

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.2 อาหารทดลองและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนา

การประกอบสูตรอาหารของสุกรรุ่นใช้แหล่งวัตถุดิบอาหารหลักคือ ข้าวโพด และกากถั่วเหลือง ดังแสดงในตาราง 10 อาหารทดลองมีทั้งหมด 9 สูตร ประกอบด้วยโปรตีน 3 ระดับ คือ 18, 16 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ที่แต่ละระดับของโปรตีนประกอบด้วย dEB 3 ระดับ คือ 200, 350 และ 500 mEq ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม อาหารสูตรที่ 1, 4 และ 7 เป็นสูตรควบคุม ประกอบด้วยโปรตีน 18, 16 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ใช้ค่า dEB ตามที่มีอยู่ในวัตถุดิบอาหาร ส่วนสูตรที่ 2, 5, 8 และ 3, 6, 9 ทำการเสริมโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) เพื่อปรับค่า dEB ให้มีระดับ 350 และ 500 mEq ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม กำหนดให้มีกรดอะมิโนที่จำเป็น และไม่จำเป็น เพียงพอต่อความต้องการของสุกรระยะรุ่น ตามคำแนะนำของ NRC (1998) รวมทั้งปรับให้มีสัดส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นและพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy) ใกล้เคียงกันทุกสูตร เพื่อให้ความแตกต่างระหว่างกลุ่มมีเพียงระดับของโปรตีน และระดับของ dEB ปรับกรดอะมิโนให้เพียงพอกับความต้องการของสุกรโดยให้มีระดับไลซีนย่อยได้สั้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก (apparent ileal digestible lysine) เท่ากับ 0.77 เปอร์เซ็นต์ และเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์เท่าที่จำเป็นโดยยึดหลักโปรตีนอุดมคติให้มากที่สุด องค์ประกอบของโภชนาแสดงใน ตาราง 11

3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาของอาหาร

สุ่มตัวอย่างอาหารแต่ละสูตรในแต่ละการทดลองทุกครั้งที่ทำการผสมอาหารทดลอง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบของโภชนาต่าง ๆ ได้แก่ วัตถุแห้ง (dry matter) เถ้า (ash) โปรตีน (crude protein) ไขมัน (ether extract) และเยื่อใยรวม (crude fiber) โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 2000) และวิเคราะห์หา Na, K และ Cl ในวัตถุดิบแต่ละชนิด เพื่อใช้สำหรับคำนวณหาค่า dEB ในอาหารทดลอง

ตาราง 10 องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาของอาหารทดลอง

Ingredients	Growing pig diets								
	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 4	Diet 5	Diet 6	Diet 7	Diet 8	Diet 9
Corn, kg	16.1	16.1	16.1	21.5	21.5	21.5	26.9	26.9	26.9
Broken rice, kg	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Fine rice bran, kg	25	25	25	25	25	25	25	25	25
SBM (44%CP), kg ^{1/}	26	26	26	20.5	20.5	20.5	15	15	15
Palm oil, kg	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Limestone, kg	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
DCP (P/18), kg ^{1/}	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Normal salt, kg	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Premix, kg ^{2/}	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
L-Lysine-HCL, kg ^{2/}	-	-	-	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
NaHCO ₃ , kg	-	0.85	2.13	-	1.05	2.32	-	1.24	2.52
Cost, bath/kg	9.32	9.44	9.61	8.80	8.95	9.13	8.29	8.46	8.64
Chemical composition									
% CP ^{1/}	18.03	18.10	18.04	16.18	16.14	16.05	13.99	14.12	14.00
ME, Kcal/kg ^{1/}	3137	3137	3137	3147	3147	3147	3157	3157	3157
dEB, mEq/kg ^{4/}	236	350	500	213	350	500	214	350	500

^{1/} SBM = soybean meal; DCP = dicalcium phosphate; CP = crude protein; ME = metabolizable energy

^{2/} Supplied per kilogram of diet : vitamin A, 1.0 ppm; vitamin D3, 2.0 ppm; vitamin E, 0.1 g; vitamin K3, 0.2 g; thiamine, 0.5 g; riboflavin, 0.001 g; pyridoxine, 0.4 g; calciumpantothenate 2.0 g; niacin, 2.4 g; Ferric, 18 g; Copper, 8.3 g; Manganese, 5.5 g; Zinc, 15 g; Cobalt, 1.0 g; Iodine, 0.2 g; Selenium, 0.02 g.

^{3/} 78.8% L-Lysine

^{4/} dEB = Na⁺ + K⁺ - Cl⁻ (Patience, 1990)

3.3 การศึกษาการย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กของโคชนะจากการใช้อาหารทดลอง

3.3.1 สัตว์ทดลอง

ใช้สุกรลูกผสม Duroc x (Large White x Landrace) เพศผู้ตอน จำนวน 9 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยประมาณ 30 กิโลกรัม ทำการผ่าตัดฝังท่อรูปที (T-shape) ที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลายให้กับสุกรทุกตัว นำขึ้นเลี้ยงบนกรงการย่อยได้ (metabolic cage) เพื่อเก็บตัวอย่างจากปลายลำไส้เล็ก บริเวณฝากรงด้านข้างขวาสามารถถอดเหล็กออกได้ เพื่อป้องกันการเสียดสีระหว่างปลายท่อกับกรง และมีที่ให้น้ำแบบอัตโนมัติ

3.3.3 อาหารทดลอง และการให้อาหาร

อาหารทดลองมีทั้งหมด 9 สูตร ประกอบด้วยอาหารที่มีโปรตีน 3 ระดับ คือ 18, 16 และ 14 เปอร์เซ็นต์ แต่ละระดับของโปรตีนประกอบด้วย dEB 3 ระดับ คือ 200, 350 และ 500 mEq ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ดังที่ได้แสดงไว้ใน ตาราง 10 ผสม Titanium dioxide (TiO_2) 5 กรัมต่ออาหารทดลอง 1 กิโลกรัม ในวันสุดท้ายของช่วงปรับตัวและวันที่เก็บตัวอย่าง เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าการย่อยได้ของโคชนะ ด้วยวิธีวิเคราะห์จากสารบ่งชี้ (index method) ให้สุกรได้รับน้ำเต็มที่ และได้รับอาหาร 90 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ($\% \text{kgBW}^{0.75}$) โดยแบ่งให้อาหาร 2 ครั้ง คือ เวลา 6.00 และ 18.00 น.

3.3.3 วิธีการทดลอง

3.3.3.1 การผลิตท่อเก็บตัวอย่างอาหารและการผ่าตัดสุกร

ผลิตท่อเก็บตัวอย่างอาหารรูปตัวที จาก silicone rubber โดยดัดแปลงจากวิธีการของ เทอดชัย และทัศนีย์ (2531) และการผ่าตัดสอดท่อแบบ simple T-cannulation โดยใช้วิธีการตาม Stein (1998)

3.3.3.2 การเก็บตัวอย่างของเหลวจากปลายลำไส้เล็ก

แบ่งการทดลองเป็น 2 ช่วง คือ

1. ช่วงปรับตัว (adaptation period) ใช้เวลาประมาณ 5 วัน ทำการชั่งน้ำหนักก่อนให้สุกรได้ปรับตัวให้เคยชินกับอาหารและสภาพแวดล้อมของการทดลอง และเพื่อให้สุกรขับถ่ายอาหารเดิมที่ได้รับออกจากระบบทางเดินอาหารให้หมด ให้อาหารทดลองแก่สุกรโดยค่อย ๆ เพิ่ม

อาหารใหม่ทดแทนอาหารเดิมที่เคยได้รับจาก 25 เป็น 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสุกรจะได้รับอาหารสูตรใหม่ 100 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 4 และ 5 ทำการบันทึกปริมาณอาหารที่สุกรกินในแต่ละวัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการให้อาหารในช่วงการเก็บข้อมูลต่อไป

2. ช่วงเก็บข้อมูล (collection period) ใช้ระยะเวลา 2 วันในการเก็บตัวอย่างของเหลว (digesta) จากลำไส้เล็กส่วนปลาย ซึ่งจะทำกรเก็บตัวอย่าง digesta ตลอด 48 ชั่วโมง โดยเริ่มเก็บหลังจากให้อาหารสุกร ที่เวลา 06.00 น. ในวันที่ 6 และหยุดเก็บที่เวลา 06.00 ในวันที่ 8 ตัวอย่าง digesta จะไหลผ่านท่อรูปที่ลงสู่ถุงพลาสติกที่มีมัดติดกับปลายท่อ จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกปริมาณ digesta ในแต่ละวันของช่วงการทดลอง บันทึกปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารเหลือในแต่ละช่วงการให้อาหารทุกครั้งของแต่ละช่วงการทดลอง

3.3.7 การวิเคราะห์ทางเคมี

นำตัวอย่างที่ได้จากปลายลำไส้เล็กมาทำให้แห้งโดยวิธีระเหิดแห้ง (freeze-drying) และบดละเอียดด้วยตะแกรงขนาด 1-มิลลิเมตร คลุกเคล้าตัวอย่างที่ได้ให้เข้ากัน นำไปเก็บในถุงพลาสติกปิดปากถุงให้มิดชิด ก่อนนำไปทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 2000) วิเคราะห์หาปริมาณของไทเทเนียมไดออกไซด์ โดยตัดแปลงจากวิธีการของ Myers, *et al.* (2004) คำนวณหาค่าการย่อยได้ของโภชนะทุกตัวแบบปรากฏ (apparent ileal digestibility)

3.3.8 การคำนวณผลการทดลอง

การย่อยได้ของโปรตีน เยื่อใย ไขมัน และเถ้า สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก หรือทั้งระบบทางเดินอาหาร หรือบริเวณลำไส้ใหญ่ โดยอนุมานว่า recovery rate ของสุกร มีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ คำนวณจากสมการ 6 (Fan *et al.*, 1994) คือ

การย่อยได้แบบปรากฏ (apparent digestibility) ของโปรตีน

$$= 100 - \left[100 \times \frac{\% \text{TiO}_2 \text{ in digesta}}{\% \text{TiO}_2 \text{ in diet}} \times \frac{\% \text{CP in digesta}}{\% \text{CP in diet}} \right] \quad (6)$$

3.3.9 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) จากแผนการทดลองแบบ 9 x 9 Latin square เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 2001)

3.4 การศึกษาปริมาณไนโตรเจนในสิ่งขับถ่ายของสุกรรุ่นที่ได้รับอาหารทดลอง

3.4.5 สัตว์ทดลอง

ใช้สุกรลูกผสม Duroc X (Large White X Landrace) เพศผู้ตอน จำนวน 36 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 40 กิโลกรัม นำขึ้นเลี้ยงบนกรงหากการย่อยได้ (metabolic cage) เพื่อทำการแยกเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ

3.4.6 อาหารทดลอง และการให้อาหาร

อาหารทดลองมีทั้งหมด 9 สูตร ประกอบด้วยอาหารที่มีโปรตีน 3 ระดับ คือ 18, 16 และ 14 เปอร์เซ็นต์ แต่ละระดับของโปรตีนประกอบด้วย dEB 3 ระดับคือ 200, 350 และ 500 mEq ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ดังที่ได้แสดงไว้ในตาราง 10 ผสม ferric oxide ลงในอาหารทดลอง 10 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เพื่อใช้สำหรับเป็นสารบ่งชี้ ในวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง แบ่งให้อาหารแก่สุกรวันละ 2 ครั้ง คือ 6.00 น. และ 18.00 น. และให้ได้รับน้ำเต็มที่ (*ad libitum*)

3.4.7 วิธีการทดลอง

แบ่งสุกรออกเป็น 9 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว สุ่มให้ได้รับอาหารทดลอง 1 ใน 9 สูตรวางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 Factorial in RCBD (Randomized completely block design) ทำการทดลองครั้งละ 8 วัน แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ

1. ช่วงปรับตัว (adaptation period) ใช้เวลาประมาณ 5 วัน ทำการชั่งน้ำหนักก่อนให้สุกรได้ปรับตัวให้เคยชินกับอาหารและสภาพแวดล้อมของการทดลอง และเพื่อให้สุกรขับถ่ายอาหารเดิมที่ได้รับออกจากระบบทางเดินอาหารให้หมด ให้อาหารทดลองแก่สุกรโดยค่อย ๆ เพิ่มอาหารใหม่ทดแทนอาหารเดิมที่เคยได้รับจาก 25 เป็น 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสุกรจะได้รับอาหารสูตรใหม่ 100 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 4 และ 5 ทำการบันทึกปริมาณอาหารที่สุกรกินในแต่ละวัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการให้อาหารในช่วงการเก็บข้อมูลต่อไป

2. ช่วงเก็บข้อมูล (collection period) ใช้เวลา 3 วัน โดย 2 วันแรก จะแยกเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะเอาไว้ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมูลและปัสสาวะที่ขับถ่ายออกมาทั้งหมด นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ ในการเก็บตัวอย่างปัสสาวะต้องทำการเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc. H₂SO₄) 25 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 50 มิลลิลิตร ลงในขวดเก็บปัสสาวะเพื่อป้องกันการระเหยของแอมโมเนียจากปัสสาวะ โดยรักษา pH ของปัสสาวะให้ต่ำกว่า 2 การเก็บตัวอย่างจะทำวันละ 2 ครั้งก่อนการให้อาหาร คือเวลา 5.45 น. และ 17.45 น. หลังจากนั้น นำตัวอย่างมูล และปัสสาวะไปวิเคราะห์ทางเคมี บันทึกปริมาณอาหารที่กินในแต่ละช่วงเวลาให้อาหาร และปริมาณของเสียที่สุกรแต่ละตัวขับถ่ายในแต่ละวัน

3.4.8 การวิเคราะห์ทางเคมี

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างอาหาร มูล และปัสสาวะ ด้วยวิธี Proximate analysis (AOAC, 2000) วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนที่สุกรขับถ่ายออกมาในมูลและปัสสาวะในแต่ละวัน เพื่อใช้คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในร่างกาย การย่อยได้ของไนโตรเจนในมูลแบบปรากฏ (apparent faecal nitrogen digestibility) และค่าการใช้ประโยชน์ได้ทางชีวภาพของไนโตรเจนแบบปรากฏ (apparent nitrogen biological value)

3.4.7 การคำนวณหาสมดุลไนโตรเจน

โดยคำนวณจากปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับและขับถ่ายออกทางมูลในรูปวัตถุแห้ง และปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะที่สุกรขับถ่ายออกมาในแต่ละวัน นำมาคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนที่ขับถ่ายและที่สะสมในร่างกายจากสมการ 7, 8, 9, และ 10 (Whittemore, 1993) และคำนวณหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ทางชีวภาพแบบปรากฏ จากสมการที่ 11 (McDonald *et al.*, 1995) ที่แสดงไว้ดังนี้

$$N \text{ excretion in slurry } (N_e; \text{ g/pig/day}) = N_f + N_u \quad (7)$$

$$N \text{ excretion in slurry } (\% \text{ of } N \text{ intake}) = [(N_f + N_u)/N_i] \times 100 \quad (8)$$

$$N \text{ retention } (N_r; \text{ g/pig/day}) = N_i - (N_f + N_u) \quad (9)$$

$$N \text{ retention } (\% \text{ of } N \text{ intake}) = [N_i - (N_f + N_u)]/N_i \times 100 \quad (10)$$

$$\text{Apparent biological value (ABV)} = [N_i - (N_f + N_u)]/(N_i - N_p) \quad (11)$$

โดยที่ N_e = N excretion
 N_u = N excreted in urine
 N_r = N retention
 N_i = N consumed
 N_f = N excreted in feces

3.4.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) จากแผนการทดลองแบบ 3 x 3 Factorial in RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 2001)

3.5 การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรรุ่นที่ได้รับอาหารทดลอง

3.5.5 สัตว์ทดลอง

ใช้สุกรลูกผสม Duroc X (Large White X Landrace) จำนวน 90 ตัว เพศผู้ตอน และเพศเมียอย่างละเท่า ๆ กัน น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 30 กิโลกรัม เลี้ยงสุกรด้วยอาหารทดลองในคอกขังเดี่ยว จนกระทั่งมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 60 กิโลกรัม

3.5.6 อาหารทดลอง และการให้อาหาร

อาหารทดลองมีทั้งหมด 9 สูตร ประกอบด้วยอาหารที่มีโปรตีน 3 ระดับ คือ 18, 16 และ 14 เปอร์เซ็นต์ แต่ละระดับของโปรตีนประกอบด้วย dEB 3 ระดับ คือ 200, 350 และ 500 mEq ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ดังที่ได้แสดงไว้ใน ตาราง 10 ให้สุกรได้รับอาหาร และน้ำดื่มที่ (*ad libitum*) โดยแบ่งอาหารให้ 2 ครั้ง คือ เวลา 6.00 และ 18.00 น.

3.5.7 วิธีการทดลอง

ใช้สุกรทดลองจำนวน 90 ตัว แบ่งสุกรออกเป็น 9 กลุ่ม ๆ ละ 10 ตัว (เพศผู้ 5 เพศเมีย 5) โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in RCBD (Randomized completely block design) เลี้ยงสุกรในคอกขังเดี่ยว ให้ได้รับน้ำและอาหารเต็มที่ บันทึกน้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ

สัปดาห์ และปริมาณอาหารที่กินในแต่ละวัน จนกระทั่งน้ำหนักถึง 60 กิโลกรัม เพื่อนำมาคำนวณหา อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ปริมาณอาหารที่กิน และต้นทุนการผลิต

3.5.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) จากแผนการทดลองแบบ 3 x 3 Factorial in RCBD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 2001)

3.9 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อเครื่องมือ	โมเดล/บริษัท	ประเทศ
1. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)	2842/Serorius GmBH	Germany
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก (kilogram)	N0. 161840/Berkel	Thailand
3. ตู้อบไฟฟ้า (hot air oven)	DEV/Hrtaeus	Germany
4. เครื่อง spectrophotometer	20 Gnesys/ThermoSpectronic	Germany
5. เครื่องระเหิดแห้ง (freeze dryer)	Alpha1-2/Matin Christ	Germany
6. เครื่องย่อยโปรตีน (digestion apparatus)	1002 Distilling unit/Tecator	Sweden
7. เครื่องกลั่นโปรตีน (distillation apparatus)	K-314/Büchi	Switzerland
8. เครื่องไตเตรท	NW 2.5 mm/Brand	Germany
9. เครื่องสกัดไขมัน (soxhlet apparatus)	1043 Extraction unit/Tecator	Sweden
10. เครื่องมือหาเชื้อยีส	CSF 6/Velp	USA
11. เตาเผา (muffle furnace)	-/Gibthai	USA
12. ซิลิโคน (HTV silicone rubber)	R 401/150, L 2B/Wacker-Chemie Gmbh	Germany
13. โถดูดความชื้น (Desicator)	GL32/Glaswerk wertheim	Germany
14. หลอดย่อยและกลั่นโปรตีน	-/ Büchi	Switzerland
15. ปีกเกอร์ขนาด 50, 100 และ 150 มล.	No. 1000/Pyrex	USA
16. ปีกเกอร์ขนาด 500 มล.	No. 26500/Kimax	USA

ชื่อเครื่องมือ	โมเดล/บริษัท	ประเทศ
17. บีกเกอร์ขนาด 1000 มล.	No. 27060/Kimax	USA
18. ปิเปต (pipett) ขนาด 0.5, 1 และ 5 มล.	-/Volac	USA
19. ปิเปต (pipett) ขนาด 100 มล.	-/Brand	Germany
20. วอลูเมตริก ขนาด 100 มล.	-/Brand	Germany
21. วอลูเมตริก ขนาด 500 มล.	-/Witeg	Germany
22. วอลูเมตริก ขนาด 1000 และ 5000 มล.	-/Schott	Germany
23. วอลูเมตริก พลาสติก ขนาด 250 มล.	NS14-23/Schott	Germany
24. เครื่องวัดพีเอช (pH meter)	196/WTW	Germany
25. หม้ออบความดันไอ (Korimat)	KA120/-	Germany
26. ตู้แช่แข็ง (Freezer)	126/Whirlpool	Thailand
27. เครื่องผสมอาหารสุกรถึงนอน (100 กก.)	-/-	Thailand
28. ถังเก็บอาหารขนาดความจุ 20 แกลลอน	-/-	Thailand
29. อุปกรณ์ที่ใช้เกี่ยวกับการผ่าตัด	-/-	-/-
30. พิมพ์ท่อเก็บตัวอย่างอาหาร	-/-	Thailand
31. เครื่องบดตัวอย่างอาหาร	4/Thomas-Wiley	USA

3.10 สารเคมี

ชื่อสารเคมี	เกรด	บริษัท
1. Conc. Sulfuric acid	Analytical reagent	Merk
2. Hydrochloric acid	Analytical reagent	Merk
3. Acetone	Analytical reagent	Merk
4. Petroleum ether	Analytical reagent	JT Baker
5. Tashiro indicator	-	-
6. Deionized water	-	-
7. Pumice stone	Analytical reagent	BDH
8. Boric acid	Analytical reagent	Merk
9. Sodium hydroxide	Analytical reagent	Merk
10. Sodium hydroxide	Commercial grade	-
11. Potassium sulphate	Analytical reagent	Merk

ชื่อสารเคมี	เกรด	บริษัท
12. Copper sulphate	Analytical reagent	AjaxFinechem
13. Selenium mixture reagent	Analytical reagent	Merk
14. Titanium dioxide	Analytical reagent	Riedel-de Haën
15. Titanium dioxide	Analytical reagent	Riedel-de Haën
16. Ferric oxide	Analytical reagent	AjaxFinechem
17. Sodium bicarbonate (99.8%)	Commercial grade	Red Triangle
18. Hyrogen peroxide 30%	Analytical reagent	Merk

3.11 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

- ฟาร์มสุกร ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพิษณุโลกล้านนา

3.9 ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย

16 เดือน จาก 1 เมษายน 2547 ถึง 31 สิงหาคม 2548



ภาพ 10 Simple-T cannula



ภาพ 11 การสอดท่อรูปทีที่บริเวณปลายลำไส้เล็ก



ภาพ 12 สุกรที่สอดท่อรูปทีเพื่อใช้ศึกษาการย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก



ภาพ 13 การเลี้ยงสุกรบน metabolic cage เพื่อศึกษาปริมาณไนโตรเจนในสิ่งขับถ่าย



ภาพ 14 การเลี้ยงสุกรในคอกขังเดี่ยวเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการผลิต