ผลของการใช้ใบปอสาหมักแห้งในอาหารต่อการย่อยได้ของโภชนะ สมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของสุกร

Manichan Phetthavong

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2562

ผลของการใช้ใบปอสาหมักแห้งในอาหารต่อการย่อยได้ของโภชนะ สมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของสุกร

Manichan Phetthavong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลของการใช้ใบปอสาหมักแห้งในอาหารต่อการย่อยได้ของโภชนะ สมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของสุกร

Manichan Phetthavong

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(อาจารย์ ดร.มงคล ยะไชย)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.จำรูญ มณีวรรณ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.จุฬากร ปานะถึก)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัวเรียม มณีวรรณ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง ผลของการใช้ใบปอสาหมักแห้งในอาหารต่อการย่อยได้ของโภชนะ สมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของสุกร
ชื่อผู้เขียน Mrs.Manichan Phetthavong
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ ดร.มงคล ยะไชย

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ใบปอสาหมักแห้งในอาหารต่อการย่อยได้ สมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของสุกรครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร โดยการวางแผนการทดลองแบบ 4x4 ลาตินสแควร์ (4x4 Latin square) โดยใช้สุกรเพศผู้ตอน ลูกผสม 3 สายพันธุ์ (ดูรอค x ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 35 กิโลกรัมต่อตัว จำนวน 4 ตัว นำไปขังเดี่ยวในกรงเพื่อหาค่าการย่อยได้ ให้สุกรทุกตัวได้รับอาหาร 4 สูตร ดังนี้ อาหารผสมใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % (T1, T2, T3 และ T4 ตามลำดับ) พบว่าการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรในระดับที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ($P>0.05$) แต่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน ไขมัน และพลังงานย่อยได้ในกลุ่มที่ใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 และ 9 % ($P<0.05$) เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใย เถ้า และค่าชีวภาพปรากฏ กลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ใบปอสาหมักแห้งทุกระดับ ($P<0.05$) เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตกลุ่มควบคุม และกลุ่มใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % มีค่าสูงกว่ากลุ่มใช้ใบปอสาที่ระดับ 6 และ9 % ($P<0.05$) เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของชีวภาพปรากฏ กลุ่มที่ใช้ใบปอสาหมักแห้งระดับ 9 % มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และ กลุ่มที่ใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 และ 6 % มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของสุกรขุน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Completely Block Design, RCBD) ประกอบด้วย 4 กลุ่มการทดลอง แต่ละกลุ่มการทดลองมี 5 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ตัว (คละเพศ) น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 20 กิโลกรัมต่อตัว รวมทั้งหมด 40 ตัว โดยใช้อาหารทดลอง 4 สูตร เหมือนกันกับการทดลองที่ 1 พบว่าตลอดระยะเวลาการทดลองสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซากคุณภาพเนื้อ และต้นทุนค่าอาหารที่ใช้ต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท) ในทุกกลุ่มการทดลอง

ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่าการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารระดับที่ต่างกันทำให้น้ำหนักซากอุ่น และน้ำหนักซากเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมินัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่มที่ใช้ใบปอสาในสูตรอาหารระดับ 9 % มีค่าลดลง

จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 และ 6 % เป็นระดับที่เหมาะสมต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และลักษณะซากของสุกร แต่การที่ใช้ใบปอสาระดับ 9 % จะทำให้สรรถภาพการเจริญเติบโตมีค่าลดลงเล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ : สุกร, ใบปอสาหมักแห้ง, ประสิทธิภาพการย่อยได้, สมรรถภาพการเจริญเติบโต, คุณะภาพซาก

Title EFFECTS OF DRIED PAPER MULBERRY LEAF SILAGE SUPPLEMENTATION ON NUTRIENT DIGETIBILITIES, GROWTH PERFORMANCE AND CARCASS QUALITY ON PIGS

Author Mrs. Manichan Phetthavong

Degree Master of Science in Animal Science

Advisory Committee Chairperson Dr. Mongkol Yachai

ABSTRACT

This study of fermented dried paper mulberry leaves in feed on growth performance, nutritive digestibility and carcass quality of fattening pigs. Divided into 2 experiments.

Experiment 1. Study on nutritive digestibility in feed experiment was designed on 4x4 Latin square using hybrid male pig (Duroc x Large white x Landrace) the average weight 35 kg per pig, one pig per cage, total 4 pigs. Feed diet to all pig by 4 formation of feed: feed mixed with fermented dried paper mulberry leaf silage (PMLS) on 0, 3, 6 and 9 % (T1, T2, T3 and T4). It found that the use (PLMS) at different levels had not any effect on the percentage of DM digestibility ($P>0.05$) but effect on CP, EE and DE digestibility with T3 group (3 %) was higher than control, 6 % and 9% group ($P<0.05$). The digestibility of CF, Ash and ABV was higher than every (PMLS) groups ($P<0.05$) NFE digestibility found that control and 3% group was higher than 6 and 9 % ($P<0.05$). ABV digestibility with 9% being lower than control, 3 and 6% ($P<0.05$).

Experiment 2. Study on growth performance and carcass quality of fattening pig was divided to Randomized Complete Block Design (RCBD) included 4 treatments, 5 replication per each group and 2 pig per replication (male and female) the average starting weight 20 kg total number 40 pigs. Using the same feed formula as experiment 1 all of experiment found that growth performance, carcass

characteristics, meat quality and feed cost per gain 1 kg (THB) all the experiment group not significant (P>0.05). It was found that using (PMLS) dietary with different percentage had an effect on warm carcass and cool carcass weight (P<0.05) especially using (PMLS) 9 % the weight reduced.

From this study it can be concluded that the use of PMLS with 3 and 6 % are appropriate to growth performance and carcass characteristic of pig, but the use (PMLS) at 9 % reduced growth performance slightly.

Keywords : Fattening pig, Dried paper mulberry leaf silage, Digestibility, Growth performance, Carcass quality

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเป็นรูปเล่มสมบูรณ์ได้ด้วยการให้คำแนะนำ การให้คำปรึกษา และการช่วยเหลือจากคณาจารย์ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ ดร.มงคล ยะไชย อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ท่านอาจารย์ ดร.จำรูญ มณีวรรณ และท่านอาจารย์ ดร.จุฬากร ปานะถึก ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัย การวางแผนการทดลอง แนวทางในการดำเนินงานวิจัย แนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานทดลอง ตลอดจนกระทั้งการตรวจสอบ และการแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณอาจารย์ บุคลากร เจ้าหน้าที่ทุกๆ ท่านในสาขาอาหารสัตว์ และสาขาสุกร ของคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดลอง และการแนะนำเรื่องการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการดำเนินงานวิจัยของข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณกรมความร่วมมือระหว่างประเทศ (Thailand International Cooperation Agency, TICA) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและทุนการวิจัยตลอดระยะเวลาการศึกษาของข้าพเจ้า ให้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนทุนส่วนหนึ่งในการดำเนินงานวิจัยให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่คอยให้คำชี้แนะในเรื่องหลักสูตรการเรียนต่างๆ อีกทั้งขอขอบพระคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ นักศึกษาสาขาสัตวศาสตร์ ทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงาน และในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี

นอกจากนั้นข้าพเจ้าขอขอบพระคุณวิทยาลัยเทคนิคกสิกรรมดงคำช้าง และครอบครัวของข้าพเจ้าเป็นอย่างสูงที่คอยเป็นกำลังใจพร้อมทั้งสนับสนุนค่าใช่จ่ายตลอดระยะเวลาการศึกษาในที่นี้ด้วย

Manichan Phetthavong

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

ขอบเขตการวิจัย 2

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 3

ปอสา 3

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 4

สายพันธุ์ 4

แหล่งและฤดูกาลเก็บเกี่ยวปอสา 5

การใช้ประโยชน์ของปอสา 5

องค์ประกอบทางเคมีใบปอสา 6

การใช้ประโยชน์ของใบปอสาเป็นอาหารสัตว์ 8

การเจริญเติบโตของสุกร 10

1. กระบวนการสร้างกระดูก 10

2. กระบวนการสร้างกล้ามเนื้อและการสร้างโปรตีนในร่างกาย 10
3. กระบวนการสร้างไขมัน 11
คุณภาพซาก (Carcass quality) 14
1. ปัจจัยทางด้านการผลิตสัตว์จากฟาร์ม 14
2. ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก 16
คุณภาพเนื้อ (meat quality 17
1. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 18
2. สีของเนื้อ (color) 19
3. ความนุ่มของเนื้อ (Tenderness) 20
4. ความชุ่มน้ำของเนื้อ (Juiciness) 21
6. กลิ่นและรสของเนื้อ (flavor) 21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง 23
สถานที่ทำการวิจัย 23
ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 23
วัสดุและอุปกรณ์ดำเนินงานวิจัย 23
สัตว์ทดลองและคอกทดลอง 24
วิธีการวิจัย 24
1. การเตรียมอาหารทดลอง 24
2. แผนการทดลอง 25
1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของใบปอสาหมักแห้ง 29
2. การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต 29
3. การวิเคราะห์การย่อยได้ของโภชนะ 29
4. การศึกษาคุณภาพซาก 30
5. การศึกษาคุณภาพเนื้อ 32

6. การวิเคราะห์ข้อมูล 34
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 35
ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนะในใบปอสาหมักแห้ง 35
ผลการทดลองที่ 1 ค่าการย่อยได้ของโภชนะ 36
ผลการทดลองที่ 2 สมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก 39
1. สุกรระยะเล็ก (20-30 กิโลกรัม) 39
2. สุกรระยะรุ่น (30-60 กิโลกรัม) 40
4. ตลอดระยะการทดลอง 40
ลักษณะซาก 43
1. ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อ 47
2. ค่าสีของเนื้อ 48
3. ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ 52
4. ค่าการเกิดออกซิเดชันของเนื้อสันนอก (TBARS) 53
5. ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear force) 54
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 56
สรุปผลการทดลอง 56
ข้อเสนอแนะ 57
บรรณานุกรม 58
ภาคผนวก 62
ภาคผนวก การวิเคราะห์องค์ประกอบของโภชนะด้วยวิธี Proximate analysis 63
ประวัติผู้วิจัย 72

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลของฤดูกาลต่อองค์ประกอบทางเคมีของใบปอสา 7

ตารางที่ 2 อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวต่อวันและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของสุกรที่ระดับอายุต่างกัน 12

ตารางที่ 3 อายุ น้ำหนักมีชีวิต เมื่อถูกส่งโรงฆ่า และน้ำหนักซากของสุกร 16

ตารางที่ 4 ชิ้นส่วนต่างๆ ของซากสุกร โค และลูกโค (จากเปอร์เซ็นต์ซาก) 17

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองช่วงน้ำหนัก 20-30 กิโลกรัม จากการวิเคราะห์ (% วัตถุแห้ง) 26

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองช่วงน้ำหนัก 30-60 กิโลกรัม จากการวิเคราะห์ (% วัตถุแห้ง) 27

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองช่วงน้ำหนัก 60-100 กิโลกรัม จากการวิเคราะห์ (% วัตถุแห้ง) 28

ตารางที่ 8 คุณค่าทางอาหารของใบปอสาหมักแห้งที่ได้จากการวิเคราะห์ 36

ตารางที่ 9 ผลการศึกษาความสามารถในการย่อยได้โภชนะของสูตรอาหาร 39

ตารางที่ 10 ผลของระดับใบปอสาหมักแห้งต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร 42

ตารางที่ 11 ผลของระดับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรต่อลักษณะซากของสุกรขุน 46

ตารางที่ 12 ผลของระดับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรต่อค่าสี และ pH ของเนื้อ 51

ตารางที่ 13 ผลของระดับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรต่อคุณภาพเนื้อของสุกรขุน 55

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ลักษณะใบปอสาชนิดใบแฉก 3

ภาพที่ 2 แสดงการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหลังฆ่าของสุกรแบบปกติ และซากสุกรที่เกิดลักษณะ DFD และ PSE 19

ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกร 20

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

การเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบันประสบปัญหาเรื่องต้นทุนค่าอาหารสัตว์ที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบที่ให้โปรตีนและพลังงานสูงซึ่งมีราคาแพง เช่น ปลาป่น เนื้อป่น และกากถั่วเหลือง ที่เป็นแหล่งวัตถุดิบหลัก การที่วัตถุดิบดังกล่าวมีต้นทุนสูงทำให้ไม่สามารถเพิ่มผลกำไรในการเลี้ยงสัตว์ให้สูงขึ้นได้ ดังนั้น แหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ที่หาได้ง่าย และมีราคาถูก จึงเป็นวิธีการที่ช่วยเพิ่มผลกำไรให้แก่ผู้ประกอบการ นอกจากปัจจัยดังกล่าวแล้ว การนำสารเคมีมาใช้ในการผสมอาหาร เพื่อการป้องกันโรคและเร่งการเจริญเติบโต ได้แก่ สารปฏิชีวนะต่างๆ ซึ่งสารเคมีเหล่านี้ หากไม่รู้วิธีและขนาดในการใช้แล้วอาจจะเกิดผลเสียต่อตัวสัตว์และผู้บริโภคได้ อาจเกิดการตกค้างของสารเคมีในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์ ที่จะส่งผลถึงความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะหาสิ่งที่จะนำมาทดแทนสารปฏิชีวนะเพื่อป้องกันสารตกค้างในเนื้อสัตว์ ปัจจุบันได้มีการใช้พืชที่มีสรรพคุณทางยามาใช้ในอาหารสัตว์เพื่อทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะและสารเคมีอื่นๆ แต่การใช้พืชดังกล่าวนั้น นอกจากจะต้องพิจารณาถึงสรรพคุณและฤทธิ์ทางเภสัชแล้วควรคำนึงถึงวิธีการนำมาใช้ ปริมาณของสมุนไพรที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นและมูลค่าของพืชที่ใช้อีกด้วย

ปอสา (*Broussonetia papyrifera*) จัดอยู่ในวง Moraceae เช่นเดียว กับหม่อน พบได้ทั่วไป เช่น ไทย จีน ลาว ญี่ปุ่น เกาหลี อินเดีย เป็นต้น เป็นพืชเส้นใยที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง เนื่องจากเส้นใยมีความเหนียวทนทานต่อการฉีกขาด และ เก็บรักษาไว้ได้นาน จึงนิยมนำเปลือกปอสามาผลิตกระดาษสาที่มีคุณภาพสูง ใบปอสายังมีสรรพคุณทางยาซึ่งใช้รักษาโรค เช่น ขับปัสสาวะ แก้พิษแมลงกัดต่อย และรักษาโรคกลากเกลื้อน เปลือกและรากของปอสา มีสาร Kazinol A, Kazinol E, Kazinol F และสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถใช้เป็นยาที่ช่วยกำจัดพยาธิในลำไส้ได้ดี โดยเฉพาะพยาธิตัวตืด และยังช่วยรักษาโรคที่เกี่ยวกับกระเพาะลำไส้ รวมทั้งอาการอาหารไม่ย่อย ทั้งยังช่วยรักษาภาวะความดันโลหิตสูงได้ ยุพา (2545) รายงานว่า ในใบปอสาประกอบสารไปด้วยแซนโธฟีลล์ 488.5 ppm Viengsakoun. (2011) รายงานว่าในใบปอสามีวัตถุแห้ง (Dry mater) 28.51 %, เถ้า (Ash) 15.15 %, อินทรีย์วัตถุ (Organic mater) 84.85 %, โปรตีน (Crude protein) 22.58 % เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารซักฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) 32.19 %, เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารซักฟอกที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) 23.07 % และปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrient TDN) 76.22 % ในรูปของวัตถุแห้ง ซึ่งเหมาะแก่การนำมา

เป็นส่วนประกอบในอาหารสุกร จากข้อมูลดังกล่าวจึงชี้ให้เห็นว่า ใบปอสาเป็นวัตถุดิบทางเลือกในการนำมาผลิตอาหารสุกร เนื่องจาก หาได้ง่าย มีราคาถูก และสามารถใช้ในรูปแบบสด แห้ง และหมักได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบปอสาที่หมักด้วยจุลินทรีย์
2. เพื่อศึกษาค่าการย่อยได้ของโภชนะของใบปอสาหมักในสุกร
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้ใบปอสาหมักแห้งในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของสุกร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. แนวทางการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของใบปอสาที่หมักด้วยจุลินทรีย์
2. ระดับใบปอสาหมักแห้งที่เหมาะสมในการใช้ในอาหารสุกร
3. ข้อมูลลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีการใช้ใบปอสาหมักแห้งเป็นองค์ประกอบ
4. แนวทางการประยุกต์ใช้วัตถุดิบท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อลดต้นทุนในการผลิตสุกร
5. แนวทางการประยุกต์ใช้ใบปอสาในอาหารสุกร และการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากการวิจัยให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรต่อไป

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบปอสาหมักแห้ง
2. ศึกษาถึงผลของการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารต่อการย่อยได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร
3. ศึกษาถึงผลของการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารต่อลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของสุกร

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

ปอสา

ปอสา (Paper mulberry) เป็นพืชอยู่ในสกุลของ *Broussonetia papyrifera* จัดอยู่ในวง Moraceae เช่นเดียวกับหม่อน สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2560) รายงานว่าปอสาเป็นพืชเส้นใยชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูลเดียวกับหม่อนและขนุน มีชื่อเรียกกันหลายชื่อตามถิ่นที่พบ เช่น ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า ปอกะสา ภาคตะวันตกเรียก หมอพี ภาคใต้เรียก ปอฝ้าย เป็นต้น เส้นใยปอสานั้นได้จากส่วนที่เป็นเปลือกของลำต้น ใช้เป็นวัตถุดิบคุณภาพดีในการผลิตกระดาษชนิดต่างๆ กระดาษที่ได้จากเปลือกปอสามีคุณสมบัติคือทนทาน ไม่กรอบหรือเปื่อยยุ่ย เก็บรักษาได้นานกว่าร้อยปี ปัจจุบันการใช้ปอสาส่วนใหญ่เป็นการผลิตด้วยมือ เพื่อนำมาทำเป็นกระดาษ ทำร่ม ดอกไม้ประดิษฐ์ โคมไฟ พัด ว่าว บัตรอวยพรต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณเป็นพืชสมุนไพรที่ใช้ในการรักษาโรคต่างๆ เช่น ใบใช้ในการขับปัสสาวะ แก้พิษ แมลงกัดต่อย กลากเกลื้อน ผลสุกใช้ในการบำรุงไต แก้อ่อนเพลีย เปลือกลำต้นใช้ห้ามเลือด ราก แก้ไอ อาเจียน น้ำยางจากลำต้นใช้แก้ อาการบวมน้ำ

ภาพที่ 1 ลักษณะใบปอสาชนิดใบแฉก

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ยุพา (2545) รายงานว่าปอสาเป็นพืชยืนต้นขนาดกลางมีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศจีนคาบสมุทรเกาหลี และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยส่วนใหญ่พบขึ้นเองตามธรรมชาติ เจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินร่วนซุย มีความชื้นสูง โดยเฉพาะบริเวณใกล้แหล่งน้ำ ริมลำธาร ตามซอกเขาพบอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย พบมากในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันตก โดยลักษณะทางพฤกศาสตร์ของปอสาดังนี้

ลำต้น: มีลักษณะกลม เปลือกลำต้นเรียบ สีน้ำตาลเข้ม หรือมีลายดำ น้ำตาลดำแกมม่วง หรือสีอื่นๆ แล้วแต่พันธุ์ เมื่อตัดต้น หรือกิ่ง พบว่าระหว่างเปลือกกับแกนของลำต้นจะมีน้ำยางสีขาวข้นไหลออกมา

ใบ: เป็นใบเดี่ยวมี 2 ลักษณะ คือชนิดใบมนรูปร่างคล้ายรูปหัวใจ และชนิดใบแฉกมี 3-5 แฉก บางต้นจะมีใบทั้งสองชนิดบนต้นเดียวกัน ใบมีขนอ่อนปกคลุม ขอบใบหยักคล้ายฟันเลื่อย ปลายใบแหลม หลังใบมีสีเขียวอ่อนอมขาว สะท้อนแสง มีความกว้าง 6-12 เซนติเมตร ยาว 7-20 เซนติเมตร ก้านใบยาวประมาณ 3-10 เซนติเมตร

ดอก: มี 2 ชนิดคือ ดอกตัวเมียและดอกตัวผู้ อยู่แยกออกจากกันคนละต้น ช่อดอกตัวเมียเจริญเติบโตเต็มที่มีลักษณะกลมเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 เซนติเมตร ประกอบด้วย กลุ่มดอกค่อนข้างแน่น ดอกอ่อนมีสีเขียว ดอกเกสรตัวเมียมีลักษณะยาว 1-3 เซนติเมตร อยู่โดยรอบ เมื่อดอกแก่ได้รับการผสมแล้ว แต่ละดอกจะเจริญไปเป็นผล มีลักษณะเป็นท่อเล็กๆ สีแดงอมส้ม อ่อนนุ่มภายในมีเมือกชื้น โดยมีส่วนของเมล็ดติดอยู่ด้านปลายผล ซึ่งนกและกระรอกชอบกินเป็นอาหาร สำหรับช่อดอกตัวผู้มีลักษณะยาวประมาณ 2-15 เซนติเมตร สีน้ำตาลอ่อน ดอกย่อยมีกลีบดอก 4 กลีบ มีเกสรผู้ 4 อัน ปอสาจะออกดอกครั้งแรกเมื่อต้นอายุประมาณ 1 ปี ช่วงเวลาออกดอกไม่มีกำหนดเวลาแน่นอน ทยอยออกตลอดปี ช่วงที่พบออกดอกมากมี 2 ช่วง คือ ช่วงแรกระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม และช่วงที่ 2 ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และสิ่งแวดล้อม

เมล็ด: มีสีน้ำตาลแดง มีขนาดเล็ก (น้ำหนัก 1 กรัม มีประมาณ 500 เมล็ด) ช่วงเวลาการเก็บเมล็ดระหว่างเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน จะได้เมล็ดสมบูรณ์มากกว่าช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม

ราก: ปอสามีระบบรากแก้วไม่ลึกแต่มีการแตกราก แพร่กระจายออกโดยรอบ

สายพันธุ์

บุญวงศ์ (2545) รายงานว่าปอสาพันธุ์พื้นเมืองของไทยลำต้นมีลักษณะกลม สีน้ำตาลคล้ำ เมื่ออายุมากขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีดำคล้ายสีน้ำตาล เมื่อตัดต้นหรือกิ่งจะมีน้ำยางสีขาวข้นไหลออกมา

ระหว่างเปลือกกับแกน ปอสามีอยู่ 2 ชนิดคือ ชนิดใบหยักมี 3-4 แฉก (Palmately leaf) และใบมน (Single leaf) โดยปกติแล้วใบทั้งสองชนิดนี้จะแยกกันอยู่ (คละต้น) แต่ก็มีบางต้นที่พบว่ามีใบทั้งสองลักษณะอยู่ต้นเดียวกัน (จากการสังเกตุพบว่าใบปอสาที่มีอายุมากขึ้นจะมีใบมนมากกว่าใบหยัก) ในประเทศไทยมีการตรวจพบปอสาที่ปลูกอยู่ตามภาคต่างๆ รวมทั้งหมด 4 ชนิดด้วยกันคือ *B. payrifera* (ปอสาไทย) *B. Kuzi* (สะแล) *B. kazinoki* และ *B. kaemferi* (ปอสาญี่ปุ่น) เริ่มมีการทดลองนำมาปลูกในประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ.2522 โดยบริษัทสยามเจแปน จำกัด ปอสาญี่ปุ่น (*Broussonetia kazinoki Sieb*) โดยทั่วไปปอสามี 9 สายพันธุ์ คือ *Broussonetia papyrifera*, *B. kazinoki, B. kurzii, B. kaempferi, B. corolata, B. rupicolata, B. integrifolia, B. integrifolis* และ *B. luconiensis* ปอสาญี่ปุ่นบางทีเรียกว่า Kozo คุณภาพเส้นใยที่ได้ภายหลังการทำเป็นเยื่อกระดาษดีกว่าปอสาไทย โดยมีอายุการให้ผลิตประมาณ 10-15 ปี เมื่ออายุ 5-7 ปี ให้ผลิตสูงสุด

แหล่งและฤดูกาลเก็บเกี่ยวปอสา

บุญวงศ์ (2545) รายงานว่าปอสาเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จึงสามารถตัดครั้งแรกได้หลังจากที่ปลูกได้ระยะเวลา 6-12 เดือน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและความสมบูรณ์ของดิน และการตัดครั้งต่อไปปีละ 2 ครั้ง ขึ้นกับสภาพพื้นที่ของดิน ความชุ่มชื้นเพียงพอ การเก็บเกี่ยวทำได้ 2 รูปแบบคือ

1. การเก็บเกี่ยวแบบทั้งต้น โดยตัดต้นปอสาที่อายุ 6-12 เดือน ส่วนใหญ่ต้นปอสาจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-5 เซนติเมตร ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำเปลือกไปใช้เป็นวัตถุดิบในการทำกระดาษ ตัดให้สูงจากพื้นดินประมาณ 5-10 หรือ 20-50 เซนติเมตร หลังจากนั้นปล่อยให้ต้นตอแตกกิ่งใหม่

2. การเก็บเกี่ยวเฉพาะกิ่ง การตัดจะเลือกตัดเฉพาะกิ่งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-5 เซนติเมตร สำหรับปอสาที่ต้องการปลูกขยายพันธุ์โดยการใช้เมล็ด สามารถทำได้โดยการตัดกิ่งเพียงเล็กน้อยแล้วนำไปใช้ประโยชน์ ส่วนที่เหลือไว้เป็นกิ่งพันธุ์ที่สมบูรณ์เพื่อการขยายเมล็ด

สมศักดิ์ (2557) รายงานว่าปอสาส่วนใหญ่เก็บเกี่ยวจากต้นที่ขึ้นเองตามธรรมชาติในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปอสาจะถูกตัดเพื่อนำเอาเปลือกมาทำเป็นกระดาษสามากในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤศจิกายน และมีบางส่วนอาจตัดในช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ ดังนั้นจึงมีผลผลิตใบเพื่อมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ตลอดปี

การใช้ประโยชน์ของปอสา

ฤดี (2545) รายงานว่า ปอสาเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ได้จากทุกส่วน ดังนี้

1. เปลือก ใช้ทำกระดาษสา ทอผ้า เส้นใย ใช้ในงานศิลปะต่างๆ เส้นใยจากเปลือกสาใช้ทำผ้าตาปลา ซึ่งกระดาษจากสาทนทานไม่กรอบ และไม่เปื่อยยุ่ยง่าย สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน โดยกระดาษสา สามารถนำมาทำเป็นสิ่งประดิษฐ์ และของใช้ได้มากมาย เช่น กระดาษห่อของขวัญ กระดาษห่อของกันแตก กล่าวคือ ว่าว พัด ดอกไม้ โคมไฟ ตุ๊กตา ของชำร่วย บัตรอวยพรต่างๆ เป็นต้น ทางภาคเหนือจะใช้เส้นใยจากเปลือกลำต้นมาทำเป็นร่มกันฝน กันแดดได้

2. แกนของลำต้นที่เหลือจากการลอกเปลือกออกไปแล้วยังสามารถนำมาใช้เป็นเยื่อกระดาษใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรม การผลิตกระดาษ ซึ่งจะมีเยื่อกระดาษอยู่ระดับสูงประมาณร้อยละ 50 – 70 ในการผลิตเยื่อโซดา

3. ใบหรือยอดอ่อนนำมาหั่นหยาบๆ ใช้เป็นอาหารสุกร โดยต้มผสมกับรำหรือใช้เป็นอาหารเลี้ยงไก่ วัว และ ปลา

4. ผลดิบ หรือสุกใช้เป็นอาหารนกและกระรอก น้ำมันจากเมล็ดใช้สำหรับทำสบู่

5. ผลของปอสามีวิตามินบีและมีน้ำมันประมาณ 31.7% และในน้ำมันยังพบสาร Saponin อีกด้วย นอกจากนี้ ยังพบสาร Oleic acid, Linoleci acid, Fructose ส่วนใบและเปลือกของปอสาพบสาร Flavonoid Glycoside, Phenols Carboxylicaid และ Tannin นอกจากนั้น Marcus et al. (2012) รายงานว่าเปลือกและรากของปอสายังมีสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถนำมาเป็นยารักษาโรคได้ดี

องค์ประกอบทางเคมีใบปอสา

องค์ประกอบทางเคมีของใบปอสาแตกต่างกันขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น สายพันธุ์ ฤดูกาลเก็บ, ระยะการเก็บ เป็นต้น

กรมปศุสัตว์ (2547) รายงานว่าใบปอสามีปริมาณวัตถุแห้ง 24.71% โปรตีนรวม 21.92 %DM ไขมัน 2.86 %DM เยื่อใยรวม 9.91 %DM เถ้า 14.04 %DM คาร์โบไฮเดรต 51.27 %DM แคลเซียม 2.97 %DM ฟอสฟอรัส 0.29 %DM และค่าโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด 63.61 %DM

Viengsakoun. (2011) รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของใบปอสามีวัตถุแห้ง 28.51 % อินทรีย์วัตถุ 84.85 %DM โปรตีนรวม 22.58 %DM เถ้า 15.15 %DM เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber) 32.19 %DM เยื่อใยที่ไม่ละลายในกรด (acid detergent fiber) 23.07 %DM และค่าโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrient) 76.22 %DM

บุณล้อม และคณะ (2550) รายงานว่าใบปอสามีวัตถุแห้งเท่ากับ 21.26 % และมีโภชนะต่างๆ ได้แก่ โปรตีนรวม 24.10 %DM เยื่อใย11.75 %DM ไขมัน 5.87 %DM เถ้า 13.29 %DM คาร์โบไฮเดรต 44.99 %DM และส่วนของใบปอสาหมักร่วมกับรำละเอียด 20 % มีค่าวัตถุแห้งเท่ากับ

36.34 % และมีโภชนะอื่นๆได้แก่ โปรตีนรวม 20.39 %DM เยื่อใย 11.67 %DM ไขมัน 8.05 %DM เถ้า 12.50 %DM และคาร์โบไฮเดรต 47.39 %DM ตามลำดับ

รัชดาวรรณ และคณะ (2556) รายงานว่าใบปอสามีโภชนะต่างๆ ได้แก่ โปรตีนรวม 22 %DM เยื่อใย 11.7 %DM ไขมัน 2.5 %DM เถ้า 16.5%DM คาร์โบไฮเดรต 39.5 %DM แคลเซี่ยม 3.03 %DM และฟอสฟอรัส 0.41 %DM ตามลำดับ ส่วนอาหารหมักประกอบด้วย ใบปอสา 40% + ผลฟักทอง 40 % + รำระเอียด 20 % พบว่ามีโปรตีนรวม 17.9 %DM เยื่อใย 8.0 %DM ไขมัน 10.2 % DM เถ้า 10.8 %DM คาร์โบไฮเดรต 42.8 %DM แคลเซียม 1.25 %DM ฟอสฟอรัส 0.85 %DM และพลังงานรวมเท่ากับ 4,937.89 kcal/g ตามลำดับ

Bingwen et al. (2018) รายงานว่าใบปอสาหมัก 45 วัน มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง 29.04 %DM โปรตีน 15.01 %DM เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง 58.78 %DM เยื่อใยที่ไม่ละลายในกรด 32.15 %DM และเถ้า 6.18 %DM นอกนั้น อำนาจ และคณะ (2543) ศึกษาการหมักใบปอสาหลังจากหมักที่อุณภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน พบว่าใบปอสาหมักมีปริมาณแอมโมเนียไนโตเจน 4 % ลิกโนเซลลูดลสประมาณ 14.4 % และโปรตีน 23 %

Obour et al. (2017) รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของใบปอสาโดยเก็บรวบรวมใน 2 ฤดู คือ (ฤดูฝน) แบ่งเก็บ 2 ครั้ง ระหว่างเดือนเมษายน กรกฎาคม และ กันยายน ตุลาคม อุณหภูมิเฉลี่ย 22 องคาเซลเซียส และ (ฤดูแล้ง) ในเดือนพฤศจิกายนและมีนาคม อุณหภูมิเฉลี่ย 30 องคาเซลเซียส อยู่เขตภาคเหนือของประเทศ Ghana ซึ่งพบว่า ในฤดูแล้ง ใบปอสามีวัตถุแห้ง เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง และคาร์โบไฮเดรต มากกว่า แต่ในฤดูฝนใบปอสามีโปรตีน เยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในกรด และไขมัน มากกว่า (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของฤดูกาลต่อองค์ประกอบทางเคมีของใบปอสา

คุณค่าทางโภชนะ	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
วัตถุแห้ง (%)	36.50[a]	30.01[b]
โปรตีนรวม (%)	20.52[b]	27.17[a]
เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (%)	34.76[a]	32.14[b]
เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (%)	19.86[b]	31.87[a]
ไขมัน (%)	6.07[b]	6.45[a]
คาร์โบไฮเดรต (%)	25.37[a]	12.16[b]

ที่มา: Obour et al. (2017)

การใช้ประโยชน์ของใบปอสาเป็นอาหารสัตว์

สมศักดิ์ (2557) รายงานว่า ใบปอสามีโปรตีนสูง แต่ก็มีเยื่อใยสูง จึงมีข้อจำกัดในการใช้อีกทั้งใบมีลักษณะสากและมีกลิ่นค่อนข้างเหม็นเขียว ดังนั้น การนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และมีการจัดการก่อนนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ โดยควรนำเอาใบพร้อมก้านอ่อนสีเขียวมาหั่นให้มีขนาด 1-2 นิ้ว นำไปหมักหรือผึ่งแดดให้แห้ง แล้วเก็บไว้ที่แห้ง เมื่อจะนำมาใช้เลี้ยงสัตว์จึงนำมาบดให้ละเอียด เพื่อที่จะสามารถผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่นได้ถึงร้อยละ 15 % ในสูตรอาหารสุกรรุ่น-ขุน สุกรแม่พันธุ์ และแม่สุกรเลี้ยงลูก โดยไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของสุกร กรมปศุสัตว์ (2547) ระบุว่า ใบปอสาสามารถนำมาใช้เลี้ยงสุกรได้ โดยใช้ใบปอสาสดหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ 5 ส่วนผสมกับรำ 3 ส่วน และอาหารสำเร็จรูป 2 ส่วน สามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารสุกรได้โดย องอาจ และคณะ (2544) ได้ศึกษาการเสริมใบปอสาในสูตรอาหารสุกรขุนระดับ 10 % และ 20 % พบว่าการเสริมระดับ 10 % สุกรมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันและอัตราแลกเนื้อไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

องอาจ และคณะ (2550) ได้นำใบกระถิน 40 % ใบปอ 40 % หมักร่วมกับรำ 20 % จากนั้นนำมาตากแห้งแล้วบดผสมในอาหารสุกรในระยะรุ่นถึงขุน โดยทดลองในสุกรลูกผสม (Landrace x Large White) เพศผู้ตอน 24 ตัว น้ำหนักเริ่มต้น 33 ± 0.59 กิโลกรัม แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ให้กลุ่มแรกเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารผสมใบพืชหมักทั้ง 2 ชนิด อย่างระ 3% (รวม 6 %) และกลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารผสมใบพืชหมักทั้ง 2 ชนิด อย่างระ 6 % (รวม 12 %) พบว่าสุกรมีอัตราการเจริญเติบโต (0.85, 0.83, 0.86 กก) อัตราการกินต่อวัน (2.07, 2.04, 2.10 กก) อัตราการเปลี่ยนอาหารมาเป็นน้ำหนัก (2.45, 2.45, 2.43) และมีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่มเท่ากับ (17.46, 16.73, 17.16 บาท/กก.) มีความหนาไขมันสันหลัง (BF10P2) เท่ากับ (0.49, 0.40, 0.39 นิ้ว) มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ซี่โครงซี่ที่ 10 (LA10) เท่ากับ (7.61, 8.36, 8.62 ตารางนิ้ว) ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แสดงว่าสามารถใช้ใบพืชหมักเป็นส่วนผสมในอาหารสุกรได้ดี

บุณล้อม และคณะ (2550) ศึกษาการย่อยได้ของใบกระถินและใบปอสาหมักในสุกร โดยใช้อัตราส่วนใบกระถิน 80% หมักร่วมกับรำละเอียด 20 % และใบปอสา 80 % หมักร่วมกับรำละเอียด 20 % ใช้สุกรลูกผสม 2 สาย (Landrace x Large White) เพศผู้ตอน จำนวน 24 ตัว น้ำหนักเริ่มต้น 33 กิโลกรัม แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ตัว ให้แต่ละกลุ่มได้รับอาหารทดลอง กลุ่มที่ 1) เป็นกลุ่มควบคุม (มีปลายข้าว ข้าวโพด และกากถั่วเหลืองเป็นหลัก) กลุ่มที่ 2) ใบกระถินหมักแห้ง 3% และปอสาหมักแห้ง 3 % กลุ่มที่ 3) กระถินหมักแห้ง 6 % และปอสาหมักแห้ง 6 % พบว่าค่าการย่อยได้ของของโภชนะในใบกระถินหมักมีแนวโน้มต่ำกว่าใบปอสาหมักเล็กน้อย โดยมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (64.08 เทียบกับ 68.70 %) โปรตีน (70.04 เทียบกับ72.25 %) เยื่อใย (44.78 เทียบกับ

53.28 %) ไขมัน (67.41 เทียบกับ 67.41 %) อินทรียวัตถุ (64.88 เทียบกับ 71.63 %) และคาร์โบไฮเดรต (67.43 เทียบกับ 76.59 %) คิดเป็นพลังงานย่อยได้ (DE) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของใบกระถินหมักต่ำกว่าใบปอสามัก (2,692.49 เทียบกับ 2,874.99 kcal DE/kg DM และ 2,578.01 เทียบกับ 2,752.00 kcal ME/kg DM ตามลำดับ)

Ammaly et al. (2011) ศึกษาการใช้ใบมันสำปะหลัง ใบปอสา และใบดอกทานตะวันเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารสุกร สุกรทดลองจำนวน 36 ตัว แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 6 ตัว (เพศผู้ 3 เมีย 3) ให้ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุมกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน 100% กลุ่มที่ 2 ใบมันสำปะหลัง 50 % กลุ่มที่ 3 ใบมันสำปะหลัง 100 % กลุ่มที่ 4 ใบปอสา 50 % กลุ่ม 5 ใบปอสา 100 % กลุ่มที่ 6 ใบดอกทานตะวัน 50 % เป็นแหล่งโปรตีนแทนกากถั่วเหลือง จากการทดลองพบว่าการกินได้ของอาหารในกลุ่มควบคุม และใบมันสำปะหลัง 50 %, 100 % และ ใบปอสา 50 % ทดแทนโปรตีนของกากถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับใบปอสา 100 % และใบดอกทานตะวัน 50 % อัตราการกินได้ลดลง แต่อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ของกลุ่มใบมันสำปะหลัง 50 % และกลุ่มใบปอสา 50 % มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มอื่นๆ แต่อัตราการแลกเนื้อในกลุ่มควบคุม กลุ่มใบมันสำปะหลัง 50 % และใบปอสา 50 % ทดแทนโปรตีนของกากถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มใบมันสำปะหลัง 100 % ใบปอสา 100 % และใบดอกทานตะวัน 50 % เป็นแหล่งโปรตีนแทนกากถั่วเหลือง

รัชดาวรรณ และคณะ (2556) ศึกษาการใช้ฟักทองและใบปอสาหมักเลี้ยงสุกรลูกผสม (พื้นเมือง x เปียแตง) น้ำหนักเฉลี่ย 27 กิโลกรัม จำนวน 14 ตัว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม มี 7 ซ้ำ ให้ได้รับอาหารคือ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (รำระเอียดผสมกับปลายข้าว สัดส่วน 2:1) กลุ่มที่ 2 อาหารกลุ่มควบคุมผสมอาหารหมัก (ผลฟักทอง ใบปอสา และรำละเอียด สัดส่วน 40:40:20) สัดส่วน 2:1 ให้สุกรกินเต็มที่ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 140 วัน พบว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ (124 และ 207 กรัม) ปริมาณอาหารที่กินต่อวันเท่ากับ (1.07 และ 1.62 กิโลกรัม) ประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ (9.17 และ 8.04) พบว่าการใช้ใบปอสาหมักร่วมกับผลฟักทอง และรำระเอียดเพื่อเป็นอาหารของสุกรได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตของสุกร อีกทั้งไม่ส่งผลต่อลักษณะซากสุกร พบว่าน้ำหนักก่อนฆ่าเท่ากับ (47.71 และ 55.45 กิโลกรัม) ความยาวลำตัวเท่ากับ (86.32 และ 91.52 เซนติเมตร) รอบอกเท่ากับ (83.98 และ 86.16 เซนติเมตร) ความสูงเท่ากับ (58.03 และ 59.82 เซนติเมตร) ความหนาไขมันสันหลังเท่ากับ (1.42 และ 1.52 เซนติเมตร) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเท่ากับ (27.24 และ 26.46 ตารางเซนติเมตร)

Yang et al. (2014) ศึกษาผลของใบปอสาต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต การย่อยได้ของโภชนะ และคุณภาพซากของสุกรสามสายพันธุ์ (Duroc x Landrace x Yorkshire) พบว่าการเสริมใบ

ปอสาในอาหารสุกรระดับ 10 % ทำให้ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากมีแนวโน้มลดลง เทียบกับกลุ่มควบคุม และการย่อยได้ของโภชนะ เช่น การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย แคลเซี่ยม และฟอสฟอรัสลดลง แต่ถึงอย่างไรก็ตามการเสริมใบปอสาในอาหารสุกรสามารถปรับปรุงคุณภาพเนื้อ และความหนาของไขมันสันหลังของสุกรได้

Bingwen et al. (2018) รายงานว่าการใช้ใบปอสาหมักในสูตรอาหารโคนมระดับ 10 และ 15 % สามารถช่วยเสริมสร้างการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน เพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และเพิ่มความเข้มข้นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากใบปอสามีสารต้านอนุมูลอิสระและต้านแบคทีเรีย ได้แก่ phenolic, flavonoids และ polyphenolic เป็นส่วนประกอบหลักที่ทำหน้าที่ต้านอนุมูลอิสระ

การเจริญเติบโตของสุกร

การเจริญเติบโตของสุกรมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแง่มุมของการพิจารณา บริษัท แลบอินเตอร์ จำกัด (2551) กล่าวว่าสุกรเป็นสัตว์ที่เจริญเติบโตรวดเร็ว โดยสามาถเพิ่มน้ำหนักได้ถึง 100 เท่าของน้ำหนักตัวในช่วงอายุ 12 เดือนแรก ปริมาณอาหารจำนวนมากจึงจำเป็นสำหรับการพัฒนาการของเนื้อเยื่อ และมีการพัฒนาการที่เปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบหลักดังนี้

1. กระบวนการสร้างกระดูก

กระดูกของสัตว์จะพัฒนาอย่างรวดเร็วในช่วงแรกเกิดแต่จะลดลงเมื่อน้ำหนักพร้อมจำหน่าย ด้วยเหตุนี้สุกรเล็กและสุกรรุ่นจึงต้องการแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารมากกว่าสุกรขุน แม้ว่าอัตราการเสริมสร้างกระดูกจะลดลงเมื่อสุกรเริ่มเข้าสู่ช่วงหลังการเจริญเติบโตแต่โครงสร้างของร่างกายก็ยังคงขยายขึ้น ถึงแม้ว่าเป็นอัตราที่ช้ากว่าเดิมในช่วงหลังการเจริญเติบโต กระดูกจะขยายกว้างออกและหนาขึ้นทำให้แข็งแรงมากขึ้น สุกรขุนจึงสามารถสะสมแคลเซียมและฟอสฟอรัสเข้าสู่กระดูกเพื่อให้เหมาะสมกับการเติบโตของร่างกาย การเพิ่มแร่ธาตุสำหรับบำรุงกระดูกไม่จำเป็นสำหรับสุกรที่ส่งขายตลาด แต่จำเป็นสำหรับสุกรทดแทน เพื่อนำไปใช้และเก็บสำรองไว้สำหรับสืบพันธุ์ การเพิ่มแคล

เซียมและฟอสฟอรัสในอาหารปริมาณ 0.1 % จากระดับที่แนะนำจะช่วยให้แม่พันธุ์ทดแทนมีระดับแร่ธาตุในการสะสมกระดูกที่เหมาะสม

2. กระบวนการสร้างกล้ามเนื้อและการสร้างโปรตีนในร่างกาย

เนื้อเยื่อร่างกายแต่ละส่วนประกอบด้วยโปรตีนหลากหลายชนิด ซึ่งโปรตีนแต่ละชนิดมีสัดส่วนของกรดอะมิโนแตกต่างกัน เนื้อเยื่อสามารถพัฒนาได้ในอัตราที่แตกต่างกันตั้งแต่แรกเกิดจนกระทั่งโตเต็มวัย เช่น อวัยวะภายในร่างกาย ซึ่งมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในสุกรเล็ก แต่ช้าลงเมื่อโตเต็มวัย ในทางกลับกันเนื้อเยื่ออื่นๆ เช่น อวัยวะระบบสืบพันธุ์ จะมีการพัฒนาในช่วงหลังการ

เจริญเติบโต ชัยณรงค์ (2529) กล่าวว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อแต่ละส่วนจะแตกต่างกันตามขนาดของกล้ามเนื้อ ในบริเวณขาหลังและหลังซึ่งมีกล้ามเนื้อมัดใหญ่อยู่ เช่น กล้ามเนื้อสะโพก กล้ามเนื้อสันนอก มีอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงกว่ากล้ามเนื้อส่วนอื่นๆ ความแตกต่างในขนาดโตเต็มที่ของสัตว์ชนิดเดียวกัน อาจกล่าวได้ว่าขนาดของร่างกายสัตว์นั้นไม่ได้ส่งผลโดยตรงกับขนาดเส้นใยของกล้ามเนื้อ ขึ้นอยู่กับอายุสัตว์ ความอุดมสมบูรณ์ของอาหารและการออกกำลังกายตลอดจนเพศของสัตว์อีกด้วย

3. กระบวนการสร้างไขมัน

ไขมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของร่างกายทั้งหมด และยังเป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ เซลล์ไขมันถูกสร้างขึ้นในช่วงแรกของขบวนการพัฒนาของร่างกาย แต่ยังไม่ปรากฏชัด จนกว่าสุกรได้รับอาหารที่มีพลังงานสูง เมื่อสุกรได้รับคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันมากเกินความจำเป็นไขมันก็จะสะสมอยู่ในรูปแบบของไขมันในเซลล์ไขมัน ในขณะที่ได้รับสารอาหารประเภทอื่นมากเกินความจำเป็นก็จะถูกขับออกมา ไขมันที่อยู่บริเวณใต้ผิวหนังหรือสันหลังมักจะใช้กักเก็บเป็นแหล่งพลังงานสำรองและยังใช้สำหรับเป็นฉนวนห่อหุ้มร่างกายตามธรรมชาติของสัตว์ ปริมาณการสะสมไขมันในร่างกายนั้นได้รับอิทธิพลมาจากอาหารและพันธุกรรม การสะสมของไขมันจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงหลังของการเจริญเติบโต ซึ่งตรงข้ามกับช่วงที่มีการสร้างกล้ามเนื้อลดลง ชัยณรงค์ (2529) กล่าวว่าในขณะที่สัตว์เติบโตขึ้นไปเรื่อยๆ เนื้อเยื่อไขมันในร่างกายก็จะเติบโตพัฒนาไปด้วยเหมือนกัน และเนื่องจากเซลล์ไขมันมีอยู่ทั่วร่างกายของสัตว์ ประกอบกับอาหารที่สัตว์กินเข้าไปก็จะใช้เป็นแหล่งพลังงานและโภชนะเพื่อการเจริญเติบโต ตลอดจนการเหลือใช้จากกิจกรรมทั้งสองนี้ จึงมีการสะสมไขมันในร่างกายตลอดเวลา แต่มีการสะสมที่แตกต่างกันเพราะเซลล์ไขมันมักเกิดขึ้นในบริเวณรอบๆ อวัยวะภายในและไต เมื่ออายุสูงขึ้นในขณะที่กินอาหารเพียงพอ ไขมันก็จะไปสะสมมากในระหว่างก้อนกล้ามเนื้อ หรือเรียกว่าไขมันแทรกนั้นเอง

สุทัศน์ (2540) รายงานว่าโดยปกติแล้วการเจริญเติบโตและการพัฒนาของร่างกายสุกรในช่วงแรกจะเป็นการเจริญเติบโตและการพัฒนาของกระดูก (น้ำหนัก 15-30 กิโลกรัม) หลังจากนั้นสุกรจะมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักต่อวันสูงสุดในช่วงอายุ 13 -18 สัปดาห์ หรือน้ำหนักตัว 30 -60 กิโลกรัม ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นสูงที่สุด สำหรับประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรจะสูงในช่วงที่ยังเล็กอยู่ เพราะสุกรมีน้ำหนักต่ำ ปริมาณอาหารที่กินยังไม่มาก แต่อัตราการเพิ่มน้ำหนักมากขึ้น สุกรที่โตแล้วแม้ว่ามีอัตราการเพิ่มน้ำหนักสูงกว่าปริมาณอาหารที่กิน ก็จะเพิ่มตามขนาดของน้ำหนักตัว จึงทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 อัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวต่อวันและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของสุกรที่ระดับอายุต่างกัน

อายุ (สัปดาห์)	น้ำหนัก (กก.)	ADG (กก./วัน)	FCR
0 - 4	1.2 – 6.0	-	-
5 - 8	6.0 – 15.0	0.320	1.70
9 - 12	15.0 – 30.0	0.530	2.10
13 - 18	30.0 - 60.0	0.700	2.60
19 - 25	60.0 – 90.0	0.600	3.50
26– 30	90.0 – 105.0	0.500	4.00
>30	> 105	< 0.500	> 4.00

ที่มา: สุทัศน์ ศิริ (2540)

การย่อยได้ของอาหาร (Digestibility)

การประเมินค่าการย่อยได้ของอาหารเป็นการทดสอบว่าปริมาณโภชนะในวัตถุดิบที่สัตว์กินเข้าไปนั้นจะถูกย่อยและนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายได้มากน้อย ทองเลียน (2551) กล่าวว่าการย่อยได้หมายถึงปริมาณอาหารที่สัตว์ได้ดูดซึมเพื่อนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย อาหารแต่ละชนิดมีการย่อยได้แตกต่างกัน การย่อยได้ของอาหารวัดออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ การที่จะทราบว่าอาหารนั้นๆ มีการย่อยได้เท่าไหร่ ต้องมีการทดลองหาการย่อยได้ซึ่งเรียกว่า Digestion Trial หรือ Metabolism Trial เสียก่อน สาโรช (2547) กล่าวว่าการประเมินคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสามารถทำได้ดังนี้

1. การประเมินโดย feeding trial หรือ growth trial เป็นการทดสอบอาหารสัตว์ที่ต้องการโดยการผสมลงในอาหารเลี้ยงเปรียบเทียบกับวัตถุดิบอาหารสัตว์อ้างอิง (ซึ่งรู้คุณค่าทางโภชนะแล้ว) ผสมอยู่ในอาหารพื้นฐาน (basal feed) ข้อมูลที่ต้องวัดเปรียบเทียบอาจเป็นอัตราการกินอาหาร การเพิ่มน้ำหนัก ประสิทธิภาพการใช้อาหาร การให้ไข่ การให้นม คุณภาพซาก ความหนาของเปลือกไข่ และอื่นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและชนิดของโภชนะในวัตถุดิบที่ต้องการทดสอบ ผลของการทดสอบวิธีนี้บ่งบอกว่าวัตถุดิบนั้นๆ สัตว์ชอบกินมากน้อยเพียงใด สนับสนุนสมรรภาพการเจริญเติบโตได้ดีเพียงใด เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบมาตรฐานที่ใช้อ้างอิง แต่ไม่สามารถให้ข้อมูลบ่งบอกว่า “ทำไม” วัตถุดิบอาหารสัตว์นั้นจึงสนับสนุนการให้ผลผลิตดีกว่า หรือด้อยกว่าอาหารสัตว์อ้างอิง ซึ่งปัจจุบันได้มีวิธีการทำ feeding trial ได้หลายวิธีได้แก่ การเลี้ยงแบบจับคู่ (pair feeding) การเลี้ยงแบบเก็บข้อมูลรายตัว (individual feeding) และอื่นๆ เพื่อลดความผันแปรในการให้ผลตอบสนองของสัตว์

2. การประเมินโดยการทดสอบการย่อยได้ (digestion trial) เป็นการทดสอบปริมาณโภชนะในวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่สนใจว่าถูกย่อยได้ปริมาณมากน้อยเพียงใด โดยหลักการคือ ให้สัตว์กินอาหารในปริมาณที่ทราบแน่นอน แล้ววัดปริมาณโภชนะที่ถ่ายออกมาในมูล ส่วนต่างของโภชนะในอาหารกับในมูลจะบ่งบอกถึงปริมาณโภชนะที่สัตว์ย่อยและดูดซึมได้ ซึ่งอาจแสดงเป็นสัดส่วนหรือสัมประสิทธิ์ของโภชนะที่ย่อยได้ (digestion coefficient) หรือเป็นเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ (% digestibility) การทดสอบการย่อยได้สามารถทำได้หลายวิธีได้แก่

2.1 โดยวิธีการเก็บมูลทั้งหมด (conventional หรือ total collection method) โดยทำการเลี้ยงสัตว์ด้วยอาหารทดลองที่วิเคราะห์หาส่วนประกอบทางโภชนาการแล้วในปริมาณคงที่ และทราบปริมาณแน่นอน ในเวลาที่กำหนด (3-7 วันในสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง) แล้วทำการเก็บและวิเคราะห์หาปริมาณของโภชนะในมูลทั้งหมดที่ถ่ายออกมาในระยะเวลาที่กินอาหารทดลอง ผลต่างระหว่างโภชนะในอาหารที่กินกับโภชนะในมูลเป็นปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าการย่อยได้แบบปรากฏ (% apparent digestibility)

$$= \frac{\text{(ปริมาณโภชนะในอาหารที่สัตว์กิน – ปริมาณโภชนะที่ถ่ายออกมาทางมูล)}}{\text{ปริมาณโภชนะที่สัตว์กิน}} \times 100$$

2.2 การใช้สารชี้บ่งเพื่อทดสอบการย่อย (indicator methods) ในกรณีที่ไม่สามารถเก็บมูลทั้งหมดได้ การทดสอบการย่อยสามารถกระทำได้โดยการใช้ indicator ช่วยก็ได้ หลักการก็คือ เมื่อสัตว์กินอาหารผสม indicator ในระดับความเข้มข้นที่กำหนด หลังการย่อยและดูดซึมโภชนะแล้วความเข้มข้นของ indicator ในมูลจะเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น) เป็นสัดส่วนกับโภชนะที่ถูกย่อยและดูดซึมไปจากอาหาร ดังนั้นการคำนวณการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของโภชนะและ indicator ของอาหารกับมูลก็สามารถบอกโภชนะที่ถูกย่อยและดูดซึมได้ indicator จะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

2.2.1 ไม่เป็นพิษ

2.2.2 เป็นสารที่สัตว์ย่อยและดูดซึมไม่ได้

2.2.3 ไม่มีฤทธิ์หรือมีผลที่ทำให้การทำงานของระบบการย่อยอาหารเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนตัวผ่านระบบทางเดินอาหารอย่างสม่ำเสมอ

2.2.4 ควรวิเคราะห์ได้ง่าย อาจเป็นส่วนประกอบธรรมชาติของอาหารเช่น ลิกนิน แร่ธาตุ หรือเท่าที่ไม่ละลายในกรด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นซิลิก้า เป็นต้น หรืออาจใช้สารเคมีที่เติมเข้าไปได้แก่ chromic oxide, Ferric oxide และอื่นๆ โดยคำนวณจากสมการดังนี้

$$\text{\% การย่อยได้} = 100 - \left(100 \times \frac{\text{\% indicator ในอาหาร}}{\text{\% indicator ในมูล}} \times \frac{\text{\% โภชนะในมูล}}{\text{\% โภชนะในอาหาร}}\right)$$

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการย่อยได้ของอาหารมีดังนี้

1. อายุของสัตว์ส่วนใหญ่จะมีอิทธิพลไม่มากนัก แต่มักจะใช้สัตว์เพศผู้ที่โตเต็มที่แล้ว

2. สุขภาพสัตว์

3. แหล่งของอาหารและส่วนประกอบทางเคมี ซึ่งมีผลต่อชนิดของเยื่อใยและไขมัน จะส่งผลต่อไปยังการย่อยได้

4. ปริมาณอาหารที่กิน สัตว์กินอาหารมากประสิทธิภาพการย่อยจะลดลง

5. อัตราการเคลื่อนที่ของอาหารผ่านระบบทางเดินอาหารหากเร็วเกินไปมีเวลาย่อยน้อยการย่อยได้ไม่สมบูรณ์ และหากช้าเกินไปจะทำให้เกิดการหมักและสูญเสียในรูปของแก๊ส อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของอาหารขึ้นอยู่กับขนาดชิ้นส่วนของอาหารและวิธีการเตรียม

6. การขาดหรือเกินของโภชนะ จะมีผลต่อการดูดซึมและการใช้ประโยชน์ของโภชนะอื่น

7. การย่อยได้ของอาหารผสมไม่จำเป็นต้องเป็นค่าเฉลี่ยของการย่อยได้ของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่นำมาผสมกัน

คุณภาพซาก (Carcass quality)

ซากของสัตว์หมายถึง ร่างกายสัตว์ภายหลังถูกฆ่า ซากจะประกอบด้วยส่วนประกอบของร่างกายที่สำคัญ 3 ส่วนคือ กระดูก กล้ามเนื้อ และ ไขมันในการพิจารณาว่าซากมีคุณภาพดี หรือไม่นั้น จุฑารัตน์ (2538) กล่าวว่าปัจจัยทางด้านการผลิตที่พบมีส่วนสำคัญอย่างมากต่อคุณภาพเนื้อและไขมัน สามารถที่จะแบ่งหัวข้อตามลำดับขั้นของการผลิตเนื้อได้ดังนี้

1. ปัจจัยทางด้านการผลิตสัตว์จากฟาร์ม

1.1 สายพันธุ์

สุกรประเภทเบคอน (Bacon Type) จะมีคุณภาพของซากดีกว่าประเภทพันธุ์เนื้อ (Meat type) ได้แก่

1.1.1 สุกรพันธุ์แลนด์เรซ โดยเฉพาะแดนิซแลนด์เรซ หรือแลนด์เรซทางยุโรป จะให้คุณภาพที่มีความยาวที่สุด และลึก (ซี่โครง 17 คู่) คุณภาพซากดี มีเนื้อแดงมาก สะโพก (ham) ใหญ่ มันบาง เปอร์เซ็นต์กระดูกน้อยกว่าพันธุ์อื่นๆ และหัวเรียวเล็ก คางเรียวกะทัดรัด

1.1.2 สุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ ให้ความยาวซากรองจากพันธุ์แลนด์เรซ ซากยาวลึก มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูง มันต่ำ ในแง่การผลิตสุกรเพื่อทำหมูเค็มหรือหมูเบคอน สุกรพันธุ์แลนด์เรซ และลาร์จไวท์ให้คุณภาพซากมากกว่าพันธุ์อื่นๆ นอกจากนี้ สุกรทั้งสองพันธุ์นี้ยังมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อแดงได้สูง เรียกว่าถ้าผสมอาหารที่มีคุณภาพพร้อมด้วยกรดอะมิโน ไวตามิน แร่ธาตุครบสมดุลย์ให้กินตามความต้องการในช่วงต่าง ๆ พอถึงน้ำหนัก 90 กิโลกรัม จะให้คุณภาพซากดี

1.1.3 สุกรประเภทเนื้อ ซึ่งเป็นประเภทพันธุ์ที่ผลิตเพื่อบริโภคเนื้อสด โดยเฉพาะมักจะส่งตลาดเมื่อน้ำหนัก 60-80 กิโลกรัม หรือสุกรขุนขนาดใหญ่เกิน 90 กิโลกรัมขึ้นไป ได้แก่ พันธุ์ดูรอค แฮมเชียร์ โปแลนด์ หรือลูกผสมระหว่างพันธุ์ ดังที่กล่าวมาแล้วต่างก็ให้คุณภาพซากใกล้เคียงกัน คือ ให้เนื้อมาก มันบางเพราะแต่ละสายพันธุ์ต่างๆ ก็ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มาหลายชั่วอายุ ย่อมทำให้คุณภาพซากเท่าเทียมกัน

นอกจากสายพันธุ์ที่แตกต่างกันจะให้ปริมาณเนื้อแดงและไขมันที่ต่างกันแล้ว สุกรมีขนาดใหญ่เมื่อถึงระยะโตเต็มที่หรือระยะเจริญพันธุ์จะมีสัดส่วนของเนื้อแดงสูงและมีกรดไขมันต่ำ ในทางตรงกันข้ามสุกรที่มีขนาดเล็ก เมื่อถึงระยะโตเต็มที่จะมีสัดส่วนของไขมันสูงและมีเนื้อแดงต่ำ นอกจากนั้นสุกรมีขนาดใหญ่ย่อมมีความยาวของลำตัวและขายาวกว่าสุกรที่มีขนาดเล็ก

1.2 อาหาร

จุฑารัตน์ (2538) กล่าวว่าอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรในทางการค้า จะมีระดับของพลังงานและโปรตีนอยู่ในช่วงความต้องการของสุกรในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ดังนั้นอาหารที่ใช้เลี้ยงตรงตามความต้องการของสุกร ไม่พบว่ามีอิทธิพลต่อคุณภาพซาก แต่พบว่าวัตถุดิบที่ใช้ประกอบในส่วนผสมในสูตรอาหารของสุกรมีผลอย่างมากต่อคุณภาพของไขมันสุกร เช่น ในอาหารมีการใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งให้พลังงานในระดับสูงจะได้ไขมันค่อนข้างนิ่มหรืออ่อนตัวง่าย เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ต่างกับในสูตรอาหารที่มีการใช้มันเส้นเป็นแหล่งให้พลังงานจะพบว่าไขมันจะค่อนข้างแข็ง ในประเทศที่มีการใช้เนื้อสามชั้นเพื่อนำไปทำผลิตตภัณฑ์เบคอน เช่น ประเทศเดนมาร์ก ซึ่งผลผลิตเนื้อเบคอนส่งออกเป็นจำนวนมาก ได้ให้ความสำคัญในเรื่องคุณภาพซากไขมันอย่างมาก ดังนั้นจึงไม่นิยมไขมันที่ค่อนข้างนิ่ม และข้อเสียอีกประการหนึ่งของไขมันที่มีสัดส่วนไขมันไม่อิ่มตัวอยู่สูงนี้จะทำให้เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เหม็นหืนได้ง่าย ดังนั้นในงานทดลองวิจัยในระยะหลังๆ จึงมีการทดลองเสริมไวตามินอีลงในอาหารสัตว์เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อให้ดีขึ้น พร้อมทั้งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของไขมันในเนื้อสัตว์อีกด้วย

นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้อาหารสุกรที่มีการใช้ปลาป่นในระดับสูงและมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงเลี้ยงสุกรเป็นระยะเวลานาน จะมีผลทำให้เนื้อสุกรมีกลิ่นผิดปกติที่เรียกว่า fishy meat จากการหืนของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ดังนั้นในบางประเทศจึงงดใช้ปลาป่นในสูตรอาหารสุกรที่มีระยะเกินกว่า 35 กิโลกรัม การให้อาหารเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของไขมัน การให้อาหารสุกรแบบจำกัดจะมีผลทำให้เกิดไขมันเหลว ซึ่งเกิดจากไขมันที่ได้จาดพืชในอาหารที่เป็นไขมัน และประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมันลิโนอิค) เป็นส่วนใหญ่จะมีผลทำให้ไขมันในซากสุกรเหลว

1.3 การดูแลจัดการ

การผลิตสุกรอย่างเป็นการค้าจะเป็นการเลี้ยงในพื้นที่จำกัด มีผลทำให้สุกรไม่ได้ออกกำลังกาย เมื่อเทียบกับสุกรที่เลี้ยงอยู่ในสภาพที่ไม่จำกัดพื้นที่ทำให้สุกรได้เดินออกกำลังกาย การเลี้ยงแบบไม่จำกัดพื้นที่มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาการเผาผลาญอาหารโดยใช้ออกซิเจน (aerobic metabolism) ภายในเซลล์ของกล้ามเนื้อมากขึ้น ซึ่งเป็นการป้องกันการเกิดเนื้อ PSE ได้ สุกรที่เลี้ยงในพื้นที่จำกัดที่จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่ และเนื้อจะมีความนุ่มน้อยกว่าสุกรที่เลี้ยงแบบมีการเดินออกกำลังกาย

2. ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก

จุฑารัตน์ (2538) กล่าวว่า อายุและน้ำหนักของสุกรมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับคุณภาพของซากดังนี้

2.1 รูปร่างของสุกร สุกรที่อ้วนจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากสูงกว่าสุกรผอม

2.2 ปริมาณอาหารที่มีอยู่ในอวัยวะต่าง ๆ ในระบบทางเดินอาหาร ถ้ามีปริมาณอาหารตกค้างอยู่ในทางเดินอาหารมาก เช่น กรณีที่ไม่ได้อดอาหารประมาณ 24 ชั่วโมงก่อนฆ่าจะทำให้เปอร์เซ็นต์ซากต่ำ

2.3 สุกรที่มีอายุมากขึ้นจะมีน้ำหนักตัวมากขึ้น น้ำหนักซากจะมากขึ้นด้วย

2.4 น้ำหนักของสุกรก่อนฆ่า สุกรมีน้ำหนักตัวมากขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์ซากมากน้ำหนักก่อนฆ่า 80-100 กิโลกรัมจะได้คุณภาพซากดี มีเนื้อแดงสูงและไขมันต่ำ

ตารางที่ 3 อายุ น้ำหนักมีชีวิต เมื่อถูกส่งโรงฆ่า และน้ำหนักซากของสุกร

อายุส่งโรงฆ่า (สัปดาห์)	น้ำหนักมีชีวิต (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์ซาก
14-16	45-55	70-73
16-20	70-80	72-74
22-26	85-95	73-75
28-32	115-130	75-80

ที่มา: จุฑารัตน์ (2538)

สัญชัย (2547) กล่าวว่าการตัดแต่งซากสุกรแบบสากล ได้แก่ ขาสะโพก สันหลัง ไหล่บน และขาหลัง เพราะทั้ง 4 ส่วนนี้มีปริมาณเนื้อแดงสูง จึงมักเรียกกันว่าเป็น four lean cuts โดยมีปริมาณการผลิตดังนี้

1. สะโพก (ham) น้ำหนักประมาณ 17-19 % ของน้ำหนักซาก
2. สันหลัง (loin) น้ำหนักประมาณ 13-15 % ของน้ำหนักซาก

3. ไหล่บน (Boston but) น้ำหนักประมาณ 7-9 % ของน้ำหนักซาก

4. ขาหลัง (picnic) น้ำหนักประมาณ 7-9 % ของน้ำหนักซาก

การตัดแต่งซากต้องระมัดระวังให้การตัดแต่งเรียบและเสมอกัน หากพบจุดเลือดหรือรอยช้ำต้องตัดแต่งออกให้หมด การตัดแต่งซากที่ดีนั้นจะต้องมีการสูญเสียเนื้อน้อยที่สุกร

ตารางที่ 4 ชิ้นส่วนต่างๆ ของซากสุกร โค และลูกโค (จากเปอร์เซ็นต์ซาก)

ชิ้นส่วน	สุกร	โค	ลูกโค
สันใน	1.4	2.2	2.0
สันนอก	5.2	8.5	11.5
สะโพก	24.7	27.6	30.2
ไหล่	12.1	13.7	13.5
ขา	6.7	7.6	8.6
ท้อง	9.4	6.3	5.8
อก	3.1	10.1	13.8

ที่มา: สัญชัย (2547)

ประเสริฐ และคณะ (2531) ศึกษาการใช้หญ้าขนสดร่วมกับอาหารข้นต่อคุณภาพซากในสุกรขุน ทดลองกับสุกรน้ำหนักแต่หย่านมถึง 90 กก โดยใช้สุกรลูกผสม 2 สายพันธุ์ (ลาร์จไวท์ + แลนด์เรซ) จำนวน 20 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่มทดลอง กลุ่มละ 5 ซ้ำ ให้ได้รับอาหารแตกต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ 1) อาหารข้น 100 % (กลุ่มควบคุม) 2) อาหารข้น 50 % + หญ้าขน 40 % + ใบกระถินสดหั่น 10% 3) อาหารข้น 40 % + หญ้าขนสดหั่น 50 % + ใบกระถินสดหั่น 10 % และ 4) อาหารข้น 40 % + หญ้าสดไม่หั่น 50 % +ใบกระถินสดหั่น 10 % ผลการทดลองพบว่าการใช้หญ้าขนร่วมกับอาหารข้นและใบกระถินทุกระดับทำให้คุณภาพซากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (`P>0.05)

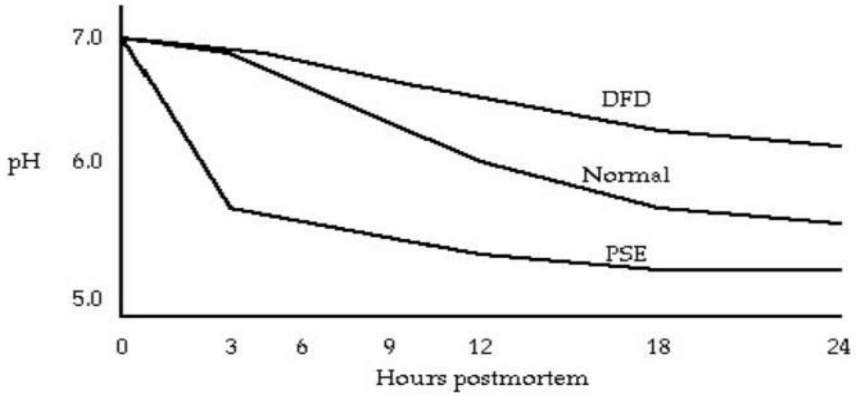
คุณภาพเนื้อ (meat quality)

สัญชัย (2547) รายงานว่าคุณภาพเนื้อเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ ส่วนประกอบของซากที่มีปริมาณเนื้อมากย่อมเป็นที่สนใจของผู้บริโภค นอกจากนี้ความสำคัญทางด้านโปรตีน ความนุ่มและรสชาติก็เป็นสิ่งสำคัญในเนื้อสัตว์ ซึ่งปริมาณของเนื้อ และไขมันในซากสัตว์แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะทางพันธุกรรม การปรับปรุงพันธุกรรม ช่วยเพิ่มปริมาณของเนื้อและลดปริมาณไขมันในซาก ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพเนื้อมีหลายปัจจัยที่สำคัญเช่น อาหาร การจัดการดูแล รวมถึงการขนส่ง

ขบวนการฆ่า และการเก็บรักษาซาก อิกทั้งความเครียดยังมีผลต่อคุณภาพของเนื้อ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อจำแนกได้ดังนี้

1. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

กล้ามเนื้อโดยปกติขณะที่มีชีวิตมีค่า pH ประมาณ 7.2 หลังจากที่ตายแล้วกล้ามเนื้อจะมีการย่อยสลายของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้การสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ ค่า pH จะลดลงจาก 7.2 เหลือ 6.0 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการย่อยสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมาก เกิดจากความเครียด และการจัดการก่อนฆ่า ชัยณรงค์ (2529) กล่าวว่าภายใต้สภาวะไร้อากาศนั้นกรดไพรวูดถูก reduced ไปเป็นกรดแลคติก ต่อมาอาจแทรกซึมเข้าสู่เนื้อเยื่ออื่นๆ แล้วจึงถูกนำไปโดยระบบหมุนเวียนโลหิต เพื่อสร้างเป็นไกลโคเจนประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือก็จะถูก oxidized ภายใต้สภาวะมีอากาศ แต่เมื่อสัตว์ตายไปแล้วนั้น ค่า pH ของกล้ามเนื้อจะลดต่ำลงช้าๆ จากค่า pH เดิมประมาณ 7.0 ไปเป็นประมาณ 5.6-5.7 ภายใน 6-8 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย แล้วจึงลดลงสู่จุด pH สุดท้ายระหว่าง 5.3-5.7 ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย ในสัตว์บางตัว pH อาจต่ำลงเล็กน้อย ในช่วง 1 ชั่วโมง หลังสัตว์ตายแล้วก็จะคงค่า pH สูงไว้เช่นนั้นจนกระทั้งถึง 24 ชั่วโมง ก็ยังมีค่าเท่าเดิม ประมาณ 6.5-6.8 แต่ในอีกบางกรณีอาจเป็นในทางตรงข้าม คือ pH จะลดต่ำลงมากอย่างรวดเร็วคือลดลงถึงระหว่าง 5.4-5.5 ภายใน 1 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายแล้วก็จะรักษาระดับ pH นี้ไว้ไปเรื่อยๆ โดยค่า pH สุดท้ายประมาณ 5.3-5.6 กล้ามเนื้อที่มีการลดค่า pH ต่ำลงอย่างรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายนั้นเนื้อจะมีลักษณะสีซีด มีความสามารถในการจับน้ำได้ต่ำมาก จึงทำให้น้ำซึมเยิ้มออกมาบนผิวเนื้อ และในกรณีที่ร้ายแรงนั้นก็จะถึงน้ำหยดออกมาจากผิวของเนื้อโดยตรง ดังนั้นถ้ากล่าวในอีกลักษณะหนึ่งจึงกล่าวได้ว่ากล้ามเนื้อใดสามารถรักษาค่า pH ไว้ได้สูงในขณะที่กำลังแปรสภาพจากกล้ามเนื้อมีชีวิตไปเป็นเนื้อสัตว์นั้น ก็ทำให้เนื้อมีสีค่อนข้างเข้ม ผิวหน้าค่อนข้างแห้ง ทั้งนี้เพราะน้ำที่ปกติมีอยู่ในกล้ามเนื้อนั้นจับไว้อย่างเหนียวแน่นเกือบทั้งหมดนั้นเอง



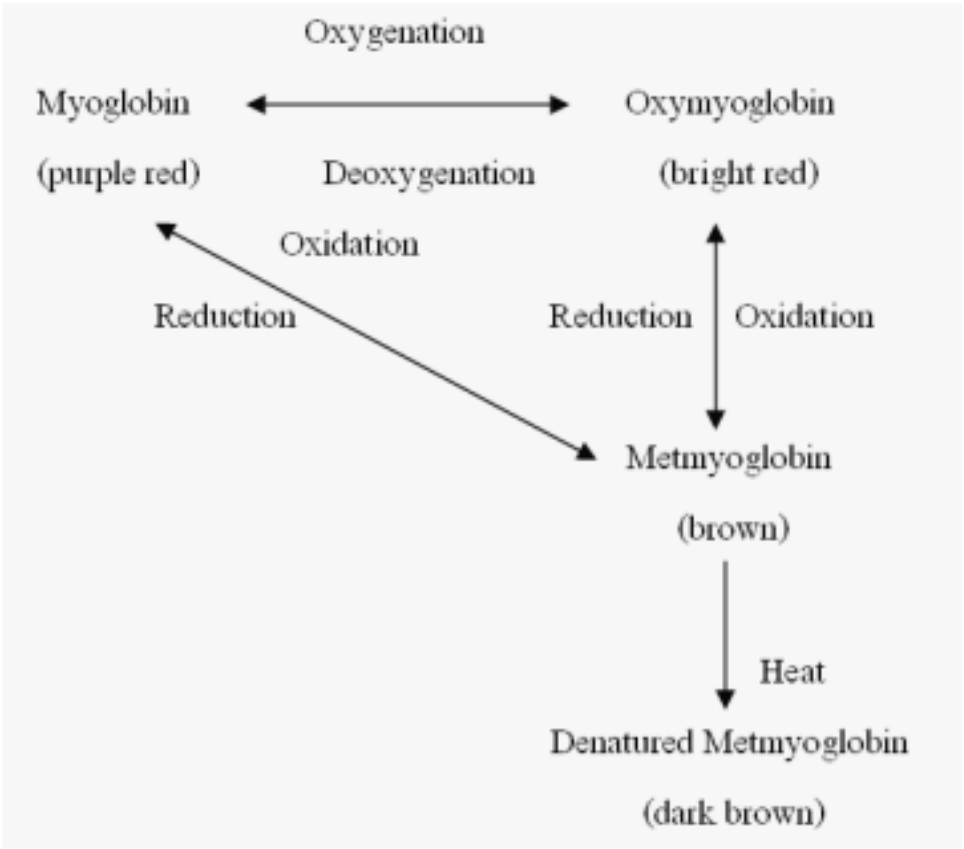
ภาพที่ 2 แสดงการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหลังฆ่าของสุกรแบบปกติและซากสุกรที่เกิดลักษณะ DFD และ PSE

ที่มา: Gajana et al. (2013)

2. สีของเนื้อ (color)

สีของเนื้อเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสนใจเพราะสามารถบอกได้เลยว่าเนื้อนั้นเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคหรือไม่ สารสีในกล้ามเนื้อ (heam protein) ประกอบไปด้วยไมโอโกลบิน ประมาณ 80-90 % และเฮโมโกลบิน โดยมีธาตุเหล็กซึ่งถูกห่อหุ้มด้วย Porphyrin ring เป็นองค์ประกอบอยู่ตรงกลางของโมเลกุล การเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยการสูญเสียหรือรับเอาอิเล็คตรอน ก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของสีและกล้ามเนื้อมัดต่างๆ ในร่างกายของสัตว์ทำให้มีสีแตกต่างกันไปตาม เพศ อายุ ตลอดจนชิ้นส่วนที่มาจากอวัยวะที่ต่างกัน เช่น กล้ามเนื้อมัดที่ทำงานหนักจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนสูงมักมีสีเข้มกว่ากล้ามเนื้อที่ทำงานน้อย ปกติกล้ามเนื้อของสุกรมีสีแดงอมชมพู (purple-red) แต่เมื่อถูกชำแหละและตัดเป็นชิ้นๆ เนื้อจะสัมผัสอากาศทำให้เนื้อมีสีชมพูสด (bright-red) เนื่องจากออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินเกิดเป็นอ๊อกซีไมโอโกลบิน ชัยณรงค์ (2529) กล่าวว่าไมโอโกลบินเป็นสารสีของเนื้อสัตว์และการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของเนื้อสัตว์ โมเลกุลของไมโอโกลบินประกอบไปด้วยอะตอม (atom) ของธาตุเหล็กที่ล้อมด้วยกลุ่มโปรตีน จำนวนมาก และการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะมีการเพิ่มหรือลดอิเล็กตรอนของอะตอมแร่ธาตุเหล็กนี้เองที่ทำให้สีเปลี่ยนแปลง ในขณะที่สัตว์ยังมีชีวิตอยู่นั้นไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อถือว่าเป็นแหล่งเก็บออกซิเจน ซึ่งใช้ในขบวนการทางชีวเคมีปกติของกล้ามเนื้อ และเนื่องจากกล้ามเนื้อแต่ละมัดในร่างกายมีหน้าที่และความหนักเบาในการทำงานต่างกัน ดังนั้นจึงมีความต้องการออกซิเจนมากน้อยแตกต่างกันไป กล้ามเนื้อขาหลังซึ่งทำงานหนักและนานกว่ากล้ามเนื้อสันหลัง จึงมีความต้องการออกซิเจนมากกว่า

และด้วยเหตุนี้จึงมีปริมาณไมโอโกลบินสูงกว่า และเมื่อกลายมาเป็นเนื้อสัตว์จึงมีสีเข้มกว่าตามไปด้วย นอกจากนั้นชนิดสัตว์ที่ต่างกันก็มีสีของเนื้อแตกต่างกัน เช่น เนื้อสุกรมีสีชมพูเทาในขณะที่เนื้อโคมีสีแดงจัด เนื้อสัตว์ขณะที่ตายในช่วงแรกจะมีสีเข้มคล้ำ แต่เมื่อได้สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศแล้วไมโอโกลบินก็จะรวมตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนไปเป็นออกซีไมโอโกลบินทำให้มีสีสดขึ้น หรือในขณะเดียวกันอาจเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน (oxidation) ทำให้เปลี่ยนไปเป็นเมตไมโอโกลบินซึ่งมีสีน้ำตาลได้ด้วยเหมือนกัน การเปลี่ยนเป็นทั้งออกซีไมโอโกลบินและเมตไมโอโกลบินนี้อาจเปลี่ยนสลับกันไปมาได้ หากอยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ซึ่งไนตริกออกไซด์ที่เปลี่ยนสภาพมาจากไนไตรต์ก็อาจทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบิน หรือเมตไมโอโกล บินได้สารสีไนโตรโซไมโอโกลบิน (สีแดงเข้ม)



ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกร

ที่มา: อรวินทร์และประชา (2522)

3. ความนุ่มของเนื้อ (Tenderness)

ความนุ่มเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกว่าเนื้อนั้นอร่อยหรือไม่อร่อย เนื้อที่มีความนุ่มย่อมง่ายต่อการกัดหรือเคี้ยวให้ความรู้สึกอ่อนนุ่มเมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่อบริเวณแก้มและลิ้นเนื้อจะยุ่ย

ละเอียดเมื่อเคี้ยวไประยะหนึ่งแล้วเนื้อที่มีความนุ่มทำให้ผู้ที่ได้บริโภคเกิดความพอใจและสามารถบริโภคเนื้อได้มาก

ความนุ่มของเนื้อสัตว์ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ วิธีการเลี้ยงดู กรรมวิธีการปฏิบัติที่ได้รับก่อนฆ่า ระหว่างฆ่าและหลังฆ่า วิธีเตรียมเพื่อบริโภค ตลอดจนปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน สัตว์พันธุ์เนื้อหรือสัตว์ที่ได้รับการเลี้ยงดูเพื่อการบริโภคเนื้อโดยเฉพาะจะมีเนื้อนุ่ม การดูแลไม่ให้สัตว์มีความเครียดก่อนฆ่าและระหว่างการฆ่า รวมถึงการปฏิบัติต่อซากหลังฆ่าควรมีการบ่มจะทำให้เนื้อสัตว์นุ่มขึ้น นอกจากนั้นการเตรียมเนื้อสัตว์เพื่อบริโภคบางวิธีก็สามารถทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันสลายตัวและทำให้เนื้อสัตว์นุ่มขึ้น

กล้ามเนื้อในอวัยวะบางส่วนของเนื้อสัตว์ เช่น กล้ามเนื้อขาหน้าและกล้ามเนื้อขาหลัง มีความเหนียวมากเนื่องจากมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในอวัยวะมาก ซึ่งเป็นผลมาจากการที่อวัยวะส่วนนั้นมีการทำงานมาก จึงต้องพัฒนาให้ตัวเองแข็งแรงและมีกำลังโดยการสร้างกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่แข็งแรงสามารถทำงานหนักได้

4. ความชุ่มน้ำของเนื้อ (Juiciness)

ความรู้สึกชุ่มน้ำในเนื้อสัตว์เป็นคุณสมบัติที่ผู้บริโภคต้องการเพราะทำให้เกิดความรู้สึกว่าเนื้อนั้นมีความอร่อย น้ำที่ออกมาจากเนื้อยังทำให้เนื้อมีรสชาติดีอีกด้วย สิ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกชุ่มน้ำหลังจากเคี้ยวเนื้อสัตว์คือ ปริมาณน้ำที่ยังคงอยู่ภายในเนื้อหลังจากสุกแล้ว ซึ่งเป็นผลมาจากความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์และปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ซึ่งช่วยกระตุ้นการหลั่งของน้ำลายทำให้เกิดความรู้สึกชุ่มฉ่ำภายในปาก

5. ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity)

โปรตีนในกล้ามเนื้อมีความเป็นประจุ (ขั้วบวกหรือลบ) สูง ซึ่งสามารถจับโมเลกุลของน้ำได้ เมื่อกล้ามเนื้อเกิดการแข็งตัวขึ้น (rigor mortis) เนื้อจะมีกรดสูงขึ้นจึงเท่ากับว่าได้เพิ่มประจุขั้วลบให้สูงขึ้นไปด้วย และประจุลบเหล่านี้เท่ากับว่าไป neutralize ประจุขั้วบวกตามปกติของโปรตีนไปด้วย จึงทำให้โมเลกุลของน้ำที่ถูกจับไว้เดิมนั้นหลุดออกไป เมื่อประจุขั้วบวกมีจำนวนเท่ากับขั้วลบและไม่มีขั้วบวกเพิ่มเติมเข้าไปอีกเลยถึงจุด isoelectric point ทำให้โมเลกุลน้ำหลุดออกไปเป็นอิสระเนื้อในขณะนั้นเรียกได้ว่ามีความสามารถในการจับน้ำต่ำมาก และจุดนี้มักจะเกิดขึ้นเมื่อค่า pH ของเนื้อประมาณ 5.0

6. กลิ่นและรสของเนื้อ (flavor)

เนื้อสัตว์สดมีกลิ่นอ่อนมาก และมีเพียงรสชาติหวาน เค็ม เปรี้ยว หรือขมเล็กน้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะทางชีวเคมีและแหล่งที่มาของชิ้นเนื้อนั้น รสชาติของเนื้อสัตว์จะปรากฏออกมาเมื่อนำเนื้อนั้นไปทำให้สุก กลิ่นรสของเนื้อสัตว์ที่ผ่านการให้ความร้อนมีองค์ประกอบทางเคมีที่ค่อนข้างซับซ้อน สารเคมีที่ระเหยออกมาระหว่างการให้ความร้อนประกอบด้วย สารประกอบกำมะถัน กรดอะมิโนเปปไทด์ กรดระเหยได้ และสารระเหยได้อื่น

Zeng et al. (2019) ศึกษาการเสริมใบหม่อน (*Morus alba* L.) ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสุกรขุน โดยใช้สุกรทดลองทั้งหมด 40 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 40.50 กิโลกรัม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ตัว แบ่งอาหารออกเป็น 2 สูตร สูตรควบคุม และสูตรทดลองที่ใช้ใบหม่อนแห้งบดแทนรำข้าวระดับ 15 % พบว่าอัตราการกินได้ไม่แตกต่างกัน แต่อัตาการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเนื้อลดลงแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันไม่แตกต่างกัน แต่น้ำหนักซาก เปอร์เซ็นต์ซาก ความหนาของไขมันซี่โครงสุดท้าย และค่าเฉลี่ยความหนาของไขมัน ลดต่ำลงแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าสีและ pH ของเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ความเหนียวนุ่มของเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำจากการแช่เย็นและทำให้สุก ของกลุ่มเสริมใบหม่อนดีกว่ากลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่าการใช้ใบหม่อนทดแทนรำข้าวระดับ 15 % ทำให้มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และลักษณะซากลดลง แต่ปรับปรุงคุณภาพเนื้อ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น

Xianglun et al. (2016) ศึกษาผลของการเสริมใบแปะก๊วยในอาหารสุกรต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อ และความสามารถต้านอนุมูลอิสระ ของสุกรรุ่น-ขุน สุกรทดลองทั้งหมด 60 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 67 กิโลกรัม สุ่มให้ได้รับอาหาร 4 สูตร สูตรละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัว โดยกลุ่มที่ 1, 2, 3, และ 4 เสริมใบแปะก๊วยระดับ 0.05, 0.25 และ 0.50 % พบว่าการเสริมใบแปะก๊วยทุกระดับในสูตรอาหารสุกรไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร แต่มีผลต่อคุณภาพเนื้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่าค่า pH ของเนื้อ ค่าสีแดงของเนื้อ (a^*) วัดที่ 45 นาที ของกลุ่มที่เสริมใบแปะก๊วยทุกระดับมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม และค่าความสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นวัดที่ 24 ชัวโมง ของกลุ่มที่เสริมใบแปะก๊วยทุกระดับมีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการทดลอง

สถานที่ทำการวิจัย

สถานที่ ฟาร์มเลี้ยงสุกร

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

เวลา เริ่มดำเนินการทดลอง เดือน เมษายน 2561

เสร็จสิ้นการทดลอง เดือน ตุลาคม 2561

วัสดุและอุปกรณ์ดำเนินงานวิจัย

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์สำหรับเตรียมวัตถุดิบ
   - 1.1 ถุงพลาสติกหมักใบปอสา
   - 1.2 ถังหมักใบปอสา
   - 1.3 เครื่องสับหญ้า
   - 1.4 ตู้อบใบปอสา
   - 1.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก
   - 1.8 กระสอบ
   - 1.9 ถุงมือ
2. อุปกรณ์สำหรับเลี้ยง
   - 2.1 รางอาหาร
   - 2.2 ที่ให้น้ำ (นิปเปิ้ล)
   - 2.3 ถุงมือ

2.4 ถุงพลาสติกเก็บตัวอย่างอาหาร

2.5 ภาชนะใส่มูลสุกร

2.6 ขวดแก้วใส่ปัสสาวะ

2.7 เครื่องชั่งสุกร

2.8 เครื่องผสมอาหาร

3. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของใบปอสา อาหารทดลอง มูลและปัสสวะ

3.2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อตรวจคุณภาพซากและเนื้อ

3.3 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.4 ตู้เย็น

3.5 ตู้แช่

3.6 ชุดเครื่องกลั่น

3.7 เครื่องวัด pH

3.8 เครื่องวัดสีเนื้อ

3.9 เครื่องวัดแรงตัดผ่านเนื้อ Instron Model 3433 Universal test machine, USA

3.10 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

3.11 เครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์

3.12 อุปกรณ์สำหรับการจดบันทึกข้อมูล

สัตว์ทดลองและคอกทดลอง

ใช้สุกรลูกผสม 3 สายพันธุ์ (Large white x Landrace x Duroc) จำนวน 40 ตัว น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 20 กิโลกรัม แบ่งสุกรออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ตัว เลี้ยงในคอกทดลองขนาด 3 ตารางเมตร ผนังคอกแบบลูกกรงเหล็กทุกคอก ภายในโรงเรือนระบบเปิดที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก และสุกรทั้งหมดทำวัคซีนตามโปรแกรมมาตรฐานฟาร์ม สุกรได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมอาหารทดลอง

เตรียมใบปอสาโดยการหมักและตากแห้งในระหว่างเดือน เมษายน ถึง มิถุนายน เก็บในขอบเขตบริเวณ ฟาร์มเลี้ยงสุกร และเลี้ยงสัตว์ปีก ของคณะสัตวศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

1.1 การหมักใบปอสา

เก็บใบปอสาพร้อมก้านอ่อนไปสับด้วยเครื่องสับให้มีความยาว 1-2 เซนติเมตร หมักใบปอสา โดยมีอัตราส่วนผสมได้แก่ ใบปอสา 100 กิโลกรัม หัวเชื้อจุลินทรีย์ชนิดผง (UP-1) สูตรย่อยเยื่อใย 100 กรัม กากน้ำตาล 1 ลิตร รำละเอียด 1 กิโลกรัม และน้ำสะอาด 50 ลิตร คลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นบรรจุใส่ในถุงดำและเก็บในถังพลาสติกขนาด 60 ลิตร อัดให้แน่นปิดล็อคฝาไว้สนิท หมักทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 21 วัน

1.2 การตากหรืออบใบปอสา

หลังจากประเมินคุณภาพเสร็จ ถ้าเห็นว่าปอสาหมักมีคุณภาพดี ก็ได้นำไปตากแดดประมาณ 2-3 วัน จากนั้นนำไปอบในอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง และนำมาบดเป็นผงหยาบด้วยเครื่องบด สุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ โดยวิธี Proximate analysis ตาม (AOAC, 1990) เพื่อนำมาประกอบสูตรอาหารทดลองต่อไป

2. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Completely Block Design, RCBD) โดยใช้สุกรน้ำหนัก 20 กิโลกรัม จำนวน 40 ตัว แบ่งเป็น 3 ชุด โดยชุดที่ 1 จำนวน 8 ตัว ชุดที่ 2 จำนวน 16 ตัว ชุดที่ 3 จำนวน 16 ตัว เลี้ยงสุกรคอกละ 2 ตัว จากนั้นสุ่มให้สุกรได้รับอาหารทดลองสูตรละ 1, 2 และ 2 คอก สำหรับสุกรชุด 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ประกอบด้วย

สูตรที่ 1 อาหารควบคุม (ไม่มีใบปอสา)

สูตรที่ 2 อาหารควบคุมผสมใบปอสาหมักแห้ง 3 %

สูตรที่ 3 อาหารควบคุมผสมใบปอสาหมักแห้ง 6 %

สูตรที่ 4 อาหารควบคุมผสมใบปอสาหมักแห้ง 9 %

ตารางที่ 5 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองช่วงน้ำหนัก 20-30 กิโลกรัม จากการวิเคราะห์ (% วัตถุแห้ง)

วัตถุดิบอาหาร (กก.)	กลุ่มการทดลอง			
	T1	T2	T3	T4
ข้าวโพด	58.75	56.75	54.60	52.40
รำละเอียด	9.55	9.55	9.55	9.55
กากถั่วเหลือง (44 % CP)	16.70	15.70	14.85	14.05
ถั่วเหลืองอบ	9.00	9.00	9.00	9.00
ปลาป่น	2.00	2.00	2.00	2.00
ใบปอสาหมัก	0.00	3.00	6.00	9.00
กระดูกป่น	1.95	1.95	1.95	1.95
ไดแคลเซียม	1.20	1.20	1.20	1.20
เกลือป่น	0.30	0.30	0.30	0.30
Lysine	0.50	0.50	0.50	0.50
Premix	0.50	0.50	0.50	0.50
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
คุณค่าทางโภชนะ (% DM)				
วัตถุแห้ง	89.50	89.37	89.25	89.23
โปรตีน	18.19	18.05	18.10	17.51
พลังงาน ME (kcal/kg)	4,039.35	4,009.20	3,960.10	3,955.15
เยื่อใย	4.76	5.13	5.89	6.58
ไขมัน	5.39	5.42	5.39	5.36
เถ้า	5.63	6.05	6.54	6.56
ราคา (บาท/กก.) (เมษายน 2561)	13.63	13.30	13.07	12.84

หมายเหตุ: 1. โภชนะในสูตรอาหารไม่ต่ำกว่าที่แนะนำโดย (National Research Council, 1998)

2. T1 คือกลุ่มควบคุม, T2 คือกลุ่มใส่ใบปอสาระดับ 3 %, T3 คือกลุ่มใส่ใบปอสาระดับ 6 %, T4 คือกลุ่มใส่ใบปอสาระดับ 9 %.

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองช่วงน้ำหนัก 30-60 กิโลกรัม จากการวิเคราะห์ (% วัตถุแห้ง)

วัตถุดิบอาหาร (กก.)	กลุ่มการทดลอง			
	T1	T2	T3	T4
ข้าวโพด	68.55	66.35	64.15	62.00
รำละเอียด	8.30	8.30	8.30	8.30
กากถั่วเหลือง (44 % CP)	19.20	18.40	17.60	16.75
ใบปอสาหมัก	0.00	3.00	6.00	9.00
กระดูกป่น	1.50	1.50	1.50	1.50
ไดแคลเซียม	1.00	1.00	1.00	1.00
เกลือป่น	0.35	0.35	0.35	0.35
Lysine	0.75	0.75	0.75	0.75
Premix	0.35	0.35	0.35	0.35
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
คุณค่าทางโภชนะ (% DM)				
วัตถุแห้ง	90.21	90.29	90.24	89.94
โปรตีน	16.09	15.18	15.12	15.01
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	3,974.00	3,959.10	3,954.60	3,949.60
เยื่อใย	5.11	5.38	5.32	5.75
ไขมัน	4.34	4.31	4.33	4.35
เถ้า	5.05	5.11	5.56	5.95
ราคา (บาท/กก.)(เมษายน 2561)	12.60	12.20	11.89	11.57

หมายเหตุ: 1. โภชนะในสูตรอาหารไม่ต่ำกว่าที่แนะนำโดย (National Research Council, 1998)

2. T1 คือกลุ่มควบคุม, T2 คือกลุ่มใส่ใบปอสาระดับ 3 %, T3 คือกลุ่มใส่ใบปอสาระดับ 6 %, T4 คือกลุ่มใส่ใบปอสาระดับ 9 %.

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองช่วงน้ำหนัก 60-100 กิโลกรัม จากการวิเคราะห์ (% วัตถุแห้ง)

วัตถุดิบอาหาร (กก.)	กลุ่มการทดลอง			
	T1	T2	T3	T4
ข้าวโพด	70.00	67.80	65.65	63.40
รำละเอียด	12.90	12.90	12.90	12.90
กากถั่วเหลือง (44 % CP)	13.00	12.20	11.35	10.60
ใบปอสาหมัก	0.00	3.00	6.00	9.00
กระดูกป่น	1.40	1.40	1.40	1.40
ไดแคลเซียม	1.00	1.00	1.00	1.00
เกลือป่น	0.35	0.35	0.35	0.35
Lysine	1.00	1.00	1.00	1.00
Premix	0.35	0.35	0.35	0.35
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
คุณค่าทางโภชนะ (% DM)				
วัตถุแห้ง	88.40	88.52	88.52	88.35
โปรตีน	14.08	13.92	13.51	13.70
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	3,959.60	3,941.45	3,939.90	3,933.80
เยื่อใย	5.37	5.65	5.62	5.83
ไขมัน	4.64	4.71	4.83	4.82
เถ้า	5.41	5.87	5.83	6.48
ราคา (บาท/กก.) (เมษายน 2561)	12.32	12.01	11.69	11.39

หมายเหตุ: 1. โภชนะในสูตรอาหารไม่ต่ำกว่าที่แนะนำโดย (National Research Council, 1998)

2. T1 คือกลุ่มควบคุม, T2 คือกลุ่มใส่ใบปอสาระดับ 3 %, T3 คือกลุ่มใส่ใบปอสาระดับ 6 %, T4 คือกลุ่มใส่ใบปอสาระดับ 9 %.

การบันทึกข้อมูล

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของใบปอสาหมักแห้ง

สุ่มเก็บตัวอย่างใบปอสาหมักแห้งจำนวน 200 กรัม ไปอบในอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมิได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน เถ้า เยื่อใย ไขมัน เยื่อใยที่ย่อยได้ในสารละลายที่เป็นกลาง เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานรวม ตามวิธีของ (AOAC, 1990)

2. การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต

บันทึกน้ำหนักตัวเริ่มต้นและทุกสองสัปดาห์ บันทึกปริมาณอาหารที่กิน เพื่อคำนวณ ได้แก่ ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Feed Intake, ADFI) อัตราการเจริญเติบโต (Average Daily Gain, ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed Conversion Ratio, FCR) และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (Feed Conversion per Gain, FCG) ของสุกรในแต่ละกลุ่มทดลองดังนี้

$$\text{ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (กิโลกรัม)} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กิโลกรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักเพิ่มขึ้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน}}{\text{อัตราการเจริญเติบโต}}$$

ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม = อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว x ราคาอาหาร

3. การวิเคราะห์การย่อยได้ของโภชนะ

ใช้สุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ (ดูร็อค x ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) เพศผู้ตอนจำนวน 4 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 35 กิโลกรัม นำไปขังเดี่ยวในกรงสำหรับศึกษาค่าการย่อยได้ของโภชนะ โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x4 ลาตินสแควร์ (4x4 Latin square Designed) ซึ่งให้สุกรได้รับอาหารทดลอง 4 สูตร ที่มีโปรตีนรวมประมาณ 18 % พลังงาน 4,039.35 Kcal ME/kg ประกอบด้วย

สูตรที่ 1 อาหารควบคุม (ไม่มีใบปอสา)

สูตรที่ 2 อาหารควบคุมผสมใบปอสาหมักแห้ง 3 %

สูตรที่ 3 อาหารควบคุมผสมใบปอสาหมักแห้ง 6 %

สูตรที่ 4 อาหารควบคุมผสมใบปอสาหมักแห้ง 9 %

กำหนดให้สุกรแต่ละตัวได้รับอาหารทดลองทุกสูตร โดยแบ่งเป็น 4 รอบ แต่ละรอบใช้เวลาเลี้ยง 7 วัน ซึ่งให้สุกรได้ปรับตัวกับอาหารทดลองเป็นเวลา 4 วันแรกก่อนเก็บข้อมูลเพื่อให้สุกรคุ้นเคยกับอาหารทดลอง จึงเก็บมูลและปัสสาวะใน วันที่ 5-7 โดยให้น้ำและอาหารอย่างเต็มที่วันละ 4 เวลา ได้แก่ 06:00 น. 10:00 น. 14:00 น. และ 18.00 น. บันทึกข้อมูลของปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักมูล น้ำหนักปัสสาวะ และเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์หาการย่อยได้ของโภชนะ

เก็บตัวอย่างมูลสุกรทำโดยชั่งน้ำหนักมูลทั้งหมด ซึ่งเก็บวันละ 2 ครั้ง ได้แก่ ช่วง 06:00 – 07:00 น. และ ช่วง 17:00 -18:00 น. ซึ่งการเก็บตัวอย่าง (มูลสุกร) มีการใช้สารบ่งชี้ (Marker) ร่วมกับอาหารทดลองเพื่อทราบถึงปริมาณอาหารที่เหลือจากการย่อยและการดูดซึม ซึ่งใช้โครมิกออกไซค์ (Cr_2O_3) ผสมลงในอาหารทดลอง 0.2 % การเก็บตัวอย่างมูลครั้งแรกเมื่อสังเกตเห็นมูลสีเขียวออกมา ชั่งน้ำหนักมูลทั้งหมดแล้วสุ่มตัวอย่างประมาณ 20 % แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไป

เก็บปัสสาวะทำโดยการใช้ถังกลองปัสวะที่ขับออกมาทั้งหมด โดยเติมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 25 % ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำปัสสาวะที่เก็บในแต่ละครั้งมาชั่งน้ำหนักทั้งหมด และเขย่าให้ยูเรียที่ตกตะกอนละลายให้ทั่วแล้วสุ่มเก็บตัวอย่าง 10 % ของน้ำหนักที่ขับออกมาทั้งหมดใส่ขวดที่มีฝาปิดสนิทแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

อบตัวอย่างมูลให้แห้งที่มีอุณภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปบดให้ละเอียด จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์หาโภชนะต่างๆ ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้า และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ตามวิธีของ (AOAC, 1990) และคำนวณค่าการย่อยได้โดยใช้สูตรการคำนวณตามรายงานของ ประวิทย์ (2557) ดังต่อไปนี้

(%) ค่าการย่อยได้ของโภชนะแบบปรากฏ (Apparent digestibility)

$$= \frac{\text{(น.น โภชนะที่กิน – น.น โภชนะในมูล)}}{\text{น.นโภชนะที่กิน}} \times 100$$

(%) ค่าชีวภาพปรากฏ (Apperent Biological Value, ABV)

$$= \frac{\text{(ไนโตรเจนที่สัตว์กิน –ไนโตรเจนในมูล – ไนโตรเจนในปัสสาวะ)}}{\text{ไนโตรเจนที่สัตว์กิน – ไนโตรเจนในมูล}} \times 100$$

พลังงานที่ย่อยได้ (Digestible Energy) = (พลังงานในอาหาร – พลังงานในมูล)

4. การศึกษาคุณภาพซาก

เมื่อสุกรมีน้ำหนักประมาณ 90 – 110 กิโลกรัม จะถูกนำมาศึกษาด้านลักษณะซาก โดยทำการอดอาหารก่อนการขนส่งเข้าสู่โรงฆ่าอย่างน้อย 24 ชั่วโมง และทำการพักก่อนการฆ่าไม่ต่ำกว่า 2

ชั่วโมง จากนั้นดำเนินการฆ่าสุกร ตามหลักจรรยาบรรณของสัตว์ทดลอง ภายใต้ระบบมาตรฐานของโรงฆ่าสัตว์ ทำการศึกษาลักษณะต่างๆของซาก ตามวิธีของ
จุฑารัตน์ และคณะ (2546) ดังต่อไปนี้

4.1 น้ำหนักตัวมีชีวิต เป็นน้ำหนักของสุกรก่อนฆ่า ซึ่งก่อนฆ่าได้อดอาหาร 24 ชั่วโมง โดยมีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา

4.2 น้ำหนักซากอุ่น (hot carcass weight) เป็นน้ำหมักของสุกรหลังฆ่า ซึ่งไม่รวมเลือด ขน หัว และอวัยวะภายใน น้ำหนักซากที่ได้เรียกว่าน้ำหนักซากอุ่น

4.3 เปอร์เซ็นซากอุ่น หมายถึงอัตราสวนน้ำหนักซากอุ่นตอน้ำหนักสุกรมีชีวิต

$$\text{เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักซากสด}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \times 100$$

4.4 น้ำหนักซากเย็น เป็นน้ำหนักสุกรหลังฆ่าและเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 3 ºC เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.5 เปอรเซ็นต์ซากเย็น (%) หมายถึงอัตราสวนน้ำหนักซากเย็น 24 ชั่วโมง ตอน้ำหนักสุกรมีชีวิต

$$\text{เปอร์เซ็นต์ซาก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักซากเย็น}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \times 100$$

4.6 ความหนาของไขมันสันหลัง (Back fat thickness) ผ่าซากสุกรตามยาวออกเป็นสองซีก ซ้ายและขวาเท่าๆกันแล้ววัดตำแหน่งความหนาของไขมันสันหลังดังนี้

BF_1: ตำแหน่งของไขมันสันหลังบริเวณไหล่ หรือตรงกระดูกซี่โครงที่ 1

BF_2: ตำแหน่งของไขมันสันหลังบริเวณกลางหลัง หรือตรงกระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย (13/14)

BF_3: ตำแหน่งของไขมันสันหลังบริเวณต้นของกล้ามเนื้อ gluteus medium

BF_4: ตำแหน่งของไขมันสันหลังบริเวณส่วนกลางของกล้ามเนื้อ gluteus medium

BF_5: ตำแหน่งของไขมันสันหลังบริเวณส่วนปลายของกล้ามเนื้อ gluteus medium

$$\text{Back fat thickness (\%)} = \frac{(BF_3 + BF_4 + BF_5)/3 + (BF_1 + BF_2)}{3}$$

4.7 ดัชนีของความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก (Lendenstarka Speek Quotient, LSQ)

BF3: ตรงจุดที่มุมล่างของฐานรูปสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ gluteus medium

BF4: ตรงจุดที่ไขมันสันหลังบางที่สุดของกล้ามเนื้อ gluteus medium

b: วัดจากจุดที่มุมล่างของฐานรูปสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ gluteus medium ไปตั้งฉากกับแนวของท่อนำไขสันหลัง

$$\text{(Lendenstarka Speek Quotient, LSQ)} = \frac{BF_3 + BF_4}{2b}$$

4.8 พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) วัดจากซากซีกขวา โดยตัดส่วนของเนื้อสันนอกตรงตำแหน่งระหว่างกระดูกซี่โครงที่ 10 และ 11 ใช้แผ่นใสทาบบนหน้าตัดเนื้อสัน และใช้ปากกาเคมีลากตามเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อมัดนี้โดยรอบ นำไปวัดพื้นที่หน้าตัดของเนื้อสัน ด้วยเครื่องวัดพื้นที่ของแผนที่

4.9 เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง หมายถึงร้อยละของสัดส่วนซากเย็นได้แก่ สะโพก ไหล่ ซีโครง สันนอก สันใน สามชั้น หาง ขาหน้า และขาหลัง

5. การศึกษาคุณภาพเนื้อ

หลังจากทำการตัดแต่งซากได้ทำการตัดเอาชิ้นส่วนของกล้ามเนื้อสะโพกและกล้ามเนื้อสันนอกซีกขวาอย่างละ 500 กรัม เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ ค่าสี ค่าpH ของเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการทำให้สุก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง และวัดค่าการเกิดออกซิเดชั่นของเนื้อ โดยมีรายละเอียดในการวัดดังนี้

5.1 วัดค่า pH ของกล้ามสันนอกซีกขวาบริเวณกระดูกซี่โครงที่ 13-14 และกล้ามเนื้อสะโพก โดยทำการวัด 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 วัดในขณะที่ซากยังอยู่ในลักษณะแขวน ภายหลังการฆ่าไม่เกิน 45 นาที และครั้งที่ 2 หลังเก็บตัวอย่างเนื้อในห้องแช่เย็นที่อุหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยนำเครื่องวัด pH meter ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้งต่อตัวอย่าง

5.2 วัดค่าสีของเนื้อโดยใช้เครื่อง Color reader วัดที่บริเวณรอยตัดใหม่ของกล้ามเนื้อสะโพก และกล้ามเนื้อสันนอกซีกขวา โดยทำการวัด 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 วัดในขณะที่ซากยังอยู่ในลักษณะแขวนภายหลังการฆ่าไม่เกิน 45 นาที ครั้งที่ 2 หลังเก็บตัวอย่างเนื้อในห้องแช่เย็นที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกค่าความสว่างของเนื้อ (lightness, L*) ค่าสีแดงของเนื้อ (redness, a*) และค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อ (yellowness, b*) โดยทำการวัด 3 ครั้งต่อตัวอย่าง

5.3 การวัดความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (Water Holding Capacity, WHC)

5.3.1 ค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น (Drip Loos) นำตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า โดยตัดเนื้อตัวอย่างให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดประมาณ 50-60 กรัม โดยทำ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง ใช้กระดาษทิชชู่ซับน้ำบริเวณเนื้อ ชั่งน้ำหนักเนื้อพร้อมบันทึกน้ำหนัก นำตัวอย่างเนื้อมาห่อด้วยผ้าก๊อซ แล้วมัดด้วยเชือกเก็บในถุงโดยมัดปากถุงและไม่ให้เนื้อติดขอบถุง เก็บตัวอย่างเนื้อไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

จากนั้นนำตัวอย่างออกจากถุงแล้วนำกระดาษทิชชู่ซับน้ำบริเวณรอบๆ เนื้ออีกครั้ง ชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกหลังแช่เย็น

Drip loss = (น้ำหนักก่อนแช่เย็น-น้ำหนักหลังแช่เย็น)/น้ำหนักก่อนแช่เย็น x 100

5.3.2 ค่าสูญเสียน้ำจากการทำให้สุก (Cooking loss) เริ่มจากการนำน้ำใส่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ พร้อมทั้งตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 80 องคาเซลเซียส โดยตัดเนื้อตัวอย่างให้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 50-60 กรัม โดยทำ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง นำกระดาษทิชชูซับน้ำบริเวณเนื้อ ชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกนำตัวอย่างใส่ถุงร้อนและมัดปากถุง โดยไล่อากาศออกจากถุงให้หมด แล้วนำตัวอย่างมาต้มใน Warter bath ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 นาที โดยใช้อุณหภูมิใจกลางเนื้อ 70 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างเนื้อออกจากอ่างน้ำ และตั้งทิ้งไว้อุณภูมิห้อง 30-35 นาที นำตัวอย่างออกจากถุงใช้กระดาษทิชชู่ซับน้ำของเนื้อ บันทึกน้ำหนักหลังต้มสุก

Cooking loss = (น้ำหนักก่อนต้มสุก-น้ำหนักหลังต้มสุก)/น้ำหนักก่อนต้มสุก x 100

5.3.3 ค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง (Freezing loss) นำตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพกมาวิเคราะห์หาค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่แข็งที่ 30 วัน หลังฆ่า โดยตัดเนื้อตัวอย่างให้ได้ขนาด 150 - 160 กรัม โดยใช้กระดาษทิชชู่ซับน้ำบริเวณเนื้อ ชั่งน้ำหนักเนื้อพร้อมบันทึกน้ำหนัก นำตัวอย่างเนื้อเก็บในถุง เก็บตัวอย่างเนื้อไว้ในตู้แช่ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 30 วัน นำตัวอย่างออกจากตู้แช่ไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างออกจากถุงนำกระดาษทิชชู่ซับน้ำบริเวณรอบๆ บันทึกน้ำหนัก

Freezing loss = (น้ำหนักก่อนแช่แข็ง-น้ำหนักหลังแช่แข็ง)/น้ำหนักก่อนแช่แข็ง x 100

5.4 การวิเคราะห์ความเหนียวนุ่มของเนื้อ (Shear force) นำตัวอย่างเนื้อจากการหาค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มให้สุก (Cooking loss) มาตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส หนา 1.27 เซ็นติเมตร และวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง โดยการทำการวัด 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง

5.5 การวิเคราะห์หาค่าออกซิเดชั่นของเนื้อ (TBARs) นำตัวอย่างเนื้อมาบดประมาณ 10 กรัม รวมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ใส่สาร HCL 4 N ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่างเติมสาร antifoaming และปั่นตัวอย่างให้เข้ากัน จากนั้นนำตัวอย่างไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นตัวอย่างจนได้ปริมาณ 30-50 มิลลิลิตร ดูดของเหลวที่ได้จากการกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วเติมด้วยสารละลาย TBARs 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และทำแบลงค์โดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แล้วเติมด้วยสารละลาย TBARs 5 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน นำตัวอย่างไปต้มในน้ำเป็นระยะเวลานานประมาณ 35 นาที โดยเริ่มจับเวลาเมื่อสารละลายเดือด จากนั้นครบเวลาจึงนำไปไว้ที่อุณหภูมิในห้องจนกว่าตัวอย่างจะเย็น และนำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องสเปกโตโฟโตเมตเตอร์ โดยใช้ความยาวคลื่นที่ 538 นาโนเมตร

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่รวบรวมได้คือ น้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการแลกเนื้อ เปอร์เซ็นต์ซาก และคุณภาพเนื้อ มาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (Analysis of variance; ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

นำข้อมูลที่เกี่ยวกับค่าการย่อยได้ของโภชนะ ในการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรในระดับต่างๆ นำมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) ตามวิธีของแผนการทดลองแบบสลับ (Latin Square Designs, LSD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการทดลองใช้ใบปอสาหมักแห้งในอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต การย่อยได้ของโภชนะและ คุณภาพซากของสุกรขุน ผลการทดลองแสดงไว้ดังนี้

ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนะในใบปอสาหมักแห้ง

จากการสุ่มตัวอย่างใบปอสาหมักแห้งกลุ่มที่ใช้จุลินทรีย์ และกลุ่มไม่ใช้จุลินทรีย์มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะในห้องปฏิบัติการ พบว่าใบปอสาหมักแห้งกลุ่มที่ใช้จุลินทรีย์มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง โปรตีนรวม เยื่อใยรวม ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง ฟอสฟอรัส แคลเซียม และพลังงานรวมเท่ากับ 95.52 %, 18.27 %, 10.19 %, 5.46 %, 15.44 %, 44.55 %, 22.26 %, 28.67 % 0.42 % 3.52 % และ 4115.40 kcal/kg และกลุ่มที่ไม่ใช้จุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 96.34 % 17.40 %, 13.53 %, 5.18 %, 17.05 %, 44.73 %, 25.37 %, 27.96 %, 0.38 % 3.48 % และ 4,033.30 kcal/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 8) พบว่าการหมักใบปอสาโดยใช้จุลินทรีย์สูตรย่อยเยื่อใยครั้งนี้ มีค่าโปรตีน ไขมัน เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด ฟอสฟอรัส และ พลังงานรวม มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้จุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามใบปอสาหมักแห้งที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกับการศึกษาของรัชดาวรรณ และคณะ (2556) ที่หมักใบปอสาร่วมกับใบกระถินและรำระเอียด (ใบปอสา 40 % ใบกระถิน 40 % รำระเอียด 20 %) เปอร์เซ็นต์เยื่อใยใกล้เคียงกับการศึกษาของ บุณล้อม และคณะ (2550) ที่มีการหมักใบปอสาร่วมกับรำระเอียด 20 % และเปอร์เซ็นต์ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารซักฟอกที่เป็นกรด และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารซักฟอกที่เป็นกลาง ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Bingwen et al. (2018) สอดคล้องกับการรายงานของ Obour et al. (2017) ที่กล่าวว่าคุณค่าทางโภชนะของใบปอสาขึ้นอยู่กับอายุการเก็บเกี่ยว ฤดูกาลเก็บเกี่ยว อัตราส่วนระหว่างก้านใบที่นำมาหมักด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 8 คุณค่าทางอาหารของใบปอสาหมักแห้งที่ได้จากการวิเคราะห์

คุณค่าทางโภชนะ	ปริมาณที่พบ (% Dry matter)	
	ใช้จุลินทรีย์	ไม่ใช้จุลินทรีย์
วัตถุแห้ง	95.52	96.34
โปรตีนรวม	18.27	17.40
เยื่อใยรวม	10.19	13.53
ไขมัน	5.46	5.18
เถ้า	15.44	17.05
คาร์โบไฮเดรต	44.55	4473
เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (ADF)	22.26	25.37
เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF)	28.67	27.96
ฟอสฟอรัส	0.42	0.38
แคลเซียม	3.52	3.48
พลังงานรวม (GE) Kcal/kg	4,115.40	4,033.30

ผลการทดลองที่ 1 ค่าการย่อยได้ของโภชนะ

การศึกษาการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรต่อการย่อยได้ของสุกรในครั้งนี้ โดยให้ได้รับอาหารที่แตกต่างกัน 4 สูตร คือ กลุ่มที่ 1 อาหารไม่ผสมใบปอสาหมักแห้ง (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 อาหารพื้นฐานร่วมกับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % กลุ่มที่ 3 อาหารพื้นฐานร่วมกับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 % และ กลุ่มที่ 4 อาหารพื้นฐานร่วมกับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 % พบว่าประสิทธิภาพการย่อยได้ปรากฏตลอดทางเดินอาหารของสุกรรุ่นในช่วงน้ำหนัก 35 กิโลกรัม มีค่าการย่อยได้ปรากฏดังนี้

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง พบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารพื้นฐานร่วมกับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่าเท่ากับ 86.67 %, 86.14 %, 86.91 % และ 88.64 % ตามลำดับ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนพบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารพื้นฐานร่วมกับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่าเท่ากับ 86.37 %, 87.79 %, 87.13 % และ 84.60 % ตามลำดับ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของ

โปรตีนสูงกว่ากลุ่มอื่น นอกจากนั้นกลุ่มควบคุมและกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 6 % มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนสูงกว่ากลุ่มได้รับใบปอสา 9 % ด้วยเช่นกัน

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใย พบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารพื้นฐานร่วมกับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่าเท่ากับ 68.74 %, 63.90 %, 59.36 %, และ 59.16 % ตามลำดับ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กลุ่มควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับใบปอสาหมักในสูตรอาหารทุกระดับ และกลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยสูงกว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 และ 9 % ด้วยเช่นกัน

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมัน พบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารพื้นฐานร่วมกับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่าเท่ากับ 78.49 %, 80.49 %, 77.96 % และ 77.72 % ตามลำดับ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 และ 9 %

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเถ้า พบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารพื้นฐานร่วมกับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่ามีค่าเท่ากับ 61.75 %, 56.11 %, 46.14 % และ45.53 % มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเถ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่ากลุ่มควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเถ้าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารทุกระดับ และกลุ่มที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเถ้าสูงกว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 และ 9 %

การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรต (NFE) พบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารพื้นฐานร่วมกับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่าเท่ากับ 93.25 %, 93.57 %, 92.91 % และ 91.78 % ตามลำดับ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 และ 6 % มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 %

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของค่าชีวภาพปรากฏ (Apperent Biological Value, ABV) พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารพื้นฐานร่วมกับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่าเท่ากับ 73.27 %, 78.50 %, 69.60 % และ 63.80 % มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของค่าชีวภาพปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % และ 6 % มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของชีวภาพปรากฏสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 %

เปอร์เซ็นต์ค่าการย่อยได้ของพลังงานย่อยได้ (DE) พบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารพื้นฐานร่วมกับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่าเท่ากับ 3,453.883, 507.39, 3,428.07 และ 3,416.44 kcal/kg ตามลำดับ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของพลังงานย่อยได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % มีค่าการย่อยได้ของพลังงานย่อยได้สูงกว่าทุกลุ่มการทดลอง และกลุ่มควบคุมมีค่าการย่อยได้ของพะลังงานสูงกว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 6 และ 9 % (ตารางที่ 9)

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรนั้น ส่งผลให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งตลอดทางเดินอาหารของสุกรไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Phiny et al. (2003) ที่มีการใช้ใบหม่อนในอาหารสุกรที่ระดับ 0, 15, 30 และ 50 % ในสูตรอาหารพบว่าการใช้ใบหม่อนทุกระดับไม่ส่งผลต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ส่วนเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต ค่าชีวภาพปรากฏ และค่าพลังงานที่ย่อยได้เมื่อสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในระดับที่ต่างกันมีผลต่อค่าการย่อยได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พบว่ากลุ่มที่ใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % มีค่าการย่อยได้ของโปรตีน ไขมัน และพลังงานย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าการย่อยได้ของเยื่อใย เถ้า และค่าชีวภาพปรากฏสูงกว่ากลุ่มอื่น ในขณะเดียวกันกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ใช้ใบปอสาหมักแห้งระดับ 3 % มีค่าการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตสูงเช่นกัน แต่พบว่าการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 9 % มีค่าการย่อยได้ของโภชนะลดลง เนื่องจากใบปอสาเองเป็นวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง เมื่อใช้ทดแทนกากถั่วเหลืองและข้าวโพดในปริมาณที่สูงในสูตรอาหารจะทำให้โภชนะในสูตรอาหารมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะทำให้โปรตีนและพลังงานในสูตรอาหารต่ำลง ขณะเดียวกันเยื่อใยและเถ้าในสูตรอาหารสูงขึ้น ทำให้อาหารมีความฟ่ามเบา และมีความน่ากินลดลง ซึ่งสุกรเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยวสามารถย่อยอาหารที่มีเยื่อใยสูงได้น้อย จึงทำให้ค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ต่ำลงไปด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Yang et al. (2014) พบว่าการใช้ใบปอสาในสูตรอาหารสุกรที่ระดับ 10 % มีค่าการย่อยได้ของโภชนะในกลุ่มทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และสอดคล้องกับการศึกษาของ บุณล้อม และคณะ(2550) ที่ใช้ใบกระถินหมัก และใบปอสาหมักร่วมกับรำละเอียด 20 % โดย ให้สุกรได้กินพืชแต่ละชนิดเป็นอาหารเดี่ยวและเก็บมูลไปวิเคราะห์หาโภชนะที่ย่อยได้ พบว่ากลุ่มที่ใช้ใบปอสาหมักมีค่าการย่อยของวัตถุแห้ง เยื่อใย อินทรีย์วัตถุ และคาร์โบไฮเดรต สูงกว่าค่าการย่อยได้ของใบกระถินหมัก ส่งผลให้การย่อยได้ของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานย่อยได้ของใบปอสาหมักสูงกว่าใบกระถินหมัก และสอดคล้องกับการศึกษาของ วันดี และคณะ (2555) ที่ทำการทดลองเสริมแหนแดงในสูตรอาหารสุกรที่ระดับ 5, 7.5 และ 10 % พบว่ามีค่าการย่อยได้ของ วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย และไขมันลดต่ำลง ($P<0.05$) ยกเว้นการย่อยได้ของโปรตีนกลุ่มเสริมแหนแดงที่ระดับ 5 % มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมแหนแดงที่ระดับ 7.5 % และ 10 %

ตารางที่ 9 ผลการศึกษาความสามารถในการย่อยได้โภชนะของสูตรอาหาร

ลักษณะศึกษา	ระดับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหาร (%)				SEM	P-value
	0	3	6	9		
วัตถุแห้ง (%)	86.67	86.14	86.91	88.64	0.80	0.724
โปรตีน (%)	86.37^{b}	87.79^{a}	87.13^{b}	84.60^{c}	0.49	0.000
เยื่อใย (%)	68.74^{a}	63.90^{b}	59.36^{c}	59.16^{c}	0.53	0.001
ไขมัน (%)	78.49^{b}	80.49^{a}	77.96^{b}	77.72^{b}	0.15	0.001
เถ้า (%)	61.75^{a}	56.11^{b}	46.14^{c}	45.53^{c}	0.15	0.000
คาร์โบไฮเดรต (%)	93.25^{a}	93.57^{a}	92.91^{b}	91.78^{c}	0.04	0.000
ค่าชีวภาพปรากฏ(%)	73.27^{a}	68.50^{ab}	69.60^{ab}	63.46^{b}	0.23	0.000
พลังงานที่ย่อยได้ (Kcal/kg)	3,453.89^{b}	3,507.40^{a}	3,428.07^{c}	3,416.44^{c}	3.34	0.000

หมายเหตุ: $^{a, b, c}$ = ค่าเฉลี่ยในแถวนอนเดียวกันมีอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

T1 คือกลุ่มควบคุม, T2 คือกลุ่มใช้ใบปอสาระดับ 3 %, T3 คือกลุ่มใช้ใบปอสาระดับ 6 %, T4 คือกลุ่มใช้ใบปอสาระดับ 9 %.

ผลการทดลองที่ 2 สมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก

จากการศึกษาผลการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในสุกรเล็ก- ขุน แบ่งออกเป็น 3 ช่วงระยะการทดลองคือ ระยะสุกรเล็ก (น้ำหนักตัว 20-30 กิโลกรัม) ระยะเล็ก – รุ่น (น้ำหนักตัว 30-60 กิโลกรัม) และระยะรุ่น-ขุน (น้ำหนักตัว 60-90 กิโลกรัม) ใช้อาหารทดลอง 4 สูตรที่ใช้ใบปอสาหมักแห้งระดับต่างกันคือ 0, 3, 6 และ 9 % โดยมีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 11)

1. สุกรระยะเล็ก (20-30 กิโลกรัม)

จากการศึกษาโดยให้สุกรได้รับอาหารที่มีใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารระดับ 0, 3, 6 และ 9 % พบว่าสุกรมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 15.40, 17.60, 14.10 และ13.40 กิโลกรัมตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 0.51, 0.58, 0.47 และ0.44 กิโลกรัมตามลำดับ ปริมาณอาหารที่กินต่อวันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.22, 1.22, 1.19 และ1.25 กิโลกรัมตามลำดับ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ 2.46, 2.09, 2.57 และ2.90 ตามลำดับ การใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหาร

ทดลองทุกระดับในสุกรระยะเล็ก ของการทดลองครั้งนี้พบว่าสมรรถภาพการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2. สุกรระยะรุ่น (30-60 กิโลกรัม)

จากการศึกษาโดยให้สุกรได้รับอาหารที่มีใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารระดับ 0, 3, 6 และ 9 % พบว่าสุกรมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 32.45, 30.10, 28.80 และ27.40 กิโลกรัมตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 0.77, 0.71, 0.68 และ0.65 กิโลกรัมตามลำดับ ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน มีค่าเท่ากับ 1.84, 1.78, 1.79 และ1.82 กิโลกรัมตามลำดับ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ 2.41, 2.50, 2.62 และ2.81 ตามลำดับ การใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารทดลองทุกระดับในสุกรระยะรุ่น ของการทดลองครั้งนี้พบว่าสมรรถภาพการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

3. สุกรระยะขุน (60-90 กิโลกรัม)

จากการศึกษาโดยให้สุกรได้รับอาหารที่มีใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารระดับ 0, 3, 6 และ 9 % พบว่าสุกรมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 27.70, 28.70, 29.55 และ27.50 กิโลกรัมตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 0.73, 0.75, 0.78 และ0.72 กิโลกรัมตามลำดับ ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน มีค่าเท่ากับ 1.64, 1.79, 1.68 และ 1.67 กิโลกรัมตามลำดับ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ 2.36, 2.39, 2.18 และ2.37 ตามลำดับ การใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารทดลองทุกระดับในสุกรระยะขุนของการทดลองครั้งนี้พบว่าสมรรถภาพการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

4. ตลอดระยะการทดลอง

จากการศึกษาโดยให้สุกรได้รับอาหารที่มีใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารระดับ 0, 3, 6 และ 9 % สุกรมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 75.55, 76.40, 72.45 และ68.30 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโตต่อวันเท่ากับ 0.68, 0.69, 0.66 และ0.62 กิโลกรัม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่ากลุ่มใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 % มีแนวโน้มลดลง (P=0.07) เมื่อเปียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ส่วนปริมาณอาหารที่กินต่อวันเท่ากับ 1.60, 1.63, 1.58 และ1.62 กิโลกรัมตามลำดับ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีค่าเท่ากับ 2.34, 2.35, 2.53 แล 2.61 ตามลำดับ และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีค่าเท่ากับ 31.03, 29.10, 30.11 และ32.24 บาทต่อกิโลกรัมตามลำดับ พบว่าการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารทดลองทุกระดับในการทดลองครั้งนี้ พบว่าสมรรถภาพการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากผลการศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต พบว่าการใช้ใบปอสาหมักแห้งในระดับ 0, 3, 6 และ 9 % ในสูตรอาหารทดลองทั้งในสุกรระยะเล็ก (น้ำหนัก 20-30 กิโลกรัม) สุกรระยะรุ่น (น้ำหนัก

30-60 กิโลกรัม) และสุกรระยะขุน (น้ำหนัก 60-90 กิโลกรัม) ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตทั้งด้านน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (P>0.05) ซึ่งหากพิจารณาสมรรถภาพการเจริญเติบโตตลอดการทดลอง (น้ำหนัก 20-90 กิโลกรัม) พบว่าไม่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตทั้งด้านน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (P>0.05) ด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ องอาจ และคณะ (2544) ที่มีการใช้ใบปอสาระดับ 20 % และ 10 % ในสูตรอาหารสุกรพบว่าการเสริมใบปอสาในสูตรอาหารที่ระดับ 10 % สุกรมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ องอาจ และคณะ (2550) ได้นำใบกระถิน 40 % และ ใบปอสา 40 % หมักร่วมกับรำ 20 % จากนั้นนำมาตากแห้งแล้วบดผสมในอาหารสุกรรุ่น – ขุน ชนิดระ 6 % รวมเป็น 12 % พบว่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม และ Ammaly et al. (2011) มีการใช้ใบปอสาทดแทนกากถั่วเหลือง 50 % พบว่าการกินได้ของอาหาร อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในสุกรขุนของกลุ่มที่ใช้ใบปอสาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลือง และกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึษาของ Zeng et al. (2019) ที่ทำการศึกษาการใช้ใบหม่อนในสูตรอาหารสุกร ซึ่งเป็นพืชที่อยู่ในสกูลเดียวกันกับใบปอสา และมีคุณค่าทางโภชนะใกล้เคียงกับใบปอสา โดยใช้ใบหม่อนตากแห้งระดับ 15 % ในสูตรอาหารพบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สอดคล้องกับการศึกษาของ Yang et al. (2014) ที่ศึกษาการใช้ใบปอสาบดแห้งในอาหารสุกรที่ระดับ 10 % พบว่าสุกรมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่าเมื่อมีการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 9 % ทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดต่ำลงเล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากใบปอสาเป็นพืชที่ยังคงมีเยื่อใยอยู่สูง เมื่อใช้ทดแทนกากถั่วเหลืองและข้าวโพดในสูตรอาหารระดับที่สูงขึ้น อาจทำให้ระดับโปรตีน และพลังงานลดลง ในขณะเดียวกันทำให้เยื่อใย และเถ้าเพิ่มสูงขึ้น และมีความฟ่าม ความน่ากินลดลง สุกรได้รับโภชนะไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เพื่อการเจริญเติบโตที่ดีตามปกติได้ ดังนั้นการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารควรพิจารณาระดับเยื่อใยทั้งหมดในสูตรอาหารด้วย เพราะเยื่อใยในสูตรอาหารที่สูงมากเกินไปจะไปกระทบต่อการย่อยได้ของโภชนะ เป็นผลให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตลดต่ำลง แต่การใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 และ 6 % ในสูตรอาหารไม่ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสุกรในทุกระยะของการทดลอง

ตารางที่ 10 ผลของระดับใบปอสาหมักแห้งต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับใบปอสาหมักแห้ง (%)				SEM	P-value
	0	3	6	9		
สุกรระยะเล็ก (20-30 กก.)						
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.)	19.30	19.70	19.40	19.60	0.31	0.78
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	34.70	37.30	33.50	33.00	0.80	0.28
น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น (กก.)	15.40	17.60	14.10	13.40	0.64	0.14
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน	0.51	0.58	0.47	0.44	0.02	0.15
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน	1.23	1.22	1.19	1.25	0.03	0.87
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก	2.46	2.09	2.57	2.90	0.10	0.09
สุกรระยะรุ่น (30-60 กก.)						
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.)	34.70	37.30	33.50	33.00	0.82	0.28
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	67.15	67.40	62.30	60.40	1.29	0.18
น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น (กก.)	32.45	30.10	28.80	27.40	0.81	0.19
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน	0.77	0.71	0.68	0.65	0.02	0.19
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน	1.84	1.79	1.78	1.82	0.03	0.93
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก	2.41	2.50	2.62	2.81	0.05	0.11
สุกรระยะขุน (60-90 กก.)						
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.)	67.15	67.40	62.30	60.40	1.29	0.18
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	94.85	96.10	91.85	87.90	1.22	0.12
น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น (กก.)	27.70	28.70	29.55	27.50	0.99	0.87
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน	0.73	0.75	0.78	0.72	0.02	0.87
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน	1.64	1.79	1.68	1.67	0.04	0.65
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก	2.36	2.39	2.18	2.37	0.10	0.88

ตารางที่ 10 ผลของระดับใบปอสาหมักแห้งต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับใบปอสาหมักแห้ง (%)				SEM	P-value
	0	3	6	9		
ตลอดระยะการทดลอง						
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.)	19.30	19.70	19.40	19.60	0.32	0.97
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	94.85	96.10	91.85	87.90	1.22	0.12
น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น (กก.)	75.55	76.40	72.45	68.30	1.10	0.07
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน	0.68	0.69	0.66	0.62	0.01	0.07
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน	1.60	1.63	1.58	1.62	0.03	0.93
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก	2.34	2.35	2.40	2.62	0.4	0.11
ต้นทุนค่าอาหารต่อ น.น เพิ่ม 1 กก (บาท) (เมษายน 2561)	31.03	29.10	30.11	32.24	1.03	0.74

ลักษณะซาก

จากการวิเคราะห์ลักษณะซากของสุกรขุนน้ำหนัก 90 -100 กิโลกรัม โดยการใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % ในสูตรอาหารสุกร แสดงไว้ในตารางที่ 11

น้ำหนักมีชีวิตพบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีน้ำหนักมีชีวิตเท่ากับ 94.85, 96.10, 91.85 และ87.90 กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มการทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรที่ระดับ 3 % มีน้ำหนักที่มีชีวิตสูงกว่ากลุ่มอื่นเล็กน้อย

น้ำหนักซากอุ่นพบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีน้ำหนักซากอุ่นแท่ากับ 72.46, 73.51, 70.86 และ67.13 กิโลกรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % มีน้ำหนักซากอุ่นสูงกว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 และ 9 % แต่กลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 % มีน้ำหนักซากอุ่นสูงกว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 % ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์ซากอุ่นพบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % มีเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นเท่ากับ 76.41 %, 76.52 %, 77.23 % และ76.50 % ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มการทดลอง

น้ำหนักซากเย็นพบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % มีน้ำหนักซากเย็นเท่ากับ 70.81, 71.81, 68.83 และ65.73 กิโลกรัมตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % มีน้ำหนักซากเย็นสูงกว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 และ 9 % แต่กลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 % มีน้ำหนักซากเย็นสูงกว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 % ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์ซากเย็น พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีเปอร์เซ็นต์ซากเย็นเท่ากับ 74.68 %, 74.73 %, 74.88 % และ74.02 % ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มการทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งระดับ 6 % มีเปอร์เซ็นต์ซากเย็นสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุมได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3, และ 9 % เล็กน้อย

ความหนาของไขมันสันหลังพบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9% มีความหนาของไขมันสันหลังแท่ากับ 2.64, 2.51, 2.34 และ2.54 เซนติเมตรตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มการทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มควบคุมมีความหนาของไขมันสันหลังสูงกว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3, 6 และ 9 % เล็กน้อย

พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันพบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเท่ากับ 54.75, 56.11, 54.60 และ 58.60 ตารางเซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มการทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรที่ระดับ 9 % มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันสูงกว่ากลุ่มอื่นเล็กน้อย

ดัชนีของความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก (Lendenstarka Speek Quotient, LSQ) จากผลการทดลองพบว่าสุกรที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งมีผลต่อค่า LSQ เฉลี่ยเท่ากับ 0.30, 0.30, 0.27 และ0.29 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มการทดลอง อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรที่ระดับ 6 % มีค่า LSQ ที่วัดได้ต่ำกว่ากลุ่มอื่นเล็กน้อย

เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่งเทียบกับน้ำหนักซากเย็นได้แก่ ขาหน้า ขาหลัง ไหล่ สะโพกรอมหนัง สันนอกรวมสันคอ สันใน สามชั้น ซี่โครง หาง สันนอก สันคอ สะโพก และสันคอของสุกรที่ได้รับอาหารพื้นฐานร่วมกับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % ในสูตรอาหารมีเปอร์เซ็นต์ของชิ้นส่วนดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มควบคุมมีชิ้น ขาหน้า สันใน สามชั้น หาง มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และชิ้นส่วน ขาหลัง ไหล่ สะโพกรวม สันนอกรวมสันคอ ซี่โครง กลุ่มที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งระดับ 3 % มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นนเล็กน้อย สันนอก สันคอ และสะโพกของกลุ่มที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งระดับ 6 % มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นเล็กน้อย แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่งมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 11)

จากการทดลองใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารต่อลักษณะซากที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % พบว่าน้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์ซาก ความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ค่า LSQ และชิ้นส่วนตัดแต่งย่อย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่าน้ำหนักซากอุ่นและน้ำหนักซากเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 % ในสูตรอาหารมีน้ำหนักซากอุ่นและน้ำหนักซากเย็นต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ Zeng et al. (2019) ที่พบว่าการใช้ใบหม่อน ซึ่งเป็นพืชที่อยู่ในสกูลเดียวกับปอสา โดยมีการใช้ในสูตรอาหารที่ระดับ 15 % พบว่าน้ำหนักซากต่ำกว่ากลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อาจเนื่องมาจากสูตรอาหารที่มีการใช้ใบปอสาหมักแห้งระดับเพิ่มขึ้นทำให้ระดับเยื่อใยที่สูงขึ้น เมื่อสุกรได้รับเข้าไปจึงมีการย่อยและดูดซึมได้น้อย ทำให้อัตราการเจริญเติบโตด้อยกว่าปกติ ลักษณะซากมีค่าต่ำลง แต่การใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารระดับ 3 และ 6 % ช่วยให้ลักษณะซากมีความใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม สอดคล้องกับ จุฑารัตน์ (2538) รายงานว่าสุกรส่งโรงฆ่าอายุประมาณ 22-26 สัปดาห์ มีน้ำหนักมีชีวิตประมาณ 85-95 กิโลกรัม และเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นประมาณ 73-75 % สอดคล้องกับการศึกษาของ ประเสริฐ และคณะ (2531) ที่ใช้อาหารข้น 100 % (กลุ่มควบคุม) กลุ่มทดลองใช้อาหารข้น 50 % ร่วมกับหญ้าขนสด 40% และใบกระถิน 10 % ผลการทดลองพบว่าการใช้หญ้าขนร่วมกับอาหารข้น และใบกระถินสดพบว่า น้ำหนักซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น ความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และค่า LSQ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (`P>0.05) เทียบกับกลุ่มควบคุม และการศึกษาของ องอาจ และคณะ (2550) ได้นำใบกระถิน 40 % และใบปอสา 40 % หมักร่วมกับรำ 20 % จากนั้นนำมาตากแห้งแล้วบดผสมในอาหารสุกรรุ่น – ขุน อย่างละ 6 % รวมเป็น 12 % พบว่าความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันไม่มีความแตกต่างกันกับกลุ่มควบคุม สอดคล้องกับการศึกษาของ รัชดาวรรณ และณะ (2556) ที่ใช้ฟักทองและใบปอสาหมักเลี้ยงสุกรลูกผสมพื้นเมือง x เปียแตรง พบว่าการใช้ฟักทองและใบปอสาหมักร่วมกับอาหารพื้นฐานไม่มีผลกระทบต่อความหนาของไขมันสันหลัง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาความหนาของไขมันสันหลัง และ LSQ จากการสำรวจคุณภาพซากสุกรในประเทศไทยของ กันยา และคณะ (2545) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของความหนาไขมันเท่ากับ 2.70 เซนติเมตร และดัชนีของความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอกหรือ LSQ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.293 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้ที่มีการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 6 และ 9 % ตามลำดับ

ตารางที่ 11 ผลของระดับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรต่อลักษณะซากของสุกรขุน

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับใบปอสาในสูตรอาหารสุกร (%)				SEM	P-value
	0	3	6	9		
น้ำหนักมีชีวิต กก.	94.85	96.10	91.85	87.90	1.22	0.12
น้ำหนักซากอุ่น กก.	72.46[a]	73.51[a]	70.86[ab]	67.13[b]	0.72	0.03
เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น (%)	76.41	76.52	77.23	76.50	0.43	0.90
น้ำหนักซากเย็น กก.	70.81[a]	71.81[a]	68.83[ab]	65.73[b]	0.71	0.04
เปอร์เซ็นต์ซากเย็น (%)	74.68	74.73	74.88	75.02	0.42	0.99
ความหนาของไขมันสันหลัง (ซม.)	2.64	2.51	2.34	2.54	0.06	0.50
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร. ซม.)	54.75	56.11	54.01	58.60	1.33	0.64
ค่า LSQ ที่วัดได้	0.30	0.30	0.27	0.29	0.01	0.75
ชิ้นส่วนตัดแต่ง (% ของน้ำหนักซากเย็น)						
ขาหน้า	4.52	4.50	4.45	4.39	0.06	0.82
ขาหลัง	5.39	5.41	5.33	5.29	0.08	0.94
ไหล่	15.23	15.45	15.43	15.14	0.10	0.65
สะโพกรวม	24.24	25.14	24.42	24.11	0.17	0.18
สันนอกรวมสันคอ	19.30	20.06	19.92	19.14	0.16	0.16
สันใน	1.77	1.75	1.65	1.69	0.03	0.64
สามชั้น	15.15	15.11	14.70	14.96	0.21	0.87
ซี่โครง	3.72	3.74	3.70	3.58	0.05	0.68
หาง	0.70	0.68	0.67	0.66	0.02	0.98
สันนอก	3.50	3.54	3.65	3.51	0.05	0.77
สันคอ	2.74	2.80	3.21	2.91	0.13	0.64
สะโพก	9.77	10.24	10.26	10.19	0.16	0.67

คุณภาพเนื้อของสุกร

จากการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อของสุกรขุนน้ำหนัก 90 -100 กิโลกรัม โดยการใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % ในสูตรอาหารสุกร แสดงไว้ในตารางที่ 12

1. ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อ

ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อสันนอกหลังฆ่าที่ 45 นาที (pH_1) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีผลต่อของความเป็นกรดด่างของเนื้อเท่ากับ 6.34, 6.31, 6.36 และ6.29 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่า (pH_1) สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 และ9 % เล็กน้อย

ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อสันนอกหลังฆ่าที่ 24 ชั่วโมง (pH_u) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีผลต่อของความเป็นกรดด่างของเนื้อเท่ากับ 5.55, 5.59, 5.58 และ5.50 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่า pH_u สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 และ9 % เล็กน้อย

ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อสะโพกหลังฆ่าที่ 45 นาที (pH_1) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีผลต่อของความเป็นกรดด่างของเนื้อเท่ากับ 6.40, 6.46, 6.54 และ6.40 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่า pH_1 ค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 และ9 % เล็กน้อย

ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อสะโพกหลังฆ่าที่ 24 ชั่วโมง (pH_u) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีผลต่อของความเป็นกรดด่างของเนื้อเท่ากับ 5.80, 5.81, 5.86 และ5.78 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่า pH_u สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 และ9 % เล็กน้อย

จากการวัดค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพกหลังฆ่าที่ 45 นาที (pH_1) และวัดที่ 24 ชั่วโมง (pH_u) พบว่าการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารในทุกระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่า pH สูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 และ 9 % เล็กน้อย แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ค่า pH ของเนื้อเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเครียดของสัตว์ก่อนถูกฆ่า หรือขบวนการเปลี่ยนแปลงภายหลังการฆ่า เป็นผลมาจากการย่อยสลายไกลโคเจน โดยผ่าน

ขบวนการ anaerobic metabolism จึงทำให้เกิดการสะสมกรดแลคติกในเนื้อปริมาณที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งการศึกษาครั้งนี้เห็นว่าค่า pH อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมค่า pH ของเนื้อหลังฆ่าที่ 45 นาทีอยู่ระหว่าง 6.29-6.54 และวัดที่ 24 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง 5.50-5.86 สอดคล้องกับการรายงานของ ชัยณรงค์ (2529) กล่าวว่าเมื่อสัตว์ตายแล้วค่า pH ของกล้ามเนื้อจะลดต่ำลงช้าๆ จากค่า pH ประมาณ 7.0 ไปเป็นประมาณ 6.5-6.8 จนกระทั้งถึง 24 ชั่วโมงค่า pH อยู่ที่ประมาณ 5.6-5.7 สอดคล้องกับ สัญชัย (2547) รายงานว่าโดยปกติขณะที่สัตว์ยังมีชีวิตอยู่กล้ามเนื้อจะมีค่า pH ประมาณ 7.2 หลังจากตายแล้วกล้ามเนื้อจะขาดออกซิเจนทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกมีค่า pH ในกล้ามเนื้อจะต่ำลง การวัดหลังฆ่า 45 นาที ค่า pH ไม่ต่ำกว่า 6.0 หรือหากวัดภายใน 24 ชั่วโมง จะมีค่า pH เท่ากับ 5.4-5.8 หากค่า pH ต่ำกว่านี้ จะจัดเป็นเนื้อซีดเหลว และแฉะหรือ PSE (Pale, Soft and Exudative) แต่ถ้า pH_1 มีค่าสูงกว่า 6.0 เนื้อจะถูกจัดเป็นพวกเนื้อคล้ำแห้ง และแข็ง หรือ DFD (Dark Firm Dry) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีค่า pH สอดคล้องกับการศึกษาของ Zeng et al. (2019) มีการใช้ใบหม่อนที่ระดับ 15 % ในสูตรอาหารสุกร พบว่าค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่กลุ่มที่ได้รับใบหม่อนค่า pH มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย โดยวัดที่ 45 นาที pH_1 อยู่ระหว่าง 5.86-6.16 และวัดที่ 24 ชั่วโมง pH_u อยู่ระหว่าง 5.51-5.59 อาจเนื่องมาจากใบหม่อนและใบปอสาจะมีสารต้านอนุมูลอิสระ ทำให้สัตว์สุขภาพแข็งแรงส่งผลต่อคุณภาพของเนื้อเป็นไปในทางที่ดีขึ้น

2. ค่าสีของเนื้อ

ค่าสีของเนื้อสันนอกหลังฆ่าที่ 45 นาที

ค่าความสว่างของเนื้อ (Lightness, L*) พบว่า สุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีความสว่างของเนื้อเท่ากับ 50.68, 52.81, 50.67 และ 51.55 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % มีค่าความสว่างของเนื้อสูงกว่ากลุ่มอื่นเล็กน้อย

ค่าความเป็นสีแดงของเนื้อ (redness, a*) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีความเป็นสีแดงของเนื้อเท่ากับ 17.49, 16.85, 17.54 และ18.25ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 6 และ 9 % ในสูตรอาหาร มีค่าความป็นสีแดงของเนื้อสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 % เล็กน้อย

ค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อ (yellowness, b*) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อเท่ากับ 3.95, 3.74, 3.35 และ3.49 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบ

ปอสาที่ระดับ 3 % ในสูตรอาหาร มีค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 และ 9 % เล็กน้อย

ค่าสีของเนื้อสะโพกหลังฆ่าที่ 45 นาที

ค่าความสว่างของเนื้อ (Lightness, L*) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีความสว่างของเนื้อเท่ากับ 52.46, 53.46, 55.02 และ53.09 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 % มีค่าความสว่างของเนื้อสูงกว่าทุกกลุ่มเล็กน้อย

ค่าความเป็นสีแดงของเนื้อ (redness, a*) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีความเป็นสีแดงของเนื้อเท่ากับ 13.83, 14.31, 14.41 และ14.56 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 9 % ในสูตรอาหารมีค่าความเป็นสีแดงของเนื้อสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 และ 6 % เล็กน้อย

ค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อ (yellowness, b*) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อเท่ากับ 2.66, 3.03. 2.69 และ 2.74 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 % ในสูตรอาหารสุกรมีค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 และ 9 % เล็กน้อย

ค่าสีของเนื้อสันนอกหลังฆ่าที่ 24 ชั่วโมง

ค่าความสว่างของเนื้อ (Lightness, L*) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีความสว่างของเนื้อเท่ากับ 54.01, 54.23, 53.87 และ55.64 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 % มีความสว่างของเนื้อสูงกว่ากลุ่มอื่นเล็กน้อย

ค่าความเป็นสีแดงของเนื้อ (redness, a*) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 แล 9 % มีความเป็นสีแดงของเนื้อเท่ากับ 16.05, 16.07, 16.22 และ16.31 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 9 % ในสูตรอาหารมีค่าความเป็นสีแดงของเนื้อสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 และ 6 % เล็กน้อย

ค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อ (yellowness, b*) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อเท่ากับ 3.47, 3.20, 3.42 และ 3.54 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มสุกร

ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมมีค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อสูงกว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งทุกระดับเล็กน้อย

ค่าสีของเนื้อสะโพกหลังฆ่าที่ 24 ชั่วโมง

ค่าความสว่างของเนื้อ (Lightness, L*) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีความสว่างของเนื้อเท่ากับ 51.16, 51.32, 51.59 และ51.32 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 % มีค่าความสว่างของเนื้อสูงกว่าควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 และ9 % เล็กน้อย

ค่าความเป็นสีแดงของเนื้อ (redness, a*) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % มีความแดงของเนื้อเท่ากับ 17.60, 17.01, 16.92 และ17.76 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่าสุกรได้รับใบปอสาที่ระดับ 9 % ในสูตรอาหาร มีค่าความเป็นแดงของเนื้อสูงกลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 และ 6 % เล็กน้อย

ค่าความเหลืองของเนื้อ (yellowness, b*) พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อเท่ากับ 3.20, 3.04, 3.41 และ 3.46 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 % ในสูตรอาหารมีค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อ สูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 และ 6 % เล็กน้อย (ตารางที่ 12)

จากผลการวิเคราะห์ค่าความสว่างของเนื้อ (L*) ความเป็นสีแดงของเนื้อ (a*) ความเป็นสีเหลืองของเนื้อ (b*) เมื้อวัดที่ 45 นาที และวัดที่ 24 ชั่วโมง ของเนื้อสันนอก และเนื้อสะโพกพบว่าการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรทุกระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่าค่าความเป็นสีแดงของเนื้อ (a*) กลุ่มได้รับใบปอสาในสูตรอาหารที่ระดับ 9 % มีค่าความเป็นสีแดงของเนื้อสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ใช้ใบปอสาหมักแห้งระดับ 3 และ6 % เล็กน้อย อาจเนื่องมาจากในใบปอสามีสารประกอบแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) และสารแคโรทิน (Carotene) ที่เป็นส่วนประกอบสารสีแดง จึ่งพบว่าสีของเนื้อจะมีความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นตามระดับของใบปอสาที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร สอดคล้องกับการศึกษาของ Zeng et al. (2019) ที่ทำการศึกษาผลของใบหม่อนต่อคุณภาพเนื้อของสุกรขุน โดยมีการใช้ใบหม่อนทาระดับ 15 % ในสูตรอาหารสุกร พบว่าค่าสีแดงของเนื้อ (a*) ในกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม จากการศึกษาของ Xianglun et al. (2016) ที่ทำการศึกษาผลของใบแปะก๊วยผง (Ginkgo biloba Leaf) ต่อคุณภาพเนื้อของสุกร โดยเสริมใบแปะก๊วยที่ระดับ 0, 0.05, 0.25 และ0.50 % ในสูตรอาหาร พบว่าค่าความสว่างของเนื้อ (L*)

และค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อ (b*) ไม่มีความแตกต่างกันในทุกกลุ่มการทดลอง แต่ค่าความเป็นสีแดงของเนื้อ (a*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยในกลุ่มที่เสริมใบแปะก๊วยมีค่าความเป็นสีแดงของเนื้อ (a*) สูงกว่ากลุ่มควบคุม และจากการศึกษาของ สมโภชน และคณะ. (2550) ที่ศึกษาการเสริมขมิ้นชันในอาหารสุกรที่ระดับ 0, 4, 8 และ12 % พบว่า ความสว่างของเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทุกกลุ่มการทดลอง แต่ค่าความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีเหลืองของเนื้อ (b*) กลุ่มที่เสริมระดับ 12 % มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมที่ระดับ 4 และ 8 % ซึ่งขมิ้นชันมีส่วนประกอบที่มาจากสารเคอร์คูมินอยด์ (curcuminoid) โดยมีสารให้สี 3 ชนิด คือ curcumin, Turmerone และ Zingiberone โดย สารสีเหล่านี้เปรียบเสมือนมีแคโรทิน (carotene) จำนวนมาก ซึ่งสีของเนื้อแดง (a*) และสีเหลืองของเนื้อ (b*) อาจมาจากสีเหลือง-ส้มของขมิ้นชันก็ได้ เช่นเดียวกับแคโรทิน (carotene) หรือแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) ในอาหารที่มีผลต่อสีของเนื้อ

ตารางที่ 12 ผลของระดับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรต่อค่าสี และ pH ของเนื้อ

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับใบปอสาในสูตรอาหารสุกร (%)				SEM	P-value
	0	3	6	9		
pH เนื้อสันนอก						
pH1	6.34	6.31	6.36	6.29	0.03	0.9
pHu	5.55	5.58	5.59	5.5	0.02	0.52
pH เนื้อสะโพก						
pH1	6.4	6.46	6.54	6.4	0.05	0.76
pHu	5.8	5.81	5.86	5.78	0.04	0.92
ค่าสีหลังฆ่า45 นาที (สันนอก)						
สีสว่าง (L*)	50.68	52.81	50.67	51.55	0.42	0.28
สีแดง (a*)	18.25	16.85	17.54	17.49	0.03	0.46
สีเหลือง (b*)	3.95	3.74	3.35	3.49	0.41	0.3
สะโพก						
สีสว่าง (L*)	52.46	53.46	55.02	53.09	0.74	0.66
สีแดง (a*)	13.83	14.31	14.41	14.56	0.41	0.92
สีเหลือง (b*)	2.66	3.03	2.69	2.74	0.09	0.52
ค่าสีหลังฆ่า 24 ชั่วโมง (สันนอก)						
สีสว่าง (L*)	54.01	54.23	53.87	55.64	0.69	0.79

ตารางที่ 12 ผลของระดับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรต่อค่าสี และ pH ของเนื้อ (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับใบปอสาในสูตรอาหารสุกร (%)				SEM	P-value
	0	3	6	9		
แดง (a*)	16.05	16.07	16.22	16.31	0.22	0.97
สีเหลือง (b*)	3.47	3.2	3.42	3.54	0.13	0.83
สะโพก						
สีสว่าง (L*)	51.16	51.32	51.59	51.32	0.26	0.95
สีแดง (a*)	17.6	17.01	16.92	17.76	0.16	0.23
สีเหลือง (b*)	3.2	3.04	3.41	3.46	0.11	0.53

3. ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ

จากการวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอกจากการแช่เย็นพบว่าสุกรที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % มีการสูญเสียน้ำเท่ากับ 8.22 %, 8.33 %, 8.19 % และ8.44 % ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 % ในสูตรอาหารมีค่าการสูญเสียน้ำน้อยกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 และ 9 % เล็กน้อย

จากการวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพกจากการแช่เย็นพบว่าสุกรที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % มีค่าการสูญเสียน้ำเท่ากับ 6.37 %, 6.14 %, 6.63% และ 6.63 % ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % ในสูตรอาหารมีค่าการสูญเสียน้ำน้อยกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 6 และ 9 % เล็กน้อย

จากการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำจากการทำให้สุกด้วยการต้ม ของเนื้อสันนอกพบว่าสุกรที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ9 % มีการสูญเสียน้ำเท่ากับ 23.54 %, 23.56 %, 23.73 % และ 25.24 % ตามลำดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 % ในสูตรอาหาร มีค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มให้สุกน้อยกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 และ 6 % เล็กน้อย

จากการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำจากการทำให้สุกด้วยการต้ม ของเนื้อสะโพกพบว่าสุกรที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % มีการสูญเสียน้ำเท่ากับ 21.11 %, 22.06 %, 22.02 % และ 22.02 % ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มควบคุมมีค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มให้สุกน้อยกว่ากลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3, 6 และ 9 % เล็กน้อย

จากการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำจากการแช่แข็งของเนื้อสันนอก พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % มีการสูญเสียน้ำเท่ากับ 10.44 %, 9.06 %, 9.06 % และ 8.44 % ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 % ในสูตรอาหารสุกร มีค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่แข็งน้อยกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 และ 9 % เล็กน้อย

จากการวิเคราะห์ความสูญเสียน้ำจากการแช่แข็งของเนื้อสะโพก พบว่าสุกรได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % มีการสูญเสียน้ำเท่ากับ 9.50 %, 10.25 %, 9.11 % และ 8.65 % ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 % ในสูตรอาหารมีค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่แข็งน้อยกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาที่ระดับ 3 และ 6 % เล็กน้อย (ตารางที่ 13)

จากการศึกษาค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอก และเนื้อสะโพกข้างต้น ทั้งจากการแช่เย็น จากการทำให้สุกด้วยการต้ม และการแช่แข็งพบว่าการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารทุกระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับการศึกษาของ Martínez et al. (2005) ที่มีการใช้ใบหม่อนซึ่งเป็นพืชที่อยู่ในสกุลเดียวกับปอสาเป็นอาหารกระต่ายขุนพบว่าไม่มีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นและจากการทำให้สุก สอดคล้องกับการศึกษาของ Zeng et al. (2019) ที่มีการใช้ใบหม่อนระดับ 15 % ในสูตรอาหารสุกรพบว่าความสามารถในการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น และจากการทำให้สุกด้วยการต้มของเนื้อสุกรกลุ่มทดลองมีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าเนื้อสุกรที่มีการสูญเสียน้ำทั้งจากการแช่เย็น จากการทำให้สุกด้วยการต้ม หรือการแช่แข็งนั้นเกิดจากโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพ (Denature) สอดคล้องกับการรายงานของ ชัยณรงค์ (2529) กล่าวว่า ในกล้ามเนื้อสัตว์ที่ยังมีชีวิตจะมีน้ำอยู่ประมาณ 65-80 % ของน้ำหนักกล้ามเนื้อทั้งหมด น้ำเหล่านี้ส่วนใหญ่จะถูกเก็บไว้ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยเกาะตัวอยู่กับโปรตีน ถ้าหากโปรตีนเหล่านี้ไม่เกิดการเสียสภาพ โปรตีนจะสามารถอุ้มน้ำไว้ได้เกือบทั้งหมด แต่กรณีที่เกิดการเสียสภาพน้ำเหล่านั้นจะถูกปล่อยออก

4. ค่าการเกิดออกซิเดชันของเนื้อสันนอก (TBARS)

จากการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของเนื้อสันนอกในวันที่ 1 พบว่าสุกรที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % มีการเกิดออกซิเดชันเท่ากับ 0.013, 0.008, 0.011

และ 0.011 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มควบคุมมีค่าการเกิดออกซิเดชัน สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับใบปอสาในสูตรอาหารที่ระดับ 3, 6 และ9 % เล็กน้อย

จากการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของเนื้อสันนอกในวันที่ 4 พบว่าสุกรที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % มีการเกิดออกซิเดชันเท่ากับ 0.026, 0.020, 0.031 และ 0.026 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 % มีค่าการเกิดออซิเดชันสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารงที่ระดับ 3 และ 9 % เล็กน้อย

จากการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของเนื้อสันนอกในวันที่ 7 พบว่าสุกรที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % มีการเกิดออกซิเดชันเท่ากับ 0.055, 0.036, 0.050 และ 0.031 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มควบคุมมีค่าการเกิดออกซิเดชันสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับใบปอสาในสูตรอาหารที่ระดับ 3, 6 และ 9 % เล็กน้อย

5. ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear force)

จากการวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อสันนอก พบว่าสุกรที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % มีค่าแรงตัดผ่านของเนื้อเท่ากับ 5.16, 5.60, 4.87 และ 4.58 Kg/cm^{3}ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 % มีค่าแรงตัดผ่านของเนื้อต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาในสูตรอาหารที่ระดับ 3 และ 6 % เล็กน้อย

จากการวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อสะโพก พบว่าสุกรที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9 % มีค่าแรงตัดผ่านของเนื้อเท่ากับ 4.83, 5.05, 5.33 และ 5.31 Kg/cm^3 ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มควบคุมมีค่าแรงตัดผ่านของเนื้อต่ำกว่ากลุ่มได้รับใบปอสาในสูตอาหารทดลองที่ระดับ 3, 6 และ 9 % เล็กน้อย

จากการศึกษาค่าการเกิดออกซิเดชั่นของเนื้อที่อายุการเก็บรักษาที่ 1, 4 และ 7 วัน ในกลุ่มที่มีการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารในระดับที่แตกต่างกันพบว่ามีค่าการเกิดออกซิเดชันสูงขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษา จากการรายงานของ Bingwen et al. (2018) พบว่าใบปอสามีสารกลุ่ม phenolic, Flavonoids และ Polyphenolic ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ แต่การใช้ในสูตรอาหารทดลองครั้งนี้ อาจมีสารเหล่านั้นในระดับที่ต่ำจึงไม่เพียงพอต่อการลดออกออกซิเดชั่นของไขมันในเนื้อ และการใช้ใบปอสาหมักแห้งในอาหารสุกรทุกระดับพบว่าไม่มีผลกระทบต่อค่าแรงตัดผ่านของเนื้อเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมเช่นกัน

ตารางที่ 13 ผลของระดับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกรต่อคุณภาพเนื้อของสุกรขุน

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับใบปอสาในสูตรอาหารสุกร (%)				SEM	P-value
	0	3	6	9		
ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสันนอก (%)						
การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น	8.22	8.33	8.19	8.44	0.28	0.98
การสูญเสียน้ำจากการต้มสุก	23.54	23.56	23.73	25.24	0.80	0.81
การสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง	10.44	9.06	9.06	8.44	0.40	0.44
สะโพก (%)						
การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น	6.37	6.14	6.63	6.63	0.64	0.93
การสูญเสียน้ำจากการต้มสุก	21.11	22.06	22.02	22.02	0.85	0.81
การสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง	9.50	10.25	9.11	8.65	0.32	0.38
TBA-RS (มิลิลิตร MDA ต่อกิโลกรัมเนื้อ)						
D1	0.013	0.008	0.011	0.011	0.001	0.66
D4	0.026	0.020	0.031	0.026	0.002	0.45
D7	0.055	0.036	0.050	0.031	0.060	0.47
ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Kg/cm^3)						
สันนอก	5.16	5.60	4.87	4.58	0.40	0.83
สะโพก	4.83	5.05	5.33	5.31	0.28	0.90

หมายเหตุ: T1 คือกลุ่มควบคุม, T2 คือกลุ่มใช้ใบปอสาระดับ 3 %, T3 คือกลุ่มใช้ใบปอสาระดับ 6 %, T4 คือกลุ่มใช้ใบปอสาระดับ 9 %

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของการใช้ระดับของใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารสุกร ต่อสมรรถาพการเจริญเติบโต การย่อยได้ของสูตรอาหาร และคุณภาพซากของสุกรระยะเล็กถึงขุน ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

สรุปผลการทดลอง

1. ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างกลุ่มทดลอง แต่การใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 และ 6% ในสูตรอาหาร ทำให้อัตราการย่อยได้ของโปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต ค่าชีวภาพปรากฏ และพลังงานย่อยได้มีค่าดีกว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9%

2. สมรรถภาพการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างกลุ่มทดลอง แต่การใช้ใบปอสาหมักแห้งระดับ 3 และ 6 % ในสูตรอาหาร ทำให้อัตราการเจริญเติบโต อัตราการกินได้ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว มีค่าสูงกว่ากลุ่มใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 9 % เนื่องจากปริมาณของใบปอสาหมักแห้งที่สูงขึ้นส่งผลให้ระดับของโปรตีนและพลังงานในอาหารลดลง ทำให้มีสมรรถภาพการเจริญเติบโตลดต่ำลง

3. ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มขึ้นน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างกลุ่มทดลอง แต่กลุ่มที่ได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารระดับ 3 และ 6 % มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด

4. ลักษณะซากมีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่ากลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งในสูตรอาหารที่ระดับ 9 % มีน้ำหนักซากอุ่น และน้ำหนักซากเย็นต่ำกว่ากลุมควบคุม และกลุ่มได้รับใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 และ6 % แต่เปอร์เซ็นต์ซาก ความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ดัชนีของความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก และชิ้นส่วนตัดแต่งย่อย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

5. คุณภาพเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างกลุ่มทดลอง แต่กลุ่มใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 6 และ 9 % มีแนวโน้มว่าค่าความเป็นกรดด่างและค่าความเป็นสีแดงของเนื้อมีค่าดีกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ใช้ใบปอสาหมักแห้งที่ระดับ 3 % แต่พบว่าการใช้ใบปอสาหมักแห้งในสูตร

อาหารทุกระดับไม่มีผลกระทบต่อการอุ้มน้ำของเนื้อจากการแช่เย็น การทำให้สุกด้วยการต้ม การแช่แข็ง ค่าการเกิดออกซิเดชันของเนื้อ และค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ

6. ควรใช้ใบปอสาหมักแห้งในอาหารสุกรที่ระดับไม่เกิน 6 % เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และลักษณะซาก ดังนั้นสามารถใช้ใบปอสาหมักแห้งเป็นวัตถุอาหารสุกรเพื่อเป็นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบที่พบได้ในท้องถิ่น

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าไม่ควรใช้ใบปอสาหมักแห้งเกินระดับ 6 % ในสูตรอาหาร การใช้ระดับ 3-9 % ทำให้สีของเนื้อเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะค่าสีแดง (a*) ของเนื้อมีค่าสูงขึ้นตามระดับของการใช้ใบปอสาในสูตรอาหาร การศึกษาในปัจจุบันพบว่า ใบปอสามีคุณสมบัติทางยา มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งในอนาคตอาจมีการนำใบปอสามาทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของใบปอสาต่อองค์ประกอบของเลือดที่มีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันให้ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กรมปศุสัตว์. 2547. **ปอสาพืชท้องถิ่นมีชิวิตพิชิตต้นทุนการเลี้ยงสัตว** [Online]. Available https://www.royal.dld.go.th/royalold/images/pdf/kmporsa.pdf (11 สิงหาคม 2561).

กันยา ตันติวิสุทธิกุล, จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ เจ้าทรัพย์ จันทร์พร. 2545. การสำรวจคุณภาพซากสุกรในประเทศ – ปี 2542. **ว. วิทย. กษ**. 33 **:** 6 **(**พิเศษ): 368**-**372**.**

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2538. ปัจจัยสำคัญทางด้านการผลิตที่มีต่อคุณภาพเนื้อสุกร. **สุกรสาสน์**, 21(83)(53-61).

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, กันยา ตันติวิสุทธิกุล และ รณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2546. การจัดระดับชั้นซากสุกรโดยวิธี LSQ. **ว. วิทย. กษ**. 34**:** 4-6 **(**พิเศษ): 228-231**.**

ชัยณรงค์ คันธพนิ. 2529. วิ**ทยาศาสตร์เนื้อสัตว์** กรุงเทพ: ภาควิชาสัตบาล คณะเกษตร หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทองเลียน บัวจูม. 2551. **โภชนศาสตร์สัตว์เบื้องต้น**. ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

บริษัท แลบอินเตอร์ จำกัด. 2551. **คู่มีโภชนศาสตร์** ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

บุญวงศ์ ไทยอุตสาหห์. 2545. **วัตถุดิบหลักของอุตสาหกรรมกระดาษสา**. มหาวิทยาลัยเกษตร์ศาสตร์.

บุณล้อม ชีวะอิสระกุล, องอาจ ส่องสี และสุขน ตั้งทวีพัฒน์. 2550. องค์ประกอบทางเคมี การย่อยได้และค่าพลังงานของใบกระถินหมักและใบปอสาหมักในสุกร. **เรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่** 45**:** สาขาสัตว์ และสัตวแพทยศาสตร์ม 30 ม.ค. - 2 ก.พ. 2550, กรุงเทพฯ: 7 หน้า

ประวิทย์ รอดจันทร์. 2557. **ผลของระดับการใช้กากกะทิตากแห้งเสริมด้วยเอนไซม์รวมต่อการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารในสุกร**. คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ประเสริฐ โพธิ์จันทร์, สุนม โพธิ์จันทร์ และเสาวคนธ์ โรจนสถิตย์. 2531. **ผลการขุนสุกรโดยใช้หญ้าขนอัตรา 50 % ของอาหารข้น**. ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ซับหวาย อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา**,** กลุ่มงานวิจัยอาหารข้น กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. โครงการวิจัยลำดับที่ 13-0704-29

ยุพา มงคลสุข. 2545. **การขยายพันธุ์ปอสา**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

รัชดาวรรณ พูนพิพัฒน์, ปฏิพัทธ์ อุดมสมุทรหิรัญ, อำพล วริทธิธรรม, จรูญโรจน์ จันทรศิริ และกาญจนา

ธรรมรัตน์. 2556. **การศึกษาการใช้ผลฟักทองและใบปอสาหมักเลี้ยงสุกรลูกผสมพื้นเมือง x เปียแตรง.** เลขทะเบียนวิชาการ: 56(2)-0214-055, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ: 10 หน้า.

ฤดี ธีระวนิช. 2545. **การตลาดกระดาษสาและผลิตภัณฑ์**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

วันดี ทาตระกูล, ทินกร ทาตระกูล และกุลยาภัสร์ วุฒิจารี. 2555. ประสิทธิภาพการย่อยได้ของแหนแดงในอาหารสุกรรุ่น. **แก่นเกษตร**, 40(468-471).

สมโภชน ทับเจริญ, ศรีสุวรรณ ชมชัย, เกรียงศักดิ์สะอาดรักษ์, ชฎา พิศาลพงศ, วิมลมาศ ดิลกวิลาศ และเสาวลักษณ์ ผองลำเจียก. 2550. ผลของการเสริมกากขมิ้นชันในอาหารต่อสมรรถการการผลิต และคุณภาพซากของสุกรในระยะรุ่น-ขุน. **กองประชุมทางวิชาการของ หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45:** สาขาสัตว์ และสัตวแพทยศาสตร์ กรุงเทพฯ

สมศักดิ์ เภาทอง. 2557. **การใช้วัตถุดิบพื้นบ้านเป็นอาหารสุกรและสัตว์ปีก.** สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษสตรและสหกรณ์

สัญชัย จตุรสิทธา. 2547. **การจัดการเนื้อสัตว์**. ภาควิชาสัตวศาสตร์คณะเกศตรศาสตร์ หาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200.

สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2560. **ปอสาและการทำกระดาษสา**. [Online]. Available http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/other/other28.pdf (15 เมษายน 2561).

สาโรช ค้าเจริญ. 2547. **อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง**. มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาตร์

สุทัศน์ ศิริ. 2540. **การจัดการฟาร์มสุกร**. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ISBN 974-656-092-1.

องอาจ ส่องสี, น้อย สิงห์เส, ยุวธิดา สายเลิศ, วิชชัย สนิทแปลง และขนิษฐา ตื้อปั้น. 2544. **ผลการเสริมใบสาในสูตรอาหารที่ระดับโปรตีน 16 % ที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตสุกรขุน น้ำหนัก 60-90 กิโลกรัม.** รายงานวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลน่าน

องอาจ ส่องสี, สุชน ตั้งททวีวิพัฒน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2550. ผลของการใช้ใบกระถินหมักและใบปอสาหมักในอาหารสุกรรุ่น-ขุน. **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45**: สาขาสัตว์ และสัตวแพทยศาสตร์, 30 ม.ค. - 2 ก.พ. 2550, กรุงเทพฯ: 274-280

อำนาจ เจรีรัตน์, วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และกล้าณรงค์ ศรีรอต. 2543. การใช้ประโยชน์จากใบปอสาเพื่อผลิตเป็นอาหารสำหรับสัตว์. **กองประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38:** สาขาประมงและสาขาวิทยาศาสตร์ 1- 4 กุมภาพันธ์ 2543.

Ammaly P, Thanongsinh D, Tassilo T, Phonepaseuth P and Phonepaseuth P. 2011.

Effect of replacing soybean meal with cassava, paper mulberry and wild sun-flower leaf meals in maize based diets for local weaned pigs **International Center for Tropical Agriculture (CIAT) P.O.Box 783, Vientiane, Lao PDR.**

AOAC. 1990. **Officical Methods of Analysis Associa tionon of officical Analytical Chemists**. [Online]. Available https://www.researchgate.net/publication/289380195 (15 เมษายน 2561).

Bingwen Si, Hui Tao, Xiaoli Zhang, Jiangpeng Guo, Kai Cui, Yan Tu and Diao., Q. 2018. Effect of Broussonetia papyrifera L. (paper mulberry) silage on dry matter intake, milk composition, antioxidant capacity and milk fatty acid profile in dairy cows. **Anim Sci** 31(8).

Gajana S, Nkukwana T and Marume U. 2013. Effect of transportation time, distance, stocking density, temperature and Lairage time on incidences of Pale Sofe Exudative (PSE) and the physic-chemical characteristics of pork. **Meat. Sci**, 95(520-525.

Marcus J. Curtis-Long, Sunin Jung, Il Yun Jeong, Dong Sub Kim, Kyu Young Kang and Ki Hun Park. 2012. Anticholinesterase potential of flavonols from paper mulberry (Broussonetia papyrifera) and their kinetic studies. **Food Chemistry** 132(1244-1250)

Martínez M, Motta W, Cervera C and M, P. 2005. Feeding mulberry leaves to fattening rabbits: effects on growth, carcass characteristics and meat quality. **Animal Science 2005, 80: 275-281**.

National Research Council. 1998. **Subcommittee on Swine Nutrition Committee on Animal Nutrition National Research Council**. [Online] . Available http://docshare04.docshare.tips/files/27392/273923703.pdf (15 เมษายน 2561).

Obour R, Oppong S. K and K., A. I. 2017. Chemical Composition and Nutritive Value of Invasive Exotic Species in Ghana. **Journal of Natural Sciences Research** 7(20), 45-53.

Phiny. C., Preston. T. R. and J., a. L. 2003. Mulberry (Morus alba) leaves as Protein source for young Pigs fed rice-based: Digestibility studies. **Livestock Research for Rural Development**, 15 (11)

Viengsakoun Napasirth. 2011. **Pricpleof Feed Analysis**. Livestock and fishery

Department Agriculture Faculty, National University of Lao.

Xianglun Zhang, Peng Lu, Wenyue Xue, Dawei Wu and Wen., C. 2016. Effect of Ginkgo biloba Leaf Powder on Growth Performance, Meat Quality and Antioxidant Activity of Muscle in Growing-Finishing Pigs. **Pakistan J. Zool**, 48(5).

Yang Qing-chun, Chan Shao-hong and Liu you. 2014. Effect of B. Papyrifera leaves on performance, Meat Quality and Nutrient Apparent Digestibility of Fattening Pig. **Henan Agricultural Sciences**, 43(7).

Zeng Zhu, JIANG Jun-jie, YU Jie, M. X.-b. and YU Bing, C. D.-w. 2019. Effect of dietary supplementation with mulberry (Morus alba L.) leaves on the growth performance, meat quality and antioxidative capacity of finishing pigs. **Integrative Agriculture**, 1(18), 143-151.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

การวิเคราะห์องค์ประกอบของโภชนะด้วยวิธี Proximate analysis

การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ประมาณ 500-1,000 กรัม มาบดผ่านตะแกงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร แล้วผสมให้เข้ากัน หากตัวอย่างไม่สามารถทำการบดให้ทำการลดขนาดตัวอย่างให้ละเอียดเท่าที่สามารถทำได้ สำหลับกากน้ำตาลไม่ต้องทำการบด

1. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

การวิเคราะห์ความชื้นแบบ Drying นั้นเป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะสะดวก มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่า และไม่เสียเวลามาก โดยเฉพาะรูปแบบ Direct Heating Method ซึ่งในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ได้ใช้วิธี Direct Method โดยดัดแปลงจาก AOAC (1998) และในการวิเคราะห์แต่ละตัวอย่างควรทำการวิเคราะห์อย่างน้อยที่สุด 2 ซ้ำ เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและแม่นยำ

อุปกรณ์

1.1 เตาอบแห้ง (hot air over)

1.2 ขวดชั่ง หรือจานอะลูมิเนี่ยม

1.3 โถอบแห้งที่บรรจุสารดูดความชื้น

1.4 คีม

1.5 เครื่องชั่งดีจิตอล

วิธีการ

1. นำขวดชั่งไปอบที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่งโมง เมื่อครบกำหนดใช้คีมจับออกมาใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งและจดน้ำหนักไว้

2. ตักตัวอย่างอาหารใส่ขวดชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด 2-3 กรัม ชั่งน้ำหนักไว้

3. นำขวดชั่งที่บรรจุตัวอย่างอาหารไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในระหว่างอบจะต้องเปิดฝาขวดชั่ง

4. นำขวดชั่งออกจากตู้อบ ปิดฝาขวดชั่ง แล้วนำเอาไปใส่โถอบแห้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที ให้ตัวอย่างเย็น แล้วจึงนำไปชั่งและบันทึกน้ำหนักไว้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(\text{ก} - \text{ข})}{\text{ค}} \times 100$$

ก = น้ำหนักขวดชั่งรวมตัวอย่างก่อนอบแห้ง

ข = น้ำหนักขวดพร้อมตัวอย่างหลังอบที่ 95-100 องศาเซลเซียส

ค = น้ำหนักขวดตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

ปริมาณเถ้าทั้งหมด (Total ash) ในอาหารสัตว์คือ ส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ที่เหลืออยู่หลังจากสารอินทรีย์ถูกเผาไหม้หมด ปริมาณเถ้าที่เหลืออยู่ไม่จำเป็นต้องอยู่ในลักษณะเดิมหรือปริมาณเดิมที่พบในอาหารเพราะบางส่วนอาจระเหยไป บางส่วนอาจแปรสภาพ โดยทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบอื่นขณะเผาด้วยความร้อนสูง โดยทั่วไปปริมาณเถ้าที่พบในอาหารค่อนข้างจะคงที่สำหรับอาหารชนิดนั้นๆ ถ้าหากพบว่ามีปริมาณสูงกว่าปกติแสดงว่ามีการปลอมปนหรือเจือปน

การวิเคราะหาเถ้าทั้งหมด (AOAC, 1990)

อุปกรณ์

2.1 ถ้วยหรือจานกระเบื้อง

2.2 โถอบแห้ง

2.3 เตาเผา

2.4 แผ่นความร้อน

2.5 ตู้ควัน

2.6 คีม

2.7 เครื่องชั่ง

วิธีการ

1. นำถ้วยกระเบื้องที่สะอาดและแห้ง มาเขียนเลขกำกับตามลำดับของตัวอย่างอาหาร แล้วนำเอาไปเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

2. นำถ้อยกระเบื้องออกจากเตาเผา ตั้งไว้บนแผ่นกระเบื้องให้เย็นนำไปวางในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้

3. ตักตัวอย่างอาหารใส่ในถ้วยกระเบื้องประมาณ 2-3 กรัม แล้วชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้

4. นำถ้วยกระเบื้องพร้อมตัวอย่างไปเผาบนแผนความร้อนในตู้ควันจนกระทั้งหมดควัน

5. นำถ้วยกระเบื้องพร้อมตัวอย่างไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะได้เถ้าที่สมบูรณ์ คือเป็นสีเทาออกขาว จากนั้นนำถ้วยกระเบื้องออกมาตั้งทิ้งให้เย็นสักครู่บนแผ่นกระเบื้องเคลือบ แล้วนำถ้วยเผาใส่โถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมด (\%)} = \frac{(\text{ก} - \text{ข})}{\text{ค}} \times 100$$

ก = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องรวมเถ้าหลังเผา

ข = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังเผา

ค = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

3. การวิเคราะหาเถ้าที่ไม่ละลายในกรดและเถ้าที่ละลายในกรด (AOAC, 1990)

อุปกรณ์

อุปกรณ์ตามการวิเคราะห์หาเถ้าทั้งหมด

1. ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร
2. บีคเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. กรวยกรอง
4. กระดาษกรองชนิดไม่มีเถ้า
5. ขวดล้างพร้อมน้ำกลั่น

วิธีการ

1. นำถ้วยกระเบื้องพร้อมเถ้าแบบวิธี ก มาแล้วหยดน้ำกั่นลงไป 2-3 หยด

2. ถ่ายเถ้าลงไปในบีคเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วล้างถ้วยกระเบื้องเคลือบด้วย HCl 10% (v/v) การล้างทุกครั้งให้เทใส่บีคเกอร์

3. เติม HCl 10% (v/v) 25 มิลลิลิตร แล้วปิดด้วยกระจกนาฬิกา

4. นำบีคเกอร์ไปต้มให้เดือดช้าๆ โดยใช้ความร้อนต่ำๆ บนแผนความร้อนเมื่อสารละลายเดือดทำการจับเวลาประมาณ 5 นาที

5. กรองสารละลายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลีลิตร โดยใช้กระดาษกรองที่ไม่มีเถ้า ใช้น้ำกลั่นร้อนล้างตะกอนในบีคเกอร์ลงบนกระดาษกรอง

6. เติมน้ำกลั่นลงในขวดวัดปริมาตรจนได้ปริมารตร 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บในตู้เย็นหรือในที่มืด และเย็น เพื่อนำไปวิเคราะห์หาแคลเซียม และฟอสฟอรัสต่อไป

7. นำกระดาษกรองพร้อมตะกอนที่กรองได้ใส่ในถ้วยกระเบื้องใบเดิมแล้วนำไปเผาในเตาเผาตามวิธีวิเคราะหาเถ้าทั้งหมด

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (\%)} = \frac{(\text{ก} - \text{ข})}{\text{ค}} \times 100$$

ก = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องพร้อมเถ้าหลังจากใช้กรดละลาย

ข = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังเผา

ค = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

ปริมาณเถ้าที่ละลายได้ในกรด (%) = ปริมาณเถ้าทั้งหมด (%) – ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (%)

4. การวิเคราะห์หาโปรตีน

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ส่วนใหญ่มักนิยมใช้หลักการของ Johan Kjel-dahl ซึ่งเป็นวิธีสะดวกและเสียค่าใช้จ่ายไม่มากนัก การวิเคราะห์ดังกล่าวได้มีการพัฒนาเป็นหลายวิธี ซึ่งมีหลักการในแต่ละขั้นตอนและวิธีการคำนวณหาปริมาณในตัวอย่างดังนี้

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. การย่อยเป็นขั้นตอนแรกที่นำตัวอย่างอาหารมาย่อยด้วยกรดกำมะถันเข้มข้น มีผลให้ไนโตรเจนทั้งหมดที่มีในอาหารเปลี่ยนรูปมาเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต

2. การกลั่น เป็นการไล่แก๊สแอมโมเนียออกจากแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้ด่างโซเดี่ยมไฮดรอกไซด์ผสมในตัวอย่างอาหารที่ย่อยแล้ว แอมโมเนียจะถูกกลั่นออกมาทำปฏิกิยากับกรดมาตฐานที่มีจำนวนเกินพอ

3. การไตรเตรทเพื่อคำนวนหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในอาหาร ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนไตรเตรทมีดั่งนี้

อุปกรณ์

1. เครื่องย่อยไนโตรเจน
2. เครื่องกลั่นไนโตรเจน
3. ขวดชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
4. ขวดน้ำกลั่น
5. หลอดย่อย

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษชั่งสาร 0.5 - 1.0 กรัม (Blank ไม่มีตัวอย่าง)

2. เติมสารเร่งปฏิกิริยาผสมประมาณ 2 กรัม และ H_2SO_4 เข้มข้น 10 มิลลิลิตร

3. นำเอาหลอดย่อยวางบนบล็อกย่อย เปิดเครื่องให้ความร้อน ปรับอุณหภูมิที่ 420 องศาเซลเซียส และทำการย่อยประมาณ 2 ชั่วโมง โดยสังเกตจากตัวอย่างเมื่อถูกย่อยสมบูรณ์จะได้สารละลายใส

4. ปิดเครื่องให้ความร้อน แต่เปิดพัดลมดูดอากาศไว้ ทิ้งหลอดย่อยไว้ให้เย็น

5. นำหลอดย่อยไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นไนโตรเจน โดยก่อนนำไปสวมกับเครื่องกลั่นให้เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

6. ใช้ปิเปตดูดสารละลาย H_3BO_3 4% (w/v) จำนวน 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม Screened methyl red indicator 4 หยด นำไปต่อเข้ากับส่วนปลายท่อของเครื่องกลั่น โดยให้ปลายท่อกลั่นจุ่มอยู่ในสารละลาย

7. เมื่อกดปุ่มให้เครื่องกลั่นทำงาน เครื่องจะเติมสารละลาย NaOH 45% จำนวน 50 มิลลิลิตรโดยอัตโนมัติและเครื่องจะทำการกลั่น 5 นาทีซึ่งเป็นเวลาที่ได้รับการตรวจสอบแล้วว่าไนโตรเจนในตัวอย่างสามารถกลั่นออกมาเป็นก๊าซแอมโมเนียได้สมบูรณ์

8. เมื่อเครื่องกลั่นหยุดทำงานให้นำขวดรูปชมพู่ออกจากเครื่องกลั่นโดยใช้น้ำกลั่นล้างปลายท่อเล็กน้อยและนำส่วนปลายท่อจุ่มน้ำกลั่นที่เตยไว้ในขวดรูปชมพู่บรรจุแทน

9. นำสารละลายในขวดรูปชมพู่ไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 0.1 นอร์มอล จนกระทั้งถึงจุดยุติ คือเมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อนใกล้เคียงกับสีที่ได้จากการไตเตรท blank และจดบันทึกไว้

การคำนวณ

1. มิลลิลิตรของ H_2SO_4 0.1 นอร์มอล ทำปฏิกิริยาได้พอดีกับไนโตรเจน 0.014007 กรัม

$$\% \text{ ไนโตรเจน} = \frac{(\text{ก} - \text{ข}) \times 1.4007}{\text{ค}} \times 100$$

ก = มิลลิลิตรของ H_2SO_4 มาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทสารละลายจากตัวอย่าง

ข = มิลลิลิตรของ H_2SO_4 มาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทสารละลายจาก blank

ค = ความเข้มข้นของสารละลาย H_2SO_4 มาตรฐานที่ใช้จริงๆ

ต = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

หมายเหตุ: โปรตีนโดยทั่วไปจะประกอบด้วยไนโตรเจน 16% ดังนั้นค่า conversion factor โดยเฉลี่ยสำหรับอาหารทั่วไปคือ 100/16 = 6.25 หากต้องการหาค่าที่เฉพาะสำหรับอาหารแต่ละชนิดก็สามารถทำได้เช่นข้าวสาลีทั้งเมล็ดใช้ค่า 5.83 นมและผลิตภัณฑ์นมใช้ค่า 6.38 ถั่วเหลืองใช้ค่า 5.71 รำใช้ค่า 6.31 เป็นต้น

5. การวิเคราะห์หาไขมันรวม

ในการวิเคราะห์แบบ Proximate analysis จะอนุมานว่าสารที่ละลายในตัวทำลายเช่น ether dichloromethane หรือสารละลายผสม เช่น chloroform ผสมกับ methanol ทั้งหมดเป็นไขมัน ซึ่งความคลาดเคลื่อนสามารถเกิดได้จากการมีสารชนิดอื่นที่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายดังกล่าวเช่น plant pigments และ wax อย่างไรก็ตาม โดยปกติแล้วความผิดพลาดดังกล่าวน้อยมาก

อุปกรณ์

1. Soxhlet apparatus
2. Thimble
3. ตู้อบ
4. โถอบแห้ง
5. ขวดแก้วก้นแบนขนาด 250 มิลลิลิตร
6. สำลี
7. คีมชนิดจับขวดแก้วก้นแบน
8. แผ่นความร้อน
9. ขาตั้งพร้อมที่ยึด

วิธีการ (ดัดแปลงจาก AOAC method 920.39, 1998)

1. นำขวดก้นแบนที่สะอาดมาเขียนเลขเรียงลำดับ แล้วนำเอาไปเข้าตู้อบที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2. นำมาทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วนำไปชั่งและจดบักทึกไว้

3. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัมบนกระดาษกรองจดน้ำหนักตัวอย่างแล้วห่อตัวอย่างใส่ลงใน Thimble แล้วปิดด้วยสำลี

4. นำ Thimble ไปใส่ใน Soxhlet

5. ต่อ Soxhlet เข้ากับเครื่องควบแน่น

6. เติม Dichloromethane ลงในขวดก้นแหลมประมาณ 2/3 ของขวด (150 ml) แล้วนำเอาไปต่อเข้ากับ Soxhlet และแผ่นความร้อน

7. เปิดน้ำผ่านเครื่องควบแน่น แล้วเปิดความร้อนของแผ่นความร้อนโดยให้อุณหภูมิระหว่างการสกัดประมาณ 35-38 องศาเซลเซียส โดยสังเกตจากการหยดของสารละลายจากเครื่องควบแน่นให้หยดช้าๆ ถ้าให้อัตราการควบแน่นเป็น 5-6 หยดต่อวินาที จะใช้เวลาในการสกัดประมาณ 4 ชั่วโมง และหากอัตราการควบแน่น เป็น 2-3 หยด จะใช้เวลาประมาณ 16 ชั่วโมง พร้อมกันนี้ให้พิจารณาชนิดของตัวอย่างประกอบด้วย

8. เมื่อครบกำหมดเวลา เทสารละลายออกจาก Soxhlet ทำซ้ำจนเหลือสารละลายในขวดก้นแบนน้อยที่สุด โดยขั้นตอนนี้สามารถเพิ่มอุณหภูมิของสารสกัดเป็น 52-60 องศาเซลเซียส และทำการถอด Soxhle ออกจากขวดก้นแบนและเครื่องควบแน่น ตั้งขวดก้นแบนบนแผ่นความร้อนจนเกือบแห้ง

9. นำขวดก้นแบนไปใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำเอาออกมาตั้งทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง ก่อนชั่งน้ำหนัก และจดบันทึกไว้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{(\text{ก} - \text{ข})}{\text{ค}} \times 100$$

ก = น้ำหนักขวดก้นแบน

ข = น้ำหนักขวดก้นแบนหลังจากสกัดไขมันและอบแห้ง

ค = น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการวิเคราะห์

6. การวิเคราะห์หาเยื่อใย

เยื่อใยรวม (Crude Fiber) ประกอบด้วย Cellulose, hemicelluloses, pectin และ lignin ซึ่งจัดเป็นคาร์โบไฮเดรทชนิดหนึ่งที่มีน้ำย่อยของสัตว์ที่สามารถย่อยได้ ดังนั้นสัตว์จึงใช้ประโยชน์จากเยื่อใยไม่ได้ ยกเว้นในสัตว์กระเพาะรวม จะมีเอนไซม์จากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (Rumen) สามารถย่อยเยื่อใยเป็นประโยชน์ต่อร่างกายได้ในการปฏิบัติเคมีนั้น เยื่อใยรวมหมายถึงสิ่งที่เหลือของอาหารซึ่งไม่ละลาย หลังจากต้มด้วยสารละลายกรดและด่างเจือจาง ซึ่งสองขั้นตอนนี้จะเป็นจำลองสภาพความเป็นกรดและด่างในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก ความคลาดเคลื่อนของการหาเยื่อใยรวมด้วยวิธีนี้เกิดจากการที่ hemicelluloses บางส่วนอาจจะละลายในสารละลายกรดและด่าง ทำให้ค่าคำนวณได้น้อยกว่าค่าเยื่อใยรวมที่แท้จริง อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์เยื่อใยรวมแม้จะไม่ได้บ่งชี้ถึงการย่อยได้ของอาหาร แต่ก็เป็นดัชนีชี้ให้เห็นว่า อาหารเหลือวัตถุดิบอาหารชนิดนั้นน่าจะมีประโยชน์ต่อสัตว์มากน้อยเพียงใด

อุปกรณ์

1. เครื่องย่อยหาเยื่อใย
2. ผ้ากรอง (ผ้าลินินที่มีด้าย 45 เส้นต่อนิ้ว)
3. Crucible
4. บีคเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร
5. โถอบแห้ง
6. ขวดกรอง
7. กรวยกรอง
8. เครื่องดูดสูญญากาศ
9. เครื่องอบ
10. เตาเผา

วิธีการ (ดัดแปลงจาก AOAC, 1998)

1. นำตัวอย่างอาหารที่ผ่านการวิเคราะห์ไขมันมาแล้ว ชั่งให้ได้จำนวนที่แน่นอนประมาณ 2-3 กรัมใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตรที่ทำเครื่องหมายไว้ที่ระดับ 200 มิลลิลิตร

2. เติม H_2SO_4 1.25 % (w/v) จำนวน 200 มิลลิลิตรแล้วนำเอาไปต่อเข้ากับเครื่องควบแน่นของเครื่องย่อยและทำการต้มให้เดือด ถ้ามีฟองเกิดขึ้นให้เติม Antifoam 1 หยด ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที

3. นำเอาไปกรองด้วยผ้าลินินบน Buchner funnel ที่ต่อกับขวดกรองและเครื่องดูดสุญญากาศ ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นร้อยจนสภาพความเป็นกรดหมดไป

4. ถ่ายตะกอนใส่บีกเกอร์ใบเดิม เติม NaOH 1.25 % (w/v) จำนวน 200 มิลลิลิตร ต่อเข้ากับเครื่องควบแน่น ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที

5. นำเอาไปกรองด้วยผ้าลินินบน Buchner funnel ที่ต่อกับขวดกรองและเครื่องดูดสุญญากาศล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นร้อยจนสภาพความเป็นกรดหมดไป

6. ล้างตะกอนด้วยเอทธิลแอลกอฮอล์ 95 % (w/v) หรืออะซีโตน 100 % ประมาณ 20-25 มิลลิลิตร

7. ถ่ายตะกอนใส่ใน Crucible แล้วนำเอาไปอบไล่ความชื้นให้แห้งในตู้อบที่ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

8. นำเอา Crucible ออกมาตั้งทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วนำเอาไปชั่งน้ำหนักไว้

9. นำเอาไปเผาที่เตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำเอามาตั้งทิ้งให้เย็นบนกระดาษกระเบื้องเคลือบและนำเอาไปตั้งทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเยื่อใย (\%)} = \frac{(\text{ก} - \text{ข})}{\text{ค}} \times 100$$

ก = น้ำหนัก Crucible รวมตะกอนหลังย่อยและอบแห้ง

ข = น้ำหนักของ Crucible รวมเถ้าหลังเผา

ค = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

7. การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรท

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (Nitrogen Free Extract, NFE) ในอาหารสัตว์และวัตถุดิบอาหารสัตว์สามารถคำนวณได้ดังนี้

Nitrogen Free Extract, NFE (%) =100 – ซ – ถ – ป – ข – ย

ซ = % ความชื้นของตัวอย่างอาหาร

ป = % โปรตีนของตัวอย่างอาหาร

ย =% เยื่อใยของตัวอย่างอาหาร

ถ = % เถ้าของตัวอย่างอาหาร

ข = % ไขมันของตัวอย่างอาหาร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	Mrs Manichan Phetthavong
เกิดเมื่อ	16 fubuary 1985
ประวัติการศึกษา	2017 - 2019: Master Degree in Animal Science at Maejo University, Thailand. 2007 - 2010: Bachelor Degree in Animal Science at National University of Laos
ประวัติการทำงาน	2010-Present: Lecturer at Dongkhamxang Agriculture and Forestry College, Vientiane, Lao PDR.

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY