

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

การประกอบสูตรอาหารของสุกรแต่ละระยะใช้แหล่งวัตถุดิบอาหารหลัก คือ ข้าวโพด และ กากถั่วเหลืองดังแสดงในตาราง 11 โดยให้มีระดับโปรตีน 3 ระดับ คือระดับสูงมีระดับโปรตีนตามความต้องการตามคำแนะนำของ NRC (1998) เป็นสูตรควบคุม ระดับกลางและระดับต่ำโดยทำการลดระดับโปรตีนลงมา 2 % ทำให้อาหารสุกรระยะรุ่นมีระดับโปรตีนในอาหาร คือ 18, 16 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยให้มีระดับไลซีนย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก (apparent ileal digestible lysine) 0.77 เปอร์เซ็นต์ อาหารสุกรระยะขุนมีระดับโปรตีนคือ 15.5, 13.5 และ 11.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีระดับไลซีนย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก 0.61 เปอร์เซ็นต์ องค์ประกอบทางโภชนาของอาหารทดลองดังแสดงในตาราง 12 อาหารทุกสูตรมีการปรับให้มีระดับกรดอะมิโน และพลังงานใกล้เคียงกัน และยี่ระดับไลซีนย่อยได้ที่ปลายลำไส้เล็กเป็นหลัก โดยใช้ค่าไลซีนย่อยได้ในข้าวโพด และกากถั่วเหลืองจากรายงานของ Tartrakoon (2000) ซึ่งทำการเสริมกรดอะมิโนสังเคราะห์เท่าที่จำเป็น โดยยึดหลักให้ใกล้เคียงกับโปรตีนสมดุลมากที่สุดโดยเปรียบเทียบจากรายงานต่างๆ ดังแสดงในตาราง 6

#### 3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาของอาหาร

ทำการสุ่มตัวอย่างอาหารแต่ละสูตรของแต่ละการทดลองทุกครั้งที่มีการผสมอาหารทดลอง มาวิเคราะห์ทางเคมีหาองค์ประกอบของโภชนาต่างๆ ดังนี้ วัตถุแห้ง (dry matter) เถ้า (ash) โปรตีนรวม (crude protein) ไขมัน (ether extract) และ เยื่อใยรวม (crude fiber) โดยวิธี Proximate analysis (AOAC., 2000)

ตาราง 11 องค์ประกอบของอาหารทดลองของสุกรแต่ละระยะ

Item	Growing diet			Finishing diet		
	Diet 1	Diet 2	Diet 3	Diet 1	Diet 2	Diet 3
Ingredients (%) :						
Corn	45.73	51.14	56.73	25.00	29.00	30.00
Soybean meal (44 % CP)	25.37	19.96	14.17	21.60	15.80	10.20
Fine rice bran	25.00	25.00	25.00	10.00	10.00	10.00
Broken rice	-	-	-	41.00	42.70	47.20
Palm oil	1.50	1.50	1.50	-	-	-
Limestone	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Dicalcium phosphate (18 % P)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Normal salt	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Mineral and vitamins premix <sup>a</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
L-Lysine.HCL <sup>b</sup>	-	-	0.20	-	0.10	0.20
Total	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
Feed cost, Baht/kg	6.93	6.57	6.45	6.94	6.75	6.59

<sup>a</sup> Supplied per kilogram of diet : vitamin A, 1.2 ppm; vitamin D3, 0.24 ppm; vitamin E, 1.5 g; vitamin K3, 0.25 g; thiamine, 0.2 g; riboflavin, 0.5 g; pyridoxine, 0.4 g; cyanocobalamin, 2 g; pantothenic acid, 1.2 g; folic acid, 0.06 g; niacin, 2.4 g; choline, 17.141 g; Fe, 20 g; Cu, 25 g; Mn, 6 g; Zn, 16 g; Co, 0.2 g; I, 0.2 g; Se, 0.02 g.

<sup>b</sup> 78.8 % L-Lysine.

### 3.2 การศึกษาในโคโรเจนเมแทบอลิซึม และปริมาณไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายจากการใช้อาหารสุกร ทดสอบสูตรต่างๆ ทั้ง 3 สูตรต่อระยะของสุกร

#### 3.2.1 สัตว์ทดลอง

สัตว์ทดลองใช้สุกรทั้งหมด 6 ตัว โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มการทดลองย่อยตามระยะการผลิต  
คือ

การทดลองที่ 1 ใช้สุกรลูกผสม (Duroc x Large White x Landrace) เพศผู้ตอนน้ำหนักตัว  
เริ่มต้นเฉลี่ยประมาณ 50 กิโลกรัม จำนวน 3 ตัว โดยสุกรทุกตัวถูกเลี้ยงบนกรงหาคาย่อยได้  
(metabolic cage) เพื่อทำการเก็บมูลและปัสสาวะ

การทดลองที่ 2 ใช้สุกรลูกผสม (Duroc x Large White x Landrace) เพศผู้ตอน น้ำหนักตัว เริ่มต้นเฉลี่ย 65 กิโลกรัม จำนวน 3 ตัว โดยสุกรทุกตัวถูกเลี้ยงบนกรงหาการย่อยได้ (metabolic cage) เพื่อทำการเก็บมูล และปัสสาวะ

### 3.2.2 อาหารทดลอง และการให้อาหาร

อาหารทดลองของสุกรแต่ละระยะๆ ละ 3 สูตรตามที่แสดงในตาราง 11 มีการให้อาหาร และ น้ำดื่มที่ (*ad libitum*) โดยแบ่งอาหารให้วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 06.00 น. และ 18.00 น. (แต่ละครั้งห่างกัน 12 ชั่วโมง)

### 3.2.3 วิธีการทดลอง

ใช้สุกรทดลองจำนวน 3 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 Latin squares (Steel and Torrie, 1980) โดยอาหารที่ใช้มี 3 ระดับ จำนวน 3 ช่วงการทดลอง แต่ละช่วงการทดลองใช้เวลา 5 วัน โดย 3 วันแรกเป็นระยะการปรับตัว (preliminary period) คือ เป็นช่วงที่ปล่อยให้สุกรปรับตัวให้เข้ากับ metabolic cage อาหารและการจับถ่ายอาหารเดิมในทางเดินอาหารออกให้หมด และ 2 วันสุดท้ายเป็นระยะการเก็บข้อมูล (collection period) โดยเก็บข้อมูลปริมาณอาหารที่กินในแต่ละช่วงเวลาให้อาหาร ปริมาณของเสียที่สุกรแต่ละตัวขับถ่ายทุกๆ วัน โดยทำการแยกมูลและปัสสาวะ ออกจากกัน หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะเอาไว้ 20 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักมูล และปัสสาวะที่ขับถ่ายออกมาทั้งหมดตามลำดับ นำตัวอย่างมูลและปัสสาวะไปเก็บไว้ที่ อุณหภูมิ  $-20^{\circ}\text{C}$  ทันที เพื่อยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์และนำไปวิเคราะห์ทางเคมีโดยวิธี Proximate analysis (AOAC., 2000) เพื่อป้องกันการระเหยของแอมโมเนียจากปัสสาวะจะต้องรักษา pH ให้ต่ำกว่า 2 โดยการเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 25 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 50 มิลลิลิตร ลงในขวดเก็บปัสสาวะ ซึ่งการเก็บตัวอย่างกระทำในช่วง 2 วันสุดท้ายของการทดลอง (collection period) วันละ 2 ครั้ง คือในช่วงเวลาก่อนการให้อาหารคือ 5.45 น. และ 17.45 น.

### 3.2.4 การคำนวณหาสมมูลไนโตรเจน

จากปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ และขับถ่ายออกทางมูลในรูปวัตถุแห้ง และปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะที่สุกรขับถ่ายออกมาในแต่ละวันนำมาคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนที่ขับถ่าย และที่ร่างกายกักเก็บไว้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ไนโตรเจนที่ขับถ่ายในน้ำมูล (กรัม/ตัว/วัน)} = N \text{ ในมูล} + N \text{ ในปัสสาวะ}$$

$$\text{ไนโตรเจนที่ขับถ่ายในน้ำมูล (\% ในโตรเจนที่ได้รับ)} = \frac{[N \text{ ในมูล} + N \text{ ในปัสสาวะ}]}{N \text{ ที่กิน}} \times 100$$

$$\text{ไนโตรเจนที่กักเก็บไว้ (กรัม/ตัว/วัน)} = N \text{ ที่กิน} - (N \text{ ในมูล} + N \text{ ในปัสสาวะ})$$

$$\text{ไนโตรเจนที่กักเก็บไว้ (\% ในโตรเจนที่ได้รับ)} = \frac{[N \text{ ที่กิน} - (N \text{ ในมูล} + N \text{ ในปัสสาวะ})]}{N \text{ ที่กิน}} \times 100$$

### 3.2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองที่คำนวณได้โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) จากแผนการทดลองแบบ 3 x 3 Latin squares และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1986)

## 3.3 การศึกษาอัตราการเกิดการเปลี่ยนแปลงของของเสียที่ถูกขับถ่ายของสุกรในทุกระยะที่ได้รับอาหารทุกสูตร

### 3.3.1 สัตว์ทดลอง

สัตว์ทดลองใช้สุกรทั้งหมด 6 ตัว โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มการทดลองย่อยตามระยะการผลิต คือ

*การทดลองที่ 1* ใช้สุกรลูกผสม (Duroc x Large White x Landrace) เพศผู้ตอนน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 30 กิโลกรัม จำนวน 3 ตัว โดยสุกรทุกตัวถูกเลี้ยงบนกรงหาการย่อยได้ (metabolic cage) เพื่อทำการเก็บมูลและปัสสาวะ

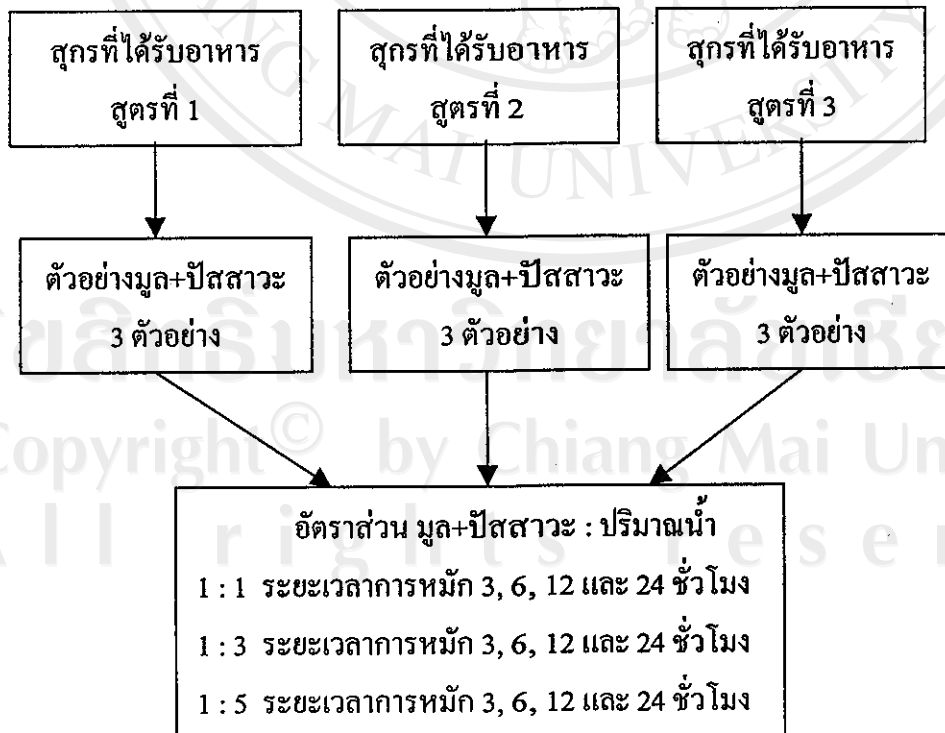
*การทดลองที่ 2* ใช้สุกรลูกผสม (Duroc x Large White x Landrace) เพศผู้ตอน น้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 60 กิโลกรัม จำนวน 3 ตัว โดยสุกรทุกตัวถูกเลี้ยงบนกรงหาการย่อยได้ (metabolic cage) เพื่อทำการเก็บมูล และปัสสาวะ

### 3.3.2 อาหารทดลอง และการให้อาหาร

อาหารทดลองของสุกรแต่ละระยะๆ ละ 3 สูตรตามที่แสดงตาราง 12 มีการให้อาหาร และน้ำเต็มที (ad libitum) โดยแบ่งอาหารให้วันละ 2 ครั้งใน เวลา 06.00 น. และ 18.00 น. (แต่ละครั้งห่างกัน 12 ชั่วโมง)

### 3.3.3 วิธีการทดลอง

ใช้สุกรลูกผสม (Duroc x Large White x Landrace) วางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 x 4 factorial โดยอาหารที่ใช้มีระดับโปรตีน 3 ระดับ ของสุกร 2 ระยะคือระยะรุ่น (30 - 60 กก.) และระยะขุน (60 - 90 กก.) โดยแต่ละระยะใช้สุกรจำนวน 3 ตัว โดยในช่วงวันสุดท้ายหลังจากช่วงระยะการเก็บข้อมูลของการทดลองที่ 1 จะทำการเก็บมูลและปัสสาวะแยกกัน และในการเก็บปัสสาวะไม่ใส่กรดซัลฟิวริกลงในขวดเก็บตัวอย่าง ในแต่ละวันนำมูลและปัสสาวะที่เก็บได้นำมาผสมให้เข้ากัน โดยมีส่วนผสมของมูล ปัสสาวะ และน้ำที่ใช้ในฟาร์ม ซึ่งสัดส่วนของมูลและปัสสาวะที่นำมาผสมกันเป็นสัดส่วนตามที่สุกรขับถ่ายออกมาจริง โดยมีปัจจัยผันแปร คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ และระยะเวลาที่ตกค้างอยู่ก่อนระบายลงบ่อบำบัด จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างที่เวลาต่างๆ คือ 3, 6, 12 และ 24 ชั่วโมง โดยแบ่งการทดลองดังแผนภาพ



### 3.3.4 การวิเคราะห์ทางเคมี

นำตัวอย่างที่เก็บมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบของค่าความสกปรกของของเสียดังนี้

- วิเคราะห์การเกิดแอมโมเนีย
- วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด และด่าง (pH value) โดย pH meter แบบ Electrometric Titrator ที่มีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 0.1 หน่วย
- COD (Chemical Oxygen Demand) โดยวิธี Digestion แบบ Open Reflux หรือ Closed Reflux
- ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solid) โดยวิธี Glass Fiber Filter Disc และ อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 - 105°C
- ไนโตรเจนในรูปที่เคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen) โดยวิธีการ Colorimetric หรือ Ammonia Selective Electrode

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบของค่าความสกปรกของของเสียเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) โดย APHA-AWWA-WPCE (1981) ของสหรัฐอเมริกาที่กำหนดไว้หรือตามวิธีการอื่นที่กรมควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

### 3.3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) จากแผนการทดลองแบบ 3 x 3 x 4 factorial in CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1986)

## 3.4 การศึกษาประสิทธิภาพการผลิต และคุณภาพซากของสุกรที่ได้รับอาหารทดสอบทุกสูตร

### 3.4.1 สัตว์ทดลอง

สัตว์ทดลองแบ่งสุกรทดลองออกเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะรุ่น ใช้สุกรลูกผสม (Duroc x Large White x Landrace) น้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 30 กิโลกรัมจำนวน 24 ตัว เป็นเพศเมีย 12 ตัว และเพศผู้ต่อน 12 ตัวแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 8 ตัว โดยทำการเลี้ยงสุกรในคอกขังเดี่ยว และทำการสุมให้สุกรได้รับอาหารทดสอบ 1 ใน 3 สูตรดังกล่าว ทำการเลี้ยงจนกระทั่งสุกรมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 60 กิโลกรัม

ระยะขุน ใช้สุกรลูกผสม (Duroc x Large White x Landrace) น้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ย 60 กิโลกรัม โดยทำการเลี้ยงต่อจากระยะสุกรรุ่นในชุดเดียวกันให้ได้รับอาหารสูตรเดียวกันของสุกรระยะขุน เลี้ยงจนกระทั่งสุกรมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 90 กิโลกรัม

#### 3.4.2 อาหารทดลอง

อาหารทดลองของสุกรแต่ละระยะๆ ละ 3 สูตรตามที่แสดงในตาราง 12 มีการให้อาหาร และน้ำดื่มที่ (*ad libitum*) โดยแบ่งอาหารให้วันละ 2 ครั้งใน เวลา 06.00 น. และ 18.00 น. (แต่ละครั้งห่างกัน 12 ชั่วโมง)

#### 3.4.3 วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกแบบสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) ทำการบันทึกน้ำหนักตัวสุกรเมื่อเริ่มต้น น้ำหนักทุกๆ สัปดาห์ และน้ำหนักสุดท้ายของสุกรแต่ละตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง รวมทั้งปริมาณอาหารที่สุกรกินแต่ละวัน เพื่อคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ปริมาณอาหารที่ใช้ และต้นทุนการผลิต นอกจากนี้เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการวัดความหนาของไขมันสันหลัง (back fat) ที่จุด P2 และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (Whittemore, 1993)

#### 3.4.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

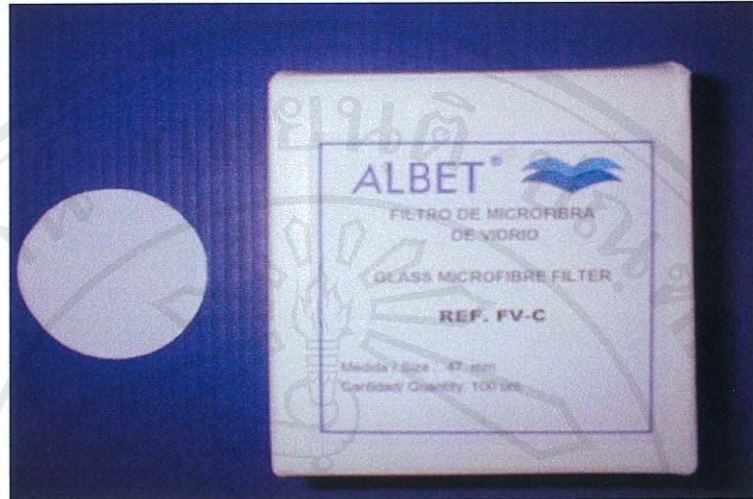
วิเคราะห์ผลการทดลองโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) จากแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกแบบสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1986)

#### 3.5 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

- ฟาร์มสุกร ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

#### 3.6 ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย

ประมาณ 12 เดือน



ภาพ 8 กระดาษกรอง GF/C (glass fiber filter) เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 mm.  
สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณสารแขวนลอย

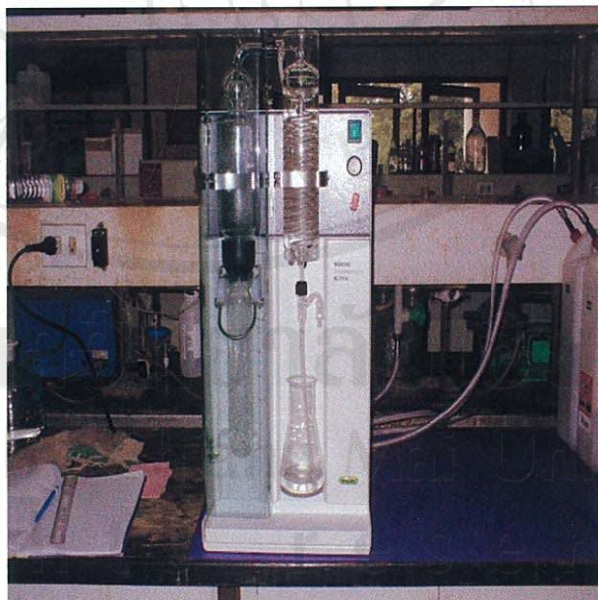


ภาพ 9 การวิเคราะห์หาปริมาณสารแขวนลอย

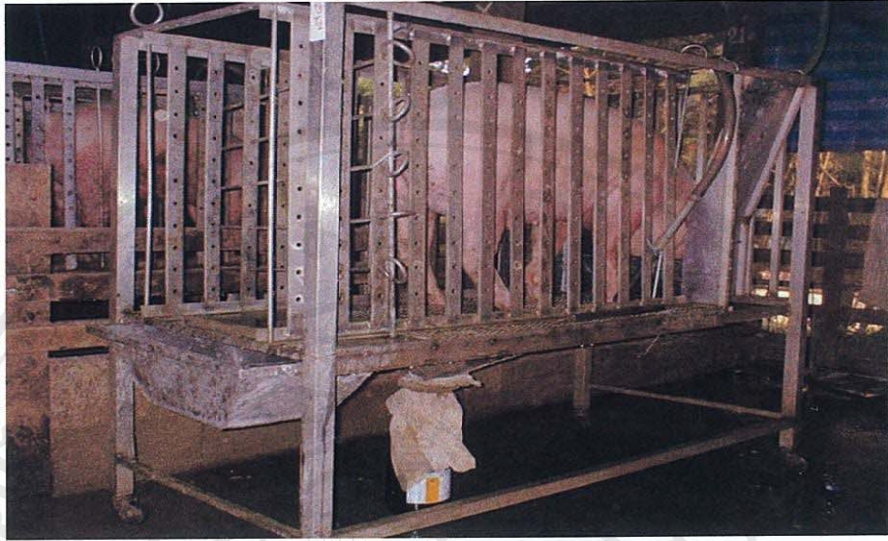




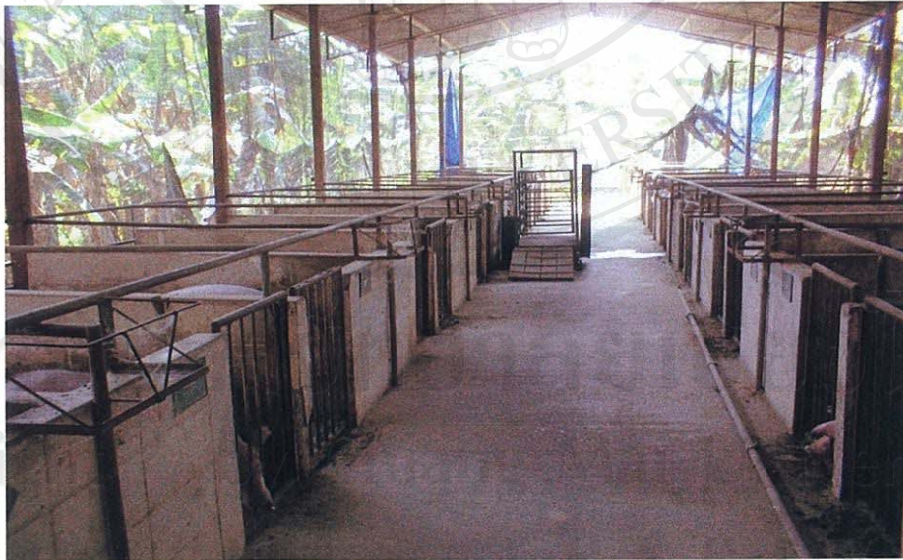
ภาพ 10 การวิเคราะห์หาค่าซีไอดี



ภาพ 11 การหาปริมาณแอมโมเนียด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ



ภาพ 12 การเลี้ยงบนกรงหาการย่อยได้ (metabolic cage) เพื่อทำการเก็บ  
มูลและปัสสาวะ



ภาพ 13 การเลี้ยงสุกรในคอกขังเดี่ยว เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพในการผลิต  
ของสุกร