ผลของการใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) ที่มีการปรับปรุง คุณภาพโดยการเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักต่อ ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก ของสุกรพันธุ์ราด

Souliphong Khounthavong

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2562

ผลของการใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) ที่มีการปรับปรุง คุณภาพโดยการเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักต่อ ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก ของสุกรพันธุ์ราด

Souliphong Khounthavong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลของการใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) ที่มีการปรับปรุง คุณภาพ
โดยการ
เสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักต่อ ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต
ลักษณะ
ซาก คุณภาพเนื้อ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก ของสุกรพันธุ์ราด

Souliphong Khounthavong

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

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

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

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

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

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

ชื่อเรื่อง ผลของการใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) ที่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยการ เสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลักษณะ ซาก คุณภาพเนื้อ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก ของสุกรพันธุ์ราด

ชื่อผู้เขียน Mr.Souliphong Khounthavong

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ ดร.จุฬากร ปานะถึก

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) ที่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยการเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กของสุกรพันธุ์ราด โดยใช้สุกรพื้นเมืองสายพันธุ์ราดเพศผู้ตอน อายุประมาณ 60 วัน น้ำหนักเริ่มต้นโดยเฉลี่ย 9.04±0.99 กิโลกรัม จำนวน 32 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยแต่ละซ้ำประกอบด้วยสุกรจำนวน 2 ตัว เลี้ยงภายในคอกเดียวกัน สุ่มสุกรในแต่ละหน่วยทดลองให้ได้รับอาหารในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (ไม่มีการใช้ผักโขมในสูตรอาหาร) กลุ่มที่ 2 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมแห้งบดร้อยละ 20 กลุ่มที่ 3 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมแห้งบดร้อยละ 20 และเสริมด้วยเอนไซม์ (Hostazym® X Enzyme; 0.01%, w/w) กลุ่มที่ 4 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมหมักแห้งบดร้อยละ 20 โดยอาหารทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ช่วงน้ำหนัก 8 – 30 กิโลกรัม อาหารทุกกลุ่มถูกคำนวณให้มีปริมาณโปรตีน 17 เปอร์เซ็นต์และพลังงาน 3,100 กิโลแคลอรี่ และช่วงน้ำหนัก 30 – 50 กิโลกรัมอาหารทุกกลุ่มถูกคำนวณให้มีปริมาณโปรตีน 15 เปอร์เซ็นต์และพลังงาน 3,100 กิโลแคลอรี่ ผลการศึกษาพบว่า การใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์และการใช้ผักโขมหมักแห้งบดทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งและการย่อยได้ของโปรตีน เยื่อใย ไขมัน NDF และ ADF สูงกว่า ($P<0.01$) กลุ่มการใช้ผักโขมแห้งบดอย่างเดียว ซึ่งอาหารที่มีการใช้ผักโขมแห้งบดเสริมเอนไซม์และผักโขมหมักแห้งบดส่งผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรพันธุ์ราดที่สูงกว่า ($P<0.01$) และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารไปเป็นน้ำหนักตัวต่ำกว่า ($P<0.01$) กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมด้วยผักโขมแห้งบดอย่างเดียว และเมื่อประเมินต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (FCG) พบว่ากลุ่มที่ 2 สามารถลด

ต้นทุนค่าอาหาร 20.46 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 3 และ 4 ลดต้นทุนค่าอาหารเฉลี่ยได้ถึง 31 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนค่าอาหารของกลุ่มการทดลองที่ 1 ด้านลักษณะซากและคุณภาพเนื้อพบว่า อาหารที่มีการใช้ผักโขมแห้งบดเสริมเอนไซม์และผักโขมหมักแห้งบดส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ซากอุ่น พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ส่วนตัดชิ้นส่วนสันรวมกระดูกสูงกว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมด้วยผักโขมแห้งบด($P<0.01$) แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อมีค่าที่ดีกว่า ($P<0.01$) นอกจากนี้ พบว่าการใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์และผักโขมหมักแห้งบดส่งผลต่อพื้นที่ของวิลไลและความสูงของวิลไล ($P<0.01$) สูงกว่ากลุ่มที่อาหารที่ไม่ใช้ผักโขมและการใช้ผักโขมแห้งบดอย่างเดียว จากผลการทดลองในครั้งนี้สรุปได้ว่า การปรับปรุงคุณภาพของผักโขมใช้เอนไซม์หรือการใช้วิธีการหมักสามารถทำให้ใช้ผักโขมในสูตรอาหารได้สูงถึงร้อยละ 20 ในสูตรอาหารและส่งผลต่อประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตที่ดีในสุกรสายพันธุ์ราด

คำสำคัญ : ผักโขม, เอนไซม์ย่อยเยื่อใย, การหมัก, สุกรพันธุ์ราด

Title EFFECTS OF IMPROVE AMARANTH MEAL QUALITY (*AMARANTHUS SPINOSUS* L.) BY EXOGENOUS FIBROTIC ENZYME SUPPLEMENTATION OR FERMENTATION PROCESS ON GROWTH PERFORMANCES, CARCASS AND INTESTINAL HISTOMORPHOLOGY OF NATIVE LATH PIGS

Author Mr. Souliphong Khounthavong

Degree Master of Science in Animal Science

Advisory Committee Chairperson Dr. Julakorn Panatuk

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effects of Amaranth (*Amaranthus spinosus* L.) meal quality improvement by exogenous fibrolytic enzyme supplementation or fermentation process on growth performances, carcass characteristic, meat quality and intestinal histomorphology of native Lath pigs. A total of 32 castrated male native Lath pigs (around 60-days old; initial body weight 9.04 ± 0.99 kg) were randomly allotted to 4 dietary treatments (4 replicate pens of 2 pigs per pen) in Completely Randomized Design (CRD). Four dietary treatments were T1: Basal diet (Control group), T2: Replacement soybean meal with amaranth meal 20%, T3: Replacement soybean meal with amaranth meal 20% plus Hostazym® X Enzyme 0.01 % (w/w) and T4: Replacement soybean meal with amaranth meal silage 20%. The diet in this experiment was divided into 2 phases. The first phase (pig weight 8 – 30 kg.) all dietary groups were calculated with 17 % crude protein and 3,100 kcal ME/kg and the second phase (pig weight 30 – 50 kg.) all dietary groups were calculated with 15 % crude protein and 3,100 kcal ME/kg. The results found that growth performances of Lath pigs fed with diet supplementation with amaranth meal replacement soybean meal plus enzyme and diet with amaranth meal silage 20% was higher than Lath pigs fed with control diet and diet with amaranth meal 20%

(P<0.01) while feed intake were not significantly different among treatments (P>0.05). Compared to the treatment feed conversion per gain (FCG) in treatment 2 lower 20.46% and treatment 3 and 4 lower approximately 31% Pig fed diet supplementation amaranth with enzyme and fermented amaranth meal also affected the warm carcass percentage, whole loin part percentage and water holding capacity (WHC) which was higher than control diet and diet with amaranth meal 20% (P <0.01). In addition, Pig fed diet supplementation amaranth with enzyme and fermented amaranth meal had villus high and area higher than Pig fed control diet and diet with amaranth meal 20% (P <0.01). Based on this study, it can be concluded that Amaranth meal quality improvement by exogenous fibrolytic enzyme supplementation or fermentation process could be used in 20% of feed and increase productive performances of native Lath pigs.

Keywords : amaranth meal, fibrolytic enzyme, fermentation process, Lath pigs

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นรูปเล่มสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาในการให้คำปรึกษา และการช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.จุฬากร ปานะถึก อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ ดร.จำรูญ มณีวรรณ และ ผศ.ดร.บัวเรียม มณีวรรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำในการดำเนินงานทดลอง การวางแผนการทดลอง แนวทางในการดำเนินงานทดลอง แนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินงานทดลอง ตลอดจนการตรวจสอบ และการแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณอาจารย์ บุคลากร เจ้าหน้าที่ทุก ๆ ท่าน ในสาขาอาหารสัตว์ และสาขาการผลิตสุกร คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ในการทดลอง และกรุณาแนะนำด้านการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ

ข้าพะเจ้าขอขอบพระคุณ บริษัท ฮูเวฟาร์มา ประเทศไทย จำกัด ที่ได้สนับสนุนเอนไซม์ที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ Northern Agriculture and Forestry College สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเลี้ยงสุกร และขอขอบพระคุณ Northern smallholder Livestock Commercialization Project (ADB) สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่สนับสนุนทุนการศึกษา และทุนการวิจัยตลอดระยะเวลาการศึกษาประสบความสำเร็จด้วยดี และขอขอบพะคุณคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนส่วนหนึ่งในการศึกษาให้ลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่คอยให้คำชี้แนะในเรื่องหลักสูตรการเรียนต่าง ๆ ด้วยดี อีกทั้งขอขอบพระคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ นักศึกษาสาขาสัตวศาสตร์ ทุกท่านที่ให้คอยช่วยเหลือในการศึกษาวิจัย ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จ นอกจากนั้นข้าพระเจ้าขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ พี่น้อง และครอบครัวของข้าพเจ้าเป็นอย่างสูงที่คอยเป็นกำลังใจพร้อมทั้งทุนการศึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษาจนสำเร็จ

Souliphong Khounthavong

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญภาพ ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 17

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 19

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 19

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 19

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 20

2.1 ผักโขม 20

2.1.1 ผักโขมพื้นเมือง 20

2.1.2 ผักโขมจีน 21

2.2 คุณค่าทางโภชนาการผักโขม 21

2.2.1 สารสำคัญที่พบในผักโขม 23

2.3 สุกรพื้นเมืองในประเทศลาว 24

2.3.1 หมูชิด หรือ Moo Chid, Moo Markadon, Moo Boua 24

2.3.2 หมูราด หรือ Moo Lath 24

2.3.3 หมูม้ง หรือ Moo Hmong 25

2.3.4 หมูแดง หรือ Moo Deng 26

2.4 ปัจจัยที่มีผลตอการเลี้ยงสุกรพื้นเมือง 26
2.4.1 ความชอบของชาวบ้าน 26
2.4.2 การมีตลาดรองรับ 27
2.4.3 การมีแหล่งอาหารราคาถูก 27
2.5 การเจริญเติบโตของสุกรพื้นเมืองลาว (หมูราด) 28
2.6 ประสิทธิภาพการกินและการย่อยได้ของสุกรพื้นเมืองลาว (หมูราด) 32
2.7 เอนไซม์ 34
2.7.1 เอนไซม์เซลลูเลส 35
2.7.2 เอนไซม์ไซลาเนส (endo–1, 4–β–xylanase) 36
2.7.3 การใช้เอนไซม์เสริมในอาหาร 37
2.7.4 การเสริมเอนไซม์ในอาหารสุกรระยะเจริญเติบโต 37
2.8 พืชหมักหรือหญ้าหมัก 38
2.8.1 พืชที่เหมาะสมสำหรับทำหมัก 39
2.8.2 ปัจจัยที่มีผลต่อพืชหมัก 39
2.9 คุณภาพซาก (carcass quality) 40
2.10 คุณภาพเนื้อ 41
2.10.1 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์ 41
2.10.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 42
2.10.3 สีของเนื้อ 43
2.10.4 ความนุ่มของเนื้อ 44
2.10.5 ความสามารถของการอุ้มน้ำ 45
2.10.6 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อ 45
2.11 โครงสร้างและหน้าที่ของลำไส้เล็ก 46
บทที่ 3 อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง 47

3.1 สถานที่ทำการวิจัย 47
3.2 ระยะเวลาเริ่มดำเนินงานวิจัย 47
3.3 อุปกรณ์ และสารเคมี 47
3.3.1 อุปกรณ์สำหรับเตรียมวัตถุดิบ 47
3.3.2 อุปกรณ์สำหรับเลี้ยง 47
3.3.3 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่าง 48
3.4 สัตว์ทดลอง และคอกทดลอง 48
3.5 วิธีการวิจัย 49
3.5.1 การเตรียมอาหารทดลอง 49
3.5.2 การเตรียมผักโขม 49
3.5.3 การเตรียมผักโขมหมัก 49
3.5.4 แผนการทดลอง 49
3.5.5 อาหารทดลอง 49
3.6 การบันทึกข้อมูล 51
3.6.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผักโขมแห้ง 51
3.6.2 การศึกษาสมรรถภาพการผลิต 52
1. ทางด้านน้ำหนัก 52
2. ทางด้านปริมาณอาหาร 52
3.6.3 การวิเคราะห์การย่อยได้ของโภชนะ 52
3.6.4 การศึกษาคุณภาพซาก 53
3.6.5 การศึกษาคุณภาพเนื้อ 54
3.6.6 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก 56
1. การเก็บตัวอย่างลำไส้ 56
2. การเตรียมตัวอย่างลำไส้ 56

3. การเตรียมตัวอย่างสไลด์ 56
2.6.7 การวิเคราะห์ข้อมูล 57
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 58
4.1 ผลการศึกษาด้านคุณค่าทางโภชนะในผักโขมแห้ง 58
4.2 ผลการศึกษาด้านสมรรถภาพการเจริญเติบโต 59
4.2.1 สุกรระยะเล็ก (9-30 กิโลกรัม) 59
4.2.2 สุกรระยะรุ่น-ขุน (30-50 กิโลกรัม) 59
4.2.3 ตลอดระยะเวลาการทดลอง 60
4.3 ผลการศึกษาด้านการย่อยได้ของอาหารทดลอง 63
4.4 ผลการศึกษาด้านลักษณะซาก 65
4.5 คุณภาพเนื้อของสุกร 68
4.5.1 ค่าสีของเนื้อสันนอกหลังฆ่าที่ 45 นาที 69
2.5.2 ค่าสีของเนื้อสะโพกหลังฆ่าที่ 45 นาที 69
4.5.3 ค่าสีของเนื้อสันนอกหลังฆ่าที่ 24 ชั่วโมง 69
4.5.4 ค่าสีของเนื้อสะโพกหลังฆ่าที่ 24 ชั่วโมง 70
4.5.5 ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ 71
4.5.6 ค่าการเกิดออกซิเดชันของเนื้อ (TBARS) 73
4.5.7 ค่าความพึงพอใจเนื้อของผู้บริโภค 75
4.6 ผลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กสุกร 76
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 79
5.1 สรุปผลการทดลอง 79
5.2 ข้อเสนอแนะ 80
บรรณานุกรม 81
ภาคผนวก 88

ประวัติผู้วิจัย..... 108

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 Nutrient content of selected raw vegetable leaves 22

ตารางที่ 2 Nutrient content of amaranthus leaves 23

ตารางที่ 3 Reproductive traits and carcasses compare between European and native pigs 28

ตารางที่ 4 Mean values for change in live weight, feed intake and conversion for Mong Cai and Moo Lath pigs supplemented or not with rice distillers by-product (RDB) 30

ตารางที่ 5 Effect of replacement of soybean protein on body weight change (in kilograms), average daily weight gain (in grams per day), and feed conversion ratio (FCR, in kilograms of feed DM per kilogram gain) in growing Landrace × Yorkshire (LY) and Moo Lath (ML) pigs 31

ตารางที่ 6 Mean values for change in live weight, feed intake and conversion for Mong Cai and Moo Lath pigs supplemented or not with rice distillers by-product (RDB) 32

ตารางที่ 7 Mean values for apparent digestibility # of DM, OM and crude protein in two breeds of pigs with (RDB) and without (NRDB) asu pplement of rice distillers byproduct 33

ตารางที่ 8 Effect of replacement of soybean protein on average daily intake (in grams per kilogram BW0.75) of dry matter (DMI) and crude protein (CPI) and metabolizable energy (MEI, megajoules per kilogram BW0.75 day) in growing Landrace × Yorkshire (LY) and Moo Lath (ML) pigs 34

ตารางที่ 9 Body characteristics and weight of native pigs 40

ตารางที่ 10 Carcass characteristics of native pigs 40

ตารางที่ 11 Carcass composition, intestinal length and stomach weight of native pigs 41

ตารางที่ 12 Percentage of internal organ weight of native pigs 41

ตารางที่ 13 Feed ingredients and calculated nutrient composition (8 - 30 Kg)..... 50

ตารางที่ 14 Feed ingredients and calculated nutrient composition (30 - 50 Kg)..... 51

ตารางที่ 15 Chemical composition of amaranth meal (Amaranthus spinosus L.) 58

ตารางที่ 16 Effect of different Amaranth meal treatments in diets on performance of Lath pigs 62

ตารางที่ 17 The results of digestibility of nutrients in food formulas..... 65

ตารางที่ 18 Effect of different amaranth meal treatments in diets on carcass characteristics of Lath Pigs..... 68

ตารางที่ 19 Effect of different amaranth meal dietary treatments in diets on meat quality of Lath pigs..... 71

ตารางที่ 20 Effect of different amaranth meal dietary treatments in diets on drip loss, cooking loss and TBARS 74

ตารางที่ 21 Effect of different amaranth meal dietary treatments in diets on meat quality of Lath pigs..... 76

ตารางที่ 22 Effect of different amaranth meal dietary treatments in diets on on small intestine histology 77

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 หมูชิด, Moo Markadon, Moo Boua 24
ภาพที่ 2 หมูราด 25
ภาพที่ 3 หมูม้ง 25
ภาพที่ 4 หมูแดง 26
ภาพที่ 5 กลไกการทำงานของเอนไซม์แบบแม่กุญแจกับลูกกุญแจ (lock and key model) 35
ภาพที่ 6 กลไกการทำงานของเอนไซม์ไซลาเนส 36
ภาพที่ 7 อิทธิพลของ initial pH และ ultimate pH ตอคุณภาพเนื้อ 43
ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกร 44
ภาพที่ 9 ภาพประกอบการเตรียมคอก 97
ภาพที่ 10 ภาพประกอบการเตรียมเก็บผักโขม 98
ภาพที่ 11 ภาพประกอบการเตรียมผักโขมแห้ง 99
ภาพที่ 12 ภาพประกอบการเตรียมผักโขมหมัก 100
ภาพที่ 13 ภาพประกอบการเตรียมสูตรอาหาร 101
ภาพที่ 14 ภาพประกอบการเตรียมสุกรพันธุ์ราด 102
ภาพที่ 15 ภาพประกอบการเก็บมูลสุกร 103
ภาพที่ 16 ภาพประกอบการวิเคราะหาองประกอบของโภชนะ 104
ภาพที่ 17 ภาพประกอบการวัดคุณภาพเนื้อ 105
ภาพที่ 18 ภาพประกอบการเตรียมตัวอย่างลำไส้ 106
ภาพที่ 19 ภาพประกอบการเตรียมตัวอย่างสไลด์และลักษณะทางสัณฐานวิทยาลำไส้ 107

บทที่ 1
บทนำ

สุกรพันธุ์ราดมีคุณสมบัติที่โดดเด่นเฉพาะตัวคือ สามารถเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ได้ในสภาพที่ได้รับอาหารคุณภาพต่ำ และมีความทนทานต่อโรค (จอนจิด, 2014) แม้ว่าสุกรพื้นเมืองจะยังไม่เหมาะสมต่อการผลิตเพื่อการค้า แต่สุกรพื้นเมืองก็ยังมีคุณสมบัติที่น่าสนใจหลายประการ เช่น สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารที่มีเยื่อใยสูงได้ดีกว่าสุกรยุโรป เนื่องจากสุกรพันธุ์ราดมีขนาดตัวเล็กจึงต้องการอาหารเพื่อการดำรงชีพน้อยกว่า วัยเจริญพันธุ์เร็ว และมีความสามารถในการต้านทานต่อโรคต่าง ๆ สุกรเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย สามารถเลี้ยงปล่อยโดยไม่ต้องขังคอก ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมตามชนบท สามารถหากินหรือกินเศษอาหารเองได้ และสามารถใช้อาหารคุณภาพต่ำได้ดี (ควญ และ มงคล, 2549) โดยในสาธารณรัฐประชาธิปไตย ประชาชนลาว การเลี้ยงสุกรพื้นเมืองมีบทบาทสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตของเกษตรกรเขตชนบท เนื่องจากสุกรพื้นเมืองเป็นแหล่งอาหารโปรตีน และเป็นสัตว์ที่สำคัญที่ใช้ในพิธีทางศาสนา นอกจากนี้ มูลสุกรยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงดินเพื่อปลูกพืชได้อีกด้วย (Ouanh and Iengkeo, 2016) ซึ่ง Soukanh and Istvan (2011) ได้รายงานรูปแบบการเลี้ยงสุกรพื้นเมืองในประเทศลาวไว้ว่า การเลี้ยงส่วนใหญ่ยังเลี้ยงแบบเลี้ยงปล่อยอิสระ ให้อาหารเสริมในช่วงเช้า และเย็น แต่ยังพบการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยหรือการเลี้ยงแบบขังคอกได้บ้าง และพบว่าเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงสุกรพื้นเมืองในเขตภาคเหนือของประเทศลาวจะเลี้ยงสุกรสายพันธุ์ราด (Lath) และม้ง (Hmong) เป็นส่วนใหญ่ และในตลาดท้องถิ่นของประเทศลาวมีความต้องการสุกรพื้นเมืองอยู่สูงถึง 65 เปอร์เซ็นต์ (Phonepaseuth and Brian, 2010)

ผักโขมหนาม (*Amaranthus spinosus* L.) เป็นพืชล้มลุกปีเดียว ลำต้นตั้งตรง อวบน้ำผิวเรียบ ใบเป็นใบเดี่ยวรูปไข่ ปลายใบแหลมออกแบบสลับ ก้านใบยาวมีหนามเกิดขึ้นที่โคนก้านใบ บริเวณซอกใบที่ช่อดอกมีหนาม ผักโขมสามารถขึ้นเองตามธรรมชาติในฤดูฝนและฤดูที่ชุ่มชื้น (จตุรงค์ และ กุหลาบ, 2557) ผักโขมที่ชาวบ้านนิยมนำมากินเป็นผักก็คือผักโขมสวน แต่ผักโขมหนามไม่นิยมนำมาบริโภค อย่างไรก็ตามผักโขมทั้ง 2 ชนิดนั้นมีคุณค่าทางโภชนะสูง (เดชา, 2538) โดยจากรายงานของ NRC (1984) ระบุว่าใบผักโขมเมื่อคิดเป็นน้ำหนักแห้งมีโปรตีน 26.7 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.8 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ 49.62 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 2.05 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.51 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ผักโขมยังมีแคลเซียมสูง เป็นแหล่งสำคัญของวิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี แมกนีเซียม โพแทสเซียม วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 และสารแอนติออกซิแดนท์ที่สำคัญอีกหลายตัว และยังเป็นแหล่งที่ดีของกรดโฟลิคด้วย (สัมพันธ์ และชนาธิป, 2557)

จากเหตุผลข้างต้นนี้ทำให้มีผู้สนใจศึกษาการใช้ผักโขมในการผลิตสุกร โดย สุนทร และพนัส (2530) ได้กล่าวไว้ว่า สภาวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Academy of Sciences; NAS) ได้คัดเลือกผักโขมเป็นพืช 1 ใน 36 ชนิด ที่สมควรทำการศึกษาวิจัยเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในอนาคต ส่วน Yue and Swn (1982) รายงานไว้ว่าในการเลี้ยงสุกรรุ่น น้ำหนัก 20-60 กิโลกรัม ด้วยการใช้ผักโขม 10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารข้นมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของสุกรเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ สุมน และ ประเสริฐ (2541) รายงานว่า ในการเลี้ยงสุกรรุ่นน้ำหนัก 20-60 กิโลกรัม ด้วยการใช้ผักโขมแห้งในสูตรอาหารสามารถใช้ได้ตั้งแต่ระดับ 5- 15 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตและต้นทุนค่าอาหารของสุกร และการเสริมผักโขมแห้งระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสุกรมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มที่ไม่มีผักโขมแห้งเป็นส่วนผสม และสามารถประหยัดค่าอาหารได้ ผักโขมจึงน่าสนใจในการใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์หรือใช้ทดแทนวัตถุดิบประเภทโปรตีนในการประกอบสูตรอาหารสุกรได้

เอนไซม์เป็นกลุ่มสารโปรตีนที่มีความจำเป็นต่อทุกปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในร่างกาย โดยเอนไซม์ที่ใช้ถูกสร้างขึ้นโดยตัวสัตว์เองหรือจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในทางเดินอาหารของตัวสัตว์เอง ซึ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดยังมีสารต้านโภชนะ (anti-nutritional factors: ANF) เป็นองค์ประกอบอยู่ ทำให้ไปรบกวนการย่อยอาหารของสัตว์ (วรรณพร, 2555) ในปัจจุบันจึงต้องมีการนำเอนไซม์มาเสริมในอาหารเพื่อเพิ่มการย่อยได้ของโภชนะและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร โดย วรรณพร (2555) ได้รายงานว่า การเสริมเอนไซม์สามารถย่อยสลายสารต้านโภชนะในอาหารสัตว์ได้ และยังช่วยเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะจากอาหารสัตว์ให้สูงขึ้น ส่งผลให้สมรรถภาพการผลิตของสัตว์ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ อุทัย (2529) ที่พบว่าการเสริมเอนไซม์ในอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองในระดับสูงสามารถปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของสุกรหย่านมให้ดีขึ้น และการเสริมเอนไซม์ผสมยังปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของกากถั่วเหลืองในอาหารของลูกสุกรหย่านม นอกจากนี้การหมักเป็นวิธีการถนอมอาหารอีกวิธีหนึ่ง โดยเป็นการนำพืชอาหารสัตว์ต่าง ๆ มาเก็บไว้ในสภาพไร้ออกซิเจนในภาชนะปิด เก็บถนอมไว้ในสภาพอวบน้ำจนเกิดสภาพหมัก ทำให้พืชอาหารสัตว์สด ๆ เปลี่ยนสภาพเป็นพืชหมักได้โดยการรักษาเนื้อเยื่อพืชไม่ให้เน่าเปื่อย ภัทรพร (2556) ซึ่งการหมักจะช่วยทำให้คุณค่าทางอาหารของพืชเหล่านั้นคงอยู่ และช่วยเพิ่มการย่อยได้ของอาหารได้ดีขึ้น

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการวิจัยทดลอง การปรับปรุงคุณภาพผักโขมด้วยการใช้เอนไซม์และการหมักในสูตรอาหารสุกรพื้นเมืองลาว (หมูราด) เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพการผลิต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ การย่อยได้ของโภชนะ และลักษณะสัณฐานวิทยาในลำไส้เล็ก เพื่อจะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการใช้ผักโขมในสูตรอาหารสุกรพื้นเมืองลาว ตลอดจนเป็นข้อมูลในการแนะนำส่งเสริมเกษตรกรต่อไป

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) โดยการเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรพันธุ์ราด ด้านน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว

2. เพื่อศึกษาการใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) โดยการเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักต่อลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรพันธุ์ราด

3. เพื่อศึกษาการใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) โดยการเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักต่อการย่อยได้ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้ของสุกรพันธุ์ราด

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นทางเลือกหนึ่งในการเลือกใช้วัตถุดิบที่หาได้จากธรรมชาติทดแทนการการใช้วัตถุดิบโปรตีนในสูตรอาหารที่มีราคาสูงในการเลี้ยงสุกรพื้นเมือง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดต่ำลง

2. เป็นการเพิ่มศักยภาพในการใช้การใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) โดยการเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักเพื่อใช้ในการเลี้ยงสุกรพื้นเมือง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การทดลองผลของการใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) ที่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยการเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้ของสุกรพันธุ์ราด ในการศึกษาครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างคือสุกรพื้นเมือง (สุกรพันธุ์ราด) โดยทำการทดลองที่วิทยาลัยกสิกรรมและป่าไม้ภาคเหนือ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ตลอดการทดลอง ใช้หมูราดที่มีน้ำหนักประมาณ 8 กิโลกรัม จำนวน 32 ตัว เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม อาหารควบคุมร่วมกับผักโขมแห้งบด อาหารควบคุมร่วมกับผักโขมแห้งบดรวมกับเอนไซม์รวม และอาหารควบคุมร่วมกับผักโขมหมัก ใช้ระยะเวลาการเลี้ยงประมาณ 5 เดือน หรือมีน้ำหนักประมาณ 50 กิโลกรัม

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 ผักโขม

ผักโขมพื้นเมืองและผักโขมจีน จัดอยู่ในวงศ์ Amaranthaceae เป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วย เบต้าแคโรทีน ซาโปนิน ธาตุเหล็ก วิตามินซี วิตามินเอ และมีสรรพคุณความเชื่อแก้ไข้ ไข้หัด ขับปัสสาวะ ถอนพิษร้อนใน จตุรงค์ และกุหลาบ (2557) ได้รายงาน ผลการสำรวจพันธุ์ผักโขม ที่ขึ้นตามธรรมชาติบริเวณไร่ นา สวน พบว่ามี 5 สายพันธุ์ เป็นผักโขมพื้นเมืองมี 2 สายพันธุ์ และผักโขมจีน (Chinese spinach) มี 3 สายพันธุ์ ดังนี้

2.1.1 ผักโขมพื้นเมือง

จตุรงค์ และกุหลาบ (2557) ได้รายงานว่า ผักโขมพื้นเมือง มี 2 สายพันธุ์ ดังนี้

1. ผักโขมเกลี้ยง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Amaranthus lividus* L. ชื่อสามัญ Slender Amaranth ชื่อ ผักโขมเกลี้ยง เป็นพืชล้มลุกปีเดียว ลำต้นตั้งตรง อวบน้ำผิวเรียบใบเป็นใบเดี่ยว คล้ายรูปสามเหลี่ยม (triangular-ovate) ปลายใบแหลมออกแบบสลับ ก้านใบยาว ดอกย่อยเรียงตัวอัดกันแน่น มีสีม่วงปนเขียว ออกดอกเป็นช่อแบบ spike (ช่อดอกเป็นรวง) ออกบริเวณซอกใบสีน้ำตาลอมแดง ดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ หลังเมล็ดงอก 33 วัน มีอายุการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนหลังหว่านเมล็ด 15 วัน ลักษณะเมล็ดมีขนาดเล็กกลมสีน้ำตาลเข้มเกือบดำผิวเป็นมัน ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด สามารถเก็บเมล็ดได้ตลอดปี อายุการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ 51 วัน พบผักโขมเกลี้ยงขึ้นเองตามธรรมชาติในฤดูฝนและที่ชุ่มชื้น บริเวณ สวน ไร่ ทุ่งนาชอบดินร่วนซุย (จตุรงค์ และกุหลาบ, 2557)

2. ผักโขมหนาม ชื่อวิทยาศาสตร์ *Amaranthus spinosus* L. ชื่อสามัญ Spiny amaranth, Spiny pigweed ชื่อ ผักโขมหนาม ผักหมหนาม เป็นพืชล้มลุกปีเดียว ลำต้นตั้งตรง อวบน้ำ ผิวเรียบ ใบเป็นใบเดี่ยวรูปไข่ (ovate) ปลายใบแหลมออกแบบสลับ ก้านใบยาวมีหนามเกิดขึ้นที่โคนก้านใบ ดอกย่อยเรียงตัวอัดกันแน่นมีสีเขียวอ่อน ช่อดอกแบบ spike (ช่อดอกเป็นรวง) บริเวณซอกใบที่ช่อดอกมีหนาม ดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ หลังเมล็ดงอก 41 วัน ลักษณะเมล็ดขนาดเล็กกลมสีดำเข้ม ผิวเป็นมัน อายุการเก็บเกี่ยวหลังหว่านเมล็ด 15 วัน ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด สามารถเก็บเมล็ดได้ตลอดปี อายุการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ 76 วัน ผักโขมหนามขึ้นเองตามธรรมชาติในฤดูฝน และที่ชุ่มชื้น (จตุรงค์ และกุหลาบ, 2557)

2.1.2 ผักโขมจีน (Chinese spinach)

จตุรงค์ และกุหลาบ (2557) ได้รายงานว่า ผักโขมพื้นเมือง มี 3 สายพันธุ์ ดังนี้

1. ผักโขมสวน ชื่อวิทยาศาสตร์ *Amaranthus tricolor* L. ชื่อสามัญ Red amaranth ชื่อ ผักโขมสวน หรือผักโขมสี เป็นพืชล้มลุกปีเดียว ลำต้นตั้งตรง อวบน้ำผิวเรียบสีขาว ใบเป็นใบเดี่ยวคล้ายรูปสามเหลี่ยม (triangular-ovate) ปลายใบแหลมออกแบบสลับ ใบมีสีแดงขอบใบสีเขียว ก้านใบสีขาวยาว ดอกย่อยเรียงตัวอัดกันแน่น มีเขียวช่อดอกแบบ spike (ช่อดอกเป็นรวง) อยู่บริเวณซอกก้านใบ ดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ หลังเมล็ดงอก 60 วัน ลักษณะเมล็ดขนาดเล็กกลมสีดำเข้ม ผิวเป็นมัน ต้นอ่อนมีอายุเก็บเกี่ยวหลังหว่านเมล็ด 13 วัน ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด สามารถผลิตเมล็ดได้ตลอดปี อายุเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ 113 วัน ผักโขมสวนสามารถเจริญได้ทุกฤดูกาล ชอบดินร่วนซุยและที่ชุ่มชื้น สภาพดิน pH 6-6.5 (จตุรงค์ และกุหลาบ, 2557)

2. ผักโขมจีนสีแดง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Amaranthus caudatus* ชื่อ ผักโขมแดง เป็นพืชล้มลุกปีเดียว ลำต้นตั้งตรง อวบน้ำผิวเรียบสีแดง ใบเป็นเดี่ยวคล้ายรูปสามเหลี่ยม (triangular-ovate) ปลายใบแหลมออกแบบสลับ ใบมีสีแดงอมม่วง ก้านใบยาวดอกมีแดง ช่อดอกแบบ spike (ช่อดอกเป็นรวง) อยู่บริเวณซอกก้านใบ ดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ หลังเมล็ดงอก 46 วัน ลักษณะเมล็ดกลมขนาดเล็กสีดำเข้มเป็นมัน ต้นอ่อนมีอายุเก็บเกี่ยวหลังหว่านเมล็ด 13 วัน ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด สามารถผลิตเมล็ดได้ตลอดปี อายุการเก็บเมล็ดพันธุ์ 85 วัน ผักโขมจีนสีแดงสามารถเจริญได้ทุกฤดูกาล ชอบดินร่วนซุย และที่ชุ่มชื้น สภาพดิน pH 6-6.5 (จตุรงค์ และกุหลาบ, 2557)

3. ผักโขมจีน (ใบสีเขียว) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Amaranthus dubius* ชื่อสามัญ Chinese spinach ชื่อ ผักโขมจีน เป็นพืชล้มลุกปีเดียว ลำต้นตั้งตรง อวบน้ำผิวเรียบสีเขียว ใบเป็นเดี่ยวคล้ายรูปไข่ใบสีเขียว (ovate) ระยะต้นอ่อนปลายใบวงเข้าหากัน ต้นแก่ปลายใบแหลม ใบออกแบบสลับ ก้านใบยาวสีเขียว ดอกมีสีเขียว ช่อดอกแบบ spike (ลักษณะเป็นรวง) อยู่บริเวณซอกก้านใบดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์หลังเมล็ดงอก 46 วัน ลักษณะเมล็ดขนาดเล็กกลมสีดำเข็มเป็นมัน ต้นอ่อนมีอายุเก็บเกี่ยวหลังหว่านเมล็ด 13 วัน ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด สามารถผลิตเมล็ดได้ตลอดปี อายุการเก็บเมล็ดพันธุ์ 63 วัน ผักโขมจีนสามารถเจริญได้ทุกฤดูกาล ชอบดินร่วนซุย และที่ชุ่มชื้น สภาพดิน pH 6-6.5 (จตุรงค์ และกุหลาบ, 2557)

2.2 คุณค่าทางโภชนาการผักโขม

จากรายงานของ NRC (1984) ระบุว่าใบผักโขมเมื่อคิดเป็นน้ำหนักแห้งมีโปรตีน 26.7 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.8 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ 49.62 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 2.05 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.51 เปอร์เซ็นต์ และนอกจากนั้นยังประกอบด้วยธาตุเหล็ก 29.8 มิลลิกรัม/100 กรัม และวิตามิน เอ 46.565 IU/100 กรัม เป็นต้น

ตารางที่ 1 Nutrient content of selected raw vegetable leaves

Component	Amaranth	Spinach	Malabar spinach	Chard
Dry matter, g	13.1	9.3	6.9	8.9
Food energy, Cal	36	26	19	25
Protein, g	3.5	3.2	1.8	2.4
Fat, g	0.5	0.3	0.3	0.3
Carbohydrates				
Total, g	6.5	4.3	3.4	4.6
Fiber, g	1.3	0.6	0.7	0.8
Ash, g	2.6	1.5	1.4	1.6
Calcium, mg	267	93	109	88
Phosphorus, mg	67	51	52	39
Iron, mg	3.9	3.1	1.2	3.2
Sodium, mg	-	71	-	14.7
Potassium, mg	411	470	-	550
Vitamin A, IV	6,100	8,100	8,000	6,500
Thiamin, mg	0.08	0.10	0.05	0.06
Riboflavin, mg	0.16	0.20	-	0.17
Niacin, mg	1.4	0.6	0.5	0.5

Note: NRC (1984)

ซึ่งจากรายงานของ NRC (1984) และ นฤมล และสิรินันท์ (2554) ยังพบว่า ใบผักโขมดิบมีเปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้งอยู่ในช่วง 10.7 - 15.57 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนอยู่ในช่วง 20.98 - 30.67 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ไขมันอยู่ในช่วง 3.04 - 3.8 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยอยู่ในช่วง 7.62 – 20.35 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Nutrient content of amaranthus leaves

Item	NRC (1984)	Kamonporn (2010)	นฤมล (2554)	พงษ์ชาญ (2556)
Dry matter (%)	13.1	10.7	10.7	15.57
Protein (%)	26.7	26.38	30.67	20.98
Fat (%)	3.8	3.04	3.40	3.42
Fiber (%)	9.92	7.62	12.54	20.35
Ash (%)	19.85	16.93	17.18	17.28
Calcium (%)	2.05	2.53	2.53	-
Phosphorus (%)	0.51	0.98	0.98	-

นอกจากนี้ สุมน และประเสริฐ (2541) ยังรายงานผลการวิเคราะห์ค่าโปรตีนในผักโขมสายพันธุ์ Amaranth cruentus (K-112) ก่อนประกอบสูตรอาหารสุกรพบว่า ผักโขมแห้งมีโปรตีน 21.44 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง จะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกับปริมาณโปรตีนในใบกระถินและใบมันสำปะหลังแห้ง อุทัย (2529) ระบุไว้คือ 20.2 เปอร์เซ็นต์ และ 19 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งใกล้เคียงกับใบถั่วมะแฮะ ปราโมช และสมปอง (2533) รายงานไว้คือ 21.1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง แสดงว่าผักโขมแห้งจัดเป็นวัตถุดิบ อาหารประเภทให้โปรตีน เช่นเดียวกับใบกระถิน ใบมันสำปะหลังหรือใบถั่วมะแฮะ และจากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์อาหารทดลองทั้ง 4 สูตรที่ผสมผักโขมแห้งระดับ 0.5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีโปรตีน 16.58, 16.80, 16.92 และ 16.86 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 4.44, 3.99, 5.62 และ 8.08 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 2.35, 2.71, 3.47 และ 4.23 เปอร์เซ็นต์ ตลอดจน NFE 60.22, 59.29, 56.64 และ 53.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.2.1 สารสำคัญที่พบในผักโขม

สารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) พบว่าผักโขมจีนสีแดงต้นอ่อนอายุ 13 วัน มีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ในกลุ่ม Cyanidin -3-0-glucoside และพบสาร Peonidin -3-0-glucoside ในต้นอ่อนผักโขมสวน และต้นอ่อนผักโขมจีนสีแดง แต่ในต้นอ่อนผักโขมสวนมีปริมาณสาร Peonidin -3-0-glucoside สูงกว่าต้นอ่อนผักโขมจีนสีแดง (จตุรงค์ และกุหลาบ, 2557)

สารประกอบฟีโนลิกเป็นสารที่พบได้ในพืชทั่วไปทั้งสดและแห้งจะมีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณโพลีฟีนอล ทำหน้าที่เป็นตัวขับไล่อนุมูลอิสระและเป็นสารต้านออกซิเดชัน ที่สำคัญชนิดหนึ่งในพืชทั่วไป เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีโนลิก แทนนินคาโรทีนอยด์ แอนโธไซยานิน และอนุพันธ์ของกรดซินนามิก (Cowan, 1999. Sumpan and Chanatip, 2558)

2.3 สุกรพื้นเมืองในประเทศลาว

สุกรพื้นเมืองที่เลี้ยงตามท้องถิ่นต่าง ๆ ในประเทศลาว จะมีชนิดพันธุ์ ลักษณะรูปร่าง และสีแตกต่างกันออกไป โดย Soukanh and Istvan (2011) ได้ศึกษาถึงสายพันธุ์สุกรพื้นเมือง ชื่อเรียกของสุกรพื้นเมือง และแหล่งที่เลี้ยงในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ผลการศึกษาพบว่า สุกรพื้นเมืองที่พบในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีทั้งหมด 4 สายพันธุ์ด้วยกันคือ

2.3.1 หมูชิด หรือ Moo Chid, Moo Markadon, Moo Boua

เป็นสุกรพื้นเมืองที่พบกระจายอยู่ทั่วไปในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เป็นสุกรพื้นเมืองที่มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับสุกรพื้นเมืองพันธุ์อื่น ๆ โดยมีความยาวลำตัวเท่ากับ 75-92 เซนติเมตร ความยาวรอบตัวเท่ากับ 72-85 เซนติเมตร และมีความสูงเท่ากับ 46-54 เซนติเมตร ใบหูเล็กสั้นและใบหูตั้ง ลำตัวมีสีดำและข้อขาสีขาว โตเต็มวัยเมื่ออายุประมาณ 6 เดือน (182-197 วัน) มีน้ำหนักประมาณ 21-31 กิโลกรัม และน้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ประมาณ 42-48 กิโลกรัม ตัวผู้ที่โตเต็มวัยจะมีน้ำหนักน้อยกว่าตัวเมียที่โตเต็มวัย โดยเมื่อสุกรเพศผู้ที่อายุ 170-200 วัน จะมีน้ำหนักเฉลี่ย 20.5 กิโลกรัม ส่วนพ่อพันธุ์จะมีน้ำหนักสูงสุดประมาณ 18-30 กิโลกรัม

ภาพที่ 1 หมูชิด, Moo Markadon, Moo Boua

ที่มา: Soukanh and Istvan (2011)

2.3.2 หมูราด หรือ Moo Lath

เป็นสุกรพื้นเมืองที่พบในเขตพื้นที่ภาคเหนือของประเทศลาว ได้แก่ หลวงพระบาง อุดมชัย และชัยสมบูรณ์ และพื้นที่ภาคใต้ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ได้แก่ สาระวันและสุวรรณเขต โดยหมูราดจะมีขนาดใหญ่กว่าหมูชิด มีความยาวลำตัวเท่ากับ 85-100 เซนติเมตร ความยาวรอบตัวเท่ากับ 84-102 เซนติเมตร และมีความสูงเท่ากับ 51-70 เซนติเมตร ใบหูสั้นและตั้งหน้าสั้น ลำตัวมีสีดำ ข้อขาและใบหน้าสีขาว โตเต็มวัยเมื่ออายุประมาณ 189-586 วัน และมีน้ำหนัก

ประมาณ 39 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับรูปแบบและวิธีการเลี้ยง และน้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ประมาณ 47-61 กิโลกรัม ตัวผู้ที่โตเต็มวัยจะมีน้ำหนักน้อยกว่าตัวเมียที่โตเต็มวัย โดยเมื่อสุกรเพศผู้จะมีน้ำหนักเฉลี่ย 25 กิโลกรัม ส่วนพ่อพันธุ์จะมีน้ำหนักสูงสุดประมาณ 30-50 กิโลกรัม

ภาพที่ 2 หมูราด

ที่มา: Soukanh and Istvan (2011)

2.3.3 หมูม้ง หรือ Moo Hmong

เป็นสุกรพื้นเมืองที่พบในเขตอำเภอหนองแฮด จังหวัดเชียงขวาง จัดเป็นสุกรพื้นเมืองขนาดใหญ่ มีความยาวลำตัวเท่ากับ 100-105 เซนติเมตร ความยาวรอบตัวเท่ากับ 115-130 เซนติเมตร และมีความสูงเท่ากับ 55-76 เซนติเมตร มีสีดำตลอดลำตัว หน้าสั้นและหัก ใบหูมีขนาดกลางและตั้ง โตเต็มวัยเมื่ออายุประมาณ 150-180 วัน และมีน้ำหนักประมาณ 30-40 กิโลกรัม และน้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ประมาณ 65-85 กิโลกรัม ส่วนพ่อพันธุ์จะมีน้ำหนักสูงสุดประมาณ 60-80 กิโลกรัม

ภาพที่ 3 หมูม้ง

ที่มา: Soukanh and Istvan (2011)

2.3.4 หมูแดง หรือ Moo Deng

เป็นสุกรพื้นเมืองที่พบในเขตทางภาคใต้ของประเทศลาว ในอำเภอมูนละปาโมก และอำเภอโขง จังหวัดจำปาศักดิ์ จัดเป็นสุกรพื้นเมืองที่มีขนาดใหญ่กว่าพันธุ์อื่น ๆ สุกรพันธุ์จะมีสีน้ำตาลตลอดลำตัว เป็นสุกรลูกผสมระหว่างสุกรพันธุ์เบิร์กเชียร์และพันธุ์พื้นเมือง มีความยาวลำตัวเท่ากับ 88-120 เซนติเมตร ความยาวรอบตัวเท่ากับ 84-116 เซนติเมตร และมีความสูงเท่ากับ 60-70 เซนติเมตร หน้าสั้นและหัก ใบหูปรกและมีขนาดใหญ่ น้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ประมาณ 65-90 กิโลกรัม และส่วนพ่อพันธุ์จะมีน้ำหนักเฉลี่ยใกล้เคียงกับแม่พันธุ์

ภาพที่ 4 หมูแดง

ที่มา: Soukanh and Istvan (2011)

ซึ่งจากการศึกษานี้ยังได้รายงานรูปแบบการเลี้ยงไว้ว่า การเลี้ยงส่วนใหญ่ยังเลี้ยงแบบเลี้ยงปล่อยอิสระ ให้อาหารเสริมในช่วงเช้าและเย็น และยังพบการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย หรือการเลี้ยงแบบขังคอกอย่างเดียวได้บ้าง (Soukanh and Istvan, 2011) นอกจากนี้ Phonepaseuth and Brian (2010) ยังพบว่าสุกรพื้นเมืองของเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงในเขตภาคเหนือของประเทศลาวจะเลี้ยงหมูราด (Moo Lath) และหมูม้ง (Moo Hmong) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งน้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ของทั้งสองพันธุ์นี้ประมาณ 80-120 กิโลกรัม และในตลาดท้องถิ่นของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีความต้องการสุกรพื้นเมืองอยู่สูงถึง 65 เปอร์เซ็นต์

2.4 ปัจจัยที่มีผลตอการเลี้ยงสุกรพื้นเมือง

2.4.1 ความชอบของชาวบ้าน

การที่ชาวบ้านไม่ว่าจะเป็นชาวบ้านในแหล่งที่เคยเลี้ยงสุกรพื้นเมืองมาแต่เดิมหรือในแหล่งที่จะส่งเสริมให้เลี้ยงใหม่จะหันมาเลี้ยงสุกรพื้นเมืองใหม่หรือเพิ่มการเลี้ยงให้มากขึ้นนั้นมี

ความชอบหรือความต้องการที่จะเลี้ยง เพราะหากชาวบ้านไม่มีความชอบในสุกรพื้นเมืองแล้ว ก็ยากที่จะเลี้ยงให้ประสบความสำเร็จอย่างยั่งยืนได้ ซึ่งสิ่งที่ชาวบ้านเห็นว่าสุกรพื้นเมืองดีกว่าสุกรพันธุ์ต่างประเทศได้แก่ เลี้ยงง่าย กินน้อย กินอาหารได้โดยไม่เลือก ไม่มีความยุ่งยากในการจัดการ มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม และสืบพันธุ์ได้เร็ว (พงษ์ชาญ, 2556)

2.4.2 การมีตลาดรองรับ

วัตถุประสงค์ของการเลี้ยงสุกรของชาวบ้านคือเพื่อขายเอาเงิน ดังนั้น ตลาดรองรับจึงนับว่ามีความสำคัญมากที่จะชักจูงให้ชาวบ้านเลี้ยง และทำให้สามารถเลี้ยงต่อเนื่องไปอย่างยั่งยืน โดยที่สุกรพื้นเมืองมีลักษณะซากที่แตกต่างจากสุกรพันธุ์ต่างประเทศที่เลี้ยงกันอยู่ในปัจจุบัน จึงมีโอกาสน้อยที่จะเข้าแข่งขันในตลาดสุกรเนื้อทั่วไป ที่ผู้ซื้อนำเนื้อสุกรไปประกอบอาหารบริโภคประจำวัน แต่อย่างไรก็ตาม สุกรพื้นเมืองก็มีโอกาสที่จะมีตลาดเฉพาะของตัวเองได้ตลาดสุกรพื้นเมืองที่มีทางเป็นไปได้ ได้แก่ตลาดสุกรขุน โดยที่เนื้อสุกรพื้นเมืองมีรสชาติดีถูกปาก และมีราคาถูกกว่าเนื้อสุกรพันธุ์ต่างประเทศ จึงมีผู้นิยมซื้อไปบริโภคในโอกาสพิเศษ (พงษ์ชาญ, 2556) เช่น การกินเลี้ยงในโอกาสต่างๆ และโดยที่ประชาชนในบางท้องถิ่นยังมีความเชื่ออย่างเหนียวแน่นในการใช้สุกรสีดำในพิธีกรรมต่างๆ ดังนั้น จึงถือได้ว่าเป็นตลาดที่ดี และมั่นคงสำหรับสุกรพันธุ์พื้นเมืองตลาดหนึ่ง

2.4.3 การมีแหล่งอาหารราคาถูก

เนื่องจากสุกรพื้นเมืองไทยมีความสามารถในการใช้อาหารที่มีเยื่อใยสูงได้ดีซึ่งอาหารประเภทนี้ได้แก่ พืชผักพื้นบ้านต่าง ๆ หรือเศษเหลือของผลผลิตทางการเกษตรจากไร่นา เช่น ต้นกล้วย ใบผัก เถาถั่ว เปลือกผลไม้เป็นต้น นอกจากนี้ ยังพบว่าสุกรพื้นเมืองยังสามารถใช้หัวมันสำปะหลังสดเป็นอาหารได้เป็นอย่างดี (พงษ์ชาญ, 2556) ดังนั้นในท้องถิ่นใดที่สามารถหาแหล่งอาหารต่าง ๆ เหล่านี้ได้โดยไม่ต้องเสียเงินซื้อหรือหาซื้อได้ในราคาถูกก็จะช่วยเอื้อต่อการเลี้ยงสุกรพื้นเมืองได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 3 Reproductive traits and carcasses compare between European and native pigs

Item	Type of pigs			
	Durok	Lath	Hainan	Kuay
Number of pigs/sow/litter (head)	7.60	5.50	7.60	5.60
Newborn pig weight/head (Kg)	1.34	0.59	0.69	0.57
Survival rate (%)	80.00	74.00	80.00	69.00
Weaning weight/head (Kg)	11.25	5.89	7.67	6.68
Meat (%)	44.80	32.40	40.60	41.30
Fat (%)	37.80	50.00	39.40	36.50

ที่มา: จรัญ (2524)

2.5 การเจริญเติบโตของสุกรพื้นเมืองลาว (หมูราด)

Oosterwijk and Van (2003) ได้กล่าวไว้ว่า การเลี้ยงสุกรได้แบ่งออกเป็นหลายช่วงคือ ช่วงลูกสุกรอนุบาล (Nursery) ช่วงสุกรเล็ก (Starter) ช่วงสุกรรุ่น (Grower) และช่วงสุกรขุน (Finisher) ซึ่งในแต่ละช่วงใช้ระยะเวลาที่เลี้ยงไม่เท่ากัน การเจริญเติบโตแตกต่างกัน อาหารที่กินต่างกัน และอัตราการแลกเนื้อก็ต่างกันด้วย ในการประเมินประสิทธิภาพการผลิตของสุกรในฟาร์มสุกรขุน จะเป็นการประเมินตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะการเจริญเติบโตและตัวเลขที่แปลผลต่อไปเป็นตัวเงินเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ ADG (Average Daily Gain) หรืออัตราการเจริญเติบโต FCR (Feed Conversion Rate) หรืออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และ FCG (Feed Conversion per Gain) หรือต้นทุนการเปลี่ยนอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่ม เป็นต้น

Phonepaseuth and Brian (2010) ได้สำรวจข้อมูลวิธีการให้อาหารและประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรพื้นเมืองของเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงในเขตภาคเหนือของประเทศลาว ผลการศึกษา พบว่า ชนเผ่า Lao-Tai, Mon-Khmer, Hmong-Mien และชนเผ่า Tibeto-Burman ที่พบได้ในเขตภาคเหนือของประเทศลาวนั้นใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสุกรขุนระหว่าง 13.9-19.8 เดือน มีน้ำหนักตัวเริ่มต้นและน้ำหนักตัวสุดท้ายอยู่ระหว่าง 8.9-17.15 และ 61.6-82.8 กิโลกรัม ตามลำดับ มีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 104-117 กรัม/ตัว/วัน โดยชนเผ่า Lao-Tai จะใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสุกรพื้นเมืองสั้นที่สุดและมีอัตราเจริญเติบโตดีที่สุด ($P>0.05$) เนื่องจากชนเผ่า Lao-Tai ส่วนหนึ่งมีการใช้อาหารทางการค้าในการเลี้ยงสุกรพื้นเมืองด้วย

Soukanh and Sopha (2012) ได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของหมูราด (Moo Lath) ที่เลี้ยงในเขตภาคเหนือของประเทศลาว โดยเปรียบเทียบถึงการให้อาหารทางการค้าแบบให้กินแบบเต็มที่ 0 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับลดอาหารทางการค้าลง 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ที่น้ำหนักสุดท้ายเท่ากันนั้นกลุ่มให้กินอาหารทางการค้าแบบเต็มที่ (0 เปอร์เซ็นต์) จะใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นกว่ากลุ่มที่จำกัดปริมาณการให้อาหารทางการค้า และกลุ่มให้กินอาหารทางการค้าแบบเต็มที่จะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มที่จำกัดปริมาณการให้อาหารทางการค้า ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่า 500 กรัม/วัน และประสิทธิภาพการใช้อาหารกลุ่มให้กินอาหารทางการค้าแบบเต็มที่ก็จะสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ด้วยเช่นกัน

Thanousinh and Vongpasith (2015) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ใบเผือกหมัก (Taro silage, TS) หยวกกล้วยหมัก (Banana pseudo-stem silage, BPS) และส่าเหล้า (Distiller's by-product, DBP) ร่วมกับรำข้าวในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรพื้นเมืองลาว พบว่า กลุ่มควบคุมที่ใช้รำข้าว 50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเศษอาหาร 50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มใช้ใบเผือกหมัก (Taro silage, TS) หยวกกล้วยหมัก (Banana pseudo-stem silage, BPS) และส่าเหล้า (Distiller's by-product, DBP) ร่วมกับรำข้าว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อย่างไรก็ตาม ในกลุ่มที่ใช้ส่าเหล้าร่วมด้วยจะมีอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้ส่าเหล้า

Taysayavong and Preston (2010) ได้ศึกษาถึงผลของการใช้รำข้าว (Rice bran, R) ร่วมกับน้ำผักโขม (water spinach, W) และส่าเหล้า (Distiller's by-product, DB) ในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรพื้นเมืองลาวโดยใช้หมูราด (Moo Lath, ML) เปรียบเทียบกับหมูมงชัย (Moo Mong Cai, MC) ซึ่งเป็นสุกรพื้นเมืองของเวียดนาม ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งพบว่าหมูมงชัยจะมีน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าหมูราด ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม หมูราดมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าหมูมงชัยในอาหารทั้งสองสูตรอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ตารางที่ 4 Mean values for change in live weight, feed intake and conversion for Mong Cai and Moo Lath pigs supplemented or not with rice distillers by-product (RDB)

Item	MC+RW	MC+RWD	ML+RW	ML+RWD	SE	Prob.
Number of pigs	4	4	4	4		
Initial weight (kg)	25.5	24.9	13.3	11.1	2.77	
Final weight (kg)	44.0	49.0	26.5	23.3	1.81	0.04
Daily gain (g)	239[b]	294[a]	189[c]	139[d]	16	0.002
DM feedconversion	5.40[a]	5.23[a]	3.92[b]	3.65[b]	0.31	0.003

[a, b, c ,d] Mean values within rows with different superscript are different at P<0.05

ที่มา: Taysayavong and Preston (2010)

Lampheuy and jan Erik (2013) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ใบเผือกหมัก (Ensiled taro leaves, ET) ทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรลูกผสมแลนด์เรซ-ยอร์คเชียร์ (Landrace × Yorkshire, LY) และหมูราด (Moo Lath, ML) โดยทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองด้วยใบเผือกหมัก (ET) ในระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (ET0), 25 เปอร์เซ็นต์ (ET25) และที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ (ET50) ในสุกรลูกผสมแลนด์เรซ-ยอร์คเชียร์ (LY) และหมูราด (ML) ผลของการศึกษาดังตารางที่ 5 ซึ่งพบว่า การใช้ใบเผือกหมักทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองที่ระดับต่าง ๆ ในสูตรอาหารนั้นไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของสุกรทั้งสองสายพันธุ์ โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 105 วัน สุกรมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 43.3-44.8 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 280-302 กรัม/ตัว/วัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเท่ากับ 3.8 อย่างไรก็ตาม พบความแตกต่างของระหว่างสายพันธุ์ โดยสุกรลูกผสมแลนด์เรซ-ยอร์คเชียร์มีน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวทั้งในระยะรุ่นและระยะขุนดีกว่าหมูราดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง สุกรลูกผสมแลนด์เรซ-ยอร์คเชียร์มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 53.6 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 363 กรัม/ตัว/วัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเท่ากับ 2.9 แต่หมูราดมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 34.1 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 221 กรัม/ตัว/วัน และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเท่ากับ 4.6

ตารางที่ 5 Effect of replacement of soybean protein on body weight change (in kilograms), average daily weight gain (in grams per day), and feed conversion ratio (FCR, in kilograms of feed DM per kilogram gain) in growing Landrace × Yorkshire (LY) and Moo Lath (ML) pigs

Parameter	Diets (D)			SEM	Breed (B)		SEM	P value
	ET0	ET25	ET50		LY	ML		
Initial weight	11.4	11.7	13.8	0.80	15.4[a]	9.2[b]	0.65	0.001
Growing period								
Final weight	30.8	30.8	32.6	0.88	38.8[a]	24.0[b]	0.71	0.001
Average Daily Gain	258	273	268	13.34	333[a]	199[b]	10.89	0.001
Feed conversion ratio	4.0	4.0	3.9	0.13	2.9[b]	5.0[a]	0.15	0.001
Finishing period								
Final weight	43.3	43.4	44.8	1.22	53.6[a]	34.1[b]	0.99	0.001
Average Daily Gain	357	361	348	19.89	423[a]	287[b]	19.42	0.001
Feed conversion ratio	3.6	3.6	3.6	0.69	3.0	4.2	0.69	0.062
Overall								
Average Daily Gain	280	302	295	14.47	363[a]	221[b]	11.81	0.001
Feed conversion ratio	3.8	3.8	3.8	0.21	2.9[b]	4.6[a]	0.25	0.002

Values within rows with different superscript letters (a, b) are significantly different ($P < 0.05$)

Diets: ET0 control diet with protein from soybean meal; ET25 basal diet with 25 % replacement of soybean protein by ensiled taro leaves; ET50 basal diet with 50 % replacement of soybean protein by ensiled taro leavesa Price of feed ingredients in Vientiane at the time of experiment (in Lao Kip (LAK) per kilogram): CRM, 1,000; maize meal, 2,500; rice bran, 1,200; SBM, 7,800; ETL, 500; vitamin premix, 50,000. At the time of study 1 USD08, 500 LAK

ที่มา: Lampheuy and jan Erik (2013)

2.6 ประสิทธิภาพการกินและการย่อยได้ของสุกรพื้นเมืองลาว (หมูราด)

การกินและการย่อยอาหารเป็นขบวนการทำให้อาหารแตกตัวเล็กลงเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ พอที่สัตว์จะดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ การวัดการย่อยได้ของอาหารจึงเป็นวิธีการวัดและประเมินคุณค่าของอาหารและตัวสัตว์ที่ดีอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งอาหารที่ย่อยได้มากเป็นประโยชน์ต่อสัตว์มากกว่าอาหารที่ย่อยได้น้อย โดยชาวบ้านส่วนใหญ่จะให้อาหารสุกรพื้นเมืองแตกต่างกันทั้งชนิดของอาหารและปริมาณที่ให้ในแต่ละวัน และวิธีการให้อาหารตามปัจจัยที่เอื้ออำนวยของแหล่งอาหารธรรมชาติและสภาวะเศรษฐกิจของผู้เลี้ยง ถ้าอาหารที่ให้นั้นสุกรสามารถกินได้สูงและย่อยได้มากก็จะเป็นประโยชน์ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตมากด้วยเช่นกัน

Taysayavong and Preston (2010) ที่ได้ศึกษาถึงการกินได้และการย่อยของวัตถุแห้งของอาหาร 2 ชนิด เปรียบกันระหว่างสุกรพื้นเมืองลาว (Moo Lath, ML) กับสุกรพื้นเมืองของเวียดนาม (Moo Mong Cai, MC) ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่า การกินได้ของวัตถุแห้ง (กรัมต่อวัน) และการกินได้ของวัตถุแห้งต่อน้ำหนักมีชีวิต (กรัมต่อกิโลกรัม) ของหมูมงชัยสุกรพื้นเมืองเวียดนามกับอาหารทั้งสองชนิดจะมีการกินได้ดีกว่าหมูราดซึ่งเป็นสุกรพื้นเมืองลาว ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนในสุกรพื้นเมืองของเวียดนามไม่ได้แตกต่างจากหมูราดซึ่งเป็นสุกรพื้นเมืองลาว ($P>0.05$)

ตารางที่ 6 Mean values for change in live weight, feed intake and conversion for Mong Cai and Moo Lath pigs supplemented or not with rice distillers by-product (RDB)

Item	MC+RW	MC+RWDB	ML+RW	ML+RWDB	SE	Prob.
Number of pigs	4	4	4	4		
DMI, g/day	1237	1429	722	584	46.42	0.004
DMI/LW (g/kg)	32.6b	35.7a	31.4b	31.4b	0.47	0.001

[a, b, c ,d] Mean values within rows with different superscript are different at $P<0.05$.

ที่มา: Taysayavong and Preston (2010)

ตารางที่ 7 *Mean values for apparent digestibility # of DM, OM and crude protein in two breeds of pigs with (RDB) and without (NRDB) asu pplement of rice distillers byproduct*

Item	Mong Cai		Moo Lath		SEM	Prob.
	NRDB	RDB	No RWDB	RWDB		
DM	43.7	49.0	38.4	40.3	2.75	0.05
OM	47.6	53.6	43.3	43.3	2.88	0.03
Crude protein	85.5	86.6	81.3	77.5	1.13	0.06

determined by acid insoluble ash method

ที่มา: Taysayavong and Preston (2010)

Lampheuy and janErik (2013) ได้ศึกษาการกินได้ของวัตถุแห้ง การกินได้ของโปรตีน และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ที่เปรียบเทียบการใช้ใบเผือกหมัก (Ensiled taro leaves, ET) ทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองในระดับต่าง ๆ ของสุกรลูกผสมแลนด์เรซ-ยอร์คเชียร์ (Landrace × Yorkshire, LY) และหมูราด (Moo lath, ML) แสดงดังตารางที่ 8 ซึ่งพบว่า การใช้ใบเผือกหมักทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองในทุกระดับที่ศึกษาไม่มีผลการกินได้ของวัตถุแห้ง และการกินได้ของโปรตีนในสุกรทั้งระยะรุ่นและระยะขุน แต่พลังงานใช้ประโยชน์ได้จะลดลงตามระดับของใบเผือกหมักที่เพิ่มขึ้นในสุกรทั้งสองระยะ หากเปรียบเทียบในด้านสายพันธุ์พบว่า การกินได้ของวัตถุแห้ง การกินได้ของโปรตีน และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ของสุกรลูกผสมแลนด์เรซ-ยอร์คเชียร์จะสูงกว่าหมูราดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)

ตารางที่ 8 Effect of replacement of soybean protein on average daily intake (in grams per kilogram BW0.75) of dry matter (DMI) and crude protein (CPI) and metabolizable energy (MEI, megajoules per kilogram BW0.75 day) in growing Landrace × Yorkshire (LY) and Moo Lath (ML) pigs

Parameter	Diets (D)			SEM	Breed (B)		SEM	P value		
	ET0	ET25	ET50		LY	ML		D	B	D×B
Growing period										
DMI	102	102	105	1.51	109[a]	96[b]	1.23	0.241	0.001	0.822
CPI	16.3	16.4	16.9	0.24	17.5[a]	15.5[b]	0.19	0.241	0.001	0.822
MEI	1.3[a]	1.3[ab]	1.2[b]	0.01	1.4[a]	1.2[b]	0.01	0.023	0.001	0.671
Finishing period										
DMI	121	121	124	0.94	130[a]	114[b]	0.77	0.098	0.001	0.562
CPI	16.1	16.1	16.5	0.12	17.3[a]	15.2[b]	0.10	0.098	0.001	0.562
MEI	1.5[a]	1.4[b]	1.4[b]	0.01	1.6[a]	1.4[b]	0.01	0.001	0.001	0.349
Overall										
DMI	107	107	110	2.14	115[a]	101[b]	1.75	0.516	0.001	0.904
CPI	16.3	16.3	16.8	0.18	17.5[a]	15.4[b]	0.15	0.142	0.001	0.733
MEI	1.4	1.3	1.3	0.02	1.4[a]	1.2[b]	0.01	0.065	0.001	0.745

Values within rows with different superscript letters (a, b) are significantly different ($P < 0.05$)

Diets: ET0 control diet with protein from soybean meal; ET25 basal diet with 25% replacement of soybean protein by ensiled taro leaves, ET50 basal diet with 50 % replacement of soybean protein by ensiled taro leaves

ที่มา: Lampheuy and janErik (2013)

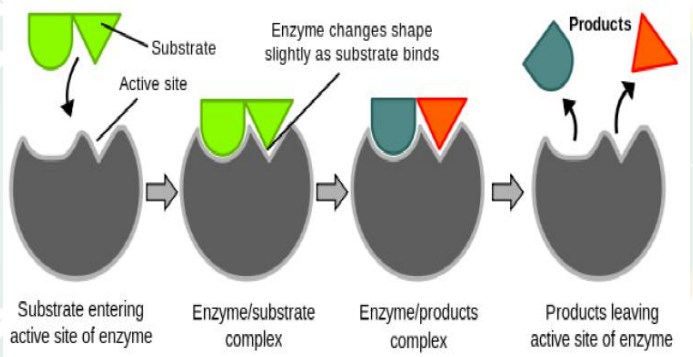
2.7 เอนไซม์

เอนไซม์หมายถึงโปรตีนอีกชนิดหนึ่ง มีคุณสมบัติในการย่อยสารอาหารอนุภาคใหญ่ให้เป็นอนุภาคเล็กลงทำให้ร่างกายดูดซึมสารอาหารนั้นไปใช้ประโยชน์ได้ (Douglas, 1964) สูตรอาหารสมัยใหม่นอกจากจะมีสารอาหารชนิดต่าง ๆ ในปริมาณครบถ้วนตามความต้องการแล้วยังมีวัตถุเติมในอาหาร ซึ่งเป็นสารเคมีที่ไม่ใช่อาหาร แต่มีคุณสมบัติช่วยทำให้สัตว์สามารถกินอาหารได้ในปริมาณมาก มีการย่อยและการดูดซึม รวมทั้งการใช้ประโยชน์ของสารอาหารในร่างกายอย่างมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ในปัจจุบันพบว่าการเสริมเอนไซม์ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารได้เพิ่มสูงขึ้น ลดการสูญเสียของอาหารที่ให้กับสัตว์ ลักษณะของเอนไซม์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. เอนไซม์ที่สัตว์สามารถผลิตได้ (endogenous enzyme) คือการเสริมเอนไซม์ในกลุ่มที่สัตว์สามารถผลิตได้ แต่มีไม่เพียงพอ ส่วนใหญ่มักเสริมในสัตว์ที่อายุน้อย เนื่องจากสัตว์ยังมีพัฒนาการทางด้านระบบการย่อยอาหารไม่สมบูรณ์ อีกทั้งจากความหลากหลายของวัตถุดิบอาหารอาจส่งผลให้การย่อยได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ เอนไซม์ในกลุ่มนี้ เช่น เอนไซม์โปรตีเอส และเอนไซม์อะไมเลสเป็นต้น

2. เอนไซม์ที่สัตว์ไม่สามารถผลิตได้ (exogenous enzyme) คือการเสริมเอนไซม์ในกลุ่มที่สัตว์ไม่สามารถผลิตได้ เพื่อเพิ่มการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ เช่น การเสริมเอนไซม์ไฟเตสเพื่อย่อยฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปไฟเตต เพื่อให้สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น หรือการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (NSP-degrading enzyme) เพื่อย่อยผนังเซลล์พืช ทำให้เกิดการปลดปล่อยโภชนะที่อยู่ภายในผนังเซลล์พืช เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และแร่ธาตุต่าง ๆ ออกมา



ภาพที่ 5 กลไกการทำงานของเอนไซม์แบบแม่กุญแจกับลูกกุญแจ (lock and key model)
ที่มา: Challenge Group (2007)

ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ การใช้เอนไซม์เสริมในอาหารจะพิจารณาส่วนของการเพิ่มการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารให้มากที่สุด โดยส่วนใหญ่จะเป็นเอนไซม์ในกลุ่มเซลลูเลส (cellulose) กลูคาเนส (glucanase) และไซลาเนส (xylanase) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งแหล่งของเอนไซม์เหล่านี้จะผลิตได้จาก แบคทีเรีย หรือเชื้อรา ชนิดต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้เอนไซม์นั้นจำเป็นที่จะต้องทราบชนิดของเยื่อใยที่อยู่ในวัตถุดิบที่ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ได้สูงขึ้น

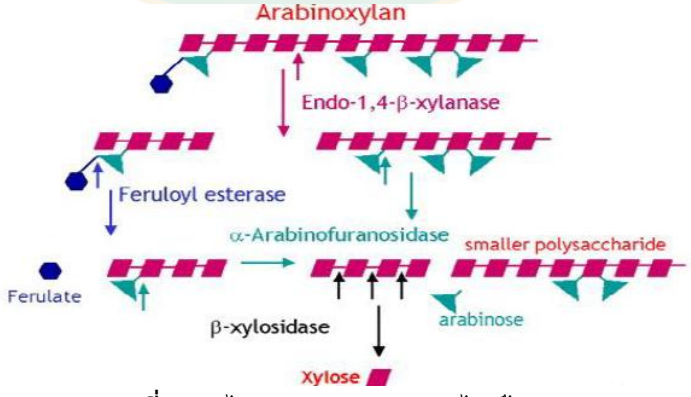
2.7.1 เอนไซม์เซลลูเลส

เป็นเอนไซม์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ อาหาร สิ่งทอ และอุตสาหกรรมกระดาษ เช่น การผลิตน้ำผลไม้ การสกัดน้ำมันมะกอก การสกัดสารแคโรทีนอย เพื่อใช้เป็นสารให้สี (Kocher and Choct, 2000) และในส่วนของกลูคาเนสจะใช้ในกระบวนการผลิต เบียร์ และ ไวน์ เป็นต้น

เอนไซม์เซลลูเลสประกอบไปด้วยเอนไซม์ 3 ชนิด คือ endo–β–glucanase, exo–β–glucanase และ β–glucosidase ซึ่งเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดนี้จะทำงานร่วมกันในการย่อยสลายพันธะของเซลลูโลส โดยการทำงานของเอนไซม์จะเริ่มจาก endo–β–glucanase เข้าไปสลายพันธะของเซลลูโลสที่มีโครงสร้างแข็งแรง (cellulose crystal) ให้กลายเป็นเซลลูโลส หลังจากนั้นเอนไซม์ exo–β–glucanase จะเข้าย่อยพันธะของเซลลูโลสอีกครั้งหนึ่งเช่นเดียวกับ endo–β–glucanase หลังจากนั้นโครงสร้างของเซลลูโลสจะถูกย่อยให้กลายเป็นเซลลูโลสสายสั้น ๆ และ cellobios สุดท้ายเอนไซม์ β–glucosidase จะเข้าไปย่อยสลายพันธะอีกครั้งหนึ่งได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลกลูโคส

2.7.2 เอนไซม์ไซลาเนส (endo–1, 4–β–xylanase)

เป็นเอนไซม์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร หรืออุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ เพื่อย่อยสลายของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อลดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม หรือของเสียในกลุ่มโอลิโกแซคคาร์ไรด์เพื่อนำมาใช้เป็น functional food หรือการนำมาผลิตเป็นสารอาหารให้ความหวาน เช่น ไซลิทอล (xylitol) ได้อีกทางหนึ่ง (Motta and Andrade, 2013) สำหรับการใช้เอนไซม์ไซลาเนสในทางอาหารสัตว์ ส่วนใหญ่ใช้เพื่อย่อยเยื่อใยในวัตถุดิบอาหารสัตว์ ทำให้สัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้มากขึ้น (Bedford and Classen, 1992) เอนไซม์ไซลาเนสเป็นเอนไซม์ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ย่อยสลายเยื่อใยจำพวกเฮมิเซลลูโลสในส่วนของพันธะ β–1, 4 D–xylosidic linkages ของไซแลนให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิดต่าง ๆ หรือคาร์โบไฮเดรตสายสั้น ๆ ที่มีน้ำตาลหลาย ๆ ชนิดปนอยู่ เช่น น้ำตาลไซโลส น้ำตาลอะราบิโนส เป็นต้น กลไกการทำงานของเอนไซม์ไซลาเนส แสดงในภาพ โดยเอนไซม์ไซลาเนสเป็นเอนไซม์ที่เข้าไปทำปฏิกิริยาโดยการสลายพันธะ β–1,4 ของไซแลนตามตำแหน่งต่าง ๆ ของไซแลนที่พบในเฮมิเซลลูโลส (Biely and Vrsanska 1992); Coughlan and Tuohy (1993) เพื่อเป็นการปลดปล่อยไซโล-โอ้ลิโกแซคคาร์ไรด์สายสั้น (short xylo–oligosaccharides) และโพลิแซคคาร์ไรด์สายสั้น (smaller polysaccharide) ออกมา



ภาพที่ 6 กลไกการทำงานของเอนไซม์ไซลาเนส

ที่มา: Challenge Group (2007)

2.7.3 การใช้เอนไซม์เสริมในอาหาร

สาโรช (2547) ได้กล่าวว่า การลดสารประกอบไนโตรเจนในในสิ่งขับถ่ายโดยใช้เอนไซม์จากภายนอกช่วยย่อยโภชนะในอาหาร เอนไซม์ทีมีบทบาทการใช้ประโยชน์ จากไนโตรเจนในอาหารมิได้จำกัดอยู่ในเอนไซม์ Proteinases เท่านั้น เอนไซม์อื่น ๆ ที่เข้าย่อยคาร์โบไฮเดรตและช่วยประกอบ NSP-Starch Polysaccharides ของผนังเซลล์ เช่น Amylases, Galactosidases, β-Glucanases, Cellulases, Hemicellulases, Pectinase และกระทั่ง Phytases มีส่วนช่วยในการเพิ่มการใช้ประโยขน์ได้ของไนโตรเจน โดยการปลดปล่อยไนโตรเจนจากผนังเซลล์ออกมาให้ประโยชน์ได้พร้อม ๆ กันช่วยทำลายคุณสมบัติในการยับยั้งการใช้ประโยชน์ของส่วนประกอบเยื่อใย เช่น ไฟเตดในอาหารให้หมดไปยังผลให้สัตว์ใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนได้ดีขึ้น ปัจจุบันเอนไซม์ที่ผลิตในเชิงการค้าส่วนใหญ่เป็นเอนไซม์ผสม (multienzymes) ที่มีชนิดของเอนไซม์และสัดส่วนการผสม ผลตอบสนองของเอนไซม์เหล่านี้คือ ทำให้ประสิทธิภาพของการใช้อาหารดีขึ้น เพิ่มอัตราการใช้ประโยชน์ได้ของกรดอะมิโน

ปัญหาการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสในมูลสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องเป็นปัญหาที่สำคัญมากปัญหาหนึ่ง สัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องไม่มีเอนไซม์ไฟเตสจึงไม่สามารย่อยกรดไฟติด และใช้ประโยชน์จากฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในพืชได้ ประกอบกับสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องต้องการฟอสฟอรัสสูง จึงจำเป็นต้องเติมฟอสฟอรัสจากแหล่งอนินทรีย์ลงไปในอาหารระดับสูง ทำให้ฟอสฟอรัสในมูลปนเปื้อนลงสู่ดินและถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ กระตุ้นให้เกิดสาหร่ายและวัชพืชน้ำ เมื่อวัชพืชเหล่านี้หนาแน่นมากก็จะตายและเน่าเปื่อย ทำให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ หลาย ๆ ประเทศจึงออกกฎหมายควบคุมการเลี้ยงสัตว์ หรือกำหนดแนวทางหารเลี้ยงสัตว์ที่สามารลดปัญหามลพิษจากฟอสฟอรัสในสิ่งขับถ่ายไว้ ทางหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาดังกล่าวก็คือการใช้เอนไซม์ไฟเตสเติมลงไปในอาหารเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ฟอสฟอรัสในไฟติดให้สูงขึ้น ซึ่งนอกจากจะเกิดผลดีในแง่ช่วยลดการเติมฟอสฟอรัสจากแหล่งอนินทรีย์ลงในอาหารและลดการขับถ่ายฟอสฟอรัสในมูลลงแล้ว ก็ยังช่วยในการทำลายคุณสมบัติในการยับยั้งการใช้โภชนะอื่นของกรดไฟติดลง ทำให้ย่อยและใช้โภชนะในอาหารสัตว์ได้ดีขึ้น

เอนไซม์เป็นกลุ่มสารโปรตีนที่มีหน้าที่พิเศษแตกต่างจากโปรตีน การเสริมเอนไซม์ในอาหารสุกรเพื่อช่วยลดปัญหามลภาวะอันเกิดจากไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ขับถ่ายออกมากับมูลและของเสียจากโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้ของอาหารที่ดีขึ้น

2.7.4 การเสริมเอนไซม์ในอาหารสุกรระยะเจริญเติบโต

น้ำย่อยบางชนิดปรากฏในส่วนลำไส้เล็กของสุกร ตั้งแต่ยังเป็นตัวอ่อนในท้องแม่สุกร Kidder (1982); กิตติ (2539) กล่าวว่าในลูกสุกรน้ำย่อยแลคเตสมีระดับสูงเมื่อแรกเกิดและเพิ่มสูงขึ้น 2.5 เท่าในช่วงอายุ 2-5 สัปดาห์ หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดระดับลงเรื่อย ๆ จนถึงอายุ 7 สัปดาห์ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณน้ำนมที่แม่สุกรผลิตได้ ส่วนน้ำย่อยมอลเตสจะมีระดับข้อนข้างต่ำในสุกรแรกเกิด

แต่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนสุกรได้อายุ 8 สัปดาห์ และน้ำย่อยซูเครสจะมีการเพิ่มระดับขึ้นเช่นเดียวกับมอลเตส

ในช่วงสัปดาห์แรกหลังคลอดปริมาณน้ำย่อยที่ใช้ในการย่อยในโภชนะในน้ำนมจะมีมากควบคู่ไปกับปริมาณน้ำนมที่แม่สุกรผลิตได้ Pond and Maner (1974) กล่าวว่าเมื่อลูกสุกรมีอายุมากขึ้นน้ำย่อยที่ใช้ในการย่อยน้ำนมจะลดลง ในขณะที่น้ำย่อยอื่น ๆ ที่มีอยู่น้อยในระยะแรกจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เช่น น้ำย่อยทริปซิน เปปซิน มอลเตส และ อะไมเลส เป็นต้น

นวลจันทร์ และอุทัย (2533) กล่าวว่า ในสภาวะที่ลูกสุกรเกิดความเครียดเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น การหย่านม การเปลี่ยนอาหาร จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบฮอร์โมนซึ่งมีผลต่อเนื่องถึงการย่อยอาหารจะทำให้ความสามารถในการดูดซึมและการย่อยอาหารลดลง ทำให้มีการสูญเสียอาหารทางมูลมาก การนำเอาเอนไซม์หรือน้ำย่อยบริสุทธ์มาใช้ผสมในอาหารจุดประสงค์เพื่อลดการสูญเสียของอาหารในระบบทางเดินอาหารให้สูญเสียน้อยลง และสามารถใช้วัตถุดิบที่ย่อยมากแต่มีราคาถูกและใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสุกรได้ ทำให้ผู้เลี้ยงลดต้นทุนการผลิตได้มาก โดยเฉพาะในอาหารลูกสุกรให้ได้รับโปรตีนเพียงพอต่อกาเจริญเติบโต การเสริมเอนไซม์จะช่วยให้เกษตรกรสามารถลดระดับโปรตีนในอาหารลงได้โดยที่ลูกสุกรยังมีการเจริญเติบโตเหมือนเดิมซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกทางหนึ่ง

อุทัย และสุกัญญา (2547ก) รายงานผลการวิจัยการเสริมเอนไซม์ในอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองในระดับสูงต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรในระยะรุ่น-ขุน (20-100 กิโลกรัม) พบว่าการเสริมเอนไซม์ NSPase ดังกล่าวสามารถปรับปรุงเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันให้สูงขึ้น ($P<0.05$) และคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะในอาหารสูตรมันสำปะหลัง-กากถั่วเหลือง

อุทัย และสุกัญญา (2547ข) รายงานผลการวิจัยการเสริมเอนไซม์ในอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองในระดับสูงต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรหย่านม (4-8 สัปดาห์) พบว่าการเสริมเอนไซม์ในอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองในระดับสูงสามารถปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของสุกรหย่านมให้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) การเสริมเอนไซม์ผสม NSPase แสดงให้เห็นถึงผลดีในการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของกากถั่วเหลืองในอาหารของลูกสุกรหย่านม

2.8 พืชหมักหรือหญ้าหมัก

หญ้าหมักหรือพืชอาหารสัตว์หมัก หมายถึง พืชอาหารสัตว์ต่าง ๆ ที่เก็บเกี่ยวในขณะที่มีความชื้นพอเหมาะ นำมาเก็บไว้ในสภาพสุญญากาศในภาชนะปิด และเก็บถนอมไว้ในสภาพอวบน้ำจนเกิดสภาพหมักดอง เมื่อพืชอาหารสัตว์สด ๆ ได้เปลี่ยนสภาพเป็นหญ้าหมักได้โดยการรักษาเนื้อเยื่อพืชไม่ให้เน่าเปื่อยเกิดจากกระบวนการซึ่งอาศัยเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด เช่น แบคทีเรียในกลุ่มแลคโตบาซิลลัส แบคทีเรียกลุ่มนี้จะย่อยแป้งในต้น ใบหรือเมล็ดพืชและเปลี่ยนให้เป็นกรด เรียกว่า กรดแล

คติก (lactic) กรดที่เกิดขึ้นนี้เป็นสารที่ช่วยรักษาเนื้อพืชไม่ให้เน่า การหมักแบบนี้เกิดขึ้นในที่ที่อับอากาศ โดยใช้หลุมหมักซึ่งเรียกว่า ไซโล การทาหญ้าหมักมีกระบวนการตรงข้ามกับการทำหญ้าแห้ง เพราะการทำหญ้าแห้งอาศัยกระบวนการไล่ความชื้นออกจากพืช แต่การทำหญ้าหมักต้องการรักษาความชื้นไว้ การทำหญ้าหมักต่างจากปุ๋ยหมัก ตรงที่การทำปุ๋ยหมักนั้นเชื้อราจุลินทรีย์จะย่อยสลายเนื้อเยื่อของพืชจนเน่าเปื่อย ปลดปล่อยแร่ธาตุให้พืชดูดซึมเป็นปุ๋ยได้ ซึ่งหญ้าหมักจะช่วยทำให้คุณค่าทางอาหารของพืชเหล่านั้นคงอยู่ สามารถถนอมไว้ใช้ได้ในช่วงที่ขาดแคลนหญ้าสด พืชอาหารสัตว์ที่นามาใช้ในการหมักได้มาจากพืชอาหารสัตว์ที่มีอยู่มากมายในช่วงฤดูฝน ซึ่งเจริญงอกงามดี และมีปริมาณมากเกินพอสาหรับสัตว์เลี้ยง (สายัณห์, 2546)

2.8.1 พืชที่เหมาะสมสำหรับทำหมัก

1. พืชนั้นต้องมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในระดับที่เพียงพอต่อการหมักเปรี้ยว ต้องมีไม่ต่ำกว่า 18% ถ้าระดับคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้มีน้อยกว่า 10% ของวัตถุแห้ง อาจจะไม่สามารถทำหญ้าหมักได้

2. พืชนั้นต้องมีค่าของ buffering capacity ต่ำ หมายถึง ความต้านทานต่อการลดลงของ pH มีค่าน้อย จะทำให้หญ้าเป็นกรดเร็วขึ้น

3. เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งในหญ้าสดจะต้องมีมากกว่า 20% ขึ้นไป โดยพบว่าระดับวัตถุแห้งที่เหมาะสมในการทำพืชหมักคืออยู่ระหว่าง 30-35% และถ้าสูงกว่านี้จะมีผลทำให้การอัดแน่นไม่ดี และก่อให้เกิดราได้ง่าย

4. ลักษณะทางกายภาพของพืชในด้านโครงสร้างจะต้องเหมาะสมต่อการอัดแน่น การสับให้มีชิ้นขนาด 1-5 เซนติเมตร จะทำให้การอัดแน่นได้ดี

2.8.2 ปัจจัยที่มีผลต่อพืชหมัก

1. ขนาดของชิ้นพืชที่หมัก การสับพืชให้มีขนาดเล็กจะทำให้สามารถอัดได้แน่นเพื่อไล่อากาศได้ดี และยังทำให้น้ำตาลถูกปล่อยออกมาได้เร็ว ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดกรดแลคติคเร็วขึ้น และชิ้นส่วนของพืชยังผสมคลุกเคล้ากันได้ดีทั่วถึง

2. ระดับความชื้นในพืชหมัก ระดับความชื้นที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 65-70% ถ้าความชื้นสูงเกินไปหรือมีน้ำสูงเกินไป จะทำให้พืชหมักที่ได้มีคุณภาพเลว เพราะของเหลวที่ไหลออกมาจากพืชที่กำลังหมักอยู่จะทำให้สูญเสียกรดและโภชนะที่มีประโยชน์ต่อสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคาร์โบไฮเดรต ในพืชที่มีโปรตีนสูง การสูญเสียกรดแลคติคโดยวิธีนี้จะทำให้สภาพภายในหลุมหมักเหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า นอกจากนี้ ความชื้นสูงจะเจือจางกรดแลคติคทำให้เวลาที่ pH จะลดลงถึง 4.2 และสารอาหารที่ควรจะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ต้องน้ำมาใช้ในการผลิตกรดแลคติคเพิ่มขึ้นอีก หรือในทางตรงกันข้ามกรดแลคติคที่ผลิตได้อาจถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นกรดบิวทีริค (สายัณห์, 2546)

2.9 คุณภาพซาก (carcass quality)

จุฑารัตน์ (2539) กล่าวว่า ซากสุกรประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ กระดูก กล้ามเนื้อ และไขมัน โดยในระยะการเจริญเติบโตจะมีอิทธิพลต่ออวัยวะดังกล่าว โดยอัตราส่วนระหว่างกล้ามเนื้อ และกระดูกจะเปลี่ยนแปลงมากในระยะแรกของการเจริญเติบโต และเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระยะปลาย ซึ่งต่างกับอัตราส่วนระหว่างกล้ามเนื้อ และไขมัน ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต การศึกษารวบรวมสถานการณ์ของสุกรพื้นเมืองไทยโดย Suwat (1994) ได้รายงานผลข้อมูลด้านเปอร์เซ็นต์น้ำหนักอวัยวะภายใน หัว และไขมัน สุกรพื้นเมืองไทยจากผลการศึกษาของ Kraisit (2007) เรื่องสมรรถภาพการเจริญเติบโต และองค์ประกอบซากของสุกรการเลี้ยงสุกรด้วยอาหารที่ใช้มันสำปะหลังแห้งทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารพบว่า ทำให้สุกรมีการสะสมไขมันสันหลังลดลง

ตารางที่ 9 Body characteristics and weight of native pigs

native	Sex	Number	Height (Cm)	Length (Cm)	Chest (Cm)	Mature (Kg)
Lath	Male	8	52.7 ± 1.43	86.6 ± 2.43	85.3 ± 2.12	60 - 80
	Female	14	51.9 ± 2.97	84.0 ± 2.77	85.7 ± 2.99	
Hainan	Male	6	58.1 ± 2.30	101.4 ±3.78	97.6 ± 4.54	110-120
	Female	20	57.2 ± 2.30	102.1 ±3.86	98.6 ± 3.81	
Kuay	Male	10	70.3 ± 2.51	127.4 ±3.40	130.0 ±2.62	125-150
	Female	8	71.2 ± 1.88	127.5 ±6.88	136.8 ±3.66	

ที่มา: วินัย และผกาพรรณ (2543)

ตารางที่ 10 Carcass characteristics of native pigs

Item	Native pigs		
	Lath	Hainan	Kuay
Carcass percentage, %	78.7	74.6	76.5
Number of Rib, pieces	13	14	14
Vertebral colum, pieces	19	20	20
Back fat depth, Cm	6.1	4.9	4.7
Loin eye area, Cm^2	3.9	4.4	4.1

ที่มา: วินัย และผกาพรรณ (2543)

ตารางที่ 11 Carcass composition, intestinal length and stomach weight of native pigs

Item	Native pigs		
	Lath	Hainan	Kuay
Red meal (%)	32.4	40.6	41.3
Fat (%)	50.0	39.4	36.5
Bend (%)	5.6	7.7	6.9
Movie (%)	11.9	12.1	15.2
Intestinal length (m)	17.4	20.6	17.1
stomach (Kg)	0.49	0.63	0.60

ที่มา: วินัย และผกาพรรณ (2543)

ตารางที่ 12 Percentage of internal organ weight of native pigs

Item	Native pigs		
	Lath	Hainan	Kuay
Heart (%)	0.19	0.22	0.23
Liver (%)	1.23	1.38	1.36
Stomach (%)	0.50	0.62	0.54
Lung (%)	0.50	0.59	0.68
Kidney (%)	0.16	0.21	0.17
Pancreas (%)	0.10	0.15	0.14

ที่มา: วินัย และผกาพรรณ (2543)

2.10 คุณภาพเนื้อ

2.10.1 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์

สุเมธ (2554) กล่าวไว้ว่า หลังจากที่สัตว์ผ่านกระบวนการฆ่าแล้ว ภายในก้อนเนื้อจะค่อย ๆ มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในก้อนเนื้อลดลง และหมดไป กล้ามเนื้อจะเกิดการเกร็งตัว ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติค ทำให้ความเป็นกรดมีมากขึ้น โดยค่าความเป็นกรดจะลดลงจาก pH 6.5 การเกร็งตัวของเนื้อสัตว์ในระยะนี้เรียกว่า rigor mortis เป็นระยะที่เนื้อมีความเหนียว ถ้าทำการเก็บเนื้อไว้ในสภาวะที่มีความเย็นประมาณ 0 – 5 องศาเซลเซียส เอนไซม์พวกโปรติเอสจะทำให้เนื้อเกิดความนุ่มขึ้น

เนื่องจากการลดลงของ pH เนื่องจากการเปลี่ยนไกลโคเจนเป็นกรดแลคติคหลังจากการถูกฆ่านี้เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของเนื้อลดลงด้วย ถ้าเนื้อมีความเป็นกรดมากก็คุณภาพของเนื้อก็ลดลง การที่สัตว์ได้รับการพักผ่อน และป้องกันไม่ให้สัตว์ตกใจ หรือถูกทุบตี จะทำให้เนื้อมีคุณภาพดี มีความเป็นกรดด่างประมาณ 5.8-5.6 แต่ถ้าสัตว์มีการตื่นตกใจ หรือเหนื่อยก่อนถูกฆ่า ความเป็นกรดด่างหลังถูกฆ่าจะต่ำถึง 5.4 ทำให้โปรตีนในเนื้อเสียสภาพธรรมชาติ เช่น ความสามารถในการละลาย และความสามารถในการอุ้มน้ำ รวมทั้งสีจะเข้มขึ้นด้วย

เนื้อที่มีคุณภาพดีจะมีสีแดง เนื่องจากเม็ดสีไมโอโกลบิน (myoglobin) ปริมาณเม็ดสีจะขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์ โดยที่สัตว์ที่มีอายุมากจะมีไมโอโกลบินมากกว่าสัตว์ที่มีอายุน้อย เม็ดสีไมโอโกลบินเมื่ออยู่ในสภาพที่มีออกซิเจน จะรวมตัวกับออกซิเจนเป็น oxymyoglobin ซึ่งมีสีแดงสด ดังนั้นเนื้อที่สดจึงมีสีแดงสด ส่วนเนื้อที่เก่าหรือเกิดการเน่าเสียมีสีเขียว เนื่องจากสารประกอบพวก sulmyoglobin และ cholemyoglobin สำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อบางชนิดเช่น แฮม เบคอน และไส้กรอก ผลิตภัณฑ์พวกนี้มีสีแดงเนื่องจากสารไนตริกออกไซด์ ซึ่งได้จากการแตกตัวของเกลือไนเตรท และไนไตรทที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ ทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบิน เป็นสารประกอบ ไนโตรโซไมโอโกลบินที่มีสีแดง และเมื่อโดนความร้อนสารประกอบนี้จะเปลี่ยนเป็น (nitrosohemochrome) มีสีชมพู ซึ่งเป็นสีที่คงทน

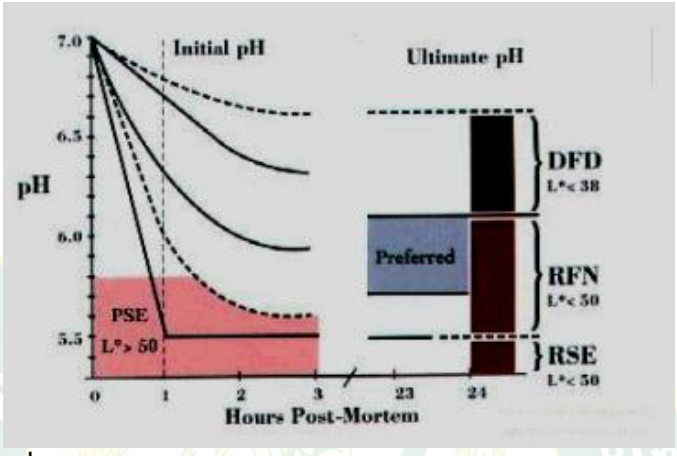
2.10.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

โดยปกติหลังจากที่สุกรถูกฆ่า pH ในกล้ามเนื้อจะลดลงจาก 7 อยู่ที่ประมาณ 5.3 – 5.8 ค่า pH จะลดลงภายใน 6 – 12 ชั่วโมง (Savell, 2005)

สัญชัย (2547) กล่าวว่า เนื้อ PSE เกิดจากระบวนการ glycolysis ที่รวดเร็วทำให้เกิดการสะสมกรดแลคติกสูง พบว่า pH จะลดลงเหลือ 5.3 – 5.7 ภายในเวลา 1 ชั่วโมงหลังจากสัตว์ตาย การลดลงของค่า pH ในขณะที่อุณหภูมิของซากยังสูงอยู่ เป็นปัจจัยที่กระตุ้นให้กระบวนการการย่อยสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดได้เร็วขึ้น ยังผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในกล้ามเนื้อสุ กร คือ โปรตีนเกิด denature ไม่สามารถรักษาคุณสมบัติในการจับน้ำ ทำให้เนื้อไม่สามารถอุ้มน้ำได้เกิดการไหลของน้ำอีกด้วย เซลล์เกิดการหดตัวอย่างหลวม ๆ ทำให้ไม่สามารถเกาะกันคงรูปได้จึงปรากฏให้เห็นเนื้อด้านหน้าตัดมีสีซีด เหลวและไม่คงรูป ทำให้แสงที่มาตกกระทบสะท้อนออกไปได้มาก จึงเห็นเนื้อมีสีจาง ผิดปกติ

เนื้อ DFD (dark firm dry) เกิดจากการที่เนื้อมีปริมาณไกลโคเจน (glycogen) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สะสมในกล้ามเนื้อมีอยู่น้อยในขณะที่เริ่มฆ่าสัตว์เมื่อสัตว์ถูกฆ่าจะมีการเปลี่ยนแปลงในกล้ามเนื้อโดยกระบวนการ glycolysis ในกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจน ได้ผลผลิตสุดท้ายคือกรดแลคติก ทำให้ pH สุดท้ายของเนื้อมีค่ามากกว่า 6.1 การที่มี pH สูงมีผลให้คุณสมบัติบางประการของเนื้อต่างจากเนื้อปกติทั่ว ๆ ไป คือ โปรตีนมีความสามารถในการจับน้ำได้ดีทำให้เฟอร์

รัสอิออนจับตัวกับโมเลกุลของน้ำได้ดีด้วย เส้นใยกล้ามเนื้อจึงเบียดเสียดกันแน่น เป็นผลให้ออกซิเจนจากภายนอกไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปตามผิวหนังของกล้ามเนื้อได้ง่าย ๆ จึงเกิดปรากฏการณของสีคล้ำ แข็งและแห้งที่ผิวหน้าของกล้ามเนื้อ ซึ่งสีที่เห็นเป็นสีคล้ำ เนื่องจากผิวหน้าที่แห้ง จะมีการดูดแสงมากแต่มีการกระจายแสงน้อยมากนั้นเอง (สุทธิพงศ์, 2553) ซึ่งอิทธิพลของ initial pH และ ultimate pH ต่อคุณภาพเนื้อ จะแสดงในภาพต่อไปนี้



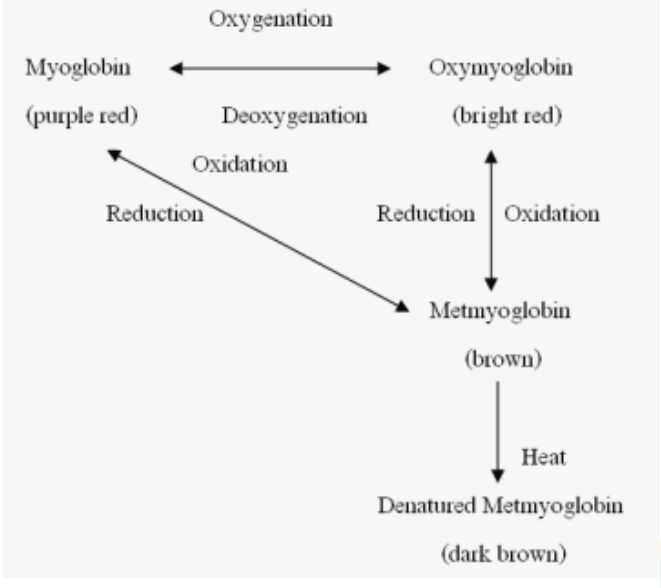
ภาพที่ 7 อิทธิพลของ initial pH และ ultimate pH ตอคุณภาพเนื้อ

ที่มา: PIC (1997)

2.10.3 สีของเนื้อ

สัตว์อายุมากเนื้อจะเหนียวมาก สีเข้มกว่า เป็นผลมาจากการเชื่อมกัน (cross-linking) ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และปริมาณไมโอโกลบิน (myoglobin) ในเนื้อ เนื้อที่มีไขมันแทรกจะทำให้ความนุ่ม และความชุ่มฉ่ำเพิ่มขึ้น โดยสอดคล้องกับ จตุพร (2551) กล่าวว่า สีของเนื้อเป็นความรู้สึกประการแรกที่ผู้บริโภคสามารถสัมผัสได้ และเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ทำให้ผู้บริโภค ตัดสินใจในการซื้อหรือไม่ซื้อ สีของเนื้อจะแตกต่างกันตาม เพศ อายุ ตลอดจนชิ้นส่วนที่มาจากอวัยวะที่ต่างกัน และยังขึ้นอยู่กับปริมาณไมโอโกลบินที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อสัตว์ สีในเนื้อสดเกิดขึ้นจากปริมาณไมโอโกลบิน และออกซิเจนในอากาศ ปกติกล้ามเนื้อจะมีสีแดงอมชมพู (purple-red) แต่เมื่อถูกชำแหละ และตัดเป็นชิ้น ๆ เนื้อจะถูกอากาศทำให้เนื้อมีสีชมพูสด (bright-red) เนื่องจากออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินเกิดเป็นสารอ๊อกซีไมโอโกลบินขึ้น แต่เนื้อบริเวณที่วางติดกับพื้นเขียงไม้ ซึ่งจะขาดหรือไม่มีออกซิเจนจะเกิดเป็นสารเมทไมโอโกลบินขึ้น ทำให้เนื้อเป็นสีน้ำตาล (brown) (อรวินทร์ และประชา 2522) วัตถุที่ให้สีแดงของเนื้อสัตว์เป็นโปรตีน ได้แก่ไมโอโกลบิล ซึ่งมีมากในกล้ามเนื้อ และเฮโมโกลบิน (hemoglobin) ซึ่งมีมากในเลือด ในกล้ามเนื้อเฮโมโกลบินจะยังคงเหลือติดอยู่บ้างในเส้นเลือดฝอย และอวัยวะที่มีเลือดไปหล่อเลี้ยงมาก เช่น ตับและหัวใจ เป็นต้น รงควัตถุทั้งสองชนิดนี้มี

หน้าที่รับออกซิเจนไว้ใช้สำหรับเมตาโบลิซึมของสัตว์ เฮโมโกลบินพาออกซิเจนไปตามเส้นโลหิตไปสู่อวัยวะต่าง ๆ ส่วนไมโอโกลบินรับออกซิเจนจากเฮโมโกลบินเพื่อใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกร

ที่มา: อรวินทร์ และประชา (2522)

2.10.4 ความนุ่มของเนื้อ

ความนุ่มเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกว่าเนื้ออร่อยหรือไม่ เนื้อที่มีความนุ่มย่อมง่ายต่อการกัดหรือเคี้ยว เมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่อบริเวณแก้ม และลิ้นจะทำให้รู้สึกอ่อนนุ่ม และเมื่อเคี้ยวไประยะหนึ่งเนื้อจะยุ่ยละเอียด จึงทำให้ผู้บริโภคเกิดความพอใจเนื้อที่มีความนุ่มได้มากกว่าเนื้อที่เหนียวความนุ่มของเนื้อสัตว์ขึ้นอยู่กับพันธุ์ วิธีการเลี้ยงดู กรรมวิธีการปฏิบัติที่ได้รับก่อนฆ่า ระหว่างฆ่าและหลังฆ่า วิธีเตรียมเพื่อบริโภค ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน พันธุ์สัตว์ อายุ และการดูแลไม่ให้สัตว์มีความเครียดก่อนการฆ่า รวมถึงการบ่มจะช่วยทำให้เนื้อมีความนุ่มขึ้น การเตรียมเนื้อสัตว์เพื่อบริโภคบางวิธี ก็สามารถทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันสลายตัว และทำให้เนื้อสัตว์นุ่มขึ้น นอกจากนั้น การเลี้ยงดูสัตว์เพื่อการบริโภคเนื้อโดยเฉพาะ ก็จะช่วยให้เนื้อนุ่มขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม เนื้อสัตว์ที่มีความนุ่มมีราคาสูงกว่าเนื้อที่เหนียว ดังนั้น จึงอาจต้องทำให้เนื้อนุ่ม โดยใช้วิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การบด หรือใช้วัตถุแหลมคม เช่น ปลายส้อมหรือเหล็กแหลมขนาดเล็กแทง การใช้ค้อนที่เป็นปุ่มแหลมทุบชิ้นเนื้อเพื่อให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันฉีกขาดจะช่วยทำให้เนื้อนุ่มขึ้นได้ นอกจากนี้ อาจใช้สารเคมีได้เช่นกัน เช่น การใช้กรดอ่อนโดยใช้น้ำส้มสายชูหรือน้ำมะนาวหมักเนื้อ กรดอ่อนเหล่านี้จะช่วย ให้เกิดการบวมน้ำของคอลลาเจน ซึ่งทำให้พันธะไฮโดรเจนภายในคอลลาเจนถูกตัดขาดจึงทำให้เนื้อนุ่มขึ้น อีกวิธีหนึ่งที่นิยมกันมากคือการใช้เอนไซม์ เช่น เอนไซม์ปาเปน (papain) ที่มีในยางจากใบ และผลมะละกอดิบ เอนไซม์โบรมิลิน

(bromelin) ในสับปะรด เอนไซม์เหล่านี้มีคุณสมบัติในการย่อยโปรตีนได้ เมื่อผสมหรือคลุกเคล้ากับเนื้อจะช่วยย่อยโปรตีนคอลลาเจน และอิลาสติน จนมีผลทำให้เนื้อนุ่มขึ้น แต่ต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสม มิฉะนั้นอาจทำให้ชิ้นเนื้อถูกย่อยจนเปื่อยได้ (จุฑารัตน์, 2538)

2.10.5 ความสามารถของการอุ้มน้ำ

ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่เป็นตัวกำหนดคุณลักษณะที่สำคัญของเนื้อคือความสามารถในการอุ้มน้ำ ซึ่งคุณสมบัตินี้นอกจากจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดคุณค่าทางการบริโภค (sensory factors) ได้แก่ สี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส ความนุ่ม และความชุ่มของเนื้อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อยังมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางด้านการแปรรูปเนื้อสัตว์ (technological factors) ได้แก่ ความคงตัว ความหนืด ความเปน อิมัลชั่น การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาเนื้อ (drip loss) การสูญเสียน้ำหนักระหว่างขบวนการอาหาร (cooking loss) เป็นต้น

เนื้อในสภาพปกติจะมี pH ประมาณ 6.8 – 7.0 ซึ่งในสภาพเช่นนี้โมเลกุลของโปรตีนในเนื้อจะมีความเป็นประจุ (ขั้วบวกหรือขั้วลบ) สูง เนื่องจากมีกลุ่มของ carboxyl, amino, carbonyl, hydroxyl, sulhydryl, imidazole อยู่ภายใน ซึ่งกลุ่มเหล่านี้จะจับน้ำที่อยู่ในเซลล์ของเนื้อไว้ได้ด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ทำให้เนื้อสัตวมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง และน้ำไม่ซึมไหลออกจากเนื้อเมื่อเซลล์ถูกตัดหั่นหรือบด (เยาวลักษณ์, 2536)

เมื่อสัตวตาย ค่า pH ในกล้ามเนื้อสัตว์จะลดลง เนื่องจากกรดแลคติกถูกผลิตออกมา การลดลงของ pH อาจจะทำให้โปรตีนบางส่วนในกล้ามเนื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการ เช่น ทำให้ลักษณะบางประการของโปรตีนเปลี่ยนไป โดยเฉพาะพวก sacroplasmic protein มีผลทำให้ความสามารถในการละลายน้ำได้ลดลง ทำให้โปรตีนส่วนนี้จับน้ำได้น้อยลง และเมื่อ pH ในกล้ามเนื้อลดลงที่ pH สุดท้ายของเนื้อ (ultimate pH) ซึ่งจะอยู่ที่ประมาณ 5.4 – 5.6 ใกล้เคียงกับ isoelectric point (IP) ของโปรตีนสำคัญที่มีส่วนรับผิดชอบโดยตรงต่อการอุ้มน้ำ คือ myosin ในเนื้อที่ isoelectric point นี้จำนวนประจุบวก และประจุลบบนโมเลกุลของโปรตีนมีจำนวนเท่ากัน ผลที่ตามมาคือ มักจะดึงดูดซึ่งกัน และกันเอง ทำให้ผลรวมของประจุไฟฟ้าบนโมเลกุลของโปรตีนจะไปดูดเกาะกับโมเลกุลของน้ำได้ต่ำลง ทำให้เนื้อสัตว์ที่ได้มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ด้อยกว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของกล้ามเนื้อสัตว์มีชีวิต (ธนนันท์, 2560)

2.10.6 ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อ

คุณค่าทางโภชนะของเนื้อขึ้นอยู่กับปริมาณของโปรตีน ไขมัน คารโบไฮเดรท์ ไวตามิน เกลือแร่ โดยทั่วไปเนื้อสัตวมีความชื้น โปรตีน ไขมันและแร่ธาตุ ในปริมาณโดยประมาณเท่ากับ 74, 20, 4 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับที่เหลืออีก 1 เปอร์เซ็นต์จะประกอบไปด้วย ไกลโคเจน ไวตามิน และกรดแลคติก (จุฑารัตน์, 2539)

2.11 โครงสร้างและหน้าที่ของลำไส้เล็ก

Pelicano and Souza (2005) หน้าที่สำคัญของลำไส้เล็กคือการย่อย และการดูดซึมสารอาหารแล้ว ในส่วนของชั้นเนื้อเยื่อของลำไส้ยังสามารถทำหน้าที่เป็นผนังป้องกันจุลินทรีย์ก่อโรคและสารพิษบางชนิดได้ ลำไสเล็กเป็นส่วนของท่อทางเดินอาหารที่เชื่อมต่อระหว่างกระเพาะอาหารกับลำไส้ใหญ่ ลำไส้เล็ก สามารถแบ่งส่วนของลำไส้เล็กออกเป็น 3 ส่วนคือ ลำไส้เล็กตอนต้น (Duodenum) ลำไส้เล็กตอนกลาง (Jejunum) และลำไส้เล็กตอนปลาย (Ileum) ผนังของลำไส้ประกอบด้วย 5 ชั้นคือ ชั้นเยื่อเลื่อม (sesoral layer) ชั้นกล้ามเนื้อตามยาว (longitudina) ชั้นกล้ามเนื้อรอบวง (circular muscle layer) ชั้นใต้เยื่อเมือก (submucosal layer) ชั้นเยื่อเมือก (mucosal layer) ความหนาของผนังของลำไส้จะลดลงตามความยาวของลำไส้ วิลไลมีความยาวที่สั้นลง และความลึกของเซลล์คริปลดลง ซึ่งจะสังเกตได้จากลำไส้ส่วนต้นจะมีขนาดใหญ่กว่าลำไส้ส่วนปลาย Turk (1982) ชั้นเยื่อเมือกของลำไส้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

- วิลไล (Villi) พื้นผิวด้านในของลำไส้จะมีลักษณะเป็นชั้นเยื้อเมือกพับไปมา เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสสำหรับการหลั่งเอนไซม์และการดูดซึมสารอาหารภายในลำไส้
- Crypts of Liberkuhn คริปเป็นพื้นที่ที่มีการแบ่งตัวของเซลล์เพื่อมาทดแทนเอนเตอโรซัยท์ (Enterocyte) ในลำไส้เล็ก และแต่ละคริปจะพัฒนาไปเป็น Epithelium ซึ่งพื้นที่ผิวของลำไส้ประกอบไปด้วย เซลล์กอบเลท (Goblet) เซลล์เอนเทอโรเอนโดไครน์ (Entero-endocrine) และเซลล์สำหรับดูดซึม (Absorptive cell) (Yamauchi, 2007)

บทที่ 3
อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 สถานที่ทำการวิจัย

- ทำการเลี้ยงสุกร ฟาร์มสุกร วิทยาลัยกสิกรรมและป่าไม้ ภาคเหนือ สาธารณรัฐ ประชาธิปไตยประชาชนลาว

- วิเคราะห์โภชนะในอาหารสัตว์ ห้องปฏิบัติการ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยแม่โจ้

- วิเคราะห์คุณภาพซาก ห้องปฏิบัติการ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และห้องปฏิบัติการ คณะสัตวศาสตร์ วิทยาลัยกสิกรรมและป่าไม้ ภาคเหนือ สาธารณรัฐ ประชาธิปไตยประชาชนลาว

- วิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ ห้องปฏิบัติการ คณะสัตวศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

3.2 ระยะเวลาเริ่มดำเนินงานวิจัย

- เวลาเริ่มดำเนินการทดลองเดือน มิถุนายน 2561
- เสร็จสิ้นการทดลองเดือน ธันวาคม 2561

3.3 อุปกรณ์ และสารเคมี

3.3.1 อุปกรณ์สำหรับเตรียมวัตถุดิบ

- ถุงพลาสติกสีดำ
- ถังหมักผักโขม
- เครื่องสับหญ้า
- ตู้อบใบผักโขม
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- กระสอบ
- ถุงมือ

3.3.2 อุปกรณ์สำหรับเลี้ยง

- รางอาหาร
- ที่ให้น้ำ

- ถุงมือ
- ถุงพลาสติกเก็บตัวอย่างอาหาร
- ภาชนะใส่มูลสุกร
- เครื่องชั่งสุกร
- เครื่องผสมอาหาร

3.3.3 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่าง

- อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผักโขม อาหารทดลอง และมูลสุกร
- อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อตรวจคุณภาพซาก และเนื้อ
- เครื่องชั่งดิจิตอล
- ตู้เย็น
- ตู้แช่
- ชุดเครื่องกลั่น
- เครื่องวัด pH
- เครื่องวัดสีเนื้อ
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
- เครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์
- อุปกรณ์สำหรับการจดบันทึกข้อมูล

3.4 สัตว์ทดลอง และคอกทดลอง

ใช้สุกรพันธุ์ราดเพศผู้ตอน อายุประมาณ 60 วัน น้ำหนักโดยเฉลี่ย 9.04 ± 0.99 กิโลกรัม จำนวน 32 ตัว โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ โดยแต่ละซ้ำประกอบด้วยสุกรจำนวน 2 ตัว เลี้ยงภายในคอกเดียวกัน เลี้ยงในคอกทดลองขนาด 3 ตารางเมตร ภายในโรงเรือนเป็นระบบเปิดที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก และสุกรทั้งหมดทำวัคซีนตามโปรแกรมมาตรฐานฟาร์ม สุกรได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่

3.5 วิธีการวิจัย

3.5.1 การเตรียมอาหารทดลอง

เตรียมผักโขมสด ผักโขมหมักและตากแห้งในระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม เก็บในขอบเขตบริเวณริมน้ำโขง น้ำเชือง น้ำอู บ้านเวียงสะหวัน บ้านปากเชือง บ้านสมสะหนุก และบ้านหาดยา จังหวัดหลวงพะบาง

3.5.2 การเตรียมผักโขม

การเตรียมผักโขม นำผักโขมสดทั้งต้นสดยกเว้นรากมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 1-2 เซนติเมตร นำมาตากแห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส นาน 4-5 วัน หรือจนมีความชื้นประมาณร้อยละ 7-8 หลังจากนั้นนำผักโขมแห้งมาบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด ซึ่งจะได้ผักโขมแห้งบดที่พร้อมใช้งาน ทำการบรรจุถุงพลาสติกเพื่อเก็บไว้ใช้ในงานทดลองต่อไป สุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนำการ โดยวิธี Proximate analysis ตาม (AOAC, 1990) เพื่อนำมาประกอบสูตรอาหารทดลองต่อไป

3.5.3 การเตรียมผักโขมหมัก

นำผักโขมสดทั้งต้นสดยกเว้นรากมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 1-2 เซนติเมตร นำมาใส่ถุงดำ และถังพลาสติก ปิดปากถุงและฝาถังให้สนิทกันอากาศเข้า แล้วเก็บไว้ 14 วัน หลังจากนั้นนำผักโขมที่หมักมาตากแห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส นาน 4-5 วัน นำผักโขมแห้งมาบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด ซึ่งจะได้ผักโขมแห้งบดที่พร้อมใช้งาน ทำการบรรจุถุงพลาสติกเพื่อเก็บไว้ใช้ในงานทดลองต่อไป สุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ โดยวิธี Proximate analysis ตาม (AOAC, 1990) เพื่อนำมาประกอบสูตรอาหารทดลองต่อไป

3.5.4 แผนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ได้แบ่งการวัดผลออกเป็น 3 ลักษณะ คือ การศึกษาคุณค่าทางโภชนะ การย่อยของโภชนะ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารที่เสริมด้วยผักโขมในสุกร การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากสุกร การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาในลำไส้เล็กของสุกรพื้นเมืองลาว (สุกรพันธุ์ราด)

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มงสมบูรณ์ (Completely Ramdomized Design: CRD) โดยใช้สุกรพื้นเมืองพันธุ์ราด เพศผู้ตอนจำนวน 32 ตัว แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วยสุกรพื้นเมืองพันธุ์ราดจำนวน 2 ตัว

3.5.5 อาหารทดลอง

อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 4 สูตรการทดลอง สุกรทดลองแต่ละซ้ำจะได้รับอาหารทดลองที่มีส่วนประกอบหลักเหมือนกัน และมีโภชนะไม่ต่ำกว่าความต้องการ (NRC, 1998) แตกต่างกันเฉพาะระดับการเสริมผักโขมในอาหาร ดังนี้ สูตรที่ 1 อาหารควบคุม (ไม่มีผักโขม) สูตรที่ 2 มีผัก

โขมแห้งบดประกอบในสูตอาหาร 20% สูตรที่ 3 ผักโขมแห้งบดประกอบในสูตอาหาร 20% เอนไซม์ 0.01% สูตรที่ 4 ผักโขมหมักแห้งบดประกอบในสูตอาหาร 20%

ตารางที่ 13 Feed ingredients and calculated nutrient composition (8 - 30 Kg)

Feed ingradients (Kg.)	Dietary treatment			
	T1	T2	T3	T4
Feed ingredients (% DM)				
Broken rice	6.00	5.00	5.00	5.00
Corn	36.00	23.00	23.00	23.00
Rice bran	34.65	36.65	36.64	36.65
Soybean meal	22.00	14.00	14.00	14.00
Amaranth meal	0.00	20.00	20.00	0.00
Dry Amaranth silage	0.00	0.00	0.00	20.00
Di-calcium phosphate	0.50	0.50	0.50	0.50
Salt	0.35	0.35	0.35	0.35
Premix	0.50	0.50	0.50	0.50
Hostazym® X Enzyme	0.00	0.00	0.01	0.00
Chemical composition (Calculated)				
Crude Protein (% DM)	17.20	17.20	17.20	17.20
Energy (kcal ME/kg DM)	3138	3054	3054	3054
Calcium (% DM)	0.201	0.661	0.661	0.661
Phosphorus (% DM)	0.335	0.375	0.375	0.375
Ether extract (% DM)	5.872	5.723	5.722	5.723
Crude fiber (% DM)	6.658	8.923	8.922	8.923

Note: Recomented by NRC (1998)

ตารางที่ 14 Feed ingredients and calculated nutrient composition (30 - 50 Kg)

Feed ingradients (Kg.)	Dietary treatment			
	T1	T2	T3	T4
Feed ingredients (% DM)				
Broken rice	8.00	9.65	9.64	9.65
Corn	37.00	37.00	37.00	37.00
Rice bran	37.65	22.00	22.00	22.00
Soybean meal	16.00	10.00	10.00	10.00
Amaranth meal	0.00	20.00	20.00	0.00
Dry Amaranth silage	0.00	0.00	0.00	20.00
Di-calcium phosphate	0.50	0.50	0.50	0.50
Salt	0.35	0.35	0.35	0.35
Premix	0.50	0.50	0.50	0.50
Hostazym® X Enzyme	0.00	0.00	0.01	0.00
Chemical composition (Calculated)				
Crude Protein (% DM)	15.16	15.17	15.17	15.17
Energy (kcal ME/kg DM)	3169	3100	3100	3100
Calcium (% DM)	0.189	0.645	0.645	0.645
Phosphorus (% DM)	0.339	0.314	0.314	0.314
Ether extract (% DM)	6.230	4.526	4.527	4.526
Crude fiber (% DM)	6.643	7.281	7.281	7.281

Note: Recomented by NRC (1998)

3.6 การบันทึกข้อมูล

3.6.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผักโขมแห้ง

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

3.6.2 การศึกษาสมรรถภาพการผลิต

1. ทางด้านน้ำหนัก

บันทึกน้ำหนักสุกรเริ่มต้นการทดลอง หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักสุกรทุก ๆ 14 วัน/ครั้ง โดยจะกำหนดเอาเวลาตอนเช้า ก่อนการให้อาหาร 6:00 - 7:00 นำที จนสิ้นสุดการทดลอง เพื่อใช้ในการคำนวณ อัตราการเจริญเติบโต ADG (Average Daily Gain) หมายถึง ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน) ต่อระยะเวลาการเลี้ยง ซึ่งอาจจะเป็นต่อวัน ต่อสัปดาห์ หรือตลอดระยะเวลาการทดลอง

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักชั่งได้สุดท้าย – น้ำหนักชั่งได้เริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

2. ทางด้านปริมาณอาหาร

บันทึกน้ำหนักปริมาณอาหารที่ให้สุกรกิน เก็บอาหารที่เหลือจากการกิน โดยกำหนดเวลาหลังจากที่ให้อาหารไป 1 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก ทำแบบนี้ในทุกๆ วัน ตลอดการทดลอง เพื่อใช้ในการคำนวณ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว FCR (Feed conversion ratio) หมายถึง ปริมาณอาหารที่ใช้มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อการเพิ่มของน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม หรือประสิทธิภาพการใช้อาหาร FE (Feed efficiency), อัตราการกินได้ต่อวัน (Average Daily Intake; ADI หรือ Feed intake; FI)

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักสุกรที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด}}$$

$$\text{อัตราการกินได้ต่อวัน} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ให้กิน – ปริมาณอาหารเหลือ}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

3.6.3 การวิเคราะห์การย่อยได้ของโภชนะ

เก็บมูลเมื่อสุกรมีน้ำหนักถึง 30 กิโลกรัม ทำการเก็บตัวอย่างน้ำหนักมูลสุกร แยกการเก็บมูลตามกลุ่มของการทดลอง เก็บมูลที่ได้ลงในถุงพลาสติกมัดปากถุงให้แน่น แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทำแบบนี้ไปจนคบ 7 วัน แล้วนำเอาตัวอย่างที่เก็บในแต่ระวันมารวมกันให้เข้ากัน สุ่มเอามูลสุกรแต่ละกลุ่มทดลอง 1 กิโลกรัม น้ำไปอบในอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อใช้คำนวณค่าการย่อยได้ของโภชนะดังต่อไปนี้ (Zhang and Adeola, 2017)

$$\text{การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารแห้ง - น้ำหนักมูลแห้ง}}{\text{น้ำหนักอาหารแห้ง}} \times 100$$

$$\text{การย่อยได้ของโปรตีน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักโปรตีนในอาหาร - น้ำหนักโปรตีนในมูล}}{\text{น้ำหนักโปรตีนในอาหาร}} \times 100$$

$$\text{การย่อยได้ของเยื่อใย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเยื่อใยในอาหาร - น้ำหนักเยื่อใยในในมูล}}{\text{น้ำหนักเยื่อใยในอาหาร}} \times 100$$

$$\text{การย่อยได้ของไขมัน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันในอาหาร – น้ำหนักไขมันในมูล}}{\text{น้ำหนักไขมันในอาหาร}} \times 100$$

3.6.4 การศึกษาคุณภาพซาก

เมื่อสุกรมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 45 กิโลกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการสุ่มสุกรทดลองกลุ่มละ 50 เปอเซ็นต์/กลุ่ม ซ้ำละ 1 ตัว รวมสุกรเป็นจำนวน 16 ตัว คือกลุ่มละ 4 ตัว จะถูกนำมาศึกษาด้านลักษณะซาก โดยทำการอดอาหารก่อนการขนส่งเข้าสู่โรงฆ่าอย่างน้อย 24 ชั่วโมง และทำการพักก่อนการฆ่าไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมง จากนั้นดำเนินการฆ่าสัตว์ ตามหลักจรรยาบรรณของสัตว์ทดลอง และมีการควบคุมด้วยระบบมาตรฐานของโรงฆ่าสัตว์ โดยมาตรฐาน GMP ทำการศึกษาลักษณะต่างๆ ของซาก ตามวิธีของ จุฑารัตน์ และกันยา (2546) ดังต่อไปนี้

1. น้ำหนักตัวมีชีวิต เป็นน้ำหนักของสุกรก่อนฆ่า ซึ่งก่อนฆ่าได้อดอาหาร 24 ชั่วโมง โดยมีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา

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

3. เปอร์เซ็นซากอุ่น หมายถึงอัตราสวนของน้ำหนักซากอุ่นตอน้ำหนักสุกรมีชีวิต คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

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

4. น้ำหนักซากเย็น เป็นน้ำหนักสุกรหลังฆ่าและเข้าห้องแช่เย็น 24 ชั่วโมง

5. ความหนาของไขมันสันหลัง (Back fat thickness) ผ่าซากสุกรตามยาวออกเป็นสองซีก ซ้ายและขวาเท่า ๆ กันแล้ววัดตาแหน่งความหนาของไขมันสันหลัง

6. พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) วัดจากซากซีกขวา โดยตัดส่วนของเนื้อสันนอกตรงตาแหน่งระหว่างกระดูกซี่โครงที่ 10 และ 11 ใช้แผ่นใสทำบบนหน้าตัดเนื้อสัน และใช้ปากกาเคมีลากตามเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อมัดนี้โดยรอบ นำไปวัดพื้นที่หน้าตัดของเนื้อสัน ด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบไม้

7. เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง หมายถึงร้อยละของสัดส่วนซากเย็น ได้แก่ ส่วนหัว สะโพก ไหล่ซีโครง กระดูกซุป สันนอก สันใน สามชั้น หาง ขาหน้า และขาหลัง

3.6.5 การศึกษาคุณภาพเนื้อ

หลังจากทำการตัดแต่งซากได้ทำการตัดเอาชิ้นส่วนของกล้ามเนื้อสะโพก และกล้ามเนื้อสันนอกซีกขวาอย่างละ 500 กรัม เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ ค่าสี ค่า pH ของเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการทำให้สุก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง และวัดค่าการเกิดออกซิเดชั่นของเนื้อ โดยมีรายละเอียดในการวัดดังนี้

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 ครั้ง/ตัวอย่าง

2. วัดสีของเนื้อโดยใช้เครื่อง Color reader CR-10 วัดที่บริเวณรอยตัดใหม่ของกล้ามเนื้อสะโพก และกล้ามเนื้อสันนอกซีกขวา โดยทำการวัด 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 วัดในขณะที่ซากยังอยู่ในลักษณะแขวนภายหลังการฆ่าไม่เกิน 45 นาที ครั้งที่ 2 หลังเก็บตัวอย่างเนื้อในห้องแช่เย็นที่อุหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกค่าความสว่างของเนื้อ (lightness, L*) ค่าสีแดงของเนื้อ (redness, a*) และค่าความเหลืองของเนื้อ (yellowness, b*) โดยทำการวัด 3 ครั้ง/ตัวอย่าง

3. การวัดความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (Water Holding Capacity, WHC)

- ค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น (Drip Loos) นำตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก และกล้ามเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมง หลังฆ่า โดยตัดเนื้อตัวอย่างให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดประมาณ 50-60 กรัม โดยทำ 2 ซ้ำ/ตัวอย่าง ใช้กระดาษทิชชู่ซับน้ำบริเวณเนื้อ ชั่งน้ำหนักเนื้อพร้อมบันทึกน้ำหนัก นำตัวอย่างเนื้อมาห่อด้วยผ้ากอซ แล้วมัดด้วยเชือกเก็บในถุงโดยมัดปากถุง และไม่ให้เนื้อติดขอบถุง เก็บตัวอย่างเนื้อไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างออกจากถุงแล้วนำกระดาษทิชชู่ซับน้ำบริเวณรอบ ๆ เนื้ออีกครั้ง ชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกหลังแช่เย็น

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

- ค่าสูญเสียน้ำหลังการทำให้สุก (Cooking loss) เริ่มจากการนำน้ำใส่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ พร้อมทั้งตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 80 องศ์สาเซลเซียส โดยตัดเนื้อตัวอย่างให้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 50-60 กรัม โดยทำ 2 ซ้ำ/ตัวอย่าง นำกระดาษทิชชูซับน้ำบริเวณเนื้อ ชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึก นำตัวอย่างใส่ถุงร้อน และมัดปากถุง 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

- ค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง (Freezing loss) นำตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกและกล้ามเนื้อสะโพกมาวิเคราะห์หาค่าการสูญเสียน้ำ (Freezing loss) ที่ 30 วัน หลังฆ่า โดยตัดเนื้อตัวอย่างให้ได้ขนาด 150 - 160 กรัม โดยใช้กระดาษทิชชู่ซับน้ำบริเวณเนื้อ ชั่งน้ำหนักเนื้อพร้อมบันทึกน้ำหนัก นำตัวอย่างเนื้อเก็บในถุง เก็บตัวอย่างเนื้อไว้ในตู้แช่ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 30 วัน นำตัวอย่างออกจากตู้แช่ไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างออกจากถุง นำกระดาษทิชชู่ซับน้ำบริเวณรอบ ๆ บันทึกน้ำหนัก

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

4. 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

5. การวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจเนื้อของผู้บริโภค โดยการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคจำนวน 32 คน ทุกคนจะได้กินเนื้อสุกรที่ทำการทดสอบครบทุกกลุ่ม แล้วให้คะแนนตามที่กำนดไว้คือ ให้คะแนน 1 ไม่พอใจ ให้คะแนน 2 ความพอใจน้อย ให้คะแนน 3 ความพอใจปานกลาง ให้คะแนน 4 ความพอใจมาก ให้คะแนน 5 ความพอใจมากที่สุด โดยจะประเมินค่าของ สีของเนื้อ กลิ่นของเนื้อ ความเหนียวของเนื้อ และความพึงพอใจโดยรวม ในแต่ระกลุ่มทดลอง

3.6.6 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็ก

1. การเก็บตัวอย่างลำไส้

- สุ่มเอาสุกรที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันในแต่ละซ้ำ ซ้ำละ 1 ตัว โดยให้สุกรได้กินอาหาร และ กินน้ำตลอดเวลา

- ทำให้สุกรตายแล้วอย่างสงบ จากนั้นทำการเปิดผ่าบริเวณท้อง เอาลำไส้ออกมาอย่างรวดเร็ว

- ทำการแยกส่วนของลำไส้ใหญ่ และลำไส้เล็กออกจากกัน แล้วแบ่งลำไส้เล็กแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนลำไส้เล็ก Duodenum, Jejunum, Ileum

- ตัดส่วนกลางของลำไส้เล็กส่วนกลาง (Jejumun) ยาวประมาณ 2 เซนติเมตร หลังจากนั้นล้างลำไส้ด้วย phosphate Buffer Saline (PBS) ทั้งด้านในและด้านนอกให้สะอาด

- แช่ตัวอย่างลำไส้ใน น้ำยารักษาสภาพ เพื่อตรึงเนื้อเยื่อของลำไส้ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกว่าจะทำการวิเคราะห์

2. การเตรียมตัวอย่างลำไส้

- เปลี่ยนสารละลายจาก Bouin’s solution เป็นทิงเจอร์ไอโอดีนต่อเอทธิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 6 - 10 หยดต่อ 20 มิลลิลิตร 2 ครั้ง ครั้งละ 24 ชั่วโมง เพื่อล้างสีของ Bouin’s solution ออกจากตัวอย่าง

- เปลี่ยนสารละลายเป็นแอทธิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ แช่ตัวอย่างไว้ 1 ชั่วโมง

- เปลี่ยนสารละลายเป็นเอทธิลแอลกอฮอล์ 80 เปอร์เซ็นต์ แช่ตัวอย่างไว้ 2 ชั่วโมง

- เปลี่ยนสารละลายเป็นเอทธิลแอลกอฮอล์ 90, 95 และ 99.9 เปอเซ็นต์ แช่ตัวอย่างในความเข้มข้นละ 3 ชั่วโมง

- แช่ตัวอย่าง 2 ครั้ง ครั้งละ 90 นาที

- แช่ในสารละลายพาราฟิน 3 ครั้ง ครั้งละ 15 นาที

- ตรึงตัวอย่างในพาลาฟิน หลังจากนั้นทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เก็บไว้เพื่อศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้

3. การเตรียมตัวอย่างสไลด์

- ตัดตัวอย่างลำไส้ให้มีความหนา 5 - 7 ไมโครเมตรด้วย Microtome

- นำชิ้นตัวอย่างลอยในน้ำเปล่า เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของชิ้นตัวอย่าง

- นำชิ้นตัวอย่างวางบนสไลด์หลังจากนั้นนำสไลด์วางไว้บนเตาให้ความร้อนอุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส เพื่อตรึงตัวอย่างให้ติดกับแผ่นสไลด์

- ทำการย้อมสีตัวอย่างด้วย Hematoxylin Eosin

- ปิดสไลด์ โดยใช้น้ำยาทาเล็บเป็นตัวผสานนำไปวิเคราะห์ลัณษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กด้วยกล้องจุลทรรศน์

หลังจากเตรียมตัวอย่างลำไส้เล็กในขั้นต้น จะได้ชิ้นเนื้อเยื้อวางบนแผ่นสไลด์ ที่มีลักษณะการตัดชิ้นเนื้อตามขวาง (Transverse sectioning) ซึ่งตัวอย่างส่วนเดียวกันจะวางแผ่นสไลด์เดียวกันเพื่อความสดวกในการตรวจสอบ สไลด์ 1 แผ่นประกอบด้วยตัวอย่างลำไส้แต่ละส่วนที่ตัด 8 Section พร้อมทั้งเขียนกำกับด้วยดินสอ แล้วทำการตรวจสอบลักษณะทางจุลกายวิภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง นับวิลไล และคริป จะกำหนดเอา 3 โฟร/1Section จากนั้นจะเลือกเอาส่วนวิลไลที่สมบรณ์ มีส่วนประกอบครบ ในแต่ละตัวอย่างจะกำนด 12 วิลไล เพื่อวัดขนาดที่ต้องการศึกษา ด้วยโปรแกรมตรวจสอบ Olysia แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยความสูงของวิลไลในชิ้นตัวอย่างนั้น ๆ

2.6.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าเฉลี่ยความสูงของวิลไล ค่าเฉลี่ยพื้นที่ของวิลไล อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) อัตราการเปลียนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่มนำมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนตามวิธี Analysis of Variance เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย โดยวิธีการหาความแปรปรวน (Analysis of Variance ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลองด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Rang Test: DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการวิจัยทดลองการใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) ที่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยการเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้ของสุกรพันธุ์ราด ผลการทดลองแสดงไว้ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาด้านคุณค่าทางโภชนะในผักโขมแห้ง

จากการสุ่มตัวอย่างผักโขมแห้งที่ใช้ในการทดลองมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะในห้องปฏิบัติการ พบว่า ผักโขมหมักแห้งมีปริมาณโปรตีนหยาบ (crude protein) 23 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ผักโขมแห้งมีปริมาณโปรตีนหยาบ (crude protein) 21.83 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ไขมันหยาบ (Ether extract) 1.66 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง เยื่อใยรวม (crude fiber) 14.64 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF) 46.18 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง เยื่อใยไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (ADF) 22.35 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง นอกจากนี้ ผักโขมยังมีปริมาณของแคลเซียมสูงถึง 2.41 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ (ตารางที่ 15) ซึ่งจากรายงานของ NRC (1984) ระบุว่าใบผักโขมเมื่อคิดเป็นน้ำหนักแห้งมีโปรตีน 26.7 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกับปริมาณโปรตีนในใบกระถินและใบมันสำปะหลังแห้งที่ อุทัย (2529) ระบุไว้คือ 20.2 เปอร์เซ็นต์ และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รวมทั้งใกล้เคียงกับใบถั่วมะแฮะที่ ปราโมช และสมปอง (2533) รายงานไว้คือ 21.1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง แสดงว่าผักโขมแห้งจัดเป็นวัตถุดิบอาหารประเภทให้โปรตีนเช่นเดียวกับใบกระถิน และใบมันสำปะหลัง

ตารางที่ 15 Chemical composition of amaranth meal (*Amaranthus spinosus* L.)

Item	**(% of DM)**
Crude protein	21.83
Ether extract	1.66
Crude fiber	14.64
Crude fiber NDF	46.18
Crude fiber ADF	22.35
Calcium	2.41

4.2 ผลการศึกษาด้านสมรรถภาพการเจริญเติบโต

จากการศึกษาผลการใช้ผักโขมแห้งในสูตรอาหารที่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในสุกรเล็ก- ขุน แบ่งออกเป็น 2 ช่วงระยะการทดลองคือ ระยะสุกรเล็ก (น้ำหนักตัว 9-30 กิโลกรัม) และระยะรุ่น-ขุน (น้ำหนักตัว 30-50 กิโลกรัม) ในสุกรจะได้รับอาหารแตกต่างกัน 4 สูตร คือ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (ไม่มีการใช้ผักโขมในสูตรอาหาร) กลุ่มที่ 2 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมแห้งบดร้อยละ 20 กลุ่มที่ 3 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมแห้งบดร้อยละ 20 และเสริมด้วยเอนไซม์ (Hostazym® X Enzyme; 0.01%, w/w) และกลุ่มที่ 4 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมหมักแห้งบดร้อยละ 20 โดยผลการทดลอง (ตารางที่ 16) มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 สุกรระยะเล็ก (9-30 กิโลกรัม)

จากข้อมูลการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรพันธุ์ราดในระยะเล็ก (9-30 กิโลกรัม) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) เท่ากับ 0.21, 0.21, 0.25 และ 0.26 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยกลุ่มอาหารควบคุมอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว แต่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าจากกลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ปริมาณอาหารที่กินได้ของสุกรกลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 1.12, 1.13, 1.13 และ 1.12 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) พบว่า สุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเท่ากับ 5.26, 5.53, 4.47 และ 4.31 ตามลำดับ โดยกลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียวมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกันกับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบด แต่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีอัตราการเปลี่ยนอาหารต่ำกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

4.2.2 สุกรระยะรุ่น-ขุน (30-50 กิโลกรัม)

จากข้อมูลการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรพันธุ์ราดในระยะเล็ก (30-50 กิโลกรัม) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) เท่ากับ 0.38, 0.36, 0.40 และ 0.41 กิโลกรัม/

ตัว/วัน ตามลำดับ โดยกลุ่มอาหารควบคุมมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว แต่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ช่วยย่อยเยื่อใยและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ปริมาณอาหารที่กินได้ของสุกรกลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 1.18, 1.15, 1.05 และ 1.12 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันสถิติ (P>0.05) และประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) พบว่า สุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเท่ากับ 8.36, 9.22, 7.84 และ 7.96 ตามลำดับ โดยกลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียวมีอัตราการเปลี่ยนอาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เช่นเดียวกันกับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบด แต่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีอัตราการเปลี่ยนอาหารต่ำกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

4.2.3 ตลอดระยะเวลาการทดลอง

จากข้อมูลการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรพันธุ์ราดในระยะเล็ก (9-50 กิโลกรัม) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.26, 0.24, 0.29 และ 0.30 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยกลุ่มอาหารควบคุมมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบด แต่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบด อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ปริมาณอาหารที่กินได้ของสุกรกลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 1.15, 1.14, 1.09 และ 1.12 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) พบว่า สุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเท่ากับ 6.56, 6.33, 5.45 และ 5.34 ตามลำดับ โดยกลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียวมีอัตราการเปลี่ยนอาหารไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เช่นเดียวกันกับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบด แต่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีอัตราการเปลี่ยนอาหารต่ำกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

จากผลการศึกษาด้านสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรพันธุ์ราดที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมในรูปแบบต่าง ๆ ในสูตรอาหารทดลองครั้งนี้พบว่า อาหารที่ใช้ผักโขมหนามแห้งเสริมด้วยเอนไซม์ช่วยย่อยเยื่อใยและอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งในอาหารสุกรทั้งในสุกรระยะเล็ก ระยะรุ่น-ขุน และตลอดระยะการทดลอง มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ทำให้กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ช่วยย่อยเยื่อใยและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดในอาหารสุกรทำให้สุกรมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียวด้วยเช่นกัน ซึ่งการเสริมเอนไซม์ xylanase, cellulase และ amylase ในอาหารทำให้มีการใช้ประโยชน์จากโภชนะที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ให้มีประสิทธิภาพที่ดีมากขึ้น (Kim, 2003) และการหมักซึ่งจะมีประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีองค์ประกอบของเยื่อใยสูงโดยการทำงานของจุลินทรีย์และกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก สามารถทำให้การใช้ประโยชน์ของผักโขมมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นได้ ข้อมูลของการศึกษาในครั้งนี้ใกล้เคียงกับการศึกษา Kenneth and Hollis (2010) การใช้ใบเผือกหมัก (Ensiled taro leaves, ET) ทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของหมูราด โดยทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองด้วยใบเผือกหมัก หมูราดมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 221 กรัม/ตัว/วันและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) เท่ากับ 4.6 สำหรับปริมาณอาหารที่กินได้ของสุกรกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 1.12, 1.13, 1.13 และ 1.12 กิโลกรัม ตามลำดับ ทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างในสถิติ ($P>0.05$) และการศึกษาของ นัฐกานต์ และศศิพันธ์ (2555) ที่มีการใช้หญ้าหมักในสุกรรุ่นพันธุ์กระโดนที่พบว่า การทดแทนหญ้าหมักที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสุกรสำเร็จรูปให้สุกรรุ่นไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว นอกจากนี้ Kenneth and Danielson (2010) ยังรายงานว่า สามารถใช้หญ้าหมักเพื่อเป็นส่วนประกอบของอาหารสุกรขุนได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากการหมักเป็นการปรับปรุงคุณภาพของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีเยื่อใยสูง ซึ่งกระบวนการหมักเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอาหารในวัตถุดิบ หรือเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ใช้น้ำตาลจากพืชด้วยการย่อยเซลลูโลสและคาร์โบไฮเดรตให้มีโมเลกุลเล็กลง เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและสร้างกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acids, VFAs) Chiba and Chiba (2005) จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและการดูดซึมได้ดีขึ้น เมื่อประเมินต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (FCG) พบว่ากลุ่มที่ 2 สามารถลดต้นทุนค่าอาหาร 20.46 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 3 และ 4 ลดต้นทุนค่าอาหารเฉลี่ยได้ถึง 31 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนค่าอาหารของกลุ่มการทดลองอื่น

ตารางที่ 16 Effect of different Amaranth meal treatments in diets on performance of Lath pigs

Item	Dietary treatment				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
Growing period (weight 9-30 Kg)						
Initial weight (Kg)	8.75	8.31	9.81	9.31	0.278	0.26
Final weight (Kg)	32.75^{b}	31.38^{b}	38.25^{a}	39.13^{a}	1.026	<0.01
Weight gain (Kg)	24.00^{b}	23.06^{b}	28.44^{a}	29.50^{a}	0.840	<0.01
ADG (Kg/h/d)	0.21^{b}	0.21^{b}	0.25^{a}	0.26^{a}	0.007	<0.01
FCR	5.26^{a}	5.53^{a}	4.47^{b}	4.31^{b}	0.152	<0.01
FI (Kg/h/d)	1.12	1.13	1.13	1.12	0.043	0.86
FCG	61.41	53.21	43.47	42.11	-	-
Finishing period (weight 30-50 Kg)						
Final weight (Kg)	48.87^{b}	46.75^{b}	55.12^{a}	51.78^{a}	1.202	<0.01
Weight gain (Kg)	16.12^{bc}	15.37^{c}	16.87^{ab}	17.25^{a}	0.238	<0.01
ADG (Kg/h/d)	0.38^{bc}	0.36^{c}	0.40^{ab}	0.41^{a}	0.005	<0.01
FCR	8.36^{ab}	9.22^{a}	7.84^{b}	7.96^{b}	0.210	<0.01
FI (Kg/h/d)	1.18	1.15	1.05	1.12	0.060	0.90
FCG	97.60	88.72	76.25	77.77	-	-
Overall						
Initial weight (Kg)	8.75	8.31	9.81	9.31	0.278	0.26
Final weight (Kg)	48.87^{b}	46.75^{b}	55.12^{a}	51.78^{a}	1.202	<0.01
Weight gain (Kg)	40.12^{b}	38.43^{b}	45.31^{a}	47.06^{a}	0.840	<0.01
ADG (Kg/h/d)	0.26^{b}	0.24^{b}	0.29^{a}	0.30^{a}	0.007	<0.01
FCR	6.56^{a}	6.33^{a}	5.45^{b}	5.34^{b}	0.152	<0.01
FI (Kg/h/d)	1.15	1.14	1.03	1.12	0.028	0.90
FCG	76.58	60.91	53.00	52.27	-	-

Note: T1: Basal diet (Control group), T2: Replacement soybean meal with amaranth meal 20%, T3: Replacement soybean meal with amaranth meal 20% plus with enzyme 0.01 % (w/w) and T4: Replacement soybean meal with amaranth meal silage 20%

[a,b] Means within a row with no common superscripts are significantly different ($P<0.05$).

4.3 ผลการศึกษาด้านการย่อยได้ของอาหารทดลอง

การศึกษาการใช้ผักโขมในอาหารต่อการย่อยได้ของอาหารทดลอง ในการทดลองนี้สุกรจะได้รับอาหารแตกต่างกัน 4 สูตร คือ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (ไม่มีการใช้ผักโขมในสูตรอาหาร) กลุ่มที่ 2 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมแห้งบดร้อยละ 20 กลุ่มที่ 3 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมแห้งบดร้อยละ 20 และเสริมด้วยเอนไซม์ (Hostazym® X Enzyme; 0.01%, w/w) และกลุ่มที่ 4 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมหมักแห้งบดร้อยละ 20 พบว่าประสิทธิภาพการย่อยได้ปรากฏตลอดทางเดินอาหารของสุกรรุ่นในช่วงน้ำหนัก 30 กิโลกรัม (ตารางที่ 17) มีค่าการย่อยได้ปรากฏดังนี้

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง เท่ากับ 74.34, 71.46, 76.24 และ 77.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว โดยการทดลองกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียวมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้งต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน เท่ากับ 64.33, 59.41, 48.66 และ 68.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ นอกจากนั้น กลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม และกลุ่มที่รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดที่มีการเสริมด้วยเอนไซม์มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีนสูงกว่ากลุ่มได้รับได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียวด้วยเช่นกัน

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใย พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใย เท่ากับ 49.45, 57.82, 64.17 และ 57.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหาร

ที่ใช้ผักโขมแห้ง และเสริมด้วยเอนไซม์มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ และอาหารทดลองในกลุ่มควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมัน พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมัน เท่ากับ 82.85, 79.17, 83.91 และ 83.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมันสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว

เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง เท่ากับ 55.55, 55.39, 67.84 และ 66.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลางสูงกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว

เยื่อใยไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (ADF) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด เท่ากับ 41.30, 50.92, 66.97 และ 60.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรดสูงกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว และอาหารทดลองในกลุ่มควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรดต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ

จากผลการศึกษาด้านการย่อยได้ของสุกรพันธุ์ราดที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมในรูปแบบต่าง ๆ ในสูตรอาหารสุกรระยะรุ่นครั้งนี้ พบว่า อาหารที่ใช้ผักโขมหนามแห้งเสริมด้วยเอนไซม์ช่วยย่อยเยื่อใย และอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งและเยื่อใย ดีกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียวด้วยเช่นกัน ซึ่งการเสริมเอนไซม์ xylanase, cellulase และ amylase ในอาหารทำให้มีการใช้ประโยชน์จากโภชนะที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ให้มีประสิทธิภาพที่ดีมากขึ้น (Kim, 2003) โดยเฉพาะการย่อยได้ของเยื่อใย และการหมักจะเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอาหารในวัตถุดิบ หรือเกิดจาก

เชื้อจุลินทรีย์ใช้น้ำตาลจากพืชด้วยการย่อยเซลลูโลสและคาร์โบไฮเดรตให้มีโมเลกุลเล็กลงเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและสร้างกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acids, VFAs) เช่น กรดอะซีติก กรดแลคติก และกรดโปรปิโอนิค เป็นต้น (Chiba et al., 2005) จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพประสิทธิภารการย่อยได้และการดูดซึมได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม Kluth and Rodehutscord (2009) ได้รายงานว่าการใช้อาหารที่มีเซลลูโลสในระดับสูงจะส่งผลให้การย่อยได้ของของโปรตีนและกรดอะมิโนลดลงได้

ตารางที่ 17 The results of digestibility of nutrients in food formulas

Item	Dietary treatment				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
Dry matter (%)	74.34^{b}	71.46^{c}	76.24^{a}	77.72^{a}	0.65	<0.01
Crude protein (%)	64.33^{b}	48.66^{d}	59.41^{c}	68.73^{a}	1.97	<0.01
Crude fiber (%)	49.45^{c}	57.82^{b}	64.17^{a}	57.64^{b}	1.46	<0.01
Ether extract (%)	82.85^{a}	79.17^{b}	83.91^{a}	83.87^{a}	0.54	<0.01
Crude fiber NDF (%)	55.55^{b}	55.39^{b}	67.84^{a}	66.34^{a}	1.54	<0.01
Crude fiber ADF (%)	41.30^{d}	50.92^{c}	60.33^{b}	66.97^{a}	2.54	<0.01

Note: T1: Basal diet (Control group), T2: Replacement soybean meal with amaranth meal 20%, T3: Replacement soybean meal with amaranth meal 20% plus with enzyme 0.01 % (w/w) and T4: Replacement soybean meal with amaranth meal silage 20%

$^{a, b}$ Means within a row with no common superscripts are significantly different ($P<0.05$).

4.4 ผลการศึกษาด้านลักษณะซาก

จากการศึกษาผลการใช้ผักโขมแห้งในสูตรอาหารที่มีผลต่อลักษณะซากของสุกรพันธุ์ราดในระยะขุน ที่ได้รับอาหารแตกต่างกัน 4 สูตร คือ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (ไม่มีการใช้ผักโขมในสูตรอาหาร) กลุ่มที่ 2 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมแห้งบดร้อยละ 20 กลุ่มที่ 3 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมแห้งบดร้อยละ 20 และเสริมด้วยเอนไซม์ (Hostazym® X Enzyme; 0.01%, w/w) และกลุ่มที่ 4 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมหมักแห้งบดร้อยละ 20 โดยผลการทดลอง (ตารางที่ 18) มีรายละเอียดดังนี้

น้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่าเท่ากับ 54.25, 52.75, 52.45 และ 51.37 กิโลกรัม ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มทดลอง

น้ำหนักซากอุ่น พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีน้ำหนักซากอุ่นเท่ากับ 27.12, 26.75, 27.50 และ 27.87 กิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มทดลอง

เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นเท่ากับ 50, 50.69, 52.42 และ 54.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นสูงกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว

ความหนาของไขมันสันหลัง พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีความหนาของไขมันสันหลังเท่ากับ 3.17, 3.07, 3.02 และ 3.12 เซนติเมตร ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มการทดลอง

พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเท่ากับ 20.11, 19.56, 22.06 และ 22.79 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มอาหารควบคมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียวไม่มีความแตกต่างกัน แต่โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันสูงกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว

ชิ้นส่วนตัด (% ของน้ำหนักซากอุ่น) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีเปอร์เซ็นต์ของหัวเท่ากับ 6.32, 6.35, 6.31 และ 6.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีเปอร์เซ็นต์ของขาหน้ารวมกับขาหลังเท่ากับ 4.48, 4.58, 4.54 และ 4.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีเปอร์เซ็นต์ของไหล่รวมกับสันคอเท่ากับ 11.06, 11.60, 11.73 และ 11.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีเปอร์เซ็นต์ของสะโพกรวมเท่ากับ 17.43, 17.23, 17.24 และ 17.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์ของสามชั้นเท่ากับ 4.06, 3.94, 3.75 และ 3.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในทุกกลุ่มการทดลอง

ข้อมูลลักษณะซากของสุกรพันธุ์ราดที่ได้รับอาหารในรูปแบบต่าง ๆ แสดงไว้ใน ตารางที่ 20 ซึ่งพบว่าสุกรทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 มีน้ำหนักตัวก่อนเข้าฆ่าและน้ำหนักซากอุ่นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่เมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ 4 มีค่าเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นสูงกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 แต่

ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 3 มีค่าเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นสูงกว่ากลุ่มที่ 1 แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ 2 นอกจากนี้ พบความแตกต่างอย่างนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ของความยาวของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน โดยกลุ่มที่ 1 มีความยาวของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันไม่แตกต่างในทางสถิติกับกลุ่มที่ 2 แต่ในกลุ่มที่ 3 การใช้ผักโขมเสริมเอนไซม์ช่วยย่อยเยื่อใย และกลุ่มที่ 4 การใช้ผักโขมหมักแห้งในอาหารสุกรทำให้สุกรมีความยาวของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันดีกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ($P<0.01$) ซึ่งการเสริมเอนไซม์ในวัตถุดิบอาหารสัตว์จะส่งผลให้การย่อยและการดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็กมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดี วรรณพร (2555)และกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acids, VFAs) ที่ย่อยได้จากอาหารหมักจะนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน และสะสมไว้ในกล้ามเนื้อ (Ying and Gong, 2013) Vasupen and Yuangklang (2008) สุกรพื้นเมืองที่พบมีเปอร์เซ็นต์ซากสูงถึง 64.85 เปอร์เซ็นต์

สำหรับความยาวซากและไขมันสันหลังในสุกรทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีความยาวซากสั้นกว่าการศึกษาของ จตุพร (2551) ที่พบว่าสุกรพื้นเมืองไทยมีความยาวซากถึง 66.75 เซนติเมตร และไขมันสันหลังในทุกกลุ่มทดลองครั้งนี้จะสูงกว่าการศึกษาของ PUDSOC and JOSIE (2013) ที่ได้ศึกษาคุณภาพของสุกรพื้นเมืองที่ใช้ใบเผือกร่วมกับอาหารข้น ที่สุกรพื้นเมืองมีไขมันสันหลังเฉลี่ยเพียง 1.25 เซนติเมตร แต่จะต่ำกว่าการศึกษาของ จตุพร (2551) ที่พบว่าสุกรพื้นเมืองไทยมีไขมันสันหลังสูงถึง 4.44 เซนติเมตร

ตารางที่ 18 Effect of different amaranth meal treatments in diets on carcass characteristics of Lath Pigs

Item	Dietary treatment				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
Slaughtered weight, Kg	54.25	53.50	55.00	55.75	0.723	0.760
Carcass weight, Kg	27.12	26.75	27.50	27.87	0.361	0.760
Carcass percentage, %	50.00^{b}	50.69^{b}	52.42^{ab}	54.25^{a}	0.000	<0.01
Back fat depth, cm	3.17	3.07	3.02	3.12	0.050	0.789
Loin eye area, cm^2	20.11^{b}	19.56^{b}	22.06^{a}	22.79^{a}	0.368	<0.01
Primal cuts (% Carcass weight)						
Head	6.32	6.35	6.31	6.36	0.029	0.933
Font and hind legs	4.48	4.58	4.54	4.70	0.049	0.491
Boston Shoulder	11.06	11.60	11.73	11.38	0.096	0.052
Round	17.43	17.23	17.24	17.44	0.072	0.658
Loin	7.64^{b}	7.75^{b}	8.27^{a}	8.25^{a}	0.085	<0.01
Belly	4.06	3.94	3.75	3.70	0.071	0.271

Note: T1: Basal diet (Control group), T2: Replacement soybean meal with amaranth meal 20%, T3: Replacement soybean meal with amaranth meal 20% plus with enzyme 0.01 % (w/w) and T4: Replacement soybean meal with amaranth meal silage 20%

$^{a, b}$ Means within a row with no common superscripts are significantly different ($P<0.05$).

4.5 คุณภาพเนื้อของสุกร

จากการศึกษาผลการใช้ผักโขมแห้งในสูตรอาหารที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อของสุกรพันธุ์ราดในระยะขุน ที่ได้รับอาหารแตกต่างกัน 4 สูตร คือ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (ไม่มีการใช้ผักโขมในสูตรอาหาร) กลุ่มที่ 2 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมแห้งบดร้อยละ 20 กลุ่มที่ 3 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมแห้งบดร้อยละ 20 และเสริมด้วยเอนไซม์ (Hostazym® X Enzyme; 0.01%, w/w) และกลุ่มที่ 4 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วย

ผักโขมหมักแห้งบดร้อยละ 20 ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 21, 22 และ 23 โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.5.1 ค่าสีของเนื้อสันนอกหลังฆ่าที่ 45 นาที

ค่าความสว่างของเนื้อ (Lightness, L*) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าความสว่างของเนื้อสันนอกเท่ากับ 75.81, 78.51, 80.42 และ 75.58 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง (ตารางที่ 19)

ค่าความเป็นสีแดงของเนื้อ (redness, a*) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าความเป็นสีแดงของเนื้อสันนอกเท่ากับ 26.86, 26.59, 26.45 และ 25.25 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

ค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อ (yellowness, b*) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อสันนอกเท่ากับ 7.35, 7.80, 7.48 และ 8.18 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

2.5.2 ค่าสีของเนื้อสะโพกหลังฆ่าที่ 45 นาที

ค่าความสว่างของเนื้อ (Lightness, L*) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าความสว่างของเนื้อสะโพกเท่ากับ 70.99, 74.46, 73.69 และ 68.30 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

ค่าความเป็นสีแดงของเนื้อ (redness, a*) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีความเป็นสีแดงของเนื้อสะโพกเท่ากับ 30.99, 24.19, 34.52 และ 30.90 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

ค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อ (yellowness, b*) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อสะโพกเท่ากับ 6.09, 3.60, 3.76 และ 5.28 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

4.5.3 ค่าสีของเนื้อสันนอกหลังฆ่าที่ 24 ชั่วโมง

ค่าความสว่างของเนื้อ (Lightness, L*) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าความสว่างของเนื้อสันนอกเท่ากับ 80.36, 83.93, 81.95 และ 79.65 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

ค่าความเป็นสีแดงของเนื้อ (redness, a*) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีความเป็นสีแดงของเนื้อสันนอกเท่ากับ 28.05, 22.44, 23.41 และ 25.17 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

ค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อ (yellowness, b*) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อสันนอกเท่ากับ 9.23, 8.13, 8.08 และ 8.15 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

4.5.4 ค่าสีของเนื้อสะโพกหลังฆ่าที่ 24 ชั่วโมง

ค่าความสว่างของเนื้อ (Lightness, L*) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าความสว่างของเนื้อสะโพกเท่ากับ 79.24, 74.21, 79.44 และ 79.24 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

ค่าความเป็นสีแดงของเนื้อ (redness, a*) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีความแดงของเนื้อสะโพกเท่ากับ 25.81, 28.45, 27.37 และ 25.81 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

ค่าความเหลืองของเนื้อ (yellowness, b*) พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อสะโพกเท่ากับ 7.54, 5.51, 8.38 และ 7.54 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ค่าความสว่างของเนื้อ (L*) ความเป็นสีแดงของเนื้อ (a*) และความเป็นสีเหลืองของเนื้อ (b*) เมื่อวัดที่ 45 นาที และวัดที่ 24 ชั่วโมง พบว่าการใช้ผักโขมแห้งที่ปรับปรุงคุณภาพในสูตรอาหารสุกรขุนไม่มีผลต่อค่าสีเนื้อของเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพก อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าความเป็นสีแดง (a*) ของเนื้อสันนอกในกลุ่มอาหารควบคุมมีค่าความเป็นสีแดงของเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ผักโขมแห้งเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากกลุ่มที่มีผักโขมประกอบในสูตรอาหารจะไม่มีสารสีแดงที่เป็นส่วนประกอบสารสีแดง จึงพบว่าสีของเนื้อจะมีความเป็นสีแดงลดลงได้

ตารางที่ 19 Effect of different amaranth meal dietary treatments in diets on meat quality of Lath pigs

Item	Dietary treatment				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
Color traits at 45 minute post mortem (Longisismus m.)						
Lightness (L*)	75.81	78.51	80.42	75.53	1.941	0.818
Redness (a*)	26.86	26.59	26.45	25.25	0.985	0.954
Yellowness (b*)	7.35	7.80	7.47	8.18	0.413	0.916
Color traits at 45 minute post mortem (Semimembranosus m.)						
Lightness (L*)	70.99	74.46	73.69	68.30	1.721	0.621
Redness (a*)	30.99	24.19	34.52	30.90	2.052	0.374
Yellowness (b*)	6.09	3.60	3.76	5.28	0.547	0.324
Color traits at 24 hour post mortem (Longisismus m.)						
Lightness (L*)	80.36	83.39	81.95	79.65	1.295	0.781
Redness (a*)	28.05	22.44	23.41	25.17	1.478	0.601
Yellowness (b*)	9.23	8.13	8.08	8.15	0.469	0.822
Color traits at 24 hour post mortem (Semimembranosus m.)						
Lightness (L*)	79.24	74.21	79.44	79.24	2.006	0.789
Redness (a*)	25.81	26.45	27.37	25.81	1.134	0.966
Yellowness (b*)	7.54	5.51	8.39	7.54	0.500	0.218

Note: T1: Basal diet (Control group), T2: Replacement soybean meal with amaranth meal 20%, T3: Replacement soybean meal with amaranth meal 20% plus with enzyme 0.01 % (w/w) and T4: Replacement soybean meal with amaranth meal silage 20%

[a, b] Means within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

4.5.5 ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ

จากการวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอกจากการแช่เย็น พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นเท่ากับ 5.47, 5.46, 5.57 และ 4.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มอาหารควบคมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียวไม่มีความแตกต่างกัน แต่โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมัก

แห้งบดมีค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นต่ำกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว (ตารางที่ 20)

จากการวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพกจากการแช่เย็น พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าการสูญเสียน้ำของจากการแช่เย็นเท่ากับ 5.39, 5.28, 4.76 และ 4.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยกลุ่มอาหารควบคมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียวไม่มีความแตกต่างกัน แต่โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นต่ำกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว

จากการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำของเนื้อสันนอกจากการทำให้สุกด้วยการต้ม พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีการสูญเสียน้ำจากการทำให้สุกด้วยการต้มเท่ากับ 11.44, 11.91, 11.51 และ 11.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ของทุกกลุ่มทดลอง

จากการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำของเนื้อสะโพกจากการทำให้สุกด้วยการต้ม พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีการสูญเสียน้ำจากการทำให้สุกด้วยการต้มเท่ากับ 12.74, 12.94, 11.10 และ 11.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยกลุ่มอาหารควบคมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียวไม่มีความแตกต่างกัน แต่โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มสุกสูงกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว

จากผลการศึกษาด้านการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรพันธุ์ราดที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมในรูปแบบต่าง ๆ ในสูตรอาหารครั้งนี้ พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นของเนื้อต่ำกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว แต่มีค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มสุกสูงกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว ซึ่งโดยปกติเนื้อสัตว์จะมีการสูญเสียน้ำออกมาจากเนื้อสดที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวะเคมีที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการฆ่า ซึ่งจะทำให้ค่าความเป็นกรดด่างในเนื้อลดลง เพราะมีปริมาณของกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้โปรตีนในเนื้อเกิดการสูญเสียสภาพ และมีผลทำให้ความสามารถในการจับน้ำของโปรตีนลดลง (ไชยวรรณ และคณะ, 2547) และ สัญชัย (2547) ยังรายงานว่า การลดลงของค่า pH ในขณะที่อุณหภูมิของซากยังสูงอยู่ เป็นปัจจัยที่กระตุ้นให้กระบวนการการย่อยสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดได้เร็วขึ้น ยังผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในกล้ามเนื้อสุกร คือ

โปรตีนเกิด denature ไม่สามารถรักษาคุณสมบัติในการจับน้ำ ทำให้เนื้อไม่สามารถอุ้มน้ำได้เกิดการไหลของน้ำอีกด้วย เซลล์เกิดการหดตัวอย่างหลวม ๆ ทำให้ไม่สามารถเกาะกันคงรูปได้จึงปรากฏให้เห็นเนื้อด้านหน้าตัดมีสีซีด เหลวและไม่คงรูปได้

4.5.6 ค่าการเกิดออกซิเดชันของเนื้อ (TBARS)

จากการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของเนื้อสันนอกในวันที่ 1 พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีการเกิดออกซิเดชันเท่ากับ 0.015, 0.024, 0.040 และ 0.021 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

จากการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของเนื้อสันนอกในวันที่ 4 พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีการเกิดออกซิเดชันเท่ากับ 0.043, 0.085, 0.086 และ 0.084 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

จากการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชันของเนื้อสันนอกในวันที่ 7 พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีการเกิดออกซิเดชันเท่ากับ 0.066, 0.098, 0.100 และ 0.066 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

จากการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชั่นของเนื้อสะโพกในวันที่ 1 พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีการเกิดออกซิเดชันเท่ากับ 0.015, 0.024, 0.040 และ 0.020 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

จากการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชั่นของเนื้อสะโพกในวันที่ 4 สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีการเกิดออกซิเดชันเท่ากับ 0.042, 0.089, 0.084 และ 0.048 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

จากการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชั่นของเนื้อสะโพกในวันที่ 7 พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีการเกิดออกซิเดชันเท่ากับ 0.067, 0.095, 0.104 และ 0.1.3 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

ข้อมูลคุณภาพเนื้อของสุกรพันธุ์ราดที่ได้รับอาหารในรูปแบบต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 22 ซึ่งพบว่าเนื้อของสุกรทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มสุก และค่าการเกิดออกซิเดชันของเนื้อใน 0, 4 และ 7 วันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตาม พบความแตกต่างอย่างนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ของค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น โดยกลุ่มที่ 1 มีค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นไม่แตกต่างในทางสถิติ (P>0.05) กับกลุ่มที่ 2 แต่ในกลุ่มที่ 3 การใช้ผักโขมเสริมเอนไซม์ช่วยย่อยเยื่อใย และกลุ่มที่ 4 การใช้ผักโขมหมักแห้งในอาหารสุกรทำให้สุกรมีความยาวของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันดีกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 (P<0.01)

การศึกษานี้พบความแตกต่างของค่าการสูญเสียน้ำ ซึ่ง (จตุพร คูณแก้ว 2551) พบความแตกต่างทางสถิติ (P<0.01) ของค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นสุกรเพศเมียและสุกรเพศผู้ แต่

ไม่พบแตกต่างระหว่างเนื้อสุกรพื้นเมืองและสุกรขุน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้ อย่างไรก็ตาม Jiang and Zhu (2012) ได้ศึกษาถึงคุณภาพ ซึ่งเป็นสุกรพื้นเมืองที่เลี้ยงอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศจีนซึ่งพบว่า ค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นของเนื้อของสุกรยูนานและสุกรลูกผสมยูนาน เท่ากับ 1.31 เปอร์เซ็นต์ และ 2.26 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าการศึกษาครั้งนี้มาก

ตารางที่ 20 Effect of different amaranth meal dietary treatments in diets on drip loss, cooking loss and TBARS

Item	Dietary treatment				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
Longisismus m.						
Drip loss (%)	5.47[a]	5.46[a]	4.57[b]	4.34[b]	0.139	<0.01
Cooking loss (%)	11.44	11.91	11.51	11.07	0.137	0.197
Semimembranosus m.						
Drip loss (%)	5.39[a]	5.28[a]	4.76[b]	4.78[b]	0.088	<0.01
Cooking loss (%)	12.74[a]	12.94[a]	11.10[b]	11.22[b]	0.254	<0.01
TBARS (mg MDA/Kg muscle) Longisismus m.						
0 day	0.015	0.024	0.040	0.021	0.004	0.214
4 days	0.043	0.085	0.086	0.084	0.010	0.437
7 days	0.066	0.098	0.100	0.066	0.012	0.668
TBARS (mg MDA/Kg muscle) Semimembranosus m.						
0 day	0.015	0.024	0.40	0.020	0.004	0.229
4 days	0.042	0.089	0.084	0.048	0.008	0.093
7 days	0.067	0.095	0.104	0.103	0.139	0.792

Note: T1: Basal diet (Control group), T2: Replacement soybean meal with amaranth meal 20%, T3: Replacement soybean meal with amaranth meal 20% plus with enzyme 0.01 % (w/w) and T4: Replacement soybean meal with amaranth meal silage 20%

[a, b] Means within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

4.5.7 ค่าความพึงพอใจเนื้อของผู้บริโภค

จากการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจเนื้อของผู้บริโภค โดยการทดสอบความพึงพอใจของคนลาวจำนวน 32 คน ที่มีต่อความนุ่มเนื้อ สีของเนื้อ กลิ่นของเนื้อ ความเหนียวของเนื้อ และความพึงพอใจโดยรวม ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 23 ซึ่งพบว่า

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจเนื้อของผู้บริโภคต่อสีของเนื้อ พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีความพึงพอใจเนื้อของผู้บริโภคต่อสีของเนื้ออยู่ในระดับ 4.00, 3.85, 3.20 และ 3.59 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P>0.01$) โดยกลุ่มอาหารควบคม กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดไม่มีความแตกต่างกัน แต่กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์มีค่าความพึงพอใจในสีของเนื้อน้อยกว่า ($P<0.01$) กลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจเนื้อของผู้บริโภคต่อกลิ่นของเนื้อ พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีความพึงพอใจเนื้อของผู้บริโภคต่อกลิ่นของเนื้ออยู่ในระดับ 3.85, 3.67, 3.17 และ 3.73 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ของทุกกลุ่มทดลอง

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจเนื้อของผู้บริโภคต่อความเหนียวของเนื้อ พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีความพึงพอใจเนื้อของผู้บริโภคต่อความเหนียวของเนื้ออยู่ในระดับ 3.97, 3.82, 3.55 และ 3.76 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ของทุกกลุ่มทดลอง

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจโดยต่อเนื้อของผู้บริโภค พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อเนื้ออยู่ในระดับ 4.14, 4.14, 3.91 และ 4.08 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ของทุกกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 21 Effect of different amaranth meal dietary treatments in diets on meat quality of Lath pigs

Item	Dietary treatment				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
Texture color of meat	4.00[a]	3.85[a]	3.20[b]	3.59[ab]	0.082	<0.01
Smell of meat	3.58	3.67	3.17	3.73	0.083	0.074
Texture toughness of meat	3.97	3.82	3.55	3.76	0.075	0.285
Overall satisfaction	4.14	4.14	3.91	4.08	0.069	0.595

Note: T1: Basal diet (Control group), T2: Replacement soybean meal with amaranth meal 20%, T3: Replacement soybean meal with amaranth meal 20% plus with enzyme 0.01 % (w/w) and T4: Replacement soybean meal with amaranth meal silage 20%

[a, b] Means within a row with no common superscripts are significantly different (P<0.05).

4.6 ผลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้เล็กสุกร

จากการศึกษาผลการใช้ผักโขมแห้งในสูตรอาหารที่มีผลต่อลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้สุกรพันธุ์ราดในระยะขุน ที่ได้รับอาหารแตกต่างกัน 4 สูตร คือ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม (ไม่มีการใช้ผักโขมในสูตรอาหาร) กลุ่มที่ 2 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมแห้งบดร้อยละ 20 กลุ่มที่ 3 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมแห้งบดร้อยละ 20 และเสริมด้วยเอนไซม์ (Hostazym® X Enzyme; 0.01%, w/w) และกลุ่มที่ 4 อาหารพื้นฐานที่ทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยผักโขมหมักแห้งบดร้อยละ 20 ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 24 โดยมีรายละเอียดดังนี้

จากการวิเคราะห์จำนวนของวิลไล พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีจำนวนของวิลไลเท่ากับ 27.01, 26.84, 27.07 และ 27.09 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

จากการวิเคราะห์จำนวนของคริป พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีจำนวนของคริปเท่ากับ 71.33, 71.37, 71.32 และ 71.56 ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของทุกกลุ่มทดลอง

จากการวิเคราะห์ค่าความสูงของวิลไล พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีค่าความสูงของวิลไลเท่ากับ 2.76, 2.67, 3.03 และ 3.14 ตามลำดับ มีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่มอาหารควบคมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียวไม่มีความแตกต่างกัน แต่โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีค่าความสูงของวิลไลสูงกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว

จากการวิเคราะห์พื้นที่ของวิลไล พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองในกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ในสูตรอาหารสุกร มีพื้นที่ของวิลไลเท่ากับ 2.94, 2.94, 3.16 และ 3.90 ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียวไม่มีความแตกต่างกัน แต่โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบดมีค่าความสูงของวิลไลสูงกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว จากผลการศึกษาด้านการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรพันธุ์ราดที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมในรูปแบบต่าง ๆ ในสูตรอาหารครั้งนี้ พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์ และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมหมักแห้งบด มีค่าความสูงของวิลไลและพื้นที่ของวิลไลดีกว่ากลุ่มอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ผักโขมแห้งอย่างเดียว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาค (Histological change) และลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphological change) ของเซลลบุผิวและวิลไลในลำไสเล็กมีความสัมพันธโดยตรงกับหนาที่ในการดูดซึมสารอาหาร โดยการพัฒนาของเซลลบุผิวและวิลไลในลำไสเล็กของสุกรที่กินอาหารคุณภาพสูงและมีการย่อยได้มากกวา จะมีการพัฒนาของเซลลบุผิวและวิลไลมากกวาในสุกรที่กินอาหารที่มีคุณภาพต่ำ (Mekbungwan et al. 2004)

ตารางที่ 22 Effect of different amaranth meal dietary treatments in diets on on small intestine histology

Item	Dietary treatment				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
Number villi	27.01	26.84	27.07	27.09	0.048	0.275
Number crypt	71.33	71.37	71.32	71.56	1.515	1.000
Villus heigh (mm.)	2.76^{b}	2.67^{b}	3.03^{a}	3.14^{a}	0.057	<0.01
Villus area (mm^3)	2.94^{b}	2.92^{b}	3.16^{a}	3.90^{a}	0.129	<0.01

Note: T1: Basal diet (Control group), T2: Replacement soybean meal with amaranth meal 20%, T3: Replacement soybean meal with amaranth meal 20% plus with enzyme 0.01 % (w/w) and T4: Replacement soybean meal with amaranth meal silage 20%

[a, b] Means within a row with no common superscripts are significantly different ($P<0.05$).

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของการใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) ที่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยการเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำไส้ของสุกรพันธุ์ราด ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. ผักโขมแห้งที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นผักโขมแห้งที่รวมลำต้นและใบ พบว่า มีปริมาณโปรตีนรวม ไขมันหยาบ เยื่อใยรวม เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF) และเยื่อใยไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (ADF) เท่ากับ 21.83, 1.66, 14.64, 46.18 และ 22.35 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ

2. ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง พบว่า การใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์และการใช้ผักโขมหมักแห้งบดทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และการย่อยได้ของโปรตีน เยื่อใย ไขมัน NDF และ ADF ดีกว่าการใช้ผักโขมแห้งบดอย่างเดียว

3. สมรรถภาพการเจริญเติบโต พบว่า การใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์และการใช้ผักโขมหมักแห้งบดทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่ากลุ่มที่อาหารที่ไม่ใช้ผักโขมและการใช้ผักโขมแห้งบดอย่างเดียว

4. ลักษณะซาก พบว่า การใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์และผักโขมหมักแห้งบดทำให้มีเปอร์เซ็นต์ซากอุ่น พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และสันรวม ดีกว่ากลุ่มที่อาหารที่ไม่ใช้ผักโขมและการใช้ผักโขมแห้งบดอย่างเดียว

5. คุณภาพเนื้อ พบว่า การใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์และผักโขมหมักแห้งบดทำให้มีค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น และค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มสุก มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่อาหารที่ไม่ใช้ผักโขมและการใช้ผักโขมแห้งบดอย่างเดียว แต่ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในสีของเนื้อด้อยกว่ากลุ่มที่อาหารที่ไม่ใช้ผักโขม

6. ลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ พบว่า การใช้ผักโขมแห้งบดและเสริมด้วยเอนไซม์และผักโขมหมักแห้งบดทำให้ความสูงของวิลไล และพื้นที่ของวิลไล ดีกว่ากลุ่มที่อาหารที่ไม่ใช้ผักโขมและการใช้ผักโขมแห้งบดอย่างเดียว

จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า การใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) ที่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักในอาหารสุกรพันธุ์ราดสามารถใช้ได้ถึงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยส่งเสริมสมรรถภาพการเจริญเติบโต การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ลักษณะซากและลักษณะสัณฐานวิทยาของลำไส้ได้ ดังนั้น สามารถใช้การใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) ที่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักเป็นวัตถุอาหารสุกรเพื่อเป็นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบที่พบได้ในท้องถิ่น

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) ที่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักในอาหารสุกรพันธุ์ราดได้ถึงที่ระดับ 20% โดยส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการของสุกรขุน อย่างไรก็ตาม ควรเลือกใช้วิธีการปรับปรุงคุณภาพของผักโขมให้เหมาะสม ในพื้นที่ที่สามารถหาเอนไซม์ได้ง่ายก็สามารถเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งได้ แต่ในพื้นที่ชนบทที่หาเอนไซม์ได้ยากก็สามารถเลือกใช้วิธีการปรับปรุงคุณภาพโดยการหมักได้

บรรณานุกรม

เดชา ศิริภัทร. 2538. ผักขม: ความขมที่เป็นทั้งผักและยา, **นิตยสารหมอชาวบ้าน.** 198: 26-33.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ม. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.

กิตติ ทรัพน์เกษร์วงษ์. 2539. **ผลการเสริมเอนไซม์ (เซลฟิด) และสัดส่วนไลซีนในอาหารสุกรรุ่น-ขุน.** ปัญหาพิเศษ คณะผลิตหรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 102 น.

ครวญ บัวคีรี และ มงคล เทพรัตน์. 2549. การศึกษารูปแบบการเลี้ยงร่วมกับการใช้บอระเพ็ดบดผงต่อสมรรถภาพการผลิตสุกรพื้นเมือง จากเรื่องเต็ม**การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่** 44: สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์ 30 ม.ค. -2 ก.พ. 2549: 9 หน้า.

จตุพร คูณแก้ว. 2551. **การศึกษาลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของสุกรพื้นเมืองไทย.** วิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์, หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา 54 หน้า.

จตุรงค์ พวงมณี. 2557. การศึกษาการผลิตผักโขมต้นอ่อน. **แก่นเกษตร** 42 ฉบับพิเศษ 3: หน้า 840 - 845.

จรัญ จันทลักขณา. 2524. การปรับปรุงพันธุ์หมูเมืองไทยในอนาคต. **สุกรสาส์น.** 7 (28): 27-45.

จอนจิด ดวงพะจัน. 2014. **การปรับปรุงการเลี้ยงหมูราดของชาวกะสิกร**. 9 หน้า.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2538. **คุณภาพเนื้อสัตว์กับการบริโภค (Meat quality) ในคุณภาพเนื้อสัตว์.** เอกสารประกอบการสัมมนาเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร. กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์. สัตว์เศรษฐกิจ. 12 (268): น. 38-44.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. **วิทะยาศาสตร์เนื้อสัตว์ขั้นสูง**. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการการเกษตร สาถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง. 203 หน้า.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2546. การจัดระดับชั้นซากสุกรโดยวิธี LSQ **ว. วิทย. กษ.** 34: 4-6 (พิเศษ): 228-231 (2546).

ธนนันท์ ศุภกิจจานนท์. 2560. **เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์สัตว์**. เอกสารประกอบการสอน คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. 198 หน้า.

ธนนันท์ ศุภกิจจานนท์. 2560. **การจัดการโรงฆ่าและผลิตภัณฑ์สัตว์**. เอกสารประกอบการสอน คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. 152 หน้า.

นฤมล พงษ์รามัญ. 2554. ผลของการเติมผักโขมผงต่อคุณภาพของบะหมี่แห้ง. **ว. วิทย์. กษ.** 42(2) (พิเศษ): 477-480.

นวลจันทร์ พารักษา และ อุทัย คันโธ. 2533. ผลการเสริมส่วนผสมจุลินทรีย์ประเภทโปรไบโอติค และกลุ่มเอนไซม์ต่อการย่อยได้ของอาหารลูกสุกรหย่านม. **สุกรสาส์น** 16(63): 9.13.

นัฐกานต์ โคตรชมภู. 2555. การใช้หญ้าหมักทดแทนในอาหารสุกรต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการย่อยได้ของโภชนะในสุกรพื้นเมือง**. แก่นเกษตร** 40(2): 507-511.

ปราโมช ศีตะโกเศศ. 2533. การใช้ประโยชน์จากใบถั่วมะแฮะเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ 1. การเจริญเติบโต การให้ผลผลิต คุณค่าทางอาหารและต้นทุนการผลิต. **รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 28** สาขาสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ หน้า 103 - 112.

พงษ์ชาญ. 2556. **การหาแหล่งอาหารพื้นบ้านเพื่อทดแทนราในอาหารสุกรพันธุ์ไทย.** รายงานการวิจัย สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สานักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี รหัสโครงการ SUT3 - 303 - 52- 24 - 16.

ภัทรพร ทัศพงษ์. 2556. **การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Ruminants Production) บทที่ 7 พืชอาหารสัตว์และการถนอมพืชอาหารสัตว์.** เอกสารประกอบการเรียนการสอนสำหรับนิสิตสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วรรณพร ทะพิงค์แก. 2555. การเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์. **สัตว์บก.** 255 (19): 144-147. [pdf, 4468 KB].

วินัย ประลมพ์กาญจน์ และ ผกาพรรณ สกูลมั่น. 2543. **เอกสารการสอนชุดวิชาการปรับปรุงพันธุ์ และการสืบพันธุ์สัตว์.** มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2547. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม.

สัมพันธ์ สร้อยกล่อม. 2557. ปริมาณสารโพลีฟีนอลและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดผักโขม**. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52:** สาขาพืช 4-7 ก.พ. 2557 6 หน้า.

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

สายัณห์ ทัดศรี. 2546. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน.** คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตร กรุงเทพมหานครฯ 534 หน้า.

สุเมธ ตันตระเธียร. 2554. **เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ 52 น.

สุกัญญา จัตุพรพงษ์. 2531. การป้องกันการสูญเสียจากการขนย้าย**. สุกรสาส์น** 19 (25):68-72.

สุทธิพงศ์ อุริยะพงศ์สรรค์. 2553. **ผลการจัดการก่อนฆ่าต่อคุณภาพเนื้อสุกร.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 10 หน้า.

สุนทร ดุริยะประพันธุ์. 2530. **ผักโขม: พืชโปรตีนในอนาคต.** สาขาวิจัยอุตสาหกรรม การเกษตร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ 38 หน้า.

สุมน โพธิ์จันทร์ และ ประเสริฐ โพธิ์จันทร์. 2541. **การใช้ผักโขมแห้งเป็นอาหารสุกรรุ่น.** รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 128 - 139.

ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, อาภรณ์ ส่งแสง, สุธา วัฒนสิทธิ์, พิทยา อดุลยธรรม, และ เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์. 2547. **คุณภาพซาก องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางภาพ ลักษะณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่คอล่อนและเนื้อไก่พื้นเมือง.** รายงานวัจัยฉบับสมบูรณ์สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย 158 หน้า

อรวินทร์ โทรกี และ ประชา บุญญสิริกุล. 2522. **อาหาร.** สมาคมเศรษฐศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

อุทัย คันโธ. 2529. **อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก**. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกร แห่งชาติ ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จ.นครปฐม 297 หน้า.

อุทัย คันโธ. 2547ข. ผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองในระดับสูง ต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะหย่านม (4-8 สัปดาห์). **ในการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 42.** วันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2547 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยสเขตบางเขน. กรุงเทพ น. 211-227.

อุทัย คันโธ. 2547ก. ผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองในระดับสูง ต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะรุ่น-ขุน (20-100 กิโลกรัม). **ในการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 42.** วันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2547 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยสเขตบางเขน. กรุงเทพ น. 211-220.

AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists 15th Edition (K Helrick editor) Arlington.** pp 1230.

Bedford, M. a. and H. Classen. 1992. The influence of dietary xylanase on intestinal viscosity and molecular weight distribution of carbohydrates in rye-fed broiler chick. Progress in **Biotechnology** 7: 361-370 pp. Elsevier, Amsterdam,

The Netherlands.

Biely, P. 1992. Identification and mode of action of endo-(1->4)-β-xylanases. Progress in **Biotechnology,** Vol. 7: 81 - 95. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

Challenge Group. 2007. **Xylanase.** [Online]. Feb 23 Available: http://www.challenge.com. cn/english/2007/1015/article_15.html.

Chiba, S. 2005. **A Guide for Silage Making and Utilization in the Tropical Regions**. Japan Livestock Technology Association, Japan. 29 p.

Coughlan, M. P. 1993. **Enzymological aspects of microbial hemicellulases with emphasis on fungal systems.** In: Coughlan, M.P. and Hazlewood, G.P. (eds.) Hemicellulose and hemicellulases. Portland Press, London pp. 53-84.

Cowan, M. M. 1999. Plant products as Antimicrobial agents. **Clinical microbiology 12** 564-582.

Douglas, M. 1964. **Enzyme: How Cells Promote Chemical Activities. Principles of Modern Biology.** 4 th Ed. United Stated of America: Holt, Rinehart and Winston Inc P 99-111.

Jiang. Y.-Z. 2012. Carcass composition and meat quality of Yanan pigs. **Genetics and Molecular Research** 11 (1): 166-173.

Kenneth B K. 2010. **Forages for Swine.** Originally published as PIH-126. http://www.extension.org/pages/27447/forages-for-swine.

Kenneth B. K., G. R. H. and D. M. Danielson. 2010. **Forages for Swine. Originally published as PIH-126.** http://www.extension.org/pages/27447/forages-for-swine.

Kidder, D. E. 1982. **Digestibility in the Pig.** (S.I.): Scientechnical Bristd 201 p.

Kim, S. W., D.A. Knabe, K.J. Hong,and, R.A. Easter. 2003. Use of carbohydrates in corn soybean meal-based nursery diets. **J. Anim. Sci.** 81 2496-2504.

Kocher, A. 2000. The effects of enzyme addition to broiler diets containing high concentrations of canola or sunflower meal. **Poult. Sci** 79: 1767-1774.

Kraisit Vasupen. 2007. **Nutritional studies in native, Thai Kadon pigs.** Ph.D. Thesis. Department of Nutrition Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht University. Utrecht, the Netherlands.

Kluth, H. and Rodehutscord, M. 2009. Effect of inclusion of cellulose in the diet on the inevitable endogenous amino acid losses in the ileum of broiler chicken. **Poult. Sci.** 88: 1199 -1205

Lampheuy Kaensombath and and jan Erik Lindberg. 2013. **Effect of replacing soybean protein by taro leaf (Colocasia esculenta (L.) Schott) protein on growth performance of exotic (Landrace x Yorkshire) and native (Moo Lath) Lao pigs**. 45:45-51.

Motta F. L. 2013. **A review of xylanase production by the fermentation of xylan: classification, characterization and applications.** [Online] Avilable: http://dx.doi.org/10.5772/53544.

Mekbugwan, A., Yamauchi, k., and Sakaida, T. 2004. Intestinal villus histologcal alterations in piglets fed dietary chary charcoal powder including wood vinegar compound liquid. Anat. **Embryol.** 33:11-16.

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).

NRC (1984). **Amaranth: Modern prospect for an ancient crop.** National Academy Press. Washington D.C 77.

Oosterwijk, G. 2003. **A Manual on Improved Rural Pig Production (1 st Edition, English Language)**. Department of Livestock and Fisheries, Ministry of Agriculture and Forestry, Vientiane, Lao PDR.

Ouanh PHMVISITH. 2016. **Increasing pig productivity in smallholder systems through improving feed and management.**

Pelicano, E. R. L. 2005. Intestinal Mucosa Development in Broiler Chickens Fed Natural Growth Promot ers. **Brazilian journal of Poultry Science,** 7(4), 221-229.

Phonepaseuth Phengsavanh. 2010. **Feeding and performance of pigs in smallholder production systems in Northern Lao PDR**.

PIC. 1997. **Meat quality: Understanding industry measurements and guidelines.** Franklin, Kentucky.

Pond, W. G. a. and J. H. Maner. 1974. **Swine Production in Temperate and Tropical**

Environments. San Francisco: W.H. Freeman and Company 646 p.

PUDSOC, n. and JOSIE M. 2013. **Carcass Quality of Native Pigs Given Galiang or Giant Taro (Alocasia macrorrhiza).** BIBLIOGRAPHY, Benguet State University, La Trinidad, Benguet: 25 page.

Soukanh Keonouchanh. 2011. **Native pig (Moo Lat) breeds in Lao PDR.** (Short Communication).

Soukanh Keonouchanh. 2012. Improvement of local pig production system in Pha Oudom. **Houn and Phonthong District The Lao Journal of Agriculture and Forestry,** No. 26, Special Issue 129-142.

Sumpan Soiklom. 2558. **Total polyphenol content and antioxidant potential of amaranths extract**. Department of Industrial Chemistry, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok and Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok. 6.

Suwat Rattanaronchart. 1994. **Present Situation of Thai Native Pigs.** Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand.

Taysayavong Lotchana and and T R Preston. 2010. **Effect of rice distillers' by-product on growth performance and digestibility of Moo Laat and Mong Cai pigs fed rice bran and water spinach.** Institution for husdjurens utfodring och vård SLU Swedish University of Agricultural Sciences Department of Animal Nutrition and Management.

Thanousinh Kandee. 2015. **The effect of taro and banana pseudo-stem (Musa Aduminata) silage with rice bran as basal diet on the growth performance of Lao native pigs.** Department of Animal Science, Souphanouvong University, LuangPrabang, Lao PDR.

Turk, D. E. 1982. The anatomy of the avain digestive trct as related to feed utilization. **Proultry Science,** 61 1224-1225.

Vasupen, K. 2008. Growth performance, carcass and meatchacteristics of female and male kadon pigs. **Journal of Biological Science** 8(3):: 671-674.

Yamauchi, K. 2007. Review of a histological intestestinal approach to assessing the

intestinal function in chickens and pigs. **Animal Science Journal,** 78 356-370.

Ying X. 2013. Effects of pig colonic digesta and dietary fibres on in vitro microbial fermentation profiles. **Bioact. Carbohydrates Diet. Fibre:** 1; 120-130.

Yue, S. a. and H. Swn. 1982. **Use Amaranths as Forage Crop**. A Brief Introduction to Grain Amaranth. Institute of Crop Breeding and Cultivation. Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing, China.

Zhang F. and and Adeola O. 2017. Techniques for evaluating digestibility of energy, amino acids, phosphorus and calcium in feed ingredients for pigs. **Animal Nutrition Journal** 3(4); 344-352.

AOAC. 1990. **Officical Methods of Analysis Associa tionon of officical Analytical Chemists**. Retrieved 15 4 2561, 15th Edition from https://www.researchgate.net/publication/289380195.

ภาคผนวก

การวิเคราะห์องค์ประกอบของโภชนะ (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

- เตาอบแห้ง (hot air over)
- ขวดชั่ง หรือจานอะลูมิเนี่ยม
- โถอบแห้งที่บรรจุสารดูดความชื้น
- 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 โดยทั่วไปปริมาณเถ้าที่พบในอาหารค่อนข้างจะคงที่สำหรับอาหารชนิดนั้น ๆ 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. นำบีคเกอร์ไปต้มให้เดือดช้า ๆ โดยใช้ความร้อนต่ำ ๆ บนแผนความร้อนเมื่อสารละลายเดือดทำการจับเวลาประมาณ 5 นาที
5. กรองสารละลายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร 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 ซึ่งความคลาดเคลื่อนสามารถเกิดได้จากการมีสารชนิดอื่นที่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายดังกล่าว เช่น 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

- เครื่องย่อยหาเยื่อใย
- ผ้ากรอง (ผ้าลินินที่มีด้าย 45 เส้นต่อนิ้ว)
- Crucible
- บีคเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร
- โถอบแห้ง
- ขวดกรอง
- กรวยกรอง
- เครื่องดูดสูญญากาศ
- เครื่องอบ
- 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 – ช – ถ – ป – ข – ย

ช = % ความชื้นของตัวอย่างอาหาร

ป = % โปรตีนของตัวอย่างอาหาร

ย = % เยื่อใยของตัวอย่างอาหาร

ถ = % เถ้าของตัวอย่างอาหาร

ข = % ไขมันของตัวอย่างอาหาร

ภาพที่ 9 ภาพประกอบการเตรียมคอก

ภาพที่ 10 ภาพประกอบการเตรียมเก็บผักโขม

ภาพที่ 11 ภาพประกอบการเตรียมผักโขมแห้ง

ภาพที่ 12 ภาพประกอบการเตรียมผักโขมหมัก

ภาพที่ 13 ภาพประกอบการเตรียมสูตรอาหาร

ภาพที่ 14 ภาพประกอบการเตรียมสุกรพันธุ์ราด

ภาพที่ 15 ภาพประกอบการเก็บมูลสุกร

ภาพที่ 16 ภาพประกอบการวิเคราะหาองประกอบของโภชนะ

ภาพที่ 17 ภาพประกอบการวัดคุณภาพเนื้อ

ภาพที่ 18 ภาพประกอบการเตรียมตัวอย่างลำไส้

ภาพที่ 19 ภาพประกอบการเตรียมตัวอย่างสไลด์และลักษณะทางสัณฐานวิทยาลำไส้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	Mr. Souliphong Khounthavong
เกิดเมื่อ	8 March 1985
ประวัติการศึกษา	2008; Bancherer degree at SOUPHANOUVONG University, Lao
ประวัติการทำงาน	2008-present; College of Agriculture and Forestry, Northern Lao PDR