



อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

กากสบูดำที่นำมาศึกษาได้จากขบวนการผลิตไบโอดีเซลจากเครื่องผลิตขนาดเล็ก ซึ่งทำการสกัดน้ำมันออกโดยการบีบอัดแบบเชิงกล การทดลองประกอบด้วย ๒ ส่วน โดยส่วนแรกจะดำเนินการในห้องปฏิบัติการ ส่วนหลังจะดำเนินการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ทดลอง ซึ่งได้แก่ สัตว์ปีกและสุกร ทั้งนี้การศึกษาในส่วนแรกจะประกอบด้วยการหาวิธีการลดสารพิษ การหาองค์ประกอบทางเคมี การหาปริมาณสารสารยับยั้งทริปซิน สารซาโปนิน สารฟอรับอลเอสเทอร์ การหาค่าการย่อยได้ และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย

๑) การหาวิธีการลดสารพิษ และหาองค์ประกอบทางเคมี

- เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดไฟฟ้า มี ๒ ขนาด คือ
 - ขนาดชั่งได้สูงสุด ๑๒,๐๐๐ ก. มีความละเอียดอ่านได้ ๐.๑ ก. สำหรับชั่งมูลสดในการหาค่า MEและการย่อยได้
 - ขนาดชั่งได้สูงสุด ๒๒๐ ก. มีความละเอียดอ่านได้ ๐.๐๐๐๑ ก. สำหรับชั่งตัวอย่าง (อาหารและมูล) ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis)
- ตู้แช่แข็งสำหรับเก็บมูลไก่ โดยนำมูลไก่ใส่ถุงพลาสติกแช่แข็งเพื่อรอการอบแห้ง
- ตู้อบไฟฟ้า (hot air oven)
- โถอบแห้ง (desiccator) ที่บรรจุซิลิกาเจล (silica gel)
- เตาเผา (muffle furnace)
- ช้อนตักสาร (spatula)
- แท่งแก้ว (glass rod)
- ปิเปตอัตโนมัติ (autopipette)
- เครื่องบดตัวอย่างอาหารและมูลไก่ ขนาดบดละเอียด ๑ มม.
- เครื่องย่อย (digestion apparatus) และเครื่องกลั่น (distillation apparatus)
- เครื่องสกัดไขมัน (soxhlet apparatus)
- เครื่องหาเยื่อใย (crude fiber apparatus) และปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump)

- เครื่องวิเคราะห์หาค่าพลังงานรวม (Ballistic bomb calorimeter)

๒) การหาค่า ME และการย่อยได้

๒.๑) สัตว์ปีก

- กรงขังเดี่ยว (metabolic cage) สำหรับการศึกษาค่า ME และการย่อยได้ กรงมีขนาด ๔๓×๓๖×๕๑ ซม. ได้กรงมีถาดรองรับมูลซึ่งเป็นถาดอะลูมิเนียมรองด้วยพลาสติกใส
- ไก่พันธุ์ไข่เพศผู้โตเต็มที่ อายุประมาณ ๖ เดือน จำนวน ๑๖ ตัว
- กระบอกฉีดยา (syringe) และสายยาง เพื่อสอดไปที่กระเพาะพัก (crop) ของไก่ทดลอง
- เครื่องชั่งชนิดไฟฟ้า ขนาดชั่งได้สูงสุด ๓,๑๑๐ ก. มีความละเอียดอ่านได้ ๐.๐๑ ก. สำหรับชั่งตัวอย่างอาหารที่ใช้กรอกปากไก่

๒.๒) สุกร

- กรงขังเดี่ยว (metabolic cage) สำหรับการศึกษาค่าการย่อยได้
- สุกรลูกผสม Duroc × Large white – Landrace เพศผู้ตอน น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย ๗๐ กก. จำนวน ๕ ตัว
- Ferric oxide (Fe_2O_3) ใช้เป็นสารบ่งชี้ในอาหาร
- เครื่อง Electrometric titration ใช้วัด pH ในปัสสาวะสุกร
- ใช้เครื่องชั่ง ๒ ชนิด คือ
 - เครื่องชั่งแบบสปริง ขนาดชั่งได้สูงสุด ๕๐๐ กก. มีความละเอียดอ่านได้ ๐.๑ ก. สำหรับชั่งน้ำหนักมูลสุกร
 - เครื่องชั่งแบบไฟฟ้า ขนาดชั่งได้สูงสุด ๓,๑๑๐ ก. มีความละเอียดอ่านได้ ๐.๐๑ ก. สำหรับชั่งตัวอย่างอาหาร

๓) การหาปริมาณสารพิษ (สารฟอรับอลเอสเทอร์ และสารยับยั้งทริปซิน)

- เครื่องทำตัวอย่างให้แห้งอุณหภูมิต่ำควบคุมแรงดัน (freeze dryer)
- เครื่องระเหยสารควบคุมแรงดัน (rotary evaporation)
- เครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอน (centrifuge)
- เครื่องเขย่าสารความถี่สูง (sonicate)
- เครื่องนึ่งความดัน (autoclave)
- เครื่องผสมสาร (vortex mixer)

- เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography; HPLC)
- คอลัมน์ชนิด reversed phase column; Ultra C₁₈ ขนาด ๒๕๐×๔.๖ มม. (LiChrospher ๑๐๐, end-capped ๕ ไมครอน.) ยี่ห้อ Restek
- Water bath (temperature ๓๗ ± ๐.๕ °C)
- Test tubes
- Vortex, stirrer
- Magnetic stirrer
- pH meter
- เครื่อง Spectrophometer
- Flask ขนาด ๑๐๐ และ ๒๕๐ ml.
- Magnetic stirrer
- Nitrogen flushing
- Finely ground

ส่วนฟาร์มทดลอง ประกอบด้วย

๑) การศึกษาในสัตว์ปีก แบ่งเป็น

ไก่เนื้อ

- ไก่เนื้อสายพันธุ์อาร์เบอร์เอเคอร์ (Arbor acre) เพศผู้ อายุ ๑ สัปดาห์ จำนวน ๑,๕๐๐ ตัว
- คอกทดลองแบบปล่อยพื้น ขนาดคอกละ ๑.๕×๔.๐ ตร.ม. จุไก่เนื้อคอกละ ๓/๐ ตัว มีจำนวน ๒๐ คอก อยู่ในโรงเรือนเดียวกัน ซึ่งเป็นโรงเรือนปิด ใช้ระบบการระเหยน้ำ (Evaporative cooling system)
- เครื่องชั่งน้ำหนักมี ๓ ชนิด คือ
 - แบบไฮดรอลิก ขนาดชั่งได้สูงสุด ๑๕๐ กก. ความละเอียดอ่านได้ ๕๐ ก. สำหรับชั่งน้ำหนักอาหาร และน้ำหนักไก่
 - แบบสปริง ใช้ชั่งไก่ โดยตัดแปลงตรงจานรองให้เป็นกรวยสำหรับใส่ไก่ แต่ละตัว ขนาดชั่งได้สูงสุด ๓.๐ กก. ความละเอียดอ่านได้ ๑๐ ก.

- แบบไฟฟ้า ขนาดซังได้สูงสุด ๓,๑๑๐ ก. ความละเอียดที่อ่านได้ ๐.๐๑ ก. สำหรับซังสารผสมล่วงหน้า ซึ่งได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุ เกลือ โคล แคลเซียมฟอสเฟต กรดอะมิโน (ดีแอล-เมทไธโอนีน และแอล-ไลซีน)
- เครื่องผสมอาหารสัตว์ แบบนอน (horizontal mixer) ขนาดผสมได้สูงสุดครั้งละ ๑๐๐ กก.
- ถังใส่อาหารพร้อมฝาปิด ขนาดบรรจุอาหารได้ถึงละ ๑๐ กก.
- ภาชนะใส่น้ำขนาด ๒ ลิตร ใช้ในช่วงอายุ ๑-๒ สัปดาห์ หลังจากนั้นใช้รางน้ำอัตโนมัติแบบหยด และภาชนะใส่อาหารแบบแขวน จำนวนคอกละ ๓ ใบ
- เครื่องกกลูกไก่ (hired hand heater) สำหรับให้ความอบอุ่นแก่ลูกไก่ในระยะกก ซึ่งจะเลิกใช้เมื่อไก่เนื้อมีอายุครบ ๔ สัปดาห์

ไก่ไข่

- ไก่ไข่ลูกผสมพันธุ์ชัวร์บราวน์ (Isa Brown) อายุ ๒๔ สัปดาห์ จำนวน ๒๔๐ ตัว
- กรงตับ แบบขังเดี่ยวชั้นเดียว ขนาดช่องละ ๒๔x๔๐x๓๖ ซม. จำนวน ๒๔๐ ช่องสำหรับใส่ไก่ไข่ ตั้งแต่เริ่มจนถึงเสร็จสิ้นการทดลอง
- รางน้ำและรางอาหาร ลักษณะเป็นรางยาวตลอดแถว ซึ่งแต่ละแถวมีกรงไก่อยู่จำนวน ๑๐๔ ช่อง ส่วนของรางอาหารจะทำแผ่นไม้กั้นแยกออกจากกันในแต่ละซ้า เพื่อกันไม่ให้ไก่ข้ามไปกินอาหารของกลุ่มอื่น ส่วนรางน้ำอยู่ตรงกลางด้านบนของ ๒ แถวที่หันหลังชนกัน เพื่อใช้ร่วมกันยาวตลอดทั้งแถว
- เครื่องชั่งน้ำหนักมี ๒ ชนิด คือ
 - แบบสปริง ใช้ชั่งไก่โดยตัดแปลงตรงจากรองให้เป็นกรวยสำหรับใส่ไก่เพื่อชั่งเป็นรายตัว ขนาดซังได้สูงสุด ๓ กก. ความละเอียดอ่านได้ ๑๐ ก. และเครื่องชั่งชนิดซังได้สูงสุด ๖๐ กก. สำหรับชั่งอาหาร ซึ่งชั่งเป็นรายซ้า
 - แบบใช้ไฟฟ้า ขนาดซังได้สูงสุด ๓,๑๑๐ ก. ความละเอียดที่อ่านได้ ๐.๐๑ ก. สำหรับชังสารผสมล่วงหน้า และชั่งน้ำหนักไข่ไก่
- เครื่องผสมอาหารแบบนอน ขนาดผสมได้สูงสุดครั้งละ ๑๐๐ กก.
- เครื่องวัดความหนาเปลือกไข่แบบ TelCock มีความละเอียดอ่านได้ ๐.๐๐๑ มม. วัดความหนาเปลือกไข่ ๓ ตำแหน่ง (ด้านบน กลาง และด้านแหลม) ของฟองไข่ โดยลอกเยื่อหุ้มเปลือกไข่ออกก่อนวัด จากนั้นนำไปหาค่าเฉลี่ยความหนาของเปลือกไข่จากทั้ง ๓ ตำแหน่งดังกล่าว

- เครื่องวัดความสูงไข่ขาว ยี่ห้อ TTS ใช้วัดความสูงไข่ขาวบริเวณกึ่งกลางระหว่าง
 ขั้วไข่ขาวชั้นทั้งสองขั้ว โดยให้ห่างจากไข่แดงประมาณ ๑ ซม. แล้วนำค่าที่ได้มา
 คำนวณค่า Haugh Unit
- พัดเทียบสีไข่แดง ใช้ของบริษัทโรช (Roche yolk color fan) มีค่าความเข้มของสี
 จากน้อยถึงมากตั้งแต่เบอร์ ๑ ถึง ๑๕

๒) การศึกษาในสุกร

- a. สุกรขุนสามสายเลือด (Duroc x Large white – Landrace) น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย
 ๒๐ กก. จำนวน ๔๐ ตัว เป็นเพศผู้จำนวน ๒๐ ตัว เพศเมีย ๒๐ ตัว
- b. คอกพื้นปูนขนาด ๑.๕ x ๒ ตารางเมตร จุสุกรคอกละ ๑ ตัว มีจำนวน ๔๐
 คอก อยู่ในโรงเรือนเดียวกัน
- c. เครื่องชั่งขนาด ๖๐ และ ๒๐๐ กก. สำหรับชั่งอาหาร และน้ำหนักสุกร
- d. เครื่องผสมอาหารแบบนอน ขนาดผสมได้สูงสุดครั้งละ ๑๐๐ กก.
- e. ภาชนะใส่อาหารพร้อมฝาปิด ขนาดบรรจุอาหารได้ถึงละ ๕๐ กก.
- f. อุปกรณ์ให้น้ำแบบอัตโนมัติแบบหัวนิปเปิด จำนวน ๑ หัวอยู่ที่ท้ายคอก
- g. อุปกรณ์ให้อาหารแบบรางปูนซีเมนต์ยาว ๐.๕ ม. จำนวน ๑ รางอยู่หน้าคอก