนำเนื้ออกที่ได้จากการชำแหละไก่เนื้อเพศผู้ที่อายุ ๖ สัปดาห์ ไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอรับอลเอสเทอร์ ผลแสดงไว้ในตาราง ๒๒ ปรากฏว่า เมื่อเพิ่มระดับกากสับดูดำในอาหารสูงขึ้น จะส่งผลให้ไก่ทดลองได้รับสารพิษฟอรับอลเอสเทอร์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเริ่มลดลงในกลุ่มที่ใช้กากสับดูดำระดับสูงสุด ตลอดระยะเวลาการทดลองไก่จะได้รับสารฟอรับอลเอสเทอร์ เท่ากับ 0.057, 0.052, 0.155 และ 0.166 มก. (๕, ๑๐, ๑๕ และ ๒๐% ตามลำดับ) จึงทำให้สารฟอรับอลเอสเทอร์ที่ตกค้างในเนื้อหน้าอกมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระดับการใช้กากสับดูดำในอาหาร โดยตรวจพบ 0.001, 0.004, 0.049 และ 0.149 มก./ก. เนื้ออก เมื่อใช้กากสับดูดำในอาหารที่ระดับ ๕, ๑๐, ๑๕ และ ๒๐% ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปเข้าสมการคาดคะเนแบบเส้นตรง จะได้สมการดังนี้

ปริมาณสารฟอรับอลเอสเทอร์ในเนื้อหน้าอก (มก./ก. เนื้ออก)

$$Y = -0.029 + 0.004X \quad (r = 0.973 ; n = 20)$$

เมื่อ  $Y$  = ปริมาณสารฟอร์บออลเอสเทอร์ที่ตรวจพบในเนื้อหน้าอก (มก./ก. เนื้ออก)  
 $X$  = ระดับกากสบู่อัดในอาหาร (%)  $r$  = ค่าสหสัมพันธ์  
 $n$  = จำนวนข้อมูลที่ใช้คำนวณ

ตาราง ๔๐ ปริมาณสารฟอร์บออลเอสเทอร์ที่ตรวจพบในเนื้อหน้าอกของไก่เนื้อ เมื่อได้รับอาหารที่มีกากสบู่อัดที่ผ่านการลดสารพิษด้วยวิธีการนึ่ง ร่วมกับใช้ ๙๒% เมทธานอลและน้ำเป็นตัวชะล้างในระดับต่างๆ

ระดับกากสบู่อัด ในอาหาร (%)	ปริมาณฟอร์บออลเอสเทอร์			
	ไก่งาม (มก./ตัว) ช่วงอายุ			เนื้อหน้าอก (มก./ก.)
	อายุ ๒-๓	อายุ ๔-๕	อายุ ๖ สัปดาห์	
๐	๐	๐	๐	๐
๕	๐.๐๑๑	๐.๐๒๗	๐.๐๑๙	๐.๐๐๑
๑๐	๐.๐๒๐	๐.๐๔๑	๐.๐๒๗	๐.๐๐๔
๑๕	๐.๐๒๔	๐.๐๔๙	๐.๐๓๓	๐.๐๔๙
๒๐	๐.๐๒๗	๐.๐๔๙	๐.๐๔๐	๐.๑๔๙
S.E.M.	๐.๐๘๖	๐.๑๑๓	๐.๑๐๐	๐.๓๖๘

S.E.M. = Standard error of mean