ผลการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำ

Samlarn Kasyxongdeth

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2563

ผลการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำ

Samlarn Kasyxongdeth

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำ

Samlarn Kasyxongdeth

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

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

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองเลียน บัวจูม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

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

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

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รักษาการแทนรองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง ผลการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำ
ชื่อผู้เขียน Mr. Samlarn Kasyxongdeth
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัวเรียม มณีวรรณ์

บทคัดย่อ

ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำ แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก และศึกษาผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่พื้นเมืองต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ และแบคทีเรียกรดแลคติกและปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียในไส้ติ่ง

การทดลองที่ 1 การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก โดยนำถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกมาผสมให้เข้ากันในอัตราส่วนถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกต่อน้ำตาลทรายแดงต่อเกลือ 100 : 4 : 1 จัดแยกถั่วเหลืองหมักออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำ กลุ่มที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 หมักเป็นเวลา 5, 7, 9, 14 และ 21 วัน ตามลำดับ ทำการวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ ผลการวิจัยพบว่า ค่า pH และค่าเยื่อใยรวมของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ 7, 9, 14 และ 21 วัน มีค่าต่ำกว่าการหมัก 5 วัน ค่าวัตถุแห้ง โปรตีนรวม และไขมันรวมของถั่วเหลืองที่หมัก 7, 9, 14 และ 21 วัน มีค่าสูงกว่าการหมักที่ 5 วัน ค่าเถ้ารวมของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ 7, 9 และ 14 วัน มีค่าต่ำกว่าการหมักที่ 5 และ 21 วัน ($P<0.05$)

การทดลองที่ 2 การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมักในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก คุณภาพเนื้อ แบคทีเรียกรดแลคติกและปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียในไก่ลูกผสมพื้นเมือง โดยใช้ไก่ลูกผสมพื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ คละเพศ อายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 180 ตัว แบ่งเป็น 5 กลุ่มตามสูตรอาหาร แต่ละกลุ่มมี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 12 ตัว กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมใช้ถั่วเหลืองต้มสุกเป็นแหล่งโปรตีนอย่างเดียวไม่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก (0%) กลุ่มที่ 2, 3, 4 และ 5 กลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมักที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า ระดับของถั่วเหลืองอินทรีย์หมักไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในช่วงอายุ 3 - 8 สัปดาห์ ($P>0.05$) ในช่วงอายุ 9-13 สัปดาห์ การใช้ถั่วเหลืองหมักทดแทนไม่หมัก 25, 50 และ 75% ทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมักไม่ส่งผลต่อลักษณะซาก

(P>0.05) แต่พบว่า ค่า pH ของเนื้อหน้าอกที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก 25% และค่าความสว่างของเนื้ออกที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า ของกลุ่มใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก 100% มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) ส่วนค่าความแดงของเนื้ออกที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า และค่าแรงตัดผ่านของเนื้อสะโพก ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก 100% ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) และจำนวน *E. coli* ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่จำนวน Lactic acid bacteria ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก 75 และ 100% มีจำนวนค่าสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก 25% (P=0.05)

ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ถั่วเหลืองอินทรีย์ตหมักมีระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมคือ 9 วัน เนื่องจากใช้ระยะเวลาไม่นาน ทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงและเยื่อใยต่ำ และการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมักไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต แต่ทำให้สีของเนื้อ และความนุ่มของเนื้อไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำดีขึ้น ดังนั้นหากต้องการเน้นด้านสมรรถภาพการเจริญเติบโตนั้น สามารถใช้ได้ทั้งถั่วเหลืองอินทรีย์หมักและไม่หมัก แต่การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมักที่ระดับ 25% ต้นทุนต่ำที่สุด และหากต้องการปรับปรุงคุณภาพเนื้อที่ดีขึ้นโดยเฉพาะสีและความนุ่มเนื้อควรใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมักในอาหาร และระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมักในอาหารที่เหมาะสมคือ 75%

คำสำคัญ : ไก่ประดู่หางดำ, ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก, สมรรถภาพการเจริญเติบโต, ลักษณะซาก, คุณภาพเนื้อ

Title THE USING OF FERMENTED ORGANIC SOYBEAN IN THAI NATIVE CHICKEN (PRADU HANGDAM) DIET

Author Mr. Samlarn Kasyxongdeth

Degree Master of Science in Animal Science

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Buaream Maneewan

ABSTRACT

The using of fermented organic soybean in Thai native chicken (hybrid Pradu Hangdam) diet was conducted in 2 experiments. The experiment 1 study on nutritive value of fermented boiled organic soybean and experiment 2 study on effects of dietary fermented boiled organic soybean (FOSB) in Thai native chicken diet on growth performance, carcass characteristic, meat quality and coliform bacteria and lactic acid bacteria population in ceca.

Experiment 1: This study aimed to investigate the nutritive value of fermented boiled organic soybean (FOSB). Boiled organic soybeans were mixed with brown sugar and salt at the ratio 100: 4: 1. The FOSBs were allocated into 5 groups with 3 replications. Group 1, 2, 3, 4 and 5 were fermented for 5, 7, 9, 14 and 21 days respectively. The pH and nutritive value were observed. The results showed that the pH and crude fiber of FOSB at 7, 9, 14 and 21 days were lower than compare with 5 days FOSB. Dry matter, crude protein and crude ether extract of FOSB at 7, 9, 14 and 21 days were higher when compare with 5 days FOSB. Crude ash of FOSB at 7, 9 and 14 days were lower when compare with 5 and 21 days FOSB ($P<0.05$).

Experiment 2: This study aimed to investigate the effects of dietary fermented boiled organic soybean (FOSB) on growth performance, carcass characteristic, and meat quality in Thai native chicken (hybrid Pradu Hangdam). The experiment was conducted in 180 of hybrid Pradu Hangdam chickens. The chickens were allocated into 5 groups with 3 replications, 12 chicks each (mixed sex). Group 1

was control, the boiled organic soybean only was used as protein source without FOSB (0%). Group 2, 3, 4 and 5 the diets contained 25, 50, 75, and 100% FOSB instaed of boiled organic soybean respectively. The results showed that the levels of FOSB were not effected growth performance on 3-8 weeks of age (P>0.05). Feed conversion Ratio (FCR) of the 25, 50, and 75% FOSB group were lower than control group on 9-13 weeks of age (P<0.05) . Subsequently, the level of FOSB in diets were not effected on carcass characteristic (P>0.05). However, the pH and L* value of the breast at 45 minutes. and 24 hours postmortem. in 25% FOSB and L* of the breast at 45 minutes and 24 hours postmortem. in 100% FOSB were higher than control group (P<0.05). The a* of the breast at 24 hours postmortem. and shear force value in 100% FOSB were lower than control group (P<0.05). The *E. coli* number was no significant different (P>0.05), but Lactic acid bacteria number was significant different (P=0.05), the 75 and 100% FOSB group were higher than 25% FOSB group

In conclusion, the suitable period for FOSB is 9 days, due to the short time, high crude protein and low crude fiber. The FOSB can improved FCR and meat colors and tenderness. Therefore, growth performance could be improvement by used both boiled organic soybean and fermented organic soybeans, But the used of dietary fermented boiled organic soybean level is 25% was lowest cost and for meat quality improvement especially meat colors and tenderness should be use FOSB in chicken diet and the suitable level is 75%.

Keywords : Native chicken, Fermented boiled organic soybean, Growth performance, Carcass characteristic, Meat quality

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัวเรียม มณีวรรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษาแนะนำที่เป็นประโยชน์ทั้งในด้านวิชาการและการดำเนินการวิจัย แนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินงานทดลอง ตลอดจนการตรวจสอบและการแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ จนให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองเลียน บัวจูม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬากร ปานะถึก อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งทั้งในด้านวิชาการและการดำเนินการวิจัย และกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธ์ประสาทวิชาความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่มีคุณค่ายิ่ง

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณโครงการผลิตอาหารสัตว์และปศุสัตว์อินทรีย์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ถั่วเหลืองอินทรีย์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณฟาร์มสัตว์ปีก คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณบุคลากรห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ และห้องปฏิบัติการเนื้อ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณกรมความร่วมมือระหว่างประเทศ TICA (Thailand International Cooperation Agency) ที่ให้ทุนในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาทุกท่าน ตลอดจนนักศึกษาที่เรียนระดับปริญญาตรีที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจที่ดีเสมอมา

Samlarn Kasyxongdeth

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

วัตถุประสงค์ 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

ขอบเขตการวิจัย 4

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 5

2.1 ถั่วเหลือง 5

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับถั่วเหลือง 5

2.1.2 คุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลือง 6

2.2 ถั่วเหลืองอินทรีย์ 8

2.3 สารต้านโภชนะในถั่วเหลือง 9

2.4 การกำจัดสารต้านโภชนะในเมล็ดถั่วเหลือง 10

2.4.1 การให้ความร้อน 10

2.4.2 การหมักด้วยจุลินทรีย์ 11

2.5 การใช้ถั่วเหลืองหมักในอาหารสัตว์ 13

2.5.1 การใช้กากถั่วเหลืองหมักในอาหารสัตว์ 13

2.5.2 การใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดหมักในอาหารสัตว์ 14
2.6 ความสำคัญของไก่พื้นเมือง 15
2.7 ไก่ประดู่หางดำ 16
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ 20
2.9 การหมัก 21
2.9.1 กระบวนการหมัก 21
2.9.2 การใช้สารเสริมในการหมัก 23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 24
สถานที่การทำวิจัย 24
ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 24
วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 24
วิธีการทดลอง 25
การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก 25
การหมักถั่วเหลืองอินทรีย์ 25
การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก 25
การทดลองที่ 2 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่พื้นเมือง (ประดู่หางดำ) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและแบคทีเรียกรดแลคติกในไส้ติ่งของไก่ประดู่หางดำ 26
การเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์เพื่อใช้ในอาหารทดลอง 26
การวางแผนการทดลอง 27
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 28
การเลี้ยงและการจัดการ 28
วิธีการเก็บข้อมูล 32
การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต 32

การศึกษาลักษณะซากของไก่พื้นเมือง 32
การศึกษาคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมือง 33
การหาปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและแบคทีเรียกรดแลคติก 35
การคำนวณหาต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัว 36
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ 36
บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปรายผล 37
4.1 ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาด้านโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก 37
4.2 ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่พื้นเมือง (ประดู่หางดำ) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกรดแลคติกในไส้ติ่งของไก่ประดู่หางดำ 38
4.2.1 สมรรถภาพการเจริญเติบโต 38
4.2.2 ลักษณะซาก 43
4.2.3 คุณภาพเนื้อ 44
4.2.4 ปริมาณจุลินทรีย์ในไส้ตัน 51
4.2.3 ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัว 51
อภิปรายผลการศึกษา 53
การทดลองที่ 1 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก 53
การทดลองที่ 2 ผลการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่พื้นเมือง (ประดู่หางดำ) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกรดแลคติกในไส้ติ่งของไก่ประดู่หางดำ 54
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 58
บรรณานุกรม 59
ภาคผนวก 67
ภาคผนวก ก 68
ภาคผนวก ข 72

ภาคผนวก ค 74

ประวัติผู้วิจัย 84

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอาหารโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ (ต่อ 100 กรัม)..... 7

ตารางที่ 2 ความต้องการโภชนะของไก่พื้นเมืองอายุ 0-6 สัปดาห์..... 19

ตารางที่ 3 ความต้องการโภชนะของไก่พื้นเมืองอายุ 7-14 สัปดาห์..... 20

ตารางที่ 4 สูตรอาหารไก่ประดู่หางดำระยะเล็ก (3-4 สัปดาห์)..... 29

ตารางที่ 5 สูตรอาหารไก่ประดู่หางดำระยะรุ่น (5-8 สัปดาห์)..... 30

ตารางที่ 6 สูตรอาหารไก่ประดู่หางดำระยะขุน (9-13 สัปดาห์) 31

ตารางที่ 7 ผลของระยะเวลาการหมักต่อคุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก..... 38

ตารางที่ 8 ผลของถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน) 39

ตารางที่ 9 ผลของถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน)..... 40

ตารางที่ 10 ผลของถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว 41

ตารางที่ 11 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในแต่ละระยะการเจริญเติบโต 43

ตารางที่ 12 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อลักษณะซาก 44

ตารางที่ 13 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อค่า pH และค่าสีของเนื้อ 46

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักและหมักต่อหมักต่อค่า pH และค่าสีของเนื้อ 48

ตารางที่ 15 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อและการออกซิเดชัน..... 49

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักและหมักต่อหมักต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อและการออกซิเดชัน..... 50

ตารางที่ 17 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในไส้ตัน 51

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักและหมักต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในไส้ตัน... 51

ตารางที่ 19 ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดและต้นทุนค่าอาหาร 52

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ไก่ประดู่หางดำเพศผู้ 18

ภาพที่ 2 ไก่ประดู่หางดำเพศเมีย 18

ภาพที่ 3 ลูกไก่ประดู่หางดำ 19

ภาพที่ 4 แผนผังการเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์เพื่อใช้ในอาหารทดลอง 27

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันข้อมูลเกี่ยวกับข้อดีของสินค้าอินทรีย์ต่อสุขภาพมีมากขึ้น จึงทำให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคสินค้าอินทรีย์มากขึ้น รวมไปถึงผลิตภัณฑ์จากสัตว์ด้วยเช่นกัน เป็นผลทำให้ผู้ผลิตหันมาทำการเลี้ยงสัตว์แบบอินทรีย์มากขึ้น และตลาดของสัตว์อินทรีย์ก็มีการขยายตัวตามความต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้ รัฐบาลยังได้ส่งเสริมกิจกรรมด้านนี้ โดยจะเห็นได้จากพื้นที่การผลิตสัตว์แบบอินทรีย์มีมากขึ้น จาก 235,523.35 ไร่ ในปี พ.ศ. 2557 เป็น 284,918.44 ไร่ ในปี พ.ศ. 2558 ซึ่งเพิ่มขึ้น 20.97% ของพื้นที่การผลิตสัตว์แบบอินทรีย์ ส่วนฟาร์มปศุสัตว์ที่ได้รับการรับรองว่ามีจำนวนที่เพิ่มขึ้นจาก 9,961 ฟาร์มในปี พ.ศ. 2557 เป็น 13,154 ฟาร์ม ในปี พ.ศ. 2558 (วิฑูรย์, 2559) โดยยุทธศาสตร์การพัฒนาเกษตรอินทรีย์แห่งชาติได้ตั้งเป้าหมายด้านพื้นที่เกษตรอินทรีย์ไม่น้อยกว่า 600,000 ไร่ และ เพิ่มจำนวนเกษตรกรที่ทำเกษตรอินทรีย์ไม่น้อยกว่า 30,000 ราย ภายในปี 2564 (คณะกรรมการพัฒนาเกษตรอินทรีย์แห่งชาติ, 2560)

อาหารสัตว์อินทรีย์ คือ อาหารที่ใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้จากแหล่งการผลิตทางด้านการเกษตรที่มีขั้นตอนในการทำแบบอินทรีย์ หรือเรียกว่าการเกษตรอินทรีย์ โดยปัจจัยการผลิตต้องเป็นอินทรีย์ทั้งหมด ตั้งแต่เมล็ดพันธุ์ต้องไม่ผ่านการดัดแปลงหรือผ่านสารเคมีมาเกี่ยวข้อง ต้องไม่มีการดัดแปลงด้านพันธุกรรม ต้องปลอดจากสารเคมีและปุ๋ยเคมี (กรมปศุสัตว์, 2553) ซึ่งการทำอาหารสัตว์อินทรีย์มีข้อจำกัดอยู่มาก คือ การที่จะนำเอาวัตถุดิบมาเป็นวัตถุดิบหลักนั้นต้องมีปริมาณที่เพียงพอ ปัจจุบันยังผลิตได้น้อย โดยเฉพาะวัตถุดิบหลักอย่างข้าวโพดถือว่ายังมีน้อยมาก ผู้ผลิตมีจำนวนน้อย เพราะผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่าปริมาณข้าวโพดที่ปลูกที่ทำกันทั่วไป โดยสามารถเปรียบเทียบได้อย่างเห็นได้ชัดเจนคือ ในปี 2557 การผลิตข้าวโพดโดยรูปแบบการปลูกทั่วไปให้ผลผลิตสูงถึง 676 กก./ไร่ ส่วนการผลิตข้าวโพดแบบอินทรีย์ให้ผลผลิตเพียงแค่ 400 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) วัตถุดิบหลักอีกชนิดคือถั่วเหลือง ซึ่งมีความสำคัญและใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ แต่การผลิตถั่วเหลืองอินทรีย์ถือว่ายังมีปัญหาน้อยกว่าการผลิตข้าวโพดอินทรีย์ เพราะการปลูกถั่วเหลืองอินทรีย์ในฤดูแล้งหลังการทำนาให้ผลผลิตต่อไร่สูงถึง 300-400 กก./ไร่ (เทคโนโลยีเกษตร, 2561) ในขณะที่การผลิตถั่วเหลืองแบบทั่วไปให้ผลผลิตเพียง 287 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561)

อุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ปีกโดยเฉพาะในไก่เนื้อและไก่พื้นเมืองนั้น พบว่าได้มีการเสริมสารเพื่อเร่งการเจริญเติบโตและมีการเลี้ยงไก่อย่างหนาแน่น โดยไม่ได้คำนึงถึงหลักสวัสดิภาพของสัตว์ (animal welfare) ผู้เลี้ยงไก่บางส่วนจึงเริ่มหันมาให้ความสนใจในการที่จะผลิตเนื้อไก่อินทรีย์กันมาก

ขึ้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการเลี้ยงไก่ให้เป็นไปตามมาตรฐานปศุสัตว์อินทรีย์ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2554) นั้นยังทำได้ยาก และมีข้อจำกัดหลายประการ ดังนั้นจึงมีระบบการเลี้ยงไก่แบบปล่อยอิสระ (free-range system) ซึ่งเป็นระบบที่สามารถทำได้ทันทีและมีความใกล้เคียงกับระบบอินทรีย์ (organic system) นอกจากนี้ ยังมีการเลี้ยงไก่แบบเลี้ยงขังคอก ซึ่งพื้นคอกอาจเป็นพื้นดิน คอนกรีต หรือยกพื้นด้วยระแนง ลวดตาข่าย หรือพื้นสแลท (ประภากร, 2560) และมีการใช้วัตถุดิบอาหารอินทรีย์ แม้ว่ามาตรฐานการเลี้ยงจะไม่เข้มงวดเท่ากับการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ แต่ก็มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์เนื้อและไข่ที่ได้มีคุณภาพดี มีความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค คำนึงถึงหลักสวัสดิภาพของสัตว์ และการเลี้ยงในระบบนี้จะเป็นพื้นฐานในการก้าวไปสู่การเลี้ยงไก่ในระบบอินทรีย์ต่อไป

ถั่วเหลืองอินทรีย์เป็นวัตถุดิบอินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญและถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เนื่องจากเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมันที่มีคุณภาพในปริมาณสูง (อภิพรรณ, 2546; Poysa and Woodrow, 2002) แต่เมล็ดถั่วเหลืองยังมีข้อจำกัดในด้านสารต้านโภชนะ เช่น สารยับยั้งทริปซิน ไฟเตท โอลิโกแซคคาไรด์ และสารอื่นๆ (อภิพรรณ, 2546; Mukherjee *et al*., 2016; Soomro *et al*., 2017) ซึ่งสารต้านโภชนะที่มีอยู่ในถั่วเหลืองนั้นจะทำให้คุณค่าทางโภชนะของอาหารลดลง โดยมีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้และกระบวนการเมตาบอลิซึมสารอาหารของสัตว์ ซึ่งการกำจัดสารต้านโภชนะในวัตถุดิบอาหารสัตว์ทำได้หลายวิธี เช่น การให้ความร้อน (Barrow *et al*., 2007) และการหมักด้วยจุลินทรีย์ (Francis *et al*., 2001) โดยการต้มถั่วให้สุกทำให้ปริมาณสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซินลดลงได้ (อัญชรินทร์ และทศพร, 2547) และการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100-130 องศาเซลเซียสร่วมการนึ่งด้วยไอน้ำนาน 5-15 นาที สามารถทำลายสารต้านโภชนะได้ (วนิดา และคณะ, 2561) ส่วนการหมักด้วยจุลินทรีย์ช่วยลดสารต้านโภชนะที่เป็นผลจากระดับของกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้น (Cruz *et al*., 2011) และเอนไซม์จากแบคทีเรียยังช่วยทำลายโครงสร้างของสารยับยั้งทริปซินทำให้สามารถย่อยโปรตีนในถั่วเหลืองได้ดีขึ้น (Inatsu *et al*., 2006) ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมที่มีถั่วเหลืองหมักเป็นส่วนผสมให้เพิ่มสูงขึ้น (Adeyemo and Onilude, 2013) อีกทั้งการหมักยังเป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย ซึ่งเกษตรกรสามารถทำเองได้ (Iwai *et al*., 2002)

การศึกษาโดย Zamora and Veum (1979) พบว่าถั่วเหลืองดิบที่ผ่านการหมักมีเพียงไขมันและโปรตีนรวมสูงขึ้นเล็กน้อย แต่สารต่อต้านทริปซินไม่แตกต่างกับถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านความร้อน อย่างไรก็ตาม การทดลองในหนูพบว่า หนูที่เลี้ยงด้วยถั่วเหลืองหมักมีระดับน้ำหนักเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed efficiency, FE) ได้ดีกว่าการเลี้ยงด้วยถั่วเหลืองหมักที่ไม่ผ่านความร้อน แสดงว่าถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อนเหมาะสมจะใช้ในอาหารไก่เนื้อ (Feng *et al*., 2007a) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าการหมักถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองด้วย *Aspergillus oryzae* GB-107 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สามารถกำจัดสารยับยั้งทริปซิน

ลดขนาดเปปไทด์ และเพิ่มโปรตีนหยาบได้มากถึง 10% โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนที่จำเป็น (Feng et al, 2007a) และยังมีรายงานว่ากากถั่วเหลืองหมักที่ใช้ในอาหารอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ที่ย่อยอาหารและสัณฐานวิทยาของลำไส้ได้เช่นกัน (Feng *et al*., 2007b; Mathivanan *et al*., 2006) นอกจากนี้ ยังเป็นที่รู้จักกันว่ากากถั่วเหลืองหมักสามารถเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหาร เช่น ทริปซิน ไลเปส และโปรติเอส ในส่วนของลำไส้ของไก่เนื้ออย่างมีนัยสำคัญ (Feng *et al*., 2007b)

ในงานทดลองนี้มุ่งเน้นในการศึกษา ถึงระดับของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในสูตรอาหารสัตว์อินทรีย์ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและแบคทีเรียกรดแลคติกในไส้ติ่งของไก่พื้นเมือง (ประดู่หางดำ) โดยทำการเลี้ยงไก่พื้นเมืองประดู่หางดำในโรงเรือนแบบเปิด เพื่อการศึกษาถึงผลของระดับของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในสูตรอาหารสัตว์อินทรีย์ต่อตัวสัตว์โดยตรง เพื่อใช้เป็นข้อมูลและปรับปรุงสูตรอาหารไก่ในระบบอินทรีย์ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับปริมาณของวัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ให้ได้ผลที่ดีที่สุดในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองอินทรีย์ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาศึกษาคุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองหมักอินทรีย์หมักที่ระยะเวลาการหมักต่างกัน
2. ศึกษาผลของการเสริมถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในระดับต่างๆ ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง
3. ศึกษาผลของการเสริมถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในระดับต่างๆ ต่อลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและแบคทีเรียกรดแลคติกในไส้ติ่งของไก่ประดู่หางดำ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการเลือกใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ในระบบการเลี้ยงไก่พื้นเมืองส่งผลให้มีความปลอดภัยต่อการผลิตสัตว์และได้อาหารที่ปลอดภัย
2. เป็นการพัฒนารูปแบบหรือผลิตภัณฑ์ของถั่วเหลืองอินทรีย์ที่มีคุณภาพโดยการต้มสุกและการหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารยับยั้งการใช้โภชนะที่มีปริมาณต่ำจนเหมาะสมกับการใช้เลี้ยงไก่พื้นเมือง
3. เป็นแนวทางในการเพิ่มศักยภาพในการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์โดยการต้มสุกและการหมักที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองแบบปลอดภัยหรืออินทรีย์ในอนาคต

ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาคุณค่าทางโภชนะถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกที่หมักด้วยระยะเวลาแตกต่างกัน และผลของระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์แบบหมักทดแทนแบบไม่หมักในระดับต่างๆ ในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและแบคทีเรียกรดแลคติกในไส้ติ่งของไก่ประดู่หางดำ

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองถือเป็นแหล่งอาหารโปรตีนจากพืชที่สำคัญและเป็นพืชอาหารเก่าแก่พืชหนึ่งของโลก มีการใช้ประโยชน์ของถั่วเหลืองมากมายหลายประการ ทั้งเป็นอาหารของมนุษย์ในรูปการบริโภคโดยตรง หรือใช้ปรุงแต่งเป็นรูปแบบต่างๆ หรือใช้ในอุตสาหกรรม และใช้เป็นอาหารสัตว์ด้วย โดยมนุษย์ได้ใช้ถั่วเหลืองเป็นอาหารมามากกว่า 3,000 ปีก่อนศริสตศักราชมาแล้ว ในประเทศจีนแต่ครั้งโบราณถือว่าถั่วเหลืองเป็นเมล็ดพืชที่ศักดิ์สิทธิ์ ซึ่งจำเป็นต้องมีไว้ในขณะที่มีการประกอบพิธีราชาภิเษกขององค์จักรพรรดิ ประชากรในแถบเอเชียและเอเชียตะวันออกได้บริโภคถั่วเหลืองสดๆ หรือไม่ก็แปรรูปด้วยการหมัก ในยุโรปและอเมริกาในระยะแรกยังไม่ยอมรับถั่วเหลืองให้เป็นส่วนหนึ่งของโภชนาการมากนัก เนื่องจากวัฒนธรรมการบริโภคที่ต่างกัน และด้วยเหตุที่น้ำมันและเนยจากสัตว์ยังหาได้ง่ายด้วย อย่างไรก็ตาม หลังสงครามโลกครั้งที่สองสิ้นสุดลง พฤติกรรมการบริโภคถั่วเหลืองก็เปลี่ยนไป โดยสหรัฐอเมริกาสามารถผลิตถั่วเหลืองได้ในปริมาณมหาศาล และนำถั่วเหลืองส่วนหนึ่งมาใช้ในอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์และอุตสาหกรรมอาหาร นับตั้งแต่นั้นมาก็มีการปลูกถั่วเหลืองเป็นอย่างมาก ทำให้โลกและมนุษย์ได้ใช้ถั่วเหลืองในการแก้ปัญหาความความไม่สมดุลของโภชนาการทั้งในคนและสัตว์ตลอดมาจนถึงปัจจุบัน (อารีย์, 2544)

ในปัจจุบันนี้ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีการปลูกกันแพร่หลายในเขตกรึ่งร้อนและเขตอบอุ่น ทั้งนี้เพราะแหล่งกำเนิดดั่งเดิมของพืชชนิดนี้อยู่ในเขตอบอุ่นนั่นเอง สำหรับประเทศไทยมีการปลูกมาช้านาน โดยเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ.2513 ที่มีการวิจัยอย่างจริงจังโดยกรมวิชาการเกษตรร่วมมือกับองค์การความร่วมมือนานาชาติประเทศญี่ปุ่น จนกระทั่งมีการรับรองพันธุ์ สจ.4 (ส.จ คือ สถานีกสิกรรมแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่) ซึ่งในปัจจุบันคือศูนย์วิจัยพืชไร่ จังหวัดเชียงใหม่ แล้วเริ่มปลูกกันในภาคเหนือและขยายไปทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยจังหวัดที่ปลูกถั่วเหลืองมากที่สุด คือ สุโขทัย รองลงมาคือ เชียงใหม่ และกำแพงเพชร และจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ปลูกถั่วเหลืองมากที่สุดคือ จังหวัดเลย ขอนแก่น และชัยภูมิ (อารีย์, 2544)

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชในตระกูล Leguminisae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max* (L.) Merrill โดยพืชที่อยู่ใน subgenus Glycine มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศออสเตรเลีย หมู่เกาะตอนใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน และนิวกินี และเป็นที่รู้จักกันดีในชื่อ *Glycine soja* และ *Soja max* เป็นพืชตระกูลถั่วที่รู้จักกันดีในแถบเอเชีย เช่น จีนและญี่ปุ่น (อภิพรรณ, 2546) ซึ่งเชื่อกันว่า

เป็นถั่วพันธุ์ป่าที่พบในกลุ่มแม่น้ำแยงซีเกียง บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของจีน ในแถบประเทศรัสเซียและเกาหลี ตลอดจนในบางพื้นที่ของญี่ปุ่น ส่วนในประเทศไทยมีการเพาะปลูก และนำมาใช้บริโภคเป็นอาหารนานาชนิด และปลูกในเกือบทุกภูมิภาคของประเทศ เช่น ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางตอนบน ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่ส่งเสริมจากหน่วยงานทดลอง ของราชการ เช่น พันธุ์ ส.จ. 1, ส.จ. 2, ส.จ. 4 และ ส.จ. 5 เป็นต้น (อภิพรรณ, 2546) พันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่เกิดจากการผสมระหว่าง Williams x ส.จ. 5 สามารถปลูกได้ดี ให้ผลผลิตสูงทั้งฤดูฝน และฤดูแล้ง สีของเปลือกมีหลายชนิดแต่ที่นิยมในอุตสาหกรรมทั่วไปมีสีเหลือง จมูกของถั่วเหลืองส่วน ใหญ่มีสีน้ำตาล บางพันธุ์จมูกเป็นสีขาว และถั่วเหลืองประกอบด้วยใบเลี้ยง (cotyleclons) 2 ใบ อยู่ ภายในเปลือก เป็นพืชอายุปีเดียว ขนาดพุ่มเล็ก อาจมีการแตกกิ่งมากมายจนถึงแตกกิ่งน้อย ลำต้น อาจสูงถึง 2 เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมด้วย (อารีย์, 2544) และถั่วเหลืองที่ปลูกในปัจจุบันมีอายุ เก็บเกี่ยวในช่วง 90-100 วัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม (อภิพรรณ, 2546)

2.1.2 คุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลือง

เมล็ดถั่วเหลืองเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูงกว่าธัญญาหารชนิดอื่นๆ และยังมีสารอาหารที่มีคุณค่า เช่น วิตามินและแร่ธาตุ โดยองค์ประกอบที่สำคัญของเมล็ดถั่วเหลือง ได้แก่ โปรตีนและไขมัน ซึ่ง ตามปกติถั่วเหลืองที่ให้ผลผลิตสูงจะมีโปรตีน 40-42% และมีไขมัน 20-22% โดยคิดเทียบจากน้ำหนัก แห้ง (อภิพรรณ, 2546) โปรตีนจากถั่วเหลืองนับว่าเป็นโปรตีนที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) ค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม กรดอะมิโนที่มีหมู่กำมะถันเป็นส่วนประกอบ เช่น methionine และ cystine จะมีในระดับต่ำ (Saidu, 2005) ในทางตรงข้าม lysine และ leusine จะ มีในระดับสูง (อารีย์, 2544) จากตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองเมื่อเปรียบเทียบ กับวัตถุดิบแหล่งโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ พบว่า ถั่วเหลืองดิบมีโภชนะด้านโปรตีนและไขมันสูง กว่าธัญพืชชนิดอื่นและพืชในตระกูลถั่วด้วยกัน อย่างไรก็ดี ถั่วเหลืองดิบมีคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าธัญพืช ในขณะที่มียังแร่ธาตุต่างๆ อยู่ในปริมาณสูงด้วย จึงกล่าวได้ว่าเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนและ ไขมันจากพืชที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกายมากที่สุดแหล่งหนึ่ง

ไขมันในถั่วเหลืองซึ่งมีปริมาณสูงเป็นสิ่งที่ดีอย่างยิ่ง เนื่องจากไขมันถั่วเหลืองถูกใช้เป็น องค์ประกอบทางโภชนาการที่ให้พลังงาน ดังแสดงได้จากตารางที่ 1 ที่พบว่า ถั่วเหลืองดิบมีโภชนะ ด้านไขมันอยู่ในระดับสูง ทำให้ถั่วเหลืองดิบให้พลังงานสูงด้วยเช่นกัน โปรตีนในถั่วเหลืองจะถูกใช้ใน การสร้างการเจริญเติบโตและในการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ๆ ขึ้นมา แทนที่จะใช้ในการให้พลังงานเช่นที่ เป็นไปในอาหารที่มีพลังงานต่ำ โดยกรดไขมันที่พบในถั่วเหลืองเป็นกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวมีปริมาณถึง 85 เปอร์เซ็นต์ ของไขมันทั้งหมดในถั่วเหลือง และในปริมาณดังกล่าวยังประกอบไปด้วยกรดไขมัน linoleic และ linolenic อีกด้วย (อภิพรรณ, 2546)

แป้งถั่วเหลืองที่อยู่ในรูปของคาร์โบไฮเดรตนั้น มี cellulose, hemicellulose, stachyose และ raffinose ที่ไม่สามารถละลายน้ำได้และจะไม่ถูกย่อยหรือถูกดูดซึมเข้าไปยังลำไส้เล็ก ซึ่งทั้ง stachyose และ raffinose จะเคลื่อนผ่านมายังลำไส้ใหญ่ จะถูกแบคทีเรียใช้เป็นสารตั้งต้นในขบวนการหมักและจะถูกย่อยด้วยแบคทีเรียที่ได้เป็นพลังงาน กรดไขมันสายสั้น (short-chain fatty acid) และมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งสามารถดูดซึมกลับเข้าสู่ร่างกายและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ จึงส่งผลดีต่อการเจริญเติบโต การย่อยและการดูดซึม และสุขภาพของสิ่งมีชีวิต (อภิพรรณ, 2546) นอกจากนี้ เปลือกถั่วเหลืองมีปริมาณเยื่อใยทั้งหมด 87 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเยื่อใยนั้นจะประกอบไปด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน และเยื่อใยที่ละลายน้ำ ซึ่งเยื่อใยอาหารมีประโยชน์ต่อสุขภาพในแง่ของการป้องกันและบรรเทาโรคต่างๆ เช่น ท้องผูก ผนังลำไส้โป่งพอง ช่วยในการควบคุมระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด โรคเบาหวานและมะเร็ง โดยไม่มีผลต่อการขัดขวางการดูดซึมแร่ธาตุ (อาณดี และประไพศรี, 2543) อย่างไรก็ตาม สัตว์กระเพาะเดี่ยวเช่น สุกรและสัตว์ปีก มีความสามารถในการใช้ประโยชน์ได้ต่ำ ในวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของเยื่อใยสูง ซึ่งประโยชน์ของการหมักคือช่วยปรับปรุงคุณภาพของวัตถุดิบให้มีเยื่อใยต่ำลดลง โดยการทำงานของจุลินทรีย์และกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในขบวนการหมัก สามารถทำให้การใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบอาหารสัตว์มีประสิทธิภาพดีขึ้น (สุลิพง และคณะ, 2561)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอาหารโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ (ต่อ 100 กรัม)

ชนิดของธัญพืช	**พลังงาน** (กิโลแคลอรี่/กก.)	**คาร์โบไฮเดรต** (กรัม)	**โปรตีน** (กรัม)	**ไขมัน** (กรัม)	**แร่ธาตุ (มิลลิกรัม)**		
					Ca	**P**	**Fe**
ข้าวสีแล้ว	364.0	79.7	7.2	0.06	9	104	1.3
ข้าวสาลีไม่ขัดสี	353.7	70.1	12.7	2.5	37	386	4.3
ข้าวโพด	363.3	70.7	11.8	4.5	11	290	2.5
ถั่วเหลืองฝักสด	343.6	62.4	20.7	1.3	145	471	4.3
ถั่วเหลือง	395.0	30.0	36.1	17.7	226	546	8.8

ที่มา : ดัดแปลงจาก อภิพรรณ (2546)

นอกจากถั่วเหลืองจะเป็นพืชที่ให้โปรตีนและพลังงานแล้ว ถั่วเหลืองยังให้แร่ธาตุหลายชนิด เช่น แคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) และฟอสฟอรัส (P) ดังแสดงในตารางที่ 1 อย่างไรก็ตาม แร่ธาตุบางชนิดอาจจะยังไม่เป็นประโยชน์เหมือนเช่นในเมล็ดพืชอื่นๆ เนื่องจากสารประกอบบางชนิด เช่น กรด

ไฟติก (phytic acid) เชื่อมต่อกับ divalent cation เช่น แคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) และสังกะสี (Zn) (อภิวรรณ, 2546) จึงทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของแร่ธาตุบางชนิด ในอาหารจากถั่วเหลืองลดน้อยลงไป ดังนั้นในสูตรอาหารสัตว์จึงมีการเติมแคลเซียมจากวัตถุดิบอื่นให้ด้วย นอกจากนี้ อภิพรรณ (2546) ยังรายงานเพิ่มเติมว่า ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองมีปริมาณวิตามิน B-complex ค่อนข้างสูง ยกเว้นวิตามิน B_{12} และเมล็ดถั่วเหลืองแก่จะยังขาด β-carotene (provitamin A) และกรด ascorbic (vitamin C) อย่างไรก็ตาม ในเมล็ดถั่วเหลืองดิบมีสารพิษ (toxic factor) หรือสารต้านโภชนะ (anti-nutritional factor) เช่น สารยับยั้งทริปซิน (trypsin inhibitor) สารที่ทำให้เกิดการแพ้บวม (allergen) กรดไฟติก (phytic acid) และเลคติน (lectins) เป็นต้น (อาณดี และประไพศรี, 2543) ซึ่งสารเหล่านี้จะทำให้คุณค่าทางโภชนะของอาหารลดลง โดยจะมีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้หรือกระบวนการเมทตาบอลิซึมของสารอาหารในสัตว์

2.2 ถั่วเหลืองอินทรีย์

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2554) ได้ระบุไว้ว่าพืชอาหารสัตว์ที่จะนำมาทำเป็นอาหารสัตว์นั้น ต้องรับประกันว่าเป็นอินทรีย์จริง ดังนั้นต้องปลูกภายในฟาร์ม หรือในเครือข่ายบริเวณใกล้เคียงต้องมีความเป็นธรรมชาติมากที่สุด ห้ามใช้วัตถุดิบบางชนิด เช่น ข้าวโพดถั่วเหลืองนำเข้าที่ตัดต่อพันธุกรรม ยาปฏิชีวนะ ยากันบิด ฮอร์โมนสังเคราะห์ สารเร่งการเจริญเติบโต ห้ามใช้เนื้อกระดูกป่นจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ห้ามใช้กรดอะมิโนสังเคราะห์ยกเว้นกรณีที่จำเป็น พื้นที่ปล่อยไม่มีพืชสีเขียวควรมีอาหารหยาบและสดให้กินทุกวัน ได้รับอาหารธรรมชาติไม่เพียงพอผู้เลี้ยงจำเป็นต้องเรียนรู้การทำน้ำหมักชีวภาพและน้ำหมักสมุนไพรให้ไก่ได้กิน เพื่อให้สุขภาพแข็งแรงเพิ่มภูมิต้านทานโรคและช่วยย่อยอาหาร

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2554) ได้ระบุไว้ว่า การผลิตถั่วอินทรีย์คือการทำการผลิตถั่วด้วยหลักธรรมชาติบนพื้นที่การเกษตรที่ไม่มีสารพิษตกค้าง และหลีกเลี่ยงจากการปนเปื้อนของสารเคมีทางดิน ทางน้ำ และทางอากาศ เพื่อส่งเสริมความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศน์ และฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมให้กลับคืนสู่สมดุลธรรมชาติ โดยไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์หรือสิ่งที่ได้มาจากการตัดต่อพันธุกรรม ใช้ปัจจัยการผลิตที่มีแผนการจัดการอย่างเป็นระบบในการผลิตภายใต้มาตรฐานการผลิตเกษตรอินทรีย์ให้ได้ผลผลิตสูง อุดมด้วยคุณค่าทางอาหารและปลอดสารพิษ โดยมีต้นทุนการผลิตต่ำ เพื่อคุณภาพชีวิตและเศรษฐกิจพอเพียงแก่มวลมนุษยชาติและสรรพชีวิต

2.3 สารต้านโภชนะในถั่วเหลือง

แม้ถั่วเหลืองจะมีประโยชน์และคุณค่าสูงจึงถูกเลือกนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์ แต่ถั่วเหลืองยังมีข้อจำกัดโดยมีสารต้านโภชนะ (anti-nutritional factors) ที่เป็นโทษแก่ร่างกายสัตว์ เช่น สารยับยั้งทริปซิน (trypsin inhibitor) สารที่ทำให้เกิดการแพ้บวม (allergen) กรดไฟติก (phytic acid) และเลคติน (lectins) เป็นต้น (อาณดี และประไพศรี, 2543) ซึ่งสารต้านโภชนะเหล่านี้จะทำให้คุณค่าทางโภชนะของอาหารลดลง โดยจะมีผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือกระบวนการเมตาบอลิซึมของสารอาหารในสัตว์ ซึ่งอาจทำให้สัตว์ป่วยหรือรับสารอาหารจากที่กินเข้าไปได้ไม่เต็มที่ โดยสารต้านโภชนะในถั่วเหลือง (anti-nutritional factors) ได้แก่

2.3.1 สารยับยั้งทริปซิน (trypsin inhibitor) เป็นโปรตีนในธรรมชาติชนิดหนึ่งในถั่วเหลือง ทำหน้าที่ป้องกันเมล็ดจากการทำลายของแมลง สารนี้จัดเป็นสารต้านการดูดซึมโปรตีนของร่างกาย โดยจับกับน้ำย่อย trypsin ทำให้สามารถยับยั้งการทำงานของ trypsin และ chymotrypsin (อาณดี และประไพศรี, 2543)

2.3.2 โอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) โอลิโกแซคคาไรด์ที่มีอยู่ในถั่วเหลืองพบได้ประมาณ 6% โดยโครงสร้างของสารนี้ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในร่างกายสัตว์ ซึ่งเป็นโอลิโกแซคคาไรด์ประเภท stachyose และ raffinose ที่ละลายน้ำได้ และไม่ถูกย่อยหรือถูกดูดซึมเข้าไปยังลำไส้เล็ก ทำให้โอลิโกแซคคาไรด์ตกค้างอยู่ในลำไส้และกลายเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหมักของแบคทีเรียในทางเดินอาหารก่อให้เกิดแก๊สในลำไส้ได้ (อภิพรรณ, 2546)

2.3.3 แอนติเจน (antigen) ในเมล็ดถั่วเหลืองจะพบ เบต้า-คอนไกลซินิน (beta-conglycinin) และไกลซิลิน (glycinin) มีอยู่ในถั่วเหลืองมากกว่า 5% ทำให้สัตว์อายุน้อยๆ ส่วนใหญ่เกิดปฏิกิริยาตอบสนองภูมิแพ้ที่เยื่อบุลำไส้ ทำให้ไม่สามารถย่อยที่ลำไส้เล็กได้ และเบต้า-คอนไกลซินินยังทำให้วิลไลในลำไส้เล็กฝ่อลีบและทำให้การดูดซึมลดลง (อาณดี และประไพศรี, 2543)

2.3.4 กรดไฟติก (phytic acid) เป็นองค์ประกอบปกติของถั่วเมล็ดแห้ง ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ phytate หรือจับกับโปรตีน phytate ถูกสร้างและสะสมในถั่วเหลืองขณะที่มีการเจริญเป็นถั่วแก่ เพื่อใช้เป็นแหล่งฟอสเฟสในการสร้างพลังงานระหว่างเมล็ดงอก กรดไฟติกสามารถจับกับแร่ธาตุได้หลายชนิด เช่น แคลเซียม เหล็ก สังกะสี แมกนีเซียม ดังนั้นจึงเป็นสารขัดขวางกันการดูดซึมแร่ธาตุ (อภิพรรณ, 2546) และถ้ากรดไฟติกจับอยู่กับโปรตีนจะทำให้การย่อยและการดูดซึมโปรตีนน้อยลง (อาณดี และประไพศรี, 2543)

2.3.5 เลคติน (lectins) เลคตินเป็นไกลโคโปรตีนที่ทนต่อการย่อย เลคตินสามารถจับกับผนังลำไส้ทำให้เกิดการระคายเคืองของผนังลำไส้และเกิดแผลที่วิลไลได้ นอกจากนั้นยังทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนในร่างกายเพิ่มขึ้น (อภิพรรณ, 2546)

2.3.6 สารกระตุ้นการจับตัวเป็นก้อนของเม็ดเลือดแดง (Hemagglutinins) หรือฮีแมกกลูตินิน ซึ่งเป็นไกลโคโปรตีนที่ประกอบไปด้วย Manose 4.5% และ Glucosamine 1% ซึ่งสารฮีแมกกลูตินินสามารถยึดจับแบบจำเพาะกับเซลล์เม็ดเลือดแดง ทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงรวมตัวกัน จึงไม่สามารถขนส่งออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ได้ (พัทธินันท์, 2555)

2.4 การกำจัดสารต้านโภชนะในเมล็ดถั่วเหลือง

เมล็ดถั่วเหลืองมีสารต้านโภชนะหลายชนิด เช่น สารยับยั้งทริปซิน สารที่ทำให้เกิดอาการแพ้บวม เลคติน และกรดไฟติก ซึ่งมีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้หรือกระบวนการเมตาบอลิซึมของสารอาหารในสัตว์ ดังนั้นการนำถั่วเหลืองมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องลดปริมาณสารต้านโภชนะในถั่วเหลืองให้น้อยลง ซึ่งวิธีการลดปริมาณสานต้านโภชนะทำได้หลายวิธี ได้แก่ การให้ความร้อน (Barrows *et al*., 2007) โดยความร้อนสามารถทำลายสารต้านโภชนะบางชนิดที่ไม่ทนร้อน เช่น สารยับยั้งทริปซิน แต่สารต้านโภชนะที่ทนความร้อน เช่น โอลิโกแซคคาร์ไรด์ และแอนติเจนจะยังคงเหลืออยู่ และยังพบว่าการหมักด้วยจุลินทรีย์ (fermentation) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถลดปริมาณสารต้านโภชนะในถั่วเหลืองได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักจะสามารถผลิตเอนไซม์ย่อยโปรตีนได้สูง และสามารถผลิตเอนไซม์ย่อยโพลิแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (Non-starch polysaccharides; NSPs) ได้ด้วย รวมถึงยังผลิตเอนไซม์ไฟเตสเพื่อย่อยกรดไฟติกในเมล็ดถั่วเหลืองอีกด้วย ซึ่งการหมักด้วยจุลินทรีย์นอกจากจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับถั่วเหลืองแล้ว ยังช่วยลดผลของสารต้านโภชนะที่มีอยู่ในถั่วเหลืองได้อีกด้วย (Francis *et al*., 2001)

2.4.1 การให้ความร้อน

การทำลายสารยับยั้งโภชนะในถั่วเหลืองดิบก่อน เป็นการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลือง พบว่าสามารถทำได้โดยการให้ความร้อนแก่ถั่วเหลืองโดยวิธีการต่างๆ เพื่อทำให้ถั่วเหลืองสุก เช่น การต้มหรือนึ่งเมล็ดถั่วเหลือง การเอ็กซ์ทรูดแบบชื้น การคั่วเมล็ดถั่วเหลือง หรือการเอ็กซ์ทรูดแบบแห้ง เป็นต้น ซึ่ง พัทธินันท์ (2555) รายงานว่า การต้มถั่วเหลืองก่อนการนำไปหมักจะทำให้ถั่วเหลืองนิ่มขึ้น มีกลิ่นดีขึ้น ช่วยเพิ่มความสามารถในการย่อยสลายอาหารด้วยเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร ทำให้คุณค่าทางโภชนะสูงขึ้น และทำให้น้ำตาลที่มีประโยชน์ เช่น ไซโลส แมนโนส กาแลคโตส และกลูโคสมีปริมาณสูงขึ้น นอกจากนี้ การต้มยังเป็นวิธีที่สำคัญที่ช่วยลดและทำลายสารพิษที่มีอยู่ในถั่วเหลือง ได้แก่ ทริปซินอินฮิบิเตอร์ (trypsin inhibitor) เมื่อถั่วเหลืองผ่านกระบวนการต้มสารพิษนี้จะหมดไป ทำให้เอนไซม์ทริปซินและไคโมทริปซินทำหน้าที่ย่อยโปรตีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ กระบวนการให้ความร้อนด้วยการต้มสามารถทำลายสารฮีแมกกลูตินินได้ด้วย ซึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์มีการนำถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองมาผ่านความร้อนเพื่อลดสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้และทำให้สัตว์สารมารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น

Norton (1991) ได้รายงานว่า การให้ความร้อนด้วยหม้อนึ่งความดัน 15-30 นาที สามารถลดปริมาณของ trypsin inhibitors ในกากถั่วเหลืองให้ต่ำกว่าระดับวิกฤตได้ นอกจากนี้ ภาณุวรรณและคณะ (2553) พบว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการต้มถั่วเหลืองทั้งเมล็ดโดยสามารถทำลายสารต้านโภชนะและเหมาะสำหรับการทำถั่วเน่าคือ 6 ชั่วโมง

วนิดา และคณะ (2561) ได้ศึกษาคุณสมบัติของแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มที่เป็นผลจากการให้ความร้อน พบว่า สภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมในการผลิตแป้งถั่วเหลืองได้แก่ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 และ 130 องศาเซลเซียส ร่วมกับการนึ่งด้วยไอน้ำนาน 15 และ 5–15 นาที ตามลำดับ หรือการอบแห้งถั่วเหลืองที่อุณหภูมิสูง 160 องศาเซลเซียส เนื่องจากการให้ความร้อนที่สภาวะเหล่านี้ส่งผลให้มีการทำลายสารยับยั้งคุณค่าทางโภชนาการอย่างเพียงพอ

อย่างไรก็ตาม การใช้ความร้อนควรกระทำอย่างระมัดระวัง เนื่องจากความร้อนนอกจากจะทำลายสารต้านโภชนะต่างๆ แล้ว ยังมีผลต่อคุณภาพของสารอาหารในวัตถุดิบอาหารด้วย เช่น การทำให้โปรตีนเสียสภาพ และการเสื่อมสภาพของกรดไลซีน ส่งผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้ลดลง (Francis *et al*., 2001)

2.4.2 การหมักด้วยจุลินทรีย์

ปัจจุบันได้มีการนำกากถั่วเหลืองที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วไปนำหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์อีกครั้ง เพื่อให้จุลินทรีย์ทำลายสารต้านโภชนะประเภทอื่นๆ ที่ยังไม่ถูกทำลายด้วยความร้อน โดยจุลินทรีย์จะเข้าย่อยโครงสร้างของเยื่อใยในกากถั่วเหลืองให้กลายเป็นน้ำตาล ย่อยโปรตีนที่มีโครงสร้างความซับซ้อนให้เป็นเปปไทด์สายสั้น หรือมีโครงสร้างที่เล็กลงมากขึ้น และเนื่องจากกรดที่ได้จากการหมักจะช่วยให้ค่าความเป็นกรดในกระเพาะอาหารเหมาะสมต่อกระบวนการย่อยอาหาร ซึ่งการหมักจะช่วยทำให้คุณค่าทางอาหารของพืชเหล่านั้นคงอยู่ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมสารอาหาร และเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้ให้ดีขึ้น

การหมักของเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มบาซิลลัสที่มีอยู่ตามธรรมชาติแล้วปนเปื้อนลงในถั่วเหลืองต้มสุก ซึ่งเชื้อที่พบ ได้แก่ *Bacillus subtilis, Bacillus megaterium.* และ *Bacillus cereus* และจากการคัดแยกพบว่าเชื้อ *Bacillus subtilis* เป็นเชื้อทีมีบทบาทในการหมักถั่วมากที่สุด (ภาณุวรรณและคณะ, 2553) ซึ่ง *Bacillus subtilis* เป็น aerobic หรือ facultative anaerobic bacteria สร้าง catalase มี endospore ซึ่งทำให้ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่ดีได้ ไม่ทำให้เกิดโรค ติดสีแกรมบวก รูปแท่งตรง มี flagella แบบ peritrichous เจริญได้ดีที่ pH 5.5-8.5 บทบาทสำคัญของเชื้อตัวนี้ในการหมักคือการปล่อยเอนไซม์โปรติเอสออกมาย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนและสารแอมโมเนีย ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการหมักทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้น ทำให้เกิดกลิ่นฉุนของถั่วหมัก (ภาณุวรรณ และคณะ, 2543) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Inatsu *et al*. (2006) ที่พบว่า เชื้อ *B. subtilis* สามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอส เอนไซม์นัตโตไคเนส และแกมมาโพลีกลูตามิค เอซิด *(gamma-polyglutamic*

acid; PGA) ซึ่งจะช่วยทำลายโครงสร้างของสารที่ยับยั้งการทำงานของทริปซิน *(trypsin inhibitor)* ทำให้ย่อยโปรตีนในถั่วเหลืองได้ดีขึ้น (Inatsu *et al*., 2006)

พัทธินันท์ (2555) ได้รายงานว่า การหมักถั่วเหลืองด้วยจุลินทรีย์บาซิลลัส (*Bacillus* sp.) จะช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร โดยการหมักใน 20 ชั่วโมงแรก ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์จะเจริญเพิ่มขึ้นทีละน้อย หลังจากนั้นอีก 5 ชั่วโมง จุลินทรีย์มีการเจริญและการผลิตเอนไซม์หลายชนิด ประกอบด้วย protease, lipase เอนไซม์จะย่อยถั่วเหลืองทำให้ส่วนประกอบบางอย่างมีการเปลี่ยนแปลง แม้ว่าปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนจะมีความสัมพันธ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่จะมีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนของปริมาณกรดอะมิโนอิสระระหว่างการหมัก

Promkot *et al*. (2016) ได้ทำการหมักหัวมันสำปะหลังด้วยยีสต์เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถย่อยได้ของอาหารในโคพันธุ์บราห์มัน ในการศึกษานี้รากมันสำปะหลังสดจะถูกถูกหมักด้วย *S. cerevisiae* เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีน กระบวนการหมักใช้เวลา 21 วัน ตามด้วยการหมักกับยีสต์เป็นเวลา 5 วัน ผลิตภัณฑ์หมักเรียกว่าหัวมันสำปะหลังหมักยีสต์ (ยีสคาร์) จากนั้นยีสคาร์ได้รับการผสมในสูตรอาหารสัตว์ที่ 10%, 20% และ 30% ของน้ำหนักแห้งในอาหารในโคเนื้อ โดยใช้โคพันธุ์บราห์มันเพศเมีย โคเนื้อสี่ตัวถูกสุ่มออกเป็นสี่ทรีทเม้นท์ในการออกแบบ 4 × 4 ลาตินสแควร์ เป็นเวลา 21 วัน รวมถึงอาหารควบคุม (ไม่มีรากมันสำปะหลังหมัก) เลี้ยงด้วยฟางข้าวเป็นอาหารหยาบ ผลการศึกษาพบว่า การบริโภควัตถุแห้งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอาหารมันสำปะหลังหมักที่อัตรา 20% ในอาหารข้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการย่อยได้ของสารอาหารในกลุ่มทดลอง อย่างไรก็ตาม การย่อยได้ของเยื่อใยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเลี้ยงมันสำปะหลังหมักในโคนม ในทำนองเดียวกันรากมันสำปะหลังหมักไม่แสดงผลต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน แม้ว่าประชากรแบคทีเรียในกระเพาะรูเมนและโปรตีนจุลินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเติมยีสคาร์ สรุปได้ว่าหัวมันสำปะหลังหมักยีสต์ที่ 20% ในอาหารข้นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มประชากรแบคทีเรียในกระเพาะรูเมนและการย่อยได้ของเยื่อใยในโค

Hong *et al*. (2004) พบว่า การใช้เชื้อรา *Aspegillus oryzea.* หมักถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองสามารถทำให้ขนาดโมเลกุลเปปไทด์ (peptide) มีขนาดเล็กลง ส่งผลทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก แถมยังสามารถกำจัดสาร trypsin inhibitors ได้ และเชื้อรา *A. oryzae* สามารถใช้ในการหมักถั่วเหลืองเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์ได้ด้วย นอกจากนี้ เชื้อรา *A. niger* ยังเป็นเชื้อราอีกชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับเชื้อรา *A. oryzae* โดยคุณสมบัติในการสร้างสารต่างๆ ของ *A. niger* ได้แก่ protease cellulase hemicellulases lipase phytase และ tannase เป็นต้น และเชื้อรา *A. niger* ยังเป็นเชื้อราที่มีความปลอดภัยที่เหมาะกับการนำมาหมักถั่วเหลืองได้ (Aguilar *et al*., 2001)

2.5 การใช้ถั่วเหลืองหมักในอาหารสัตว์

2.5.1 การใช้กากถั่วเหลืองหมักในอาหารสัตว์

Kim *et al*. (2010) ได้ศึกษาผลของกากถั่วเหลืองหมักต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต โรคท้องร่วง และการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันของลูกโคแรกเกิด การศึกษาผลของการแทนที่กากถั่วเหลืองหมักบางส่วน (FSBM) และกากถั่วเหลือง (SBM) ต่อพารามิเตอร์ทางสรีรวิทยา ภูมิคุ้มกัน ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และจำนวนท้องร่วงในลูกโคแรกเกิดหลังการติดเชื้อจุลินทรีย์ ลูกโคโฮลสไตน์ (n = 12) ได้รับการสุ่มเป็นสองกลุ่มด้วยอาหารสองแบบคือ กลุ่ม SBM และกลุ่ม FSBM กลุ่มหลังให้อาหารที่มี 5% FSBM แทน SBM เพื่อประเมินภูมิคุ้มกันต่อการติดเชื้อจุลินทรีย์ ลูกโคทั้งหมดได้รับการฉีดวัคซีนป้องกันโรคตามโปรแกรมด้วยการฉีดเข้ากล้ามเนื้อของลูกโคที่อายุ 21 วัน พบว่า ความถี่และความรุนแรงของโรคท้องร่วงในกลุ่ม FSBM น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (P <0.05) เมื่อเทียบกับในกลุ่ม SBM ที่อายุ 21 และ 42 วัน การให้อาหาร FSBM ส่งผลให้ปริมาณ IgA ที่จำเพาะต่อแบคทีเรีย (P <0.05) สูงกว่าใน SBM ในวันที่ 5 และ 14 หลังการติดเชื้อจุลินทรีย์ (DPMI) IgA ที่จำเพาะต่อไวรัสก็เพิ่มขึ้น (P <0.05) ที่ 5 DPMI ในกลุ่ม FSBM เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม SBM ปริมาณเฉลี่ยของแฮปโตโกลบินที่เลี้ยงด้วย FSBM จะสูงกว่า ผลการศึกษาพบว่า FSBM มีบทบาทในการบรรเทาอาการท้องเสียและในการผลิตเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับภูมิคุ้มกัน เช่น IgA และ haptoglobin ในลูกโค

Liu *et al*. (2007) ได้ศึกษาผลของกากถั่วเหลืองหมักต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและลักษณะทางภูมิคุ้มกันในลูกสุกรหย่านม การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกากถั่วเหลืองหมัก (FSBM) ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและลักษณะทางภูมิคุ้มกันของลูกสุกร โดยใช้ลูกสุกร 60 ตัว พันธุ์ Duroc × Landrace × Yorkshire มี 2 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ตัว กลุ่มแรกให้อาหารที่ใช้การถั่วเหลืองหมัก และอีกกลุ่มใช้กากถั่วแต่ไม่ได้หมัก ซึ่งสุกรทั้งหมดหย่านมที่อายุ 35 วัน และใช้การเลี้ยงเพื่อดูผลทั้งหมด 23 วัน ผลที่ได้รับแสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ดีขึ้น (1.44% เทียบกับ 1.36%) ในลูกสุกรที่ได้รับอาหาร FSBM และอัตราส่วนการแลกเนื้อ (FCR) ลดลง 5.56% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (กากถั่วเหลืองป่น) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ในกลุ่มที่ให้อาหารถั่วเหลืองหมักนั้นเห็นได้ว่า ระดับของภูมิคุ้มกันในเลือดลดลง 27.2% อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) และมีปริมาณเม็ดเลือดขาวลดลง สรุปได้พบว่า การใช้กากถั่วเหลืองหมักในอาหารสุกรหลังหย่านมเป็นประโยชน์ต่อประสิทธิภาพการเติบโต แต่จะพบการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันในลูกสุกรลดลง

Kim *et al*. (2016) ได้ศึกษาการใช้กากถั่วเหลืองหมักในไก่เนื้อช่วงแรกที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการตอบสนองทางสรีรวิทยาของลูกไก่เนื้อ เพื่อประเมินประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและน้ำหนักอวัยวะ โลหิตวิทยา และจุลินทรีย์ในไส้ติ่ง หลังการใช้กากถั่วเหลืองหมักในไก่เนื้อ

ระยะแรก โดยใช้ลูกไก่อายุ 1 วัน ทั้งหมด 900 ตัว ได้ทำการสุ่มแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มทดลองจำนวน 6 ซ้ำ โดยมีลูกไก่ซ้ำละ 25 ตัว ลูกไก่ได้รับอาหารควบคุมซึ่งเป็นอาหารที่ให้ก่อนการทดลอง โดยใช้กากถั่วเหลืองไม่รวมเปลือกและอีก 5 กลุ่มที่เหลือใช้กากถั่วเหลืองในรูปแบบดังนี้ กลุ่มควบคุมใช้อาหารระยะแรกที่ใช้กากถั่วเหลืองที่ไม่รวมเปลือก กลุ่มที่ 2 เป็นการใช้กากถั่วเหลืองที่หมักโดยบาซิลลัส (BF-SBM) กลุ่มที่ 3 เป็นการใช้กากถั่วเหลืองหมักโดยใช้ยีสต์จากบายโปรดักต์ผสมกับบาซิลลัส (YBF-SBM) กลุ่มที่ 4 ใช้กากถั่วเหลืองหมักโดยใช้แลคโตบาซิลลัสหมัก (LF-SBM1) กลุ่มที่ 5 ใช้กากถั่วเหลืองที่หมักโดยใช้แลคโตบาซิลลัสหมัก (LF-SBM2) และกลุ่มสุดท้ายใช้ถั่วเหลืองโปรตีนเข้มข้น (SPC) โดยไก่มีอายุหลัง 7 วัน ให้อาหารทางการค้าที่ไม่ใช้กากถั่วเหลืองเต็มเม็ดหรือโปรตีนเข้มข้นจากถั่วเหลืองตามแผนการทดลองจนถึงระยะ 4 สัปดาห์ ซึ่งพบว่า กลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองที่หมักโดยบาซิลลัส (BF-SBM) และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองที่หมักโดยใช้ยีสต์ได้จากบายโปรดักต์ผสมกับบาซิลลัส (YBF-SBM) มีน้ำหนักตัวที่สูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) สำหรับการกินได้ระยะการเจริญเติบโตและเมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่แตกต่างกัน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น พบว่า อาหารที่ใช้ถั่วเหลืองหมักด้วย BF-SBM, YBF-SBM และ LF-SBM 2 มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.001$) และอัตราการแลกเนื้อในอาหารที่ใช้ถั่วเหลืองหมักด้วย BF-SBM, YBF-SBM และ LF-SBM2 จะต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.001$) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักอวัยวะกับโลหิตวิทยานั้นไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนจุลินทรีย์ในไส้ติ่งหลังการเลี้ยงได้ 35 วัน ด้วยอาหารที่ใช้ถั่วเหลืองหมักด้วย BF-SBM และ YBF-SBM จะมีแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรดแลดติกเพิ่มขึ้น แต่แบคทีเรียกลุ่มคอลิฟอร์มต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.001$) กลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัส (LF-SBM1) มีจำนวนบาซิลลัสที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 5 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.001$) หลังการเลี้ยงได้ 7 วัน พบว่า วิลลัสในส่วนลำไส้เล็กส่วนกลางในกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองหมักทั้ง 5 กลุ่มมีความยาวกว่ากลุ่มอาหารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ยิ่ง ($P<0.001$) สรุปได้ว่า การใช้กากถั่วเหลืองหมักในไก่เนื้อระยะแรกนั้นมีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ จุลินทรีย์ในไส้ติ่ง และวิลลัสในลำไส้ของไก่เนื้อ

2.5.2 การใช้ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดหมักในอาหารสัตว์

Fujiwara *et al*. (2009) ได้ทำการศึกษาผลของใช้ด้วยจุลินทรีย์บาซิลลัส (*Bacillus sutilis* var. Natto) ของการหมักถั่วเหลืองแบบนัตโตะ (Fermented soybean; FS) ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต การทำงานของจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วน caecum และการแสดงออกของยีนในม้ามในไก่เนื้อพื้นเมือง โดยไก่เนื้อจะถูกเลี้ยงด้วยอาหารทางการค้าที่ระดับ 0 (อาหารควบคุม) และ 2% ของถั่วเหลืองหมัก ทดลองเป็นเวลา 80 วัน โดยแบ่งไก่เนื้อออกเป็น 4 กลุ่ม ได้รับอาหารควบคุมจากวันที่ 0 ถึงวันที่ 27 ของอายุไก่เนื้อ หลังจากนั้นให้อาหารที่มีถั่วเหลืองหมักแบบนัตโตะ 2% ในอาหารจากวันที่ 28 ถึงวันที่ 80 ของอายุไก่เนื้อ พบว่า การเสริมถั่วเหลืองหมักในอาหารไม่มีผลต่อการกินได้ และ

การเสริมถั่วเหลืองหมักไม่มีผลต่อน้ำหนักซาก กล้ามเนื้อหน้าอก และกล้ามเนื้อขา และไม่ส่งผลต่อไขมันช่องท้องด้วย นอกจากนี้ ยังพบว่าการเสริมถั่วเหลืองหมักแบบนัตโตะไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย และจำนวนแบคทีเรียในลำไส้ส่วน caecum อย่างไรก็ตาม ปริมาณความเข้มข้นของกรดอะซิติกโดยรวมสูงขึ้น ($P<0.05$) ในไก่เนื้อที่เสริมถั่วเหลืองหมัก 2% และการเสริมถั่วเหลืองหมัก 2% ไม่มีผลต่อการแสดงออกของยีนในม้ามแต่อย่างใด สรุปได้ว่า เสริมถั่วเหลืองหมักในอาหารไก่เนื้อครั้งนี้ไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ แต่มีผลดีต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในลำไส้ โดยทำให้กรดไขมันหอมระเหย (Volatile fatty acid; VFA) มีปริมาณสูงขึ้น

Heeok *et al*. (2010) ได้ศึกษาผลของการหมักถั่วเหลืองด้วย *Aspergillus oryzae* หรือ *Bacillus natto* ต่อการผลิตไข่และองค์ประกอบของไขมันในไข่ของไก่ไข่ การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการถั่วเหลืองคุณภาพต่ำที่ผ่านการหมักด้วย *Aspergillus oryzae* (FSB1) หรือ *Bacillus subtilis* var. natto (FSB2) ต่อผลผลิตและคุณภาพไข่ ปริมาณของไขมันและคอเรสเตอรอล และรูปแบบของกรดไขมันในไข่ โดยใช้ไก่ไข่ 18 Hi-Line strain อายุ 22 สัปดาห์ ได้รับการสุ่มให้อาหาร 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ไม่ใช้ถั่วเหลืองหมัก (กลุ่มควบคุม), อาหารควบคุมด้วย + 15% FSB1 (C+FSB1) และอาหารควบคุมด้วย 15% FSB2 (C+FSB2) ประเมินอัตราการผลิตไข่และน้ำหนักไข่ระหว่างสองช่วงเวลาหนึ่งช่วงคือวันที่ 1 ถึง 4 สัปดาห์ และ 5 ถึง 8 สัปดาห์ เมื่อผ่าน 8 สัปดาห์ สุ่มไข่ 30 ฟองจากแต่ละกลุ่ม และวิเคราะห์คุณภาพ ปริมาณไขมัน องค์ประกอบของกรดไขมัน และปริมาณคอเรสเตอรอล พบว่า การผลิตไข่เพิ่มขึ้นในไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีถั่วเหลืองหมักตั้งแต่ 5 ถึง 8 สัปดาห์ ($P<0.01$) และพบแนวโน้มผ่านการผลิตไข่สะสมแปดสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม C+FSB1 และ C+FSB2 ($P>0.05$) น้ำหนักไข่และคุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆ ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ไข่แดงในกลุ่มควบคุมมีปริมาณไขมันใกล้เคียงกัน แต่ไข่แดงในกลุ่ม C+FSB1 และ C+FSB2 มีกรดโอเลอิกต่ำกว่า ($P<0.05$), ไลโนเลอิคสูง, α-linolenic และกรดarachidonic ($P<0.01$) และปริมาณคอเรสเตอรอลต่ำ ($P<0.05$) กว่ากลุ่มควบคุม โดยสรุปได้ว่าการเสริมของถั่วเหลืองหมักอาจมีประโยชน์ในฐานะเป็นอาหารเสริมการทำงานเพื่อปรับปรุงการผลิตไข่และคุณภาพไข่ให้ดีขึ้น

2.6 ความสำคัญของไก่พื้นเมือง

ไก่พื้นเมืองเป็นสัตว์เลี้ยงที่นิยมเลี้ยงของเกษตรกรในชนบทมาช้านาน ซึ่งเมื่อ 30 ปีก่อน พบว่าร้อยละ 90 ของครอบครัวเกษตรกรเลี้ยงไก่พื้นเมืองไว้เพื่อเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่หาได้จากครอบครัวของตนเองและเป็นสัตว์เลี้ยงที่ให้ทั้งความสวยงาม เพลิดเพลิน เป็นนาฬิกาบอกเวลายามเช้าและค่ำคืน เป็นเกมกีฬา เป็นประเพณีและวัฒนธรรมไทย จนถึงประมาณปี พ.ศ. 2516 ได้มีการ

เปลี่ยนแปลงค่านิยมของคนไทยที่หันไปกินไก่เนื้อ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีของต่างประเทศจนทำให้คนไทยลืมมรดกของบรรพบุรุษที่สร้างสะสมและเป็นภูมิปัญญาไทยจนเกือบจะทำให้ไก่พื้นเมืองไทยสูญพันธุ์ สืบเนื่องจากวิธีการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเป็นการเลี้ยงแบบปล่อยให้หากินเองรอบบริเวณที่อยู่อาศัย อาจมีการเสริมอาหารที่หาได้ในหมู่บ้าน เช่น รำ ปลายข้าว เศษอาหาร เศษผักหญ้า และปล่อยให้ผสมพันธุ์กันเองตามธรรมชาติไม่ได้มีการคัดเลือกหรือปรับปรุงพันธ์ จึงทำให้ไม่สามารถจำแนกสายพันธุ์ของไก่พื้นเมืองได้อย่างชัดเจน เช่นเมื่อนำไก่ประดู่หางดำเพศผู้มาผสมกับประดู่หางดำเพศเมียพบว่าจะให้ลูกไก่หลากหลายสีขน ทั้งสีประดู่ (เขียวเข้ม), เหลือง, เขียว, หรืออาจพบสีชี (สีขาว) ก็ได้ ซึ่งแสดงให้ทราบว่าไก่พื้นเมืองไทยได้สูญเสียความเป็นพันธุ์แท้ไปและไม่อาจเรียกไก่พื้นเมืองว่าไก่พันธุ์พื้นเมืองได้เพราะถือว่าสัตว์ที่เป็นพันธุ์ได้ นั้นต้องมีลักษณะทางคุณภาพคงที่ เช่น สีขนไก่พื้นเมือง มีหลายสายพันธุ์ แต่กรมปศุสัตว์เริ่มเน้นสำหรับสร้างเป็นพันธุ์แท้มี 4 พันธุ์ประกอบไปด้วย ไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ เหลืองหางขาว แดง และชี โดยในไก่พันธุ์ประดู่หางดำ เหลืองหางขาวและไก่แดง เน้นหนักเพื่อพัฒนาเป็นฝูงที่ใช้ประโยชน์ในประเทศไทย ในส่วนของไก่ชีซึ่งมีขนสีขาวปลอดและแข้งสีขาวอมเหลืองคล้ายกับไก่เนื้อทางการค้า โดยลักษณะดังกล่าวทำให้ซากหลังถอนขนดูสะอาดและไม่มีปัญหาเรื่องขนอ่อนสีดำ โดยคุณสมบัติที่โดดเด่นของไก่พื้นเมืองที่สำคัญคือคุณภาพเนื้อไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมืองดีกว่าไก่เนื้อทั่วไปในแง่รสชาติและสุขภาพของผู้บริโภค เนื่องจากเนื้อมีความเหนียวนุ่ม เปอร์เซ็นต์โปรตีนและสัดส่วนระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันอิ่มตัวในเนื้อสูงแต่มีคอเลสเตอรอลต่ำกว่า และไก่พื้นเมืองยังมีความทนเครียดจากความร้อน ทนโรค แมลงเขตร้อนได้ดี มีพฤติกรรมการฟักไข่ และเลี้ยงลูกเก่ง ซึ่งไม่พบในไก่สายพันธุ์การค้า แต่จุดด้อยของไก่พื้นเมืองที่พบคือมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ไข่ฟองเล็ก ให้ผลผลิตไข่ต่ำ และลักษณะซาก โดยเฉพาะสัดส่วนของเนื้ออกที่ไม่สูงนัก ดังนั้นการผลิตไก่พื้นเมืองในเชิงการค้าเพื่อตอบสนองต่อภาคเอกชน จึงต้องเน้นการปรับปรุงไก่พื้นเมืองที่มีพันธุกรรมที่เจริญเติบโตดีความกว้างของอกมากขึ้นและให้ไข่ดกในเพศเมียเพื่อให้การปรับปรุงพันธุ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเสริมสร้างไก่พื้นเมืองให้มีศักยภาพทางพันธุกรรมสูง (อำนวย และคณะ, 2555)

2.7 ไก่ประดู่หางดำ

ไก่พันธุ์ประดู่หางดำเป็นไก่พื้นเมืองของไทยมาแต่โบราณ พัฒนามาจากไก่บ้านพันธุ์ กะตังอู หรือไก่อู มีมาพร้อมไก่เหลืองหางขาว คนไทยในสมัยสุโขทัยนิยมนำไก่มาชนกัน จากชาวบ้านชาวไร่ชาวนาแพร่หลายมาในหมู่ขุนนาง เจ้าขุนมูลนาย และต่อมาได้พัฒนามาเป็นกีฬาพระราชา เช่น สมเด็จพระนเรศวรมหาราช พระเอกาทศรถ เป็นไก่ที่มีลักษณะงดงามมากมีถิ่นกำเนิดแถบภาคกลางของไทย เช่น จังหวัดสุพรรณบุรี พระนครศรีอยุธยา ฉะเชิงเทรา กรุงเทพฯ (มีนบุรี หนองจอก)

สิงห์บุรี และอ่างทอง ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดไก่ประดู่หางดำชั้นดี แต่ปัจจุบันนิยมเลี้ยงแพร่หลายไปทั่วประเทศ และต่างประเทศในแถบอาเซียน (กรมปศุสัตว์, 2550)

ลักษณะประจำพันธุ์ไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำนั้นในเพศผู้มีส่วนของคอ แข้ง และ ขายาว หงอนถั่ว สีหน้าแดง แดงอมดำถึงดำ สีตาเหลืองอมน้ำตาลถึงน้ำตาลอมดำ สีปากเหลืองอมดำถึงดำล้วน สร้อยคอและหลังสีแดงประดู่ สีขนที่ลำตัวมีสีดำ สีขนหางดำ สีผิวหนังขาวอมเหลือง และสีแข้งเขียวอมดำถึงดำ ส่วนเพศเมียลักษณะโดยทั่วไปคล้ายเพศผู้ แต่มีบางอย่างเป็นลักษณะทางเพศ ได้แก่ เพศเมียไม่มีสร้อยคอและหลังฉะนั้นจึงมีขนสีดำทั้งตัว ยกเว้นบางตัวอาจมีขนสีน้ำตาลเข้มที่ปลายขนสร้อยคอ ไก่ประดู่หางดำเป็นไก่ขนาดกลางน้ำหนักตัวไก่หนุ่ม 3.0 กิโลกรัม และพ่อพันธุ์ 3.5 กิโลกรัม น้ำหนักตัวไก่สาว 2.0 กิโลกรัม และแม่พันธุ์ 2.3 กิโลกรัม เปลือกไข่สีน้ำตาลอ่อน ลักษณะลูกไก่ หัวหน้าอก ปีกนอก สีขาวนวล ปาก ขา แข้ง สีน้ำตาลแก่ ไก่ตัวผู้มีรูปร่างหนาสมส่วน ไหล่กว้าง ลำตัวยาวล่ำสัน หงอนเป็นหงอนถั่วหรือหงอนหิน จะงอยปากใหญ่ ปลายงอุ้มเล็กน้อย สีน้ำตาลแก่หรือสีดำ ดวงตาสีเหลืองไพลแก่ เกล็ดแข้ง เกล็ดนิ้วและเดือยมีสีน้ำตาลแก่หรือสีดำเหมือนกับสีปาก ขนพื้นลำตัวสีดำ ขนสร้อยคอ สร้อยปีก สร้อยหลัง และขนระย้าเป็นสีประดู่ ขนหางพัดและขนหางกระรวยสีดำสนิท ตัวเมีย ขนพื้นตัวสีดำ ขนปีกสีดำ ยาวถึงก้นเป็นปีกตอนเดียว ขนคอจะมีสีประดู่แซมปลายเล็กน้อย ขนสั้นละเอียด หางยาวดำสนิท จะงอยปากมั่นคง ปาก แข้ง เล็บ ปุ่มเดือยจะมีสีน้ำตาล ตาสีไพล ถ้าประดู่แสมดำ ปาก แข้ง เล็บ ปุ่มเดือย สีเขียวหยก ตาลายดำ ลักษณะอื่นๆ เหมือนตัวผู้ ซึ่งแต่ในปัจจุบันก็มีไก่ประดูหางดำที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ เช่น ไก่ประดูหางดำเชียงใหม่กำลังเป็นที่สนใจ (กรมปศุสัตว์, 2550) ความต้องการทางโภชนะของไก่ประดู่หางดำแสดงในตารางที่ 2 และ 3

อำนวย และคณะ (2555) ได้ให้ข้อมูลไว้ว่า ไก่ประดู่หางดำเป็นไก่พื้นเมืองพันธุ์หนึ่งของไทยที่มีลักษณะภายนอกที่แตกต่างจากไก่พื้นเมืองอื่น ๆ นอกจากสีขนแล้ว คือมีปากและแข้งเป็นสีดำ ขณะที่ไก่พื้นเมืองไทยอื่นๆ ปากและแข้งมักเป็นสีเหลือง สำหรับไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ 1 เป็นสายพันธุ์หนึ่งของไก่ประดู่หางดำที่สร้างพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ซึ่ง อำนวย และอรอนงค์ (2550) รายงานไว้ว่ามีลักษณะภายนอกประจำพันธุ์คือเพศผู้มีสีหน้าแดง ถึง แดงอมดำ สีขนลำตัว สีขนหาง สีปากเป็นสีดำ สีผิวหนังขาวอมเหลือง สีแข้งเขียวอมดำถึงดำ สีขนสร้อยคอ-หลังสีแดงประดู่ สีตาเหลืองอมน้ำตาลถึงดำ และหงอนเป็นหงอนถั่ว ส่วนในเพศเมียสีใบหน้าแดงถึงดำ, สีขนลำตัว สีหาง สีปาก สีขนคอเป็นสีดำ สีผิวหนังขาวอมเหลือง สีแข้งเขียวอมดำถึงดำ สีตาเหลืองอมน้ำตาลถึงดำ และหงอนเป็นหงอนถั่ว น้ำหนักตัวไก่ที่เป็นที่ต้องการของตลาด คือ 1 - 1.5 กิโลกรัม พบว่าอยู่ที่อายุ 12 และ 16 สัปดาห์ โดยมีน้ำหนักเท่ากับ 41,098.2 ± 180.8 และ 1,561.1 ± 274.4 กรัม ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงในระบบฟาร์ม มีสมรรถภาพการสืบพันธุ์ ดังนี้ อัตราการให้ไข่ 135.0 ± 40.4 ฟอง/แม่/ปี อัตราการผสมติด 84.3 ± 0.8 % อัตราการฟักออกจากไข่มีเชื้อ 89.2 ± 2.7 %

ภาพที่ 1 ไก่ประดู่หางดำเพศผู้

ภาพที่ 2 ไก่ประดู่หางดำเพศเมีย

ภาพที่ 3 ลูกไก่ประดู่หางดำ

ตารางที่ 2 ความต้องการโภชนะของไก่พื้นเมืองอายุ 0-6 สัปดาห์

โภชนะ (% air dry basis)	**ความต้องการด้านโภชนะ**
โปรตีน	18
กรดอะมิโนที่จำเป็น	
เมทไธโอนีน + ซีสติน	0.63
ไลซีน	0.95
คุณค่าทางโภชนะ	
ME (กิโลแคลอรี)	2900
แคลเซียม	0.80
เยื่อใย	5.17
ไขมัน	5.25
ฟอสฟอรัส	0.40
เกลือ	0.5

ที่มา: ดัดแปลงจาก กรมปศุสัตว์ (2550)

ตารางที่ 3 ความต้องการโภชนะของไก่พื้นเมืองอายุ 7-14 สัปดาห์

โภชนะ (% air dry basis)	**ความต้องการด้านโภชนะ**
โปรตีน	18
กรดอะมิโนที่จำเป็น	
เมทไธโอนีน + ซีสติน	0.54
ไลซีน	0.69
คุณค่าทางโภชนะ	
ME (กิโลแคลอรี)	2,900-3,000
แคลเซียม	0.85
เยื่อใย	5.17
ไขมัน	5.25
ฟอสฟอรัส	0.53
เกลือ	0.50

ที่มา: ดัดแปลงจาก กรมปศุสัตว์ (2550)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์

การเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ หมายถึง การเลี้ยงไก่ในระบบปล่อยอิสระและเลี้ยงด้วยอาหารอินทรีย์ โดยทั่วไปงานวิจัยเกี่ยวกับไก่เนื้ออินทรีย์หลักๆ จะเน้นไปที่ด้านสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และคุณภาพของเนื้อ โดยรูปแบบของการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์จะส่งผลทำให้ปริมาณเนื้ออกไก่เพิ่มขึ้น (Castellini *et al*., 2002) ซึ่งไก่ประดู่หางดำนั้นเป็นไก่พื้นเมืองที่มุ่งเน้นไปที่การให้ เนื้อเป็นหลัก ดังนั้นการศึกษาส่วนใหญ่จึงมุ่งไปในทางการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อ และคุณภาพซากทั้งการเลี้ยงแบบขังคอกและการปล่อยอิสระ ซึ่ง Castellini *et al*., (2002) รายงานว่า การเลี้ยงไก่พื้นเมืองแบบอินทรีย์ส่งผลต่อน้ำหนักตัวหลังสิ้นสุดการทดลอง นอกจากนี้ ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อสูงขึ้น (Olsson *et al*., 2003) นอกจากนั้น การเลี้ยงแบบอินทรีย์ยังส่งผลต่อการกักเก็บวิตามินไว้ภายในเนื้อสัตว์ดีขึ้น และปริมาณของไขมันภายในเนื้อสัตว์ยังลดต่ำด้วย (Hansen *et al*., 2006) และที่สำคัญคืออาหารสัตว์อินทรีย์ยังมีน้อย เนื่องจากขาดวัตถุดิบอินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบอิดนทรีย์ที่เป็นแหล่งโปรตีน ดังนั้น ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักอาจสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีน ในอาหารอินทรีย์ในอนาคตต่อไป

2.9 การหมัก

การหมัก คือ การถนอมอาหารอีกวิธีหนึ่งโดยเป็นการนำพืชส่วนต่างๆ มาเก็บไว้ในสภาพสุญญากาศในภาชนะปิดและเก็บถนอมไว้ในสภาพหมักดอง ทำให้พืชสดๆ เปลี่ยนสภาพเป็นพืชหมักได้โดยการรักษาเนื้อเยื่อพืชไม่ให้เน่าเปื่อย (ภัทรพร, 2556) ซึ่ง พัทธินันท์ (2555) รายงานว่า กระบวนการหมักเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอาหารในวัตถุดิบ ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์จากการหมักที่ไม่เป็นพิษ เพิ่มคุณค่าทางด้านโภชนาการ มีรสชาติ กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี ลดสารพิษและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหาร การหมักถั่วเหลืองนั้นมีประโยชน์ดังนี้

1. ช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร ในระหว่างกระบวนการหมักจะเกิดการย่อยสลายสารอาหาร โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยเอนไซม์ที่สร้างขึ้นจากจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเอนไซม์โปรติเอสที่ย่อยสลายโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ซึ่งถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักจะมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นกว่าเดิมหลายเท่า (Chukeatirote *et al*., 2006)

2. ช่วยลดสารพิษในถั่วเหลืองโดยเฉพาะสารไฟเตสและกรดออกซาลิกที่จะไปขัดขวางการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิดของร่างกาย เช่น ธาตุเหล็ก แคลเซียม และทองแดง เป็นต้น (Lestienne *et al*., 2005)

3. ช่วยเพิ่มความสามารถในการย่อยสารอาหาร ซึ่งในระหว่างการหมักส่วนประกอบที่ย่อยยากจะถูกทำให้อยู่ในรูปที่ย่อยง่ายและมีประโยชน์ต่อร่างกายมากขึ้นเนื่องจากปริมาณสารอาหารที่ละลายน้ำได้จะมีมากขึ้น (water soluble nutrients) ส่งผลให้การทำงานของเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารทำงานได้ดีขึ้น (Penalvo *et al*., 2004)

4. ช่วยถนอมอาหารให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น โดยไม่เกิดการเน่าเสีย เนื่องจากในระหว่างการหมักถั่วเหลืองค่าพีเอชจะลดลงน้อยกว่า 6.0 ซึ่งค่าพีเอชที่ลดลงจะช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร และถั่วที่หมักเสร็จแล้วจะมีค่าพีเอชน้อยกว่า 5.0 จึงป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคได้

2.9.1 กระบวนการหมัก

ภัทรพร (2556) ได้รายงานถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงการหมักอาหารหยาบที่เกิดขึ้นเป็นช่วงๆ สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 นำพืชต้องการหมักตัดหรือสับให้มีชิ้นเล็ก แล้วใส่หลุมหมักหรือถังหมักโดยเร็วและอัดให้แน่น ภายหลังปิดถังหรือหลุมหมักเซลล์พืชยังคงหายใจอย่างต่อเนื่องโดยใช้ก๊าซออกซิเจนที่ยังมีอยู่มากในหลุมหมักหรือถังหมัก เช่นเดียวกับแบคทีเรียที่ใช้ก๊าซออกซิเจนจะย่อยสลายพวกคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเซลล์พืชจนกระทั่งถึงระยะหนึ่งออกซิเจนจะหมดไป ผลผลิตที่เกิดจากกระบวนการหมักนี้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน ถ้าอุณหภูมิในหลุมหมักหรือถัง

หมักสูงเกิน 38 องศาเซลเซียส หญ้าหมักจะคุณภาพเลวลง ในระยะที่ 1 ใช้เวลา 1-2 วันหลังปิดหลุมหมักหรือถังหมัก โดยปกติก๊าซออกซิเจนจะถูกใช้หมดภายใน 4-5 ชั่วโมง ดังนั้นถ้าสามารถลดช่วงระยะเวลานี้ให้สั้นลงได้เท่าไหร่ความสูญเสียสารอาหารก็จะน้อยลง เพราะคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายง่ายจะถูกใช้หมดไปและเกิดเป็นความร้อนและน้ำ ซึ่งจะทำให้ความน่ากินของหญ้าหมักลดลง โปรตีนบางส่วนซึ่งอาจสูงถึง 50% จะถูกย่อยสลายไปเป็นก๊าซแอมโมเนีย การหมักที่สมบูรณ์จะทำให้ความเป็นกรดเพิ่มขึ้นและหยุดยั้งกระบวนการย่อยสลายโปรตีน (proteolysis) ในกระบวนการหมักถ้าอาหารหยาบแห้งเกินไป (มีความชื้นน้อย) ก็อาจเกิดผลเสียเช่นเดียวกัน เพราะจะทำให้เกิดความร้อนสูงเนื่องจากกระบวนการหมักเกิดไม่สมบูรณ์ ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเมล์ลาร์ด (Maillard reaction) กับโปรตีน โปรตีนจะเปลี่ยนโครงสร้างโดยไปรวมกับคาร์โบไฮเดรตเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ย่อยสลายสิ่งต่างๆ เหล่านี้ที่เกิดขึ้นจะทำให้อาหารหยาบหมักที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ของพลังงานและโปรตีนต่ำ

ระยะที่ 2 ระยะเกิดกรดอะซิติก (acetic acid) ระยะนี้จะเกิดขึ้นหลังจากก๊าซออกซิเจนถูกจำกัดหมดแล้วและเซลล์พืชตาย แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะเริ่มย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำกับโปรตีนบางชนิดให้กลายเป็นกรดอะซิติก และกรดที่เกิดขึ้นจะทำให้ pH ลดลงจาก 6.0 ถึง 4.2 เมื่อค่าความเป็นกรดลดลงไปถึงระดับนี้แบคที่เรียที่สร้างกรดอะซิติกจะเริ่มถูกทำลาย ระยะนี้จะเกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 2-4 หลังปิดหลุมหมัก ปกติจะใช้เวลาประมาณ 24-72 ชั่วโมง

ระยะที่ 3 ระยะเริ่มผลิตกรดแลคติก เป็นระยะที่มีความสำคัญมากเพราะแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกจะเริ่มทำงานในวันที่ 3 หลังปิดหลุมหมัก ขณะที่กรดอะซิติกเริ่มลดลง แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกเพิ่มปริมาณขึ้นและกรดแลคติกก็เพิ่มขึ้น กรดแลคติกเป็นกรดที่มีประโยชน์ซึ่งโคนมสามารถนำไปสร้างเป็นพลังงานได้ แบคทีเรียอาจใช้สารอาหารในหญ้าหมักสูงถึง 10% ในการสร้างกรดนี้ ถ้ากระบวนการหมักเกิดขึ้นสมบูรณ์กรดแลคติกจะทำให้ความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ค่า pH ลดลงไปถึง 4.2 หรือต่ำกว่า

ระยะที่ 4 ระยะผลิตกรดแลคติกอย่างต่อเนื่อง การผลิตกรดแลคติกจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปอีกประมาณ 2 สัปดาห์ หรือมากกว่า อุณหภูมิเริ่มลดลงเหลือประมาณ 26-27 องศาเซลเซียส และ pH ลดลงที่ระดับ 3.8 ซึ่งส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงและหยุดหรือสิ้นสุดลง

ระยะที่ 5 ระยะเก็บรักษา ถ้าทุกอย่างเป็นไปด้วยดี พืชหมักจะยังคงเป็นพืชหมักที่เก็บไว้ในรูปหมักดองไปได้นาน โดยอาศัยกรดแลคติกป้องกันไม่ให้เกิดการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตต่อไปอีก แต่ถ้ากรดแลคติกมีปริมาณน้อย กรดบิวทีริกก็จะถูกสร้างขึ้นมา และโปรตีนจะถูกเปลี่ยนแปลงไป ทำให้หญ้าหมักจะเกิดการสูญเสียขึ้น

2.9.2 การใช้สารเสริมในการหมัก

ภัทรพร (2556) รายงานว่า การทำพืชหมักให้ได้คุณภาพดีมีปัจจัยหลายอย่างมาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะด้านเทคนิคในการผลิตและคุณภาพของวัตถุดิบ ดังนั้นจึงต้องเติมสารลงไปในพืชหมักเพื่อช่วยให้พืชหมักมีคุณภาพตามที่ต้องการ ซึ่งแบ่งออกได้เป็นสามกลุ่มดังนี้

1. กลุ่มที่ใส่ไปเพื่อช่วยให้เกิดสภาพกรดที่พอเหมาะกับกระบวนการหมัก ได้แก่ สารที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น กรดเกลือ (HCl), phosphoric acid, Formic acid, Formaldehyde, Propionic acid และกรดกำมะถัน (H_2SO_4) อย่างไรก็ตาม การใช้สารเสริมก็มีปัญหาที่ต้องระวัง เช่น อาจมีสารตกค้างที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ เช่น การใช้กรดชนิดต่างๆ

2. กลุ่มที่ใส่ไปเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร ได้แก่ เมล็ดธัญพืช มันเส้น เกลือ ยูเรีย กากน้ำตาล นอกจากจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารโดยเพิ่มปริมาณวัตถุแห้งในหญ้าหมักแล้ว ในกรณีของวัตถุดิบที่มีพลังงานสูง เช่น มันเส้น กากน้ำตาล หรือเมล็ดธัญพืช จะมีส่วนช่วยให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ ในกรณีการเติมพวกเมล็ดธัญพืชอาจไม่คุ้มเพราะราคาอาจแพงเกิน

3. กลุ่มสารจุลชีพและเอนไซม์ มีจุดประสงค์เพื่อทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ ตัวอย่างของจุลชีพ ได้แก่ *Lactobacillus acidophilis*, *Streptococcus faecium*, *Lactobacillus plantarum* ตัวอย่างของเอนไซม์ เช่น cellulose, amylase, protease เป็นต้น ในบางครั้งอาจเป็นได้ว่าผลไม่ได้ตามต้องการ อาจเป็นเพราะปริมาณที่เติมลงไปน้อยเกินไป หรืออาจไม่คุ้มเพราะเอนไซม์ราคาแพง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

สถานที่การทำวิจัย

ฟาร์มสัตว์ปีก คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยตั้งแต่ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2563

เริ่มดำเนินการทดลอง สิงหาคม 2562

เสร็จสิ้นการทดลอง ธันวาคม 2562

จัดทำรูปเล่มเสร็จสิ้น ตุลาคม 2563

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. โรงเรือนพร้อมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร เป็นโรงเรือนระบบเปิดที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก ภายในคอกทดลองเป็นพื้นคอนกรีต

2. วัสดุเครื่องมืออุปกรณ์ ได้แก่ ลวด คีมตัดลวด กรรไกร ถุงพลาสติก เป็นต้น

3. อุปกรณ์ในการทำความสะอาดโรงเรือน ได้แก่ พลั่ว ไม้กวาด รถเข็น

4. อุปกรณ์ให้น้ำและอาหาร ได้แก่ รางน้ำ รางอาหาร รถเข็นใส่อาหาร

5. อุปกรณ์ไฟฟ้า ได้แก่ หลอดไฟกลม 60 วัตต์ จำนวน 45 หลอด และสายไฟพร้อมใช้งาน

6. อุปกรณ์ชั่งน้ำหนัก เครื่องชั่งดิจิตอลขนาดจุดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (กรัม) เพื่อชั่งน้ำหนักเนื้อ เครื่องชั่งดิจิตอลขนาดจุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง (กรัม) เพื่อชั่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ อาหารทดลอง และน้ำหนักไก่

7. เทอร์โมมิเตอร์ตุ้มแห้งและตุ้มเปียก เพื่อใช้วัดอุณหภูมิโรงเรือนเลี้ยงไก่

8. เครื่องบดแฮมเมอร์มิลล์ (Hammer mill) เพื่อใช้บดวัตถุดิบอาหารสัตว์

9. เครื่องผสมแบบแนวนอนขนาด 50 กิโลกรัม เพื่อใช้ผสมอาหารทดลอง

10. ชุดอุปกรณ์ผ่าตัดซากไก่ เช่น กรรไกรผ่าตัดปลายแหลมมนตรง คีมจับเนื้อเยื่อแบบธรรมดา 6 นิ้ว และกรรไกรตัดกระดูกไก่

11. เครื่องวัด pH
12. เครื่องวัดสีเนื้อ
13. เครื่อง spectrophotometer วัดค่าดูดกลืนแสง
14. สมุดสำหรับจดบันทึกข้อมูล

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก

การหมักถั่วเหลืองอินทรีย์

นำเมล็ดถั่วเหลืองอินทรีย์จากโครงการผลิตอาหารสัตว์และปศุสัตว์อินทรีย์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มาแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ตามวิธีการของ Ikrang *et al*. (2020) พอได้เวลาที่กำหนดนำถั่วออกมาล้างให้สะอาดเพื่อขจัดเศษไม้และสิ่งที่ไม่ต้องการ ล้างประมาณ 2-3 ครั้งจนเห็นว่าถั่วไม่มีเมือก และนำถั่วที่ล้างสะอาดแล้วไปต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 20 นาทีนับจากจุดที่เดือด เมื่อถั่วสุกดีแล้วทิ้งไว้ให้เย็น เก็บตัวอย่างเพื่อไปวัดค่าความสุกดิบ จากนั้นนำส่วนผสมที่เตรียมไว้มาผสมให้เข้ากันในอัตราส่วน ถั่วเหลืองอินทรีย์ 100 กก. ต่อน้ำตาลทรายแดง 4 กก. และเกลือ 1 กก. ตามวิธีของ Buwjoom *et al*. (2016) การเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์เพื่อหมักทำได้โดยโดยบรรจุลงถุงๆ ละ 20 กิโลกรัม หลังจากใส่เมล็ดถั่วเหลืองในถุงแล้วอัดให้แน่นและใช้เครื่องดูดอากาศทำการดูดอากาศออกจากถุงให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้มีอากาศเหลือในถุงน้อยที่สุด และมัดปากถุงด้วยเชือกให้แน่น จัดแยกตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองที่เตรียมสำหรับการหมักออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำ ทำการหมักในระยะเวลาที่ต่างกันตามการทดลองดังนี้

กลุ่มที่ 1: หมักเป็นเวลา 5 วัน
กลุ่มที่ 2: หมักเป็นเวลา 7 วัน
กลุ่มที่ 3: หมักเป็นเวลา 9 วัน
กลุ่มที่ 4: หมักเป็นเวลา 14 วัน
กลุ่มที่ 5: หมักเป็นเวลา 21 วัน

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก

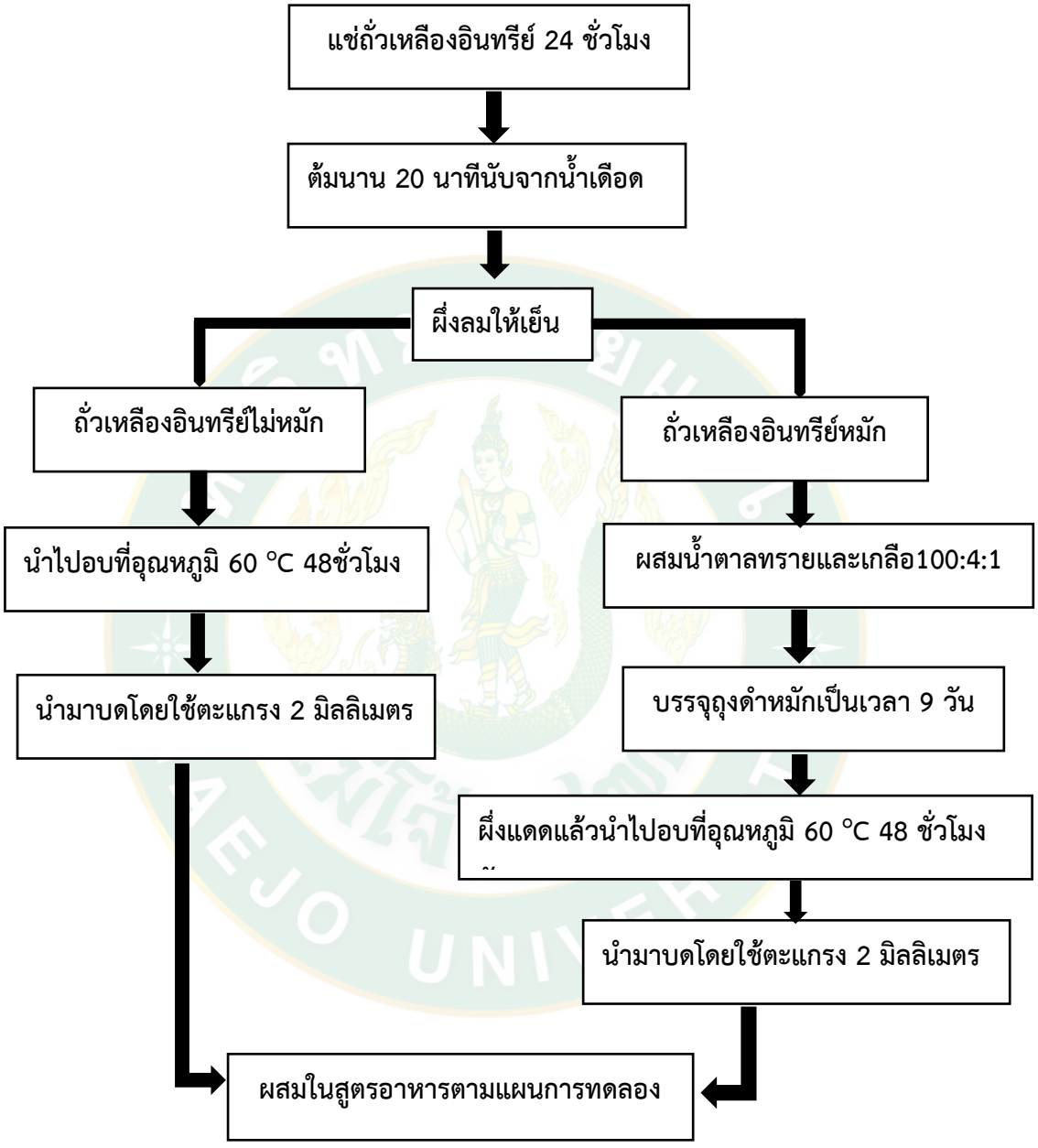
เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด ทำการเปิดถุงแล้วประเมินลักษณะทางกายภาพ สุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละถุงจำนวน 10 กรัม เพื่อใช้วิเคราะห์ค่า pH โดยใช้ตัวอย่าง 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันในเครื่องปั่น แล้ววัดค่าด้วยเครื่องวัด pH แบบจุ่ม (สมร, 2555) จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างดังกล่าวไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนะ

โดยวิธี Proximate analysis ตามวิธีการของ AOAC (1990) ได้แก่ ค่าวัตถุแห้ง เถ้าที่ละลายและไม่ละลายในกรด โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม แคลเซียม และฟอสฟอรัส

การทดลองที่ 2 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่พื้นเมือง (ประดู่หางดำ) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและแบคทีเรียกรดแลคติกในไส้ติ่งของไก่ประดู่หางดำ

การเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์เพื่อใช้ในอาหารทดลอง

ในการทดลองที่ 2 ได้เลือกใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักระยะเวลา 9 วัน มาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารทดลอง เนื่องจากการหมักที่ระยะเวลา 9 วัน มีคุณค่าทางโภชนะดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนรวมและเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมสูงที่สุด และได้ทำการทดสอบความสุกดิบของถั่วต้มก่อนนำไปผสมอาหาร โดยค่าความสุดดิบที่ได้จากการวัดความแตกต่างของค่า pH เท่ากับ 0.02±0.00 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของความสุกที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.05-0.2 ส่วนมีขั้นตอนการเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์หมักและไม่หมัก แสดงในรูปภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผนผังการเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์เพื่อใช้ในอาหารทดลอง

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ใช้ไก่ลูกผสมพื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำคละเพศอายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 180 ตัว แบ่งออกโดยสุ่มเป็น 5

กลุ่มการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 12 ตัว เลี้ยงในคอกขนาด 1.5x3 เมตร สุ่มไก่ทดลองของแต่ละคอกให้ได้รับอาหารทดลองที่แตกต่างกัน 5 กลุ่ม โดยเป็นอาหารผสมเองแบบผง (mash form) มีระดับโภชนะ ตามความต้องการของการเจริญเติบโตที่แนะนำโดย ภานุพงศ์ และคณะ (2017) ดังแสดงในตารางที่ 4, 5 และ 6 ทำการเลี้ยงจนถึงอายุไก่ได้ 13 สัปดาห์ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ไก่มีน้ำหนักตัวตามที่ตลาดต้องการ คือ ประมาณ 1.2 กก.

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ทำความสะอาดอุปกรณ์ โรงเรือนเลี้ยงไก่ทดลอง พ่นยาฆ่าเชื้อ โรยปูนขาว จากนั้นนำแกลบมาปูรองพื้นคอกที่ความหนา 2-3 นิ้ว และพักโรงเรือนไว้เป็นเวลา 2 สัปดาห์

2. ทำการเตรียมอาหารทดลอง โดยใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์แบบไม่หมักเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารควบคุม และใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์แบบหมักที่ระยะเวลา 9 วัน ทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ที่ไม่หมัก แบ่งออกเป็น 5 สูตร โดยจัดกลุ่มทดลองดังนี้

กลุ่มที่ 1: อาหารควบคุมที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก 0%

กลุ่มที่ 2: อาหารที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก 25%

กลุ่มที่ 3: อาหารที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก 50%

กลุ่มที่ 4: อาหารที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก 75%

กลุ่มที่ 5: อาหารที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก 100%

3. ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักไก่และสุ่มไก่ทดลองตามแผนทดลอง โดยให้มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยใกล้เคียงกันทุกกลุ่ม

การเลี้ยงและการจัดการ

ไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำได้รับอาหาร 2 เวลา คือ 07.30 และ 16.30 น. การให้อาหารแต่ละครั้งให้ในปริมาณมากพอที่ไก่กินได้อย่างเต็มที่ (*ad libitum*) และมีน้ำดื่มอย่างเพียงพอตลอดเวลา และไก่พื้นเมืองทั้งหมดได้รับการทำวัคซีนตามคำแนะนำของกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2550)

ตารางที่ 4 สูตรอาหารไก่ประดู่หางดำระยะเล็ก (3-4 สัปดาห์)

วัตถุดิบ (%)	**ระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก (%)**				
	0	25	50	75	100
ข้าวโพด	65.17	65.17	65.17	65.17	65.17
ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก	31.20	23.40	15.60	7.80	-
ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก	-	7.80	15.60	23.40	31.20
หินฝุ่น	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
ไดแคลเซียม	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
เกลือป่น	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
วิตามินแร่ธาตุชนิดไก่ไข่[1/]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100	100	100	100	100
คุณค่าทางโภชนะที่ได้จากการคำนวณ (% air dry basis)					
โปรตีน (%)	19.45	19.45	19.45	19.45	19.45
ME (กิโลแคลอรี/กก.)	3,073	3,073	3,073	3,073	3,073
เยื่อใย	2.74	3.14	3.55	3.95	4.35
ไขมัน	8.09	8.21	8.33	8.73	8.97
แคลเซียม	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
ฟอสฟอรัส	0.57	0.58	0.58	0.59	0.60
เมทไธโอนีน	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
ไลซีน	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
ราคาอาหาร (บาท/กก.)[2/]	**17.69**	**17.76**	**17.83**	**17.89**	**17.96**

[1/] ปริมาณต่อ กก.ดังนี้ วิตามิน A 2,000,000 IU, วิตามิน D3 400,000 IU, วิตามิน E 3,500 IU, วิตามิน K3 0.18 กรัม, วิตามิน B2 0.8 กรัม, วิตามิน B6 0.56 กรัม, วิตามิน B12 2 มิลลิกรัม, กรดแพนโทเทนิก 1.89 กรัม, กรดนิโคตินิก 4 กรัม, กรดโฟลิค 60 มิลลิกรัม, ไบโอติน 18 มิลลิกรัม, โคลีน 95 กรัม, ทองแดง 2 กรัม, แมงกานีส 16 กรัม, เหล็ก 12 กรัม, ไอโอดีน 120 มิลลิกรัม, สังกะสี 16 กรัม, โคบอลต์ 60 มิลลิกรัม, และ ซีลีเนียม 32 มิลลิกรัม

[2/] ราคาวัตถุดิบแสดงในภาคผนวกข (ตารางภาคผนวกที่2)

ตารางที่ 5 สูตรอาหารไก่ประดู่หางดำระยะรุ่น (5-8 สัปดาห์)

วัตถุดิบ (%)	**ระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก (%)**				
	0	25	50	75	100
ข้าวโพด	65.42	65.42	65.42	65.42	65.42
ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก	30.95	23.21	15.48	7.74	-
ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก	-	7.74	15.48	23.21	30.95
หินฝุ่น	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
ไดแคลเซียม	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
เกลือป่น	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
วิตามินแร่ธาตุชนิดไก่ไข่[1/]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100	100	100	100	100
คุณค่าทางโภชนะที่ได้จากการคำนวณ (% air dry basis)					
โปรตีน	19.36	19.36	19.36	19.36	19.36
ME (กิโลแคลอรี/กก.)	3,076	3,076	3,076	3,076	3,076
เยื่อใย	2.74	3.14	3.55	3.95	4.35
ไขมัน	8.09	8.21	8.33	8.73	8.97
แคลเซียม	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
ฟอสฟอรัส	0.57	0.58	0.58	0.59	0.60
เมทไธโอนีน	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
ไลซีน	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
ราคาอาหาร (บาท/กก.) [2/]	17.64	17.71	17.77	17.84	17.91

[1/] ปริมาณต่อ กก.ดังนี้ วิตามิน A 2,000,000 IU, วิตามิน D3 400,000 IU, วิตามิน E 3,500 IU, วิตามิน K3 0.18 กรัม, วิตามิน B2 0.8 กรัม, วิตามิน B6 0.56 กรัม, วิตามิน B12 2 มิลลิกรัม, กรดแพนโทเทนิก 1.89 กรัม, กรดนิโคตินิก 4 กรัม, กรดโฟลิค 60 มิลลิกรัม, ไบโอติน 18 มิลลิกรัม, โคลีน 95 กรัม, ทองแดง 2 กรัม, แมงกานีส 16 กรัม, เหล็ก 12 กรัม, ไอโอดีน 120 มิลลิกรัม, สังกะสี 16 กรัม, โคบอลต์ 60 มิลลิกรัม, และ ซีลีเนียม 32 มิลลิกรัม

[2/] ราคาวัตถุดิบแสดงในภาคผนวกข (ตารางภาคผนวกที่2)

ตารางที่ 6 สูตรอาหารไก่ประดู่หางดำระยะขุน (9-13 สัปดาห์)

วัตถุดิบ (%)	**ระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก (%)**				
	0	25	50	75	100
ข้าวโพด	69.95	69.95	69.95	69.95	69.95
ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก	26.42	17.49	13.21	8.93	-
ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก	-	8.93	13.21	17.49	26.42
หินฝุ่น	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
ไดแคลเซียม	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
เกลือป่น	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
วิตามินแร่ธาตุชนิดไก่ไข่[1/]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100	100	100	100	100
คุณค่าทางโภชนะที่ได้จากการคำนวณ (% air dry basis)					
โปรตีน	17.77	17.77	17.77	17.77	17.77
ME (กิโลแคลอรี/กก.)	3,137	3,137	3,137	3,137	3,137
เยื่อใย	2.18	2.43	2.68	2.93	3.19
ไขมัน	7.01	7.15	7.29	7.42	7.56
แคลเซียม	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
ฟอสฟอรัส	0.58	0.58	0.59	0.59	0.60
เมทไธโอนีน	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
ไลซีน	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
ราคาอาหาร (บาท/กก.) [2/]	16.69	16.77	16.80	16.84	16.92

[1/] ปริมาณต่อ กก.ดังนี้ วิตามิน A 2,000,000 IU, วิตามิน D3 400,000 IU, วิตามิน E 3,500 IU, วิตามิน K3 0.18 กรัม, วิตามิน B2 0.8 กรัม, วิตามิน B6 0.56 กรัม, วิตามิน B12 2 มิลลิกรัม, กรดแพนโทเทนิก 1.89 กรัม, กรดนิโคตินิก 4 กรัม, กรดโฟลิค 60 มิลลิกรัม, ไบโอติน 18 มิลลิกรัม, โคลีน 95 กรัม, ทองแดง 2 กรัม, แมงกานีส 16 กรัม, เหล็ก 12 กรัม, ไอโอดีน 120 มิลลิกรัม, สังกะสี 16 กรัม, โคบอลต์ 60 มิลลิกรัม, และ ซีลีเนียม 32 มิลลิกรัม

[2/] ราคาวัตถุดิบแสดงในภาคผนวกข (ตารางภาคผนวกที่2)

วิธีการเก็บข้อมูล

การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต

บันทึกน้ำหนักตัวของไก่ลูกผสมพื้นเมืองเมื่อเริ่มทำการทดลอง หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักไก่ทุกสัปดาห์ บันทึกปริมาณอาหารที่กิน โดยบันทึกน้ำหนักอาหารเมื่อเริ่มต้นสัปดาห์และน้ำหนักอาหารที่เหลือในแต่ละสัปดาห์ รวมถึงน้ำหนักสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดลองเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กินในแต่ละสัปดาห์ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว โดยมีสมการคำนวณ ดังนี้

ปริมาณอาหารที่กิน (Feed intake; FI) (กรัม/ตัว/วัน)

$$= \frac{[(\text{น้ำหนักอาหารเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักอาหารคงเหลือ}) / \text{จำนวนตัว}]}{\text{จำนวนวัน}}$$

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (Body weight gain; BWG) (กรัม/ตัว/วัน)

$$= \frac{[(\text{น้ำหนักตัวไก่สิ้นสุด} - \text{น้ำหนักไก่เริ่มต้น}) / \text{จำนวนตัว}]}{\text{จำนวนวัน}}$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio; FCR)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}$$

การศึกษาลักษณะซากของไก่พื้นเมือง

การศึกษาลักษณะซาก จะศึกษาเมื่อไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำอายุ 13 สัปดาห์ โดยสุ่มไก่ กลุ่มทดลอง 4 ตัวต่อซ้ำรวมเป็นกลุ่มละ 12 ตัว เพื่อศึกษาลักษณะซาก รวมไก่ทั้งสิ้น 60 ตัว โดยการชำแหละตามวิธีที่อธิบายโดย รัชนีวรรณ และคณะ (2547) นำซากเย็นที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาแยกแต่ละชิ้นส่วนและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง (Dressing carcass percentage) ได้แก่ หัวและคอ แข้ง อกนอก อกใน สะโพก น่อง ปีกรวม และโครงกระดูก รวมถึงน้ำหนักเครื่องใน ได้แก่ เครื่องในรวม หัวใจ ตับและถุงน้ำดี กระเพาะแท้รวมกระเพาะบด ม้าม และไขมันช่องท้อง บันทึกน้ำหนักแต่ละส่วนและคำนวณเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่งและเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนและนำซากตัดแต่ง 3 ส่วน (3 portion cut) คือ อกนอก สันใน และสะโพก แล้วนำทั้ง 3 ส่วนวิเคราะห์ คุณภาพเนื้อต่อไป ในการคำนวณลักษณะซากคำนวณได้ดังนี้

น้ำหนักซากอุ่น (กรัม)

= น้ำหนักมีชีวิต – น้ำหนักเลือด – น้ำหนักขน – น้ำหนักเครื่องใน

น้ำหนักซากตัดแต่ง (กรัม)

= น้ำหนักซากอุ่น – น้ำหนักหัวและคอ – น้ำหนักแข้ง

เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น (%)

$$= \frac{(\text{น้ำหนักซากอุ่น} \times 100)}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}}$$

เปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง (%)

$$= \frac{(\text{น้ำหนักซากตัดแต่ง} \times 100)}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}}$$

องค์ประกอบซาก (ร้อยละของน้ำหนักซากอุ่น); (%)

$$= \frac{(\text{น้ำหนักชิ้นส่วน} \times 100)}{\text{น้ำหนักซากอุ่น}}$$

อวัยวะภายใน (ร้อยละของน้ำหนักมีชีวิต) (%)

$$= \frac{(\text{น้ำหนักชิ้นส่วนอวัยวะภายใน} \times 100)}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}}$$

การศึกษาคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมือง

ทำการสุ่มเนื้ออกและเนื้อน่องมา ซ้ำละ 2 ตัวอย่าง รวมเป็นกลุ่มละ 6 ตัว เป็นเนื้ออก 30 ตัวอย่าง และเนื้อสะโพก 30 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 60 ตัวอย่าง ทำการวัดสี ค่า pH การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น การสูญเสียน้ำจากการปรุงสุก และความนุ่มเนื้อ มีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. วัดค่า pH ของเนื้ออกหลังจากฆ่า 45 นาที (pH_1) และ 24 ชั่วโมงหลังเก็บตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ 4 °C (pH_u) ด้วยเครื่อง pH meter (Hanna instruments model HI 99163, Romania) โดยสอดปลาย Electrode เข้าไปในชั้นกล้ามเนื้อประมาณ 1 นิ้ว ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง/ตัวอย่าง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

2. วัดสีของเนื้อโดยใช้เครื่อง Chroma meter (Model CR-400 Konica Minolta Sensing, INC. Japan) วัดที่บริเวณรอยตัดใหม่ของเนื้อ ทำการวัดค่าหลังฆ่า 45 นาที และ 24 ชั่วโมง บันทึกค่า

ความสว่างของเนื้อ (L*, lightness) ค่าความแดงของเนื้อ (a*, redness) และค่าความเหลืองของเนื้อ (b*, yellowness) โดยทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง/ตัวอย่าง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

3. ตรวจหาค่าการสูญเสียน้ำ (drip loss) ที่ 48 ชั่วโมงหลังฆ่า ตามวิธีการของ สัญชัย (2553) เพื่อศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity, WHC) โดยตัดเนื้อตัวอย่างให้มีลักษณะเป็นลูกบาศก์ให้เนื้อแต่ละชิ้นมีน้ำหนักใกล้เคียงกันมากที่สุดคือชิ้นละ 25 – 30 กรัม บันทึกน้ำหนักเริ่มต้นก่อนที่จะห่อด้วยผ้าก๊อตเพื่อดูดซับน้ำที่สูญเสียไปแล้วบรรจุใส่ในถุงเย็นแช่ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบันทึกน้ำหนักหลังการแช่อีกครั้ง โดยน้ำที่สูญเสียไปนำมาหาค่าเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ (drip loss)

$$\text{Drip loss (\%)} = \frac{[(\text{น้ำหนักก่อนแช่เย็น} - \text{น้ำหนักหลังแช่เย็น}) \times 100]}{\text{น้ำหนักก่อนแช่เย็น}}$$

4. ตรวจหาค่าการสูญเสียน้ำจากการทำให้สุก (Cooking loss) ที่ 48 ชั่วโมงหลังฆ่า ตามวิธีการของ สัญชัย (2553) เพื่อศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity, WHC) โดยตัดเนื้อตัวอย่าง ให้มีลักษณะเป็นลูกบาศก์ให้เนื้อแต่ละชิ้นมีน้ำหนักใกล้เคียงกันที่สุดคือประมาณชิ้นละ 25 – 30 กรัม บันทึกน้ำหนักเริ่มต้นก่อนที่จะนำมาบรรจุใส่ในถุงร้อนแล้วมัดปากถุงให้แน่น โดยไม่ให้มีอากาศอยู่ในถุงพลาสติก หลังจากนั้นนำตัวอย่างใส่ลงในอ่างน้ำอุ่นให้ความร้อนใน Water bath ที่ปรับอุณหภูมิใจกลางเนื้อ 70 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วบันทึกน้ำหนักสุกอีกครั้ง โดยน้ำหนักที่สูญเสียไปจะนำมาหาค่าเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ (Cooking loss)

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{[((\text{น้ำหนักก่อนทำให้สุก} - \text{น้ำหนักหลังทำให้สุก}) \times 100)]}{\text{น้ำหนักก่อนทำให้สุก}}$$

5. การวิเคราะห์ความนุ่มของเนื้อ โดยการวัดค่าแรงตัดผ่าน (shear force) ของเนื้อหน้าอกและเนื้อสะโพกทำการทดสอบความเหนียวนุ่มโดยบรรจุลงในถุงที่มัดปากถุงแน่น นำถุงที่มีเนื้อตัวอย่างบรรจุอยู่ไปอุ่นให้ความร้อนใน Water bath ที่ปรับอุณหภูมิใจกลางเนื้อ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบกำหนดนำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้ว จากนั้นตัดแต่งชิ้นเนื้อเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าขนาด 1.27 x 1.27 x 1.27 เซนติเมตร วัดค่าแรงตัดผ่านด้วยเครื่อง Instron Model 3433 Universal test machine, USA แล้วบันทึกผลข้อมูล 2 ครั้ง/ต่อชิ้น ที่ได้ เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติ

6. การวิเคราะห์ค่าออกซิเดชันของเนื้อหน้าอก โดยมีขั้นตอนดังนี้

6.1 นำเนื้อหน้าอกมาบด จำนวน 10 กรัม เติมน้ำกลั่น จำนวน 100 มิลลิลิตร และเติม 4N HCl 2.5 มิลลิลิตร

6.2 เติมสารละลาย Anti-foaming และปั่นตัวอย่างให้เข้ากัน หลังจากนั้นกลั่นด้วยชุดกลั่นตัวอย่าง

6.3 กลั่นตัวอย่างให้ได้ 30 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำสารละลายที่กลั่นได้จำนวน 5 มิลลิลิตร เติมด้วยสารละลาย Thiobarbituric acid (TBA) 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองแล้วเขย่าให้เข้ากัน

6.4 นำหลอดทดลองที่มีสารละลายตัวอย่างมาต้มในน้ำเป็นเวลา 30 นาที โดยเริ่มจับเวลาเมื่อน้ำเดือด หลังจากนั้นพักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนสารละลายเย็นลง

6.5 นำสารละลายตัวอย่างมาวัดการดูดกลืนแสงด้วย Spectophotometer ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร จดบันทึกข้อมูลที่ได้ในแต่ละวันมาวิเคราะทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบกัน

การหาปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียและแบคทีเรียกรดแลคติก

การศึกษาจำนวนจุลินทรีย์ในไส้ติ่ง โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษามีอยู่ 2 ชนิดคือ โคลิฟอร์มแบคทีเรียกลุ่ม อี โคไล (*E. coli*) และแบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) ในการศึกษาใช้ไก่ 3 ตัวต่อกลุ่ม ทั้งหมดมี 5 กลุ่ม ไก่ทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษา 15 ตัว ที่อายุ 13 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างกากอาหารที่อยู่ในไส้ตัน

1. การตรวจหาจำนวนประชำกรของแบคทีเรียแลกติก

โดยนำกากอาหารที่ได้จากลำไส้ตันทั้ง 2 ข้างที่ทำการผสมกันดีแล้วปริมาณ 1 กรัม ผสมกับสารละลาย NaCl ที่ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 9 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง ทำการผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยเครื่องผสมสาระละลาย (Vortex mixer) แล้วทำการเจือจางด้วยสารละลาย NaCl ที่ความเข้มข้น 0.85% ต่อไปจนได้สารละลายเจือจางที่ 10^{-6} 10^{-7} และ 10^{-8} แล้วนำมาทำการ Pour plate โดยนำสารละลาย 1 มิลลิกรัมถ่ายลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อภายใต้สภาพปลอดเชื้อในตู้เขี่ยเชื้อ ทำการเทอาหารเลี้ยงเชื้อ EMB Agar ที่ฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 20 ถึง 30 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน โดยการหมุนจานเพาะเลี้ยงเชื้อไปด้านซ้าย 5 ครั้งและด้านขวา 5 ครั้ง เพื่อให้เชื้อและอาหารเลี้ยงเชื้อเข้ากัน จากนั้นนำจานเพาะเลี้ยงเชื้อไปบ่มในสภาพไร้อากาศที่อุณภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน เมื่อครบกำหนดแล้วทำการนับจำนวนโคโลนีของประชำกรแบคทีเรียกรดแลกติกที่อยู่ในจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่อยู่ในช่วง 30 ถึง 300 โคโลนี แล้วนำไปคำนวณหาเชื้อจุลินทรีย์ต่อปริมาณมูล 1 กรัม

2. การตรวจหาจำนวนประชำกรแบคทีเรียอีโคไล

โดยนำกากอาหารที่ได้จากลำไส้ตันทั้ง 2 ข้างที่ทำการผสมกันดีแล้วปริมาณ 1 กรัม ผสมกับสารละลาย NaCl ที่ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 9 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง ทำการผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องผสมสาระละลาย (Vortex mixer) แล้วทำการเจือจางด้วยสารละลาย NaCl ที่ความเข้มข้น 0.85% ต่อไปจนได้สารละลายเจือจางที่ 10^{-2} 10^{-3} และ 10^{-4} แล้วนำมาทำการ Pour plate โดยนำสารละลาย 1 มิลลิกรัมถ่ายลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อภายใต้สภาพปลอดเชื้อในตู้เขี่ยเชื้อ ทำการเทอาหารเลี้ยงเชื้อ EMB Agar ที่ฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 20 ถึง 30 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน โดยการหมุนจานเพาะเลี้ยงเชื้อไปด้านซ้าย 5 ครั้งและด้านขวา 5 ครั้ง เพื่อให้เชื้อและอาหารเลี้ยงเชื้อเข้ากัน จากนั้นนำจานเพาะเลี้ยงเชื้อไปบ่มในสภาพไร้อากาศที่อุณภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 วัน เมื่อครบกำหนดแล้วทำการนับจำนวนโคโลนีของประชากรแบคทีเรียกรดแลกติกที่อยู่ในจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่อยู่ในช่วง 30 ถึง 300 โคโลนี แล้วนำไปคำนวณหาเชื้อจุลินทรีย์ต่อปริมาณมูล 1 กรัม

การคำนวณหาต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัว

การคำนวณหาต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัว คำนวณจากน้ำหนักปริมาณที่กินรวมในแต่ละซ้ำของกลุ่มทดลอง แล้วนำมาหารกับน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยรวมของซ้ำ คูณด้วยราคาอาหารของแต่ละสูตรการทดลอง ในการคำนวณได้ดังนี้

ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

$$= \left(\frac{\text{ปริมาณอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}} \right) \times \text{ราคาอาหารต่อกิโลกรัมในแต่ละสูตร}$$

หรือ

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว x ราคาอาหารต่อกิโลกรัม

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยของข้อมูลนำมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test: DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P<0.05$) (Steel *et al.*, 1997)

บทที่ 4
ผลการทดลองและการอภิปรายผล

ผลการทดลอง

จากการทดลองใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก ที่มีส่วนผสมในการหมักประกอบด้วย ถั่วเหลืองอินทรีย์ต่อน้ำตาลต่อเกลือ ในอัตราส่วน 100: 4: 1 ตามลำดับ แล้วผสมในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำ ผลการทดลองมีดังนี้

4.1 ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาด้านโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก พบว่า ค่า pH ค่าวัตถุแห้ง และค่าเยื่อใยรวมของถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ 7, 9, 14 และ 21 วัน ต่ำกว่าการหมัก 5 วัน ($P<0.05$) ในขณะที่มีโปรตีนรวมและไขมันรวม มากกว่าการหมักที่ 5 วัน ($P<0.05$) ค่าเถ้ารวมของถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ 7, 9 และ 14 วัน มีปริมาณต่ำกว่าการหมักที่ 5 และ 21 วัน ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม ค่าเถ้าที่ไม่ละลายในกรดมีค่าแตกต่างกันทุกกลุ่ม ($P<0.05$) ส่วนค่าแคลเซียมของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ 14 และ 21 วัน มีค่ามากกว่าการหมักที่ 5, 7 และ 9 วัน ($P<0.05$) และค่าของฟอสฟอรัสของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ 5 และ 9 วัน มีค่ามากกว่าการหมักที่ 7, 14 และ 21 วัน ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลของระยะเวลาการหมักต่อคุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก

ค่า pH และคุณค่าทางโภชนะ (% DM)	ระยะเวลาการหมัก (วัน)					SEM	P-value
	5	7	9	14	21		
pH	4.77[a]	4.52[b]	4.55[b]	4.55[b]	4.26[c]	0.022	<0.001
วัตถุแห้ง	96.65[a]	95.57[d]	95.87[b]	94.85[e]	95.64[c]	0.156	<0.001
โปรตีนรวม	40.88[b]	43.44[a]	43.99[a]	43.29[a]	43.57[a]	0.232	0.023
ไขมันรวม	19.23[e]	20.69[d]	21.11[c]	22.23[b]	22.66[a]	0.323	<0.001
เยื่อใยรวม	9.06[a]	8.41[b]	8.39[b]	8.42[b]	8.85[ab]	0.091	0.023
เถ้ารวม	4.33[b]	4.21[c]	4.14[d]	4.22[c]	4.44[a]	0.028	<0.001
เถ้าไม่ละลายในกรด	0.059[d]	0.037[e]	0.167[a]	0.134[c]	0.154[b]	0.014	<0.001
แคลเซียม	0.270[b]	0.246[b]	0.260[b]	0.350[a]	0.354[a]	0.013	<0.001
ฟอสฟอรัส	0.312[a]	0.290[c]	0.306[ab]	0.301[b]	0.303[b]	0.002	0.002

[a- e] ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2 ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่พื้นเมือง (ประดู่หางดำ) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกรดแลคติกในไส้ติ่งของไก่ประดู่หางดำ

4.2.1 สมรรถภาพการเจริญเติบโต

ปริมาณอาหารที่กินของไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำด้วยอาหารที่มีถั่วอินทรีย์หมัก พบว่าปริมาณอาหารที่กินในระยะเล็ก (อายุ 3-4 สัปดาห์) ระยะรุ่น (อายุ 5-8 สัปดาห์) ระยะขุน (อายุ 9-13 สัปดาห์) และตลอดระยะเวลาการทดลอง (อายุ 3-13 สัปดาห์) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P> 0.05) ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 12 มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่มควบคุมที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก 0% มีปริมาณอาหารที่กินสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักที่ระดับ 25, 50 และ 75% แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ใช้ที่ระดับ 100 % ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลของถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)

อายุไก่ (สัปดาห์)	ระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก (%)					SEM	p-value
	0	25	50	75	100		
3	19.38	15.83	15.47	15.51	15.29	0.699	0.318
4	30.76	29.17	30.46	26.04	28.16	0.999	0.631
5	33.22	37.61	33.78	34.19	33.07	0.650	0.143
6	41.77	50.54	48.84	52.24	40.12	2.084	0.255
7	61.36	63.92	65.66	70.38	63.73	2.361	0.852
8	66.37	57.54	66.69	53.48	55.08	1.980	0.054
9	56.59	64.39	59.08	49.64	69.70	2.776	0.187
10	72.84	67.79	56.61	76.15	72.24	3.521	0.496
11	92.15	73.95	85.92	74.10	87.11	3.025	0.202
12	109.18^{a}	82.25^{b}	78.20^{b}	87.40^{b}	94.86^{ab}	3.735	0.036
13	99.54	84.64	87.43	96.36	103.86	2.925	0.176
3-4	27.75	24.96	25.46	23.03	24.05	0.799	0.464
5-8	112.04	115.87	119.03	116.47	106.13	2.599	0.624
9-13	238.22	206.54	203.52	229.06	236.98	7.619	0.478
3-13	378.02	347.38	348.01	378.66	367.17	10.631	0.843

$^{a - b}$ ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำด้วยอาหารที่มีถั่วอินทรีย์หมัก พบว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในระยะเล็ก (อายุ 3-4 สัปดาห์) ระยะรุ่น (อายุ 5-8 สัปดาห์) ระยะขุน (อายุ 9-13 สัปดาห์) และตลอดระยะเวลาการทดลอง (อายุ 3-13 สัปดาห์) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P> 0.05$) ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มอาหารควบคุม กลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ที่ไม่หมักที่ระดับ 25, 50 และ 75% มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ระดับ 100% ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลของถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน)

อายุไก่ (สัปดาห์)	ระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก (%)					SEM	p-value
	0	25	50	75	100		
3	6.58	6.88	6.33	6.35	5.86	0.177	0.519
4	9.92[a]	9.78[a]	9.13[ab]	9.05[ab]	8.40[b]	0.189	0.043
5	12.06	12.83	11.32	11.21	10.43	0.353	0.268
6	13.91	13.39	13.81	14.05	13.30	0.246	0.377
7	12.84	11.96	9.69	11.95	11.18	0.638	0.669
8	14.09	11.67	13.89	9.61	9.53	0.730	0.089
9	12.14	12.50	14.75	12.37	13.85	0.792	0.852
10	14.49	15.55	12.40	16.93	14.21	0.793	0.521
11	19.62	19.58	18.29	15.76	19.41	0.799	0.556
12	23.51	22.56	21.40	21.68	20.63	0.512	0.489
13	20.53	19.75	20.61	20.94	19.59	0.322	0.684
3-4	8.25	8.33	7.73	7.70	7.13	0.169	0.138
5-8	12.97	12.20	11.93	11.70	11.11	0.313	0.483
9-13	18.06	17.98	17.49	18.29	17.54	0.225	0.811
3-13	14.43	14.13	13.70	13.97	13.31	0.219	0.621

[a – b] ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำด้วยอาหารที่มีถั่วอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในระยะเล็ก (อายุ 3-4 สัปดาห์) ระยะรุ่น (อายุ 5-8 สัปดาห์) และตลอดระยะเวลาการทดลอง (อายุ 3-13 สัปดาห์) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 13 และในระยะขุน (อายุ 9-13 สัปดาห์) ที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยในระยะขุนในไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำกลุ่มที่ใช้ถั่วอินทรีย์หมักที่ระดับ 25 และ 50% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วอินทรีย์หมักที่ระดับ 100% แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มอาหารควบคุมที่ใช้ที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก 0% กลุ่มที่ใช้ถั่วอินทรีย์หมักที่ระดับ 75% และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่พื้นเมืองระยะขุน (อายุ 9-13 สัปดาห์) ของกลุ่มอาหารควบคุมที่ใช้ที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก 0% มีอัตราการเปลี่ยนอาหาร

เป็นน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ระดับ 25, 50 และ 75% แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ใช้ที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ที่ระดับ 100% ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลของถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว

อายุไก่ (สัปดาห์)	ระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก (%)					SEM	p-value
	0	25	50	75	100		
3	2.96	2.32	2.45	2.45	2.63	0.120	0.543
4	3.03	2.99	3.36	2.87	3.35	0.110	0.588
6	3.22	4.06	3.82	3.70	3.01	0.140	0.075
7	4.84	5.65	5.75	5.90	5.77	0.253	0.214
8	4.83	5.05	4.85	5.57	5.78	0.165	0.247
9	4.79	5.18	4.11	4.17	5.06	0.181	0.197
10	5.05	4.78	4.74	4.49	5.09	0.149	0.503
11	4.73	3.84	4.71	4.70	4.55	0.174	0.279
12	4.67	3.64	3.66	4.08	4.61	0.178	0.174
13	4.85^{ab}	4.24^{b}	4.29^{b}	4.59^{ab}	5.31^{a}	0.136	0.046
2-4	3.03	2.71	2.99	2.69	3.04	0.078	0.441
5-8	3.89	4.33	4.53	4.49	4.32	0.095	0.241
9-13	4.77^{a}	4.15^{b}	4.21^{b}	4.19^{b}	4.88^{a}	0.104	0.020
2-13	4.30	4.05	4.18	4.13	4.53	0.072	0.255

$^{a\ -\ b}$ ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำระยะเล็ก (อายุ 3-4 สัปดาห์) ด้วยอาหารที่มีถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก พบว่า น้ำหนักตัวเริ่มต้น น้ำหนักตัวสุดท้าย น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำระยะรุ่น (อายุ 5-8 สัปดาห์) ด้วยอาหารที่มีถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก พบว่า น้ำหนักตัวสุดท้าย น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กินได้และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำระยะขุน (อายุ 9-13 สัปดาห์) ด้วยอาหารที่มีถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก พบว่า น้ำหนักตัวสุดท้าย น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน

และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ระดับ 25, 50 และ 75% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้ที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก 0% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ระดับ 100% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังตารางที่ 11

สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำตลอดการทดลอง (อายุ 3-13 สัปดาห์) ด้วยอาหารที่มีถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก พบว่า น้ำหนักตัวสุดท้าย น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กินและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในแต่ละระยะการเจริญเติบโต

รายการ	ระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก (%)					SEM	P-value
	0	25	50	75	100		
สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่ระยะเล็ก (3-4 สัปดาห์)							
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม/ตัว)	101.03	101.54	101.03	101.54	101.54	0.702	0.999
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	27.75	24.96	25.46	23.03	24.05	0.799	0.464
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน)	8.25	8.33	7.73	7.70	7.13	0.169	0.138
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก	3.03	2.71	2.99	2.69	3.04	0.078	0.441
สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่ระยะรุ่น (5-8 สัปดาห์)							
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	579.95	559.91	543.38	537.13	512.52	11.381	0461
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)	112.04	115.87	119.03	116.47	106.13	2.599	0.624
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน)	12.97	12.20	11.93	11.70	11.11	0.313	0.483
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	3.89	4.33	4.53	4.49	4.32	0.095	0.241
สมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่ระยะขุน (9-13 สัปดาห์)							
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	1,212.96	1,189.48	1,155.64	1,177.33	1,126.41	17.459	0.653
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)	238.22	206.54	203.52	229.06	236.98	7.619	0.478
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน)	18.06	17.98	17.49	18.29	17.54	0.225	0.811
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	4.77[a]	4.15[b]	4.21[b]	4.19[b]	4.88[a]	0.104	0.020
สมรรถภาพการเจริญเติบโตตลอดการทดลอง (3-13 สัปดาห์)							
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม/ตัว)	1,212.96	1,189.48	1,155.64	1,177.33	1,126.41	17.459	0.653
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)	378.02	347.38	348.01	378.66	367.17	10.631	0.843
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/วัน)	14.43	14.13	13.70	13.97	13.31	0.219	0.621
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	4.30	4.05	4.18	4.13	4.53	0.072	0.255

[a - b] ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2.2 ลักษณะซาก

ลักษณะซาก พบว่า การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทุกระดับไม่ทำให้ลักษณะซากมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อลักษณะซาก

รายการ	ระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก (%)					SEM	P-value
	0	25	50	75	100		
น้ำหนักมีชีวิต (กรัม)	1,234.83	1,261.67	1,233.17	1,262.25	1,248.00	24.217	0.983
น้ำหนักซากอุ่น (กรัม)	1,023.93	1,063.43	1,046.75	1,057.92	1,045.44	20.976	0.993
น้ำหนักซากตัดแต่ง (กรัม)	845.86	875.18	865.16	866.76	863.36	17.148	0.990
เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น(%)	82.81	84.21	84.78	83.88	83.75	0.220	0.069
เปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง (%)	68.46	69.25	70.14	69..64	69.26	0.209	0.087
ลักษณะกอบซาก (% ของน้ำหนักซากอุ่น)							
หัวและคอ	10.87	11.04	10.87	11.43	11.13	0.109	0.475
ปีกรวม	12.59	12.38	12.66	12.37	12.70	0.085	0.621
น่อง	13.70	13.96	13.63	13.71	14.02	0.126	0.841
แข้ง	6.44	6.72	6.34	6.73	6.16	0.116	0.497
สะโพก	16.64	15.40	15.30	15.81	15.49	0.163	0.061
อกนอก	12.02	11.07	11.27	11.35	11.69	0.215	0.673
สันใน	4.65	4.53	4.54	4.57	4.49	0.077	0.977
โครงกระดูก	22.64	24.52	25.10	23.76	23.97	0.337	0.204
เปอร์เซ็นต์อวัยวะภายใน (%ของน้ำหนักมีชีวิต)							
เครื่องในรวม	7.20	6.67	6.79	7.18	7.31	0.102	0.202
หัวใจ	0.50	0.49	0.50	0.52	0.52	0.009	0.758
ตับ	1.94	1.88	1.94	2.04	2.07	0.035	0.417
กระเพาะแท้และกระเพาะบด	3.52	3.37	3.22	3.47	3.62	0.066	0.406
ม้าม	0.24	0.30	0.29	0.27	0.29	0.017	0.853
ไขมันช่องท้อง	0.98	0.62	0.82	0.86	0.80	0.090	0.819

4.2.3 คุณภาพเนื้อ

ค่า pH และค่าสีของเนื้อ พบว่า pH ที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของเนื้อหน้าอกในกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมักที่ระดับ 25 และ 50% pH สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ระดับ 75 และ 100% ($P<0.05$) และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก

ทดแทนไม่หมักที่ระดับ 25% สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนที่ระดับ 50 และ 75% ($P<0.05$) ดังนั้น ค่าความสว่างของเนื้อหน้าอกที่ 45 นาทีหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมักที่ระดับ 100% มีค่าความสว่างของเนื้อสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ค่าความสว่างของเนื้อหน้าอกที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมักที่ระดับ 100% มีค่าความสว่างของเนื้อสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ตหมักทดแทนไม่หมักที่ระดับ 25% ($P<0.05$) และค่าความแดงของเนื้อหน้าอกที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่มหักที่ระดับ 25 และ 50% สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมักที่ระดับ 100% ($P<0.05$) นอกจากนี้ มีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ระดับ 25, 50 และ 75% ทำให้ค่าความเหลืองของเนื้อสะโพกที่ 45 นาทีหลังฆ่า สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P=0.078$) ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อค่า pH และค่าสีของเนื้อ

รายการ	ระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก (%)					SEM	P-value
	0	25	50	75	100		
pH เนื้อหน้าอก							
pH 45 นาทีหลังฆ่า	5.67^{c}	5.96^{a}	5.95^{b}	5.75^{c}	5.67^{c}	0.081	<0.001
pH 24 ชั่วโมงหลังฆ่า	5.42^{c}	5.71^{a}	5.70^{b}	5.53^{c}	5.46^{c}	0.027	<0.001
pH เนื้อสะโพก							
pH 45 นาทีหลังฆ่า	6.08	6.20	6.19	6.17	6.16	0.039	0.688
pH 24 ชั่วโมงหลังฆ่า	5.88	6.00	5.99	5.97	5.96	0.037	0.619
ค่าสี 45 นาทีหลังฆ่า							
เนื้อหน้าอก							
ค่าความสว่าง (L*)	55.27^{b}	56.35^{ab}	57.79^{ab}	56.24^{ab}	58.77^{a}	0.405	0.043
ค่าความแดง (a*)	17.53	17.09	17.29	16.17	15.39	0.315	0.170
ค่าความเหลือง (b*)	15.29	14.38	16.00	14.18	15.31	0.307	0.322
เนื้อสะโพก							
ค่าความสว่าง (L*)	49.43	50.66	48.38	50.54	50.65	0.414	0.327
ค่าความแดง (a*)	18.57	19.00	18.81	18.65	19.56	0.180	0.449
ค่าความเหลือง (b*)	7.55	9.04	8.02	8.43	7.75	0.185	0.078
ค่าสี 24 ชั่วโมงหลังฆ่า							
เนื้อหน้าอก							
ค่าความสว่าง (L*)	55.05^{b}	55.53^{b}	56.40^{ab}	56.49^{ab}	57.54^{a}	0.253	0.014
ค่าความแดง (a*)	17.70^{a}	17.40^{a}	17.36^{a}	16.14^{ab}	15.23^{b}	0.272	0.012
ค่าความเหลือง (b*)	13.33	13.04	14.28	13.77	13.67	0.239	0.569
เนื้อสะโพก							
ค่าความสว่าง (L*)	49.33	49.41	48.54	49.20	47.80	0.264	0.263
ค่าความแดง (a*)	18.61	19.54	18.88	19.08	19.87	0.191	0.225
ค่าความเหลือง (b*)	6.65	7.50	6.54	7.10	6.81	0.161	0.338

$^{a - c}$ ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

หากเปรียบเทียบการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักและหมักต่อหมักต่อค่า pH และค่าสีของเนื้อ พบว่า การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทำให้ค่า pH และค่าสีของเนื้อมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดย pH ที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของเนื้อหน้าอกในของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่า pH สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก และค่า pH ที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของเนื้อหน้าสะโพกของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่า pH สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก ส่วนค่าสีของเนื้อ โดยค่าความสว่างของเนื้อหน้าอกที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่าความสว่างสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก และค่าความสว่างของเนื้อสะโพกที่ 45 นาทีหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่าความสว่างสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก แต่ค่าความสว่างของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่าความสว่างต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก ค่าความแดงของเนื้อหน้าอกที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่าความแดงต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก และค่าความแดงของเนื้อสะโพกที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่าความแดงสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก ค่าความเหลืองของเนื้อหน้าอกที่ 45 นาทีหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่าความเหลืองต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก แต่ค่าความเหลืองของเนื้อหน้าอกที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่าความเหลืองสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก และค่าความเหลืองของเนื้อสะโพกที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่าความเหลืองสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักและหมักต่อหมักต่อค่า pH และค่าสีของเนื้อ

รายการ	ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก	ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก	P-value
pH เนื้อหน้าอก			
pH 45 นาทีหลังฆ่า	5.67^{b}±0.02	5.83^{a}±0.01	<0.001
pH 24 ชั่วโมงหลังฆ่า	5.42^{b}±0.01	5.60^{a}±0.01	<0.001
pH เนื้อสะโพก			
pH 45 นาทีหลังฆ่า	6.08^{b}±0.01	6.18^{a}±0.00	<0.001
pH 24 ชั่วโมงหลังฆ่า	5.88^{b}±0.01	5.98^{a}±0.00	<0.001
ค่าสี 45 นาทีหลังฆ่า			
เนื้อหน้าอก			
ค่าความสว่าง (L*)	55.27^{b}±0.01	57.28^{a}±0.00	<0.001
ค่าความแดง (a*)	17.53^{a}±0.02	16.48^{b}±0.00	<0.001
ค่าความเหลือง (b*)	15.29^{a}±0.02	14.96^{b}±0.00	<0.001
เนื้อสะโพก			
ค่าความสว่าง (L*)	49.43^{b}±0.01	50.06^{a}±0.00	<0.001
ค่าความแดง (a*)	18.57^{b}±0.00	19.08^{a}±0.14	<0.001
ค่าความเหลือง (b*)	7.55^{b}±0.03	8.37^{a}±0.01	<0.001
ค่าสี 24 ชั่วโมงหลังฆ่า			
เนื้อหน้าอก			
ค่าความสว่าง (L*)	55.05^{b}±0.01	56.49^{a}±0.00	<0.001
ค่าความแดง (a*)	17.70^{a}±0.01	15.53^{b}±0.00	<0.001
ค่าความเหลือง (b*)	13.33^{b}±0.02	13.69^{a}±0.00	<0.001
เนื้อสะโพก			
ค่าความสว่าง (L*)	49.33^{a}±0.01	48.73^{b}±0.02	<0.001
ค่าความแดง (a*)	18.61^{b}±0.01	19.34^{a}±0.01	<0.001
ค่าความเหลือง (b*)	6.65^{b}±0.01	6.83^{a}±0.01	<0.001

$^{a\text{-}b}$ ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ความสามารถในการอุ้มน้ำและค่าการออกซิเดชันของเนื้อหน้าอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนค่าแรงตัดผ่านเนื้อ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อสะโพกของกลุ่มใช้ถั่วเหลืองต้มอินทรีย์หมักทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักที่ระดับ 75 และ 100% มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ระดับ 25% (P<0.05) ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อและการออกซิเดชัน

รายการ	ระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก (%)					SEM	P-value
	0	25	50	75	100		
ความสามารถในการอุ้มน้ำ (%)							
เนื้อหน้าอก (%)							
การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น	1.12	1.13	1.14	1.08	0.96	0.176	0.117
การสูญเสียน้ำจากการต้มสุก	23.55	24.76	20.70	21.13	20.10	0.785	0.272
เนื้อสะโพก (%)							
การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น	2.53	2.08	2.20	2.26	2.13	0.092	0.591
การสูญเสียน้ำจากการต้มสุก	22.58	20.37	20.00	22.91	23.51	0.549	0.152
ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (kg)							
เนื้อหน้าอก	1.993	1.273	1.528	1.367	1.395	0.093	0.097
เนื้อสะโพก	1.531^{a}	1.456^{ab}	1.396^{abc}	1.243^{bc}	1.186^{c}	0.048	0.010
ค่าการออกซิเดชันของเนื้อหน้าอก (mg MDA /kg meat)							
0 วันหลังฆ่า	0.0113	0.0124	0.0165	0.0094	0.0069	0.0013	0.223
3 วันหลังฆ่า	0.0435	0.0430	0.0337	0.0369	0.0432	0.001	0.105
7 วันหลังฆ่า	0.0389	0.0389	0.0472	0.0523	0.0692	0.021	0.247

$^{a-c}$ ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

หากเปรียบเทียบการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักและหมักต่อหมักต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อและการออกซิเดชัน พบว่า การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทำให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อและการออกซิเดชันของเนื้อมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นและค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มสุกของเนื้อหน้าอกของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก และค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นและค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มสุกของเนื้อสะโพกของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อหน้าอกและเนื้อสะโพกของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก และค่าการออกซิเดชันของเนื้อหน้าอกที่ 3 วันหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก แต่ค่าการออกซิเดชันของเนื้อหน้าอกที่ 7 วันหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักและหมักต่อหมักต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อและการออกซิเดชัน

รายการ	ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก	ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก	P-value
ความสามารถในการอุ้มน้ำ (%)			
เนื้อหน้าอก (%)			
การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น	1.12^{a}±0.01	1.08^{b}±0.01	<0.001
การสูญเสียน้ำจากการต้มสุก	23.55^{a}±0.02	21.67^{b}±0.00	<0.001
เนื้อสะโพก (%)			
การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น	2.53^{a}±0.02	2.16^{b}±0.00	<0.001
การสูญเสียน้ำจากการต้มสุก	22.57^{a}±0.01	21.70^{b}±0.25	<0.001
ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (kg)			
เนื้อหน้าอก	1.999^{a}±0.00	1.390^{b}±0.00	<0.001
เนื้อสะโพก	1.531^{a}±0.00	1.320^{b}±0.00	<0.001
ค่าการออกซิเดชันของเนื้อหน้าอก (mg MDA /kg meat)			
0 วันหลังฆ่า	0.0113±0.00	0.0113±0.00	1.00
3 วันหลังฆ่า	0.0435^{a}±0.00	0.0301^{b}±0.00	<0.001
7 วันหลังฆ่า	0.0389^{b}±0.00	0.0519^{a}±0.00	<0.001

$^{a\text{-}b}$ ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2.4 ปริมาณจุลินทรีย์ในไส้ตัน

จำนวน *E. coli* พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่จำนวน Lactic acid bacteria พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (P=0.05) โดยกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ระดับ 75 และ 100% มีจำนวน Lactic acid bacteria สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก 25% ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในไส้ตัน

รายการ	ระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมัก (%)					SEM	P-value
	0	25	50	75	100		
Lactic acid bacteria (cfu/g)	7.42^{ab}	7.34^{b}	7.48^{ab}	7.54^{a}	7.58^{a}	0.032	0.050
E.coli (cfu/g)	4.48	4.48	4.36	4.48	4.10	0.059	0.187

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

อย่างไรก็ตาม หากเปรียบเทียบเฉพาะกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักเปรียบเทียบกับกลุ่มที่หมัก พบว่า จำนวน Lactic acid bacteria และจำนวน *E. coli* มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) โดยจำนวน Lactic acid bacteria ในกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก (7.50 cfu/g) สูงกว่ากลุ่มที่ไม่หมัก (7.42 cfu/g) และจำนวน *E. coli* ในกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก (4.37 cfu/g) ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่หมัก (4.48 cfu/g) ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักและหมักต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในไส้ตัน

รายการ	ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก	ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก	P-value
Lactic acid bacteria (cfu/g)	7.42^{b}±0.03	7.50^{a}±0.01	0.012
E.coli (cfu/g)	4.48^{a}±0.02	4.37^{b}±0.05	0.028

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2.3 ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัว

ต้นทุนค่าราคาอาหารต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม พบว่า ราคาอาหารต่อน้ำหนักตัวในไก่ระยะเล็ก (อายุ 2-4 สัปดาห์) ระยะรุ่น (อายุ 5-8 สัปดาห์) และตลอดระยะเวลาการทดลอง (อายุ 3-13 สัปดาห์) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ยกเว้นในระยะขุน (อายุ 9-13 สัปดาห์) (P<0.05) โดยกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักที่ระดับ 25% มีค่าอาหารต่ำที่สุด

คือ 69.61 บาทต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักที่ระดับ 50 และ 75% ที่มีค่าเท่ากับ 70.75 และ 70.63 บาทต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าต้นทุนอาหารต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก 0% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมักที่ระดับ 100% ที่มีค่าเท่ากับ 79.68 และ 82.53 บาทต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดและต้นทุนค่าอาหาร

รายการ	**ระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์แบบหมักทดแทนแบบไม่หมัก (%)**					**SEM**	**P-value**
	0	25	50	75	100		
ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (กิโลกรัม/ตัว)							
อายุไก่ 3-4 สัปดาห์	3.03	2.71	2.99	2.69	3.04	0.078	0.441
อายุไก่ 5-8 สัปดาห์	3.89	4.33	4.53	4.49	4.32	0.095	0.241
อายุไก่ 9-13 สัปดาห์	4.77[a]	4.15[b]	4.21[b]	4.19[b]	4.88[a]	0.104	0.020
ตลอดการทดลอง (3-13 สัปดาห์)	**4.30**	**4.05**	**4.18**	**4.13**	**4.53**	**0.072**	**0.255**
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/กิโลกรัม)							
อายุไก่ 3-4 สัปดาห์	53.72	48.21	53.26	48.23	54.69	1.390	0.435
อายุไก่ 5-8 สัปดาห์	68.71	76.23	80.48	80.25	77.41	1.744	0.192
อายุไก่ 9-13 สัปดาห์	79.68[a]	69.61[b]	70.75[b]	70.63[b]	82.53[a]	1.760	0.018
ตลอดการทดลอง (3-13 สัปดาห์)	**74.65**	**70.51**	**73.08**	**72.48**	**79.70**	**1.288**	**0.210**
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/น้ำหนักมีชีวิต)							
อายุไก่ 3-4 สัปดาห์	21.03	18.94	20.02	18.63	20.10	0.458	0.524
อายุไก่ 5-8 สัปดาห์	52.76	57.75	58.83	60.76	54.87	1.170	0.200
อายุไก่ 9-13 สัปดาห์	96.43[a]	82.63[b]	81.53[b]	83.14[b]	92.96[a]	2.003	0.017
ตลอดการทดลอง (3-13 สัปดาห์)	**90.47**	**83.65**	**84.18**	**85.31**	**88.78**	**1.385**	**0.404**

[a – b] ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อภิปรายผลการศึกษา

การทดลองที่ 1 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก

ค่า pH และค่าเยื่อใยรวมของถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ 7, 9 และ 14 วัน ลดลงกว่าการหมัก 5 ค่าวัตถุแห้ง โปรตีนรวมและไขมันรวมของถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ 7, 9, 14 และ 21 วัน เพิ่มขึ้นกว่าการหมักที่ 5 วัน และค่าเถ้าของถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ 7, 9 และ 14 วัน ลดลงกว่าการหมักที่ 5 และ 21 วัน โดยถั่วเหลืองอินทรีย์หมักที่ระยะเวลา 5, 7, 9, 14 และ 21 วัน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนอยู่ในช่วง 40.88-43.99 เปอร์เซ็นต์ และการศึกษาครั้งนี้พบว่าการหมักถั่วเหลืองที่ระยะเวลา 9 วันจะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงที่สุด (43.99%) ซึ่งสูงกว่าถั่วเหลืองดิบที่มีโปรตีน 31.0% (กองโภชนาการ, 2530) และถั่วเหลืองเอ็กซ์ทรูดที่มีโปรตีน 39.1% (กองอาหารสัตว์, 2538) ซึ่งถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักจะมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นกว่าเดิมหลายเท่า (พัทธินันท์, 2555) สอดคล้องกับการศึกษาของ Suppadit *et al*. (2008) ที่ได้ศึกษาการหมักถั่วเหลืองแบบภาคเหนือของไทยหรือเรียกว่าถั่วเน่า โดยการต้มเมล็ดถั่วเหลืองประมาณ 5-8 ชั่วโมง จากนั้นนำไปใส่ในภาชนะที่มีช่องเพื่อให้สะเด็ดน้ำ และหมักในถุงพลาสติกประมาณ 2-4 วัน พอครบกำหนดจึงทำการบดด้วยครกหรือเครื่องบดจนละเอียด นำไปปั้นเป็นก้อนกลมแล้วกดให้เป็นแผ่นวงกลม ตากแดดให้แห้งโดยใช้เวลาประมาณ 2 – 3 วัน แล้วเก็บในภาชนะหรือถุงพลาสติกเพื่อรอการจำหน่าย การตรวจวัดคุณภาพของถั่วเน่าในด้านคุณค่าทางโภชนาการ ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ พบว่า ถั่วเน่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองชนิดอื่น โดยมีองค์ประกอบของโปรตีนอยู่ในช่วง 38.94-42.81% เปอร์เซ็นต์ และการศึกษาของ พรดรัล และธนพล (2556) ที่ผลิตเทมเป้ถั่วเหลืองด้วยผงกล้าเชื้อ *Rhizopus oligoporus* TISTR 3098 โดยนำถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มาแช่น้ำ 16 ชั่วโมง ลอกเยื่อหุ้มเมล็ดถั่วออก ต้มในน้ำเดือดนาน 40 นาที สะเด็ดน้ำให้แห้งในขณะที่ยังร้อน เติมผงกล้าเชื้อร้อยละ 5.0 โดยน้ำหนัก คลุกให้เข้ากัน ตักใส่ถุงพลาสติก (12 x 18 นิ้ว) ถุงละ 500 กรัม อัดให้เมล็ดถั่วเหลืองเป็นก้อนสี่เหลี่ยม ปิดปากถุง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จะได้เทมเป้ถั่วเหลืองที่มีลักษณะปรากฏที่ดี ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีของเทมเป้ถั่วเหลือง พบว่าเทมเป้ถั่วเหลืองที่ได้มีโปรตีนสูงถึง 43.17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการหมักนั้นส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตและเกิดการย่อยสลายได้มากขึ้น โดยจุลินทรีย์จะใช้คาร์บอนจากน้ำตาลในกระบวนการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ แล้วขับถ่ายอาหารที่ประกอบด้วยสาร พวกโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุออกมารวมทั้งตัวเซลล์ และย่อยสลายสารต่างๆ ได้หลายชนิด เช่น เซลลูโลส แป้ง และโปรตีนต่างๆ ได้มาก รวมถึงจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อถูกย่อยสลายจะได้สารอาหารโปรตีนเพิ่มขึ้นด้วย (ประภาศ, 2553; มนัสนันท์ และคณะ, 2562) ส่วนค่า pH ของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ 21 วัน ของการศึกษาครั้งนี้มีค่าลดต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ วราวุฒิ และรุ่งนภา(2532) และการศึกษาของ มนัสนันท์ และคณะ (2556) ที่พบว่า pH ของอาหารหมักจุลินทรีย์มีค่า pH ลดลงตามระยะเวลาในการหมัก ทั้งนี้เนื่องจาก pH ที่กรดนั้น

สามารถช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียส่วนใหญ่ด้วย เนื่องจากแบคทีเรียส่วนใหญ่เจริญได้ดีในสภาพ pH ที่เป็นกลาง ยกเว้นแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคที่เจริญได้ดีใน pH ที่เป็นกรด (มนัสนันท์ และคณะ, 2556) ทำให้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคเพิ่มปริมาณขึ้นและกรดแลคติคก็เพิ่มขึ้น ซึ่งกระบวนการหมักที่สมบูรณ์กรดแลคติคจะทำให้ค่า pH ลดลง (ภัทรพร, 2556)

การหมักถั่วอินทรีย์ร่วมกับการเสริมจุลินทรีย์ในระยะเวลา 7-21 วัน ในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้ว่า มีคุณค่าทางโภชนะและค่า pH อยู่ในระดับที่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นอาหารไก่พื้นเมืองได้ สอดคล้องกับการศึกษาของสมร (2555) ที่พบว่า การหมักลำต้นกล้วยและเศษถั่วเหลืองสดที่เติมเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระยะเวลาการหมัก 3-7 วัน อยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาของ ปฏิภาณ และ เสาวลักษณ์ (2562) ที่ศึกษาผลของการเสริมแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกต่อคุณภาพการหมักและองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกซังข้าวโพดร่วมกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักที่ระยะการหมักแตกต่างกัน พบว่า การหมัก 28 และ 35 วัน ทำให้มีเยื่อใยต่ำและมีโปรตีนรวมสูงขึ้น นอกจากนี้ เสมอใจ และคณะ (2554) ยังพบว่าการหมักหญ้าผสมกับถั่วที่เป็นพืชที่มีโปรตีนสูงนั้นจะทำให้มีปริมาณโปรตีนรวมมากกว่าการหมักหญ้าเพียงอย่างเดียวด้วยเช่นกัน ดังนั้นการหมักพืชร่วมกับการเสริมจุลินทรีย์จะช่วยลดการสูญเสียโภชนะที่เป็นประโยชน์ทำให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพที่ดีขึ้น มีความสม่ำเสมอ และเก็บรักษาไว้ได้ในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น

การทดลองที่ 2 ผลการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่พื้นเมือง (ประดู่หางดำ) ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มและแบคทีเรียกรดแลคติกในไส้ติ่งของไก่ประดู่หางดำ

การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในไก่ลูกผสมพื้นเมืองประดู่หางดำลูกลูกผสมทั้งในระยะเล็ก ระยะรุ่น และระยะขุน แต่ในระยะขุนการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักทดแทนไม่หมักระดับ 25-75% ทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ไม่หมัก ทั้งนี้เนื่องจากการต้มร่วมกับการหมักจะทำให้ถั่วเหลืองนิ่มขึ้น มีคุณค่าทางโภชนะสูงขึ้น และช่วยเพิ่มความสามารถในการย่อยสลายอาหารด้วยเอนไซม์ในกระเพาะอาหารดีขึ้น (พัทธินันท์, 2555) สอดคล้องกับศึกษาของ Mathivanan *et al*. (2006) ที่ได้ศึกษาถึงการใช้กากถั่วเหลืองที่หมักด้วย *Aspergillus niger* ในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ ซึ่งพบว่าการใช้กากถั่วเหลืองหมักในไก่เนื้อไม่ส่งผลต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้อจนถึงอายุ 4 สัปดาห์ และการศึกษาของ Fujiwara *et al*. (2009) ได้ทำการศึกษาผลของใช้ถั่วเหลืองที่หมักด้วยจุลินทรีย์บาซิลลัส (*Bacillus sutilis* var. Natto) ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อพื้นเมือง ที่พบว่าอาหารที่เสริมถั่วเหลืองหมักไม่ได้ส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารในไก่พื้นเมืองระยะรุ่น และการศึกษาของ Kim *et al*. (2016) ที่ศึกษาถึงการใช้กากถั่วเหลืองหมักมีผลต่อ

การเจริญเติบโตของลูกไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้า ซึ่งพบว่าการกินได้ของไก่เนื้อที่ใช้กากถั่วเหลืองหมักในช่วงระยะรุ่นและระยะขุนไม่แตกต่างกัน แต่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าและมีอัตราการเปลี่ยนอาหารต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และปริมาณการกินได้ของกลุ่มที่การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักครั้งนี้จะต่ำกว่ากลุ่มควบคุมทั้งในไก่เนื้อระยะรุ่นและตลอดการทดลอง และการศึกษาของ Saad *et al*. (2016) ที่ศึกษาถึงผลของการใช้อาหารเปียกและอาหารหมักต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ พบว่าการใช้อาหารหมักทุกระดับจะช่วยทำให้น้ำหนักตัวและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 100% ในการศึกษาครั้งนี้ ทำให้มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการหมักถั่วเหลืองนั้นทำให้กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นเพิ่มสูงขึ้นและกรดอะมิโนที่จำเป็นโดยเฉพาะกรดเมไทโอนีนและทรีโอนีนลดลง (Frias *et al*., 2008) ดังนั้นการใช้ถั่วเหลืองหมักที่มากขึ้นทำให้เกิดความไม่สมดุลของกรดอะมิโนจำเป็นต่อกรดอะมิโนไม่จำเป็น ซึ่งกรดอะมิโนในอาหารมีความสัมพันธ์ระหว่างกันและมีความสัมพันธ์กับโภชนะอื่นๆ (สาโรช, 2547) โดยการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทำให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตลดลงในไก่เล็ก และในไก่เนื้อระยะรุ่นที่ได้รับกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกกลุ่มมีปริมาณการกินได้เฉลี่ยลดลง (คำพัน และคณะ, 2562)

ในการศึกษาครั้งนี้ในส่วนของน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น โดยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่ระยะเล็ก (3-4 สัปดาห์) ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักอยู่ระหว่าง 7.13-8.33 กรัม/ตัว/วัน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่ระยะรุ่น (5-8 สัปดาห์) ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักอยู่ระหว่าง 11.11-12.20 กรัม/ตัว/วัน และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่ระยะขุน (9-13 สัปดาห์) ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักอยู่ระหว่าง 17.49-18.29 กรัม/ตัว/วัน เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ ภานุพงศ์ และคณะ (2560) ที่ใช้อาหารที่มีโปรตีนเท่ากันในแต่ละระยะการเลี้ยง (ระยะเล็กเท่ากับ 7.51, ระยะรุ่นเท่ากับ 18.26 และระยะขุนเท่ากับ 19.76 กรัม/ตัว/วัน) พบว่า ในระยะเล็กในการศึกษานี้จะมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีกว่า แต่ในระยะรุ่นและระยะขุนของการศึกษานี้มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่ำกว่าการศึกษาของภานุพงศ์เล็กน้อย

การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารครั้งนี้ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักซาก เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนต่างๆ เปอร์เซ็นต์อวัยวะภายในต่างๆ และเปอร์เซ็นต์เครื่องในรวม สอดคล้องกับการศึกษาของ Fujiwara *et al*. (2009) ได้ทำการศึกษาผลของใช้ถั่วเหลืองที่หมักด้วยจุลินทรีย์บาซิลลัส (*Bacillus sutilis* var. Natto) ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อพื้นเมือง ที่พบว่าอาหารที่เสริมถั่วเหลืองหมักไม่ได้ส่งผลน้ำหนักซาก เนื้อหน้าอก เนื้อสะโพก และไขมันในช่องท้องในไก่พื้นเมือง และศึกษาของ Kim *et al*. (2016)) ที่ศึกษาถึงการใช้กากถั่วเหลืองหมักมีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้า ที่พบว่าการใช้กากถั่วเหลืองหมักในไก่

เนื้อช่วงระยะรุ่นและระยะขุนไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของอวัยวะภายในต่างๆ ของไก่เนื้อ ทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนของโปรตีนในถั่วหมักและไม่หมักไม่ต่างกัน ทำให้การใช้ประโยชน์จากอาหารและการพัฒนาทางสรีระของร่างกายไม่ต่างกัน (Tuleun *et al*., 2011) อย่างไรก็ตาม แตกต่างจากการศึกษาของ Panya *et al*. (2020) ที่ศึกษาถึงผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่เนื้อต่อองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ ที่พบว่าการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น ซากตัดแต่ง อกนอก และอกในลดลง

การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารที่ครั้งนี้ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อได้ โดยส่งผลต่อค่า pH ของเนื้อหน้าอก ค่าสีของเนื้อหน้าอก และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โดยค่า pH ของเนื้อหน้าอกในกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองหมักทดแทนไม่หมักที่ระดับ 25-75% pH สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองหมักที่ระดับ 100% ค่าความสว่างของเนื้อหน้าอกที่ 0 ชั่วโมงหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองหมักทดแทนไม่หมักที่ระดับ 100% มีค่าความสว่างของเนื้อสูงกว่ากลุ่มควบคุม ค่าความสว่างของเนื้อหน้าอกที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองหมักทดแทนไม่หมักที่ระดับ 100% มีค่าความสว่างของเนื้อสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองหมักทดแทนไม่หมักที่ระดับ 25% ค่าความแดงของเนื้อหน้าอกที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองหมักทดแทนไม่หมักที่ระดับ 25 และ 50% สูงกว่ากลุ่มควบคุม ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อสะโพกของกลุ่มใช้ถั่วเหลืองหมักทดแทนไม่หมักที่ระดับ 75-100% มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม สอดคล้องกับการศึกษาของ Lee *et al*. (2010) ที่ศึกษาถึงสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยถั่วเหลืองงอกหมักและถั่วเหลืองงอกหมัก ที่พบว่าการใช้ถั่วเหลืองงอกหมักในอาหารไก่เนื้อสามารถส่งผลต่อคุณภาพเนื้อได้ โดย ธิดารัตน์ (2561) ได้รายงานว่า ในถั่วเหลืองมีสารกลุ่มไอโซฟลาโวน เช่น เจนีสทีน (genistein) ไดซีอิน (daidzein) และไกลซิทีน (glycitein) จัดเป็นสารจากพืชที่มีฤทธิ์คล้ายกับฮอร์โมนเอสโตรเจน (phytoestrogen) และสารไอโซฟลาโวนช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อ เช่น การปรับปรุงค่าความสว่าง (L*) ในเนื้อ (Jiang *et al*., 2007) และปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการแสดงออกของค่าสีของเนื้อมาจากค่า pH ของกล้ามเนื้อที่ลดลง (Dadgar *et al*., 2011) นอกจากนี้ ปัจจัยของพันธุ์ อาหาร และรงควัตถุในเม็ดเลือดมีผลต่อค่าสีของเนื้อเช่นกัน (Fletcher, 1999) โดยกล้ามเนื้อปกติขณะที่มีชีวิต มีค่า pH ประมาณ 7.2 หลังจากที่ตายแล้วกล้ามเนื้อมีกระบวนการย่อยสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจนทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ค่า pH ลดลงจาก 7.2 เหลือ 6.0 เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการย่อยสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ มาจากการจัดการก่อนฆ่า การขนส่งที่มีผลต่อความเครียด ระยะทางและเวลาในการขนส่ง และกระบวนการฆ่า (สัญชัย และคณะ, 2546) ทำให้กล้ามเนื้อมีค่าความเป็นกรดมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อค่าสีและค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (สัญชัย และคณะ, 2546) ถ้าเนื้อมีความเป็นกรดมากคุณภาพของเนื้อก็ลดลง และการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในระดับ 75 และ 100% ทำให้ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อลดต่ำลง ซึ่งแสดงว่าเนื้อมีความ

เหนียวลดลง เช่นเดียวกับ Panya *et al*. (2020) ที่ศึกษาถึงผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่เนื้อต่อองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ ที่พบว่าการใช่ถั่วเหลืองอินทรีย์ทดแทนไม่หมักที่ระดับ 25-75% มีแนวโน้มทำให้แรงตัดผ่านของเนื้อลดลง และการศึกษาของ Marcincak *et al*. (2018) ที่ศึกษาถึงผลของผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากเชื้อราในอาหารต่อคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ ที่พบว่าการให้อาหารที่มีข้าวโพดหมัก 10% ส่งผลให้คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่ในด้านกลิ่นและความนุ่มของเนื้อดีขึ้น ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากสารกลุ่มไอโซฟลาโวนที่มีฤทธิ์ทำให้ปริมาณของ MDA (Malondialdehyde) ในเนื้อลดลง (Jiang *et al*. 2007) และอาหารหมักทำให้สาร MDA ในเนื้อลดลง (Drazbo *et al*., 2019; Guo *et al*., 2020) ทำให้ลดการเกิดการเสื่อมสภาพของไขมันในเนื้อ และมีไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในเนื้อสูงขึ้น ซึ่งไขมันในเนื้อส่งผลต่อความนุ่มเนื้อ (Baca *et al*., 2014; Drazbo *et al*., 2019; Jiang *et al*., 2007; Marcincak *et al*., 2018; Wang *et al*., 2009)

การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักไม่ส่งผลต่อจำนวน *Escherichia coli* อย่างไรก็ตาม การใช้ถั่วเหลืองต้มสุกหมักในระดับที่สูงขึ้นทำให้ Lactic acid bacteria สูงขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Kim *et al*. (2016) ได้ศึกษาการใช้กากถั่วเหลืองหมักในอาหารต่อจุลินทรีย์ในไส้ติ่งของไก่เนื้อ ซึ่งพบว่า อาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัสและกากถั่วเหลืองที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัสร่วมกับยีสต์ทำให้มีแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้นและแบคทีเรียกลุ่มคอลิฟอร์มต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัสทำให้มีจำนวนเชื้อบาซิลลัสในลำไส้สูงที่สุด และการศึกษาของ Jeong and Kim (2015) ยังพบว่าการเสริมอาหารเสริมกากถั่วเหลืองหมักนำไปสู่การเพิ่มจำนวนแลคโตบาซิลลัสอุจจาระในลูกสุกรหย่านมด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การหมักถั่วเหลืองนั้นเป็นการช่วยเพิ่มโปรไบโอติกส์และสามารถใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าในการเลี้ยงสัตว์ (Kim *et al*., 2016) อย่างไรตาม แตกต่างจากการศึกษาของ Fujiwara *et al*. (2009) ได้ทำการศึกษาผลของใช้ด้วยจุลินทรีย์บาซิลลัส (*Bacillus sutilis* var. Natto) ของการหมักถั่วเหลืองแบบนัตโตะ (Fermented soybean; FS) ต่อการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วน caecum ซึ่งพบว่า การเสริมถั่วเหลืองหมักแบบนัตโตะไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย และจำนวนแบคทีเรียในลำไส้ส่วน caecum

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก พบว่า ระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นเพิ่มสูง เปอร์เซ็นต์โปรตีนรวม และเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมเพิ่มสูงขึ้นด้วย ระยะเวลาการหมักถั่วเหลืองอินทรีย์ที่เหมาะสมคือ 9 วัน เนื่องจากใช้ระยะเวลาไม่นานและมีคุณค่าทางโภชนะสูง มีปริมาณโปรตีนรวมสูงและเยื่อใยรวมต่ำ

การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทดแทนถั่วอินทรีย์ต้มสุกที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% ในอาหารไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำครั้งนี้ ไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซากของไก่ และจำนวน *Escherichia coli* แต่ส่งผลต่อค่า pH ของเนื้อ ค่าสีของเนื้อ ความนุ่มเนื้อหรือค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และจำนวน Lactic acid bacteria จึงสรุปได้ว่าหากต้องการเน้นด้านสมรรถภาพการเจริญเติบโตนั้นสามารถใช้ได้ทั้งถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักและไม่หมัก แต่หากพิจารณาด้านต้นทุนการผลิตนั้นระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารที่เหมาะสมคือ 25% เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด และหากต้องการปรับปรุงคุณภาพเนื้อที่ดีขึ้นโดยเฉพาะสีและความนุ่มเนื้อควรใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหาร และระดับการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารที่เหมาะสมคือ 75% เนื่องจากทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว สีของเนื้อ และความนุ่มของเนื้อดีขึ้น

บรรณานุกรม

Aguilar, C. N., Augur, C., Favela-Torres, E. and Viniegra-González, G. 2001. Production of tannase by Aspergillus niger Aa-20. In submerged and solid-state fermentation: influence of glucose and tannic acid. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, *26,* 296-302.

AOAC. 1990. **Official methods of analysis association of official analytical chemists**. 15th Edition (Kelrick editor).

Baca, M., Marcincak, S., Ccertik, M., Popelka, P., Marcincakova, D., Guothova, L., Molnar, L., Klempova, T. and Maskalov, I. 2014. Effect of adding pre-fermented cereal product containing gamma-linolenic acid to broiler feed on production indicators and fatty acid profile of chicken breast. **Acta Veterinaria Brno**, 83, 379–384.

Barrows, F. T., Stone, D. A. J. and Hardy, R. W. 2007. The effects of extrusion conditions on the nutritional value of soybean meal for rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)*. **Journal of Aquaculture**, 265, 244-252.

Buwjoom, T., Maneewan, B. and Yamamuchi, K. 2016. **The using of fermented vegetable soybean waste and banana stem in Black-bone chicken diet**. August 22-25. Fukuoka university, Fukuoka, Japan: Asian-Australasian Association of Animal Production Societies Animal Science Congress.

Castellini, C., Mugnai, C. and Dal, B. 2002. Effect of organic production system on boiler carcass and meat quality. **Journal of Meat Science**, 60(3), 219-225.

Chukeatirote, E., Chainun, C., Siengsubchat, A., Moukamnerd, C., Chantawannakul, P., Lumyong, S., Boontin, N. and Thakang, P. 2006. Microbialogical and biochemical changes in Thuo nao fermentation. **Research Journal of Microbiology**, 38-44.

Cruz, Y., C.Kijora, E. Wedler, J.Danier, and C. Schulz. 2011. Fermentation properties and nutritional quality of selected aquatic macrophytes as alternative fish feed in rural areas of the Neotropics. **Livestock Research Rural Development**, 23 (11),1-12.

Dadgar, S., Lee, E. S., Leer, T. L. V., Crowe, T. G., Classen, H. L. and Shand, P. J. 2011. Effect of acute cold exposure, age, sex, and lair-age on broiler breast meat quality. **Journal of Poultry Science**, 90, 444-457.

Drazbo, A., Kozlowski, K., Ognik, K., Zaworska, A. and Jankowski, J. 2019. The effect of raw and fermented rapeseed cake on growth performance, carcass traits, and breast meat quality in turkey. **Journal of Poultry Science**, 98, 6161–6169.

Feng, J., Liu, X., Xu, Z., Liu, J. X. and Lu, Y. P. 2007a. The effect of *Aspergillus oryzae* 3.042 fermented soybean meal on growth performance and plasma biochemical parameter in boiler. **Journal of Animal Feed Science and Technology**, 134(3), 235-242.

Feng, J., Liu, X., Xu, Z., Wang, Y. Z. and Liu, J. X. 2007b. The effect of fermented soybean meal on digestive enzyme activities and intestinal morphology in boiler. **Journal of Poultry Science**, 86(6), 1149-1154.

Fletcher, D. L. 1999. Broiler breast meat color variation, pH, and texture. **Journal of Poultry Science**, 7, 1323-1327.

Francis, G., Makkar, H. P. S. and Becker, K. 2001. Anti-nutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Journal of Aquaculture**, 199, 197-227.

Frias, J., Song, Y. S., Martínez-Villaluenga, C., De Mejia, E. G. and Vidal-Valverde C. 2008. Immunoreactivity and amino acid content of fermented soybean products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.**, 56, 99-105.

Fujiwara, K., Makoto, Y., Hiroyuki, A., Kazuki, N., Yoko, Y., Makoto, O., Yasunobu, O., Yukino, K., Kazuo, N., Atsushi, T., Yuji, M. and Yutaka, N. 2009. Effect of Bacillus subtilis var. natto Fermented Soybean on Growth Performance, Microbial in the Caeca and Cytokine Gene Expression of Domestic Meat Type Chickens. **Journal of Poultry Science**, 46, 116-122.

Guo, S., Yuanke, Z., Qiang, C., Jingyun, X., Yongqing, H., Xiaofeng, W., Encun. D., and Binying, D. 2020. Partial substitution of fermented soybean meal for soybean meal influences the carcass traits and meat quality of broiler chickens. **Journal of Animals**, 10(225), 1-14

Hansen, L., Claudi-Magnussen, C., Jensen, S. K. and Anderson, H. J. 2006. Effect of

organic pig production systems on performance and meat quality. **Journal of Meat Science**, 74(4), 605-615.

Heeok, H., Oliver, D. A., Ki-Hyun, K., Ki-Taeg, N., Jong-Youn, S., Woo-Suk, J., In-Sik, N. and Seong-Gu, H. 2010. The Effects of Dietary Soybean Fermented with Aspergillus oryzae or Bacillus natto on Egg Production and Egg Lipid Composition in Layer. **Korean Journal of Food Science Animal Resource**, 30(4), 609-616.

Hong, K. J., Lee, C. H. and Kim, S. W. 2004. *Aspergillus oryzae* GB-107 fermentation improves nutritional quality of food soybeans and feed soybean meals. **Journal of Medicinal Food**, 7, 403-435.

Ikrang, E. G., Okoko J. U., and Akwa M. M. 2020. Effects of temperature and steeping time on the proximate compositions and selected physical properties of soybean flour. **Nigerian Journal of Technological Development**, 17(1), 40-46.

Inatsu, Y., Nakamura, N., Yuriko, Y., Fushimi, T., Watanasiritu, L. and Kawamoto, S. . 2006. Charaterization of Bacillus Subtilis strains in Thua nao, a traditional fermented soybean food in northern Thailand. **Journal of Applied Microbiology**, 43, 237-242.

Jeong, J. S. and Kim, I. H. 2015. Comparative efficacy of up to 50% partial fish meal replacement with fermented soybean meal or enzymatically prepared soybean meal on growth performance, nutrient digestibility and fecal microflora in weaned pigs. **Animal Science Journal**, 86, 624-633.

Jiang, Z. Y., Jiang, S. Q., Lin, Y. C., Xi, P. B., Yu, D. Q. and Wu, T. X. 2007. Effects of soybean isoflavone on growth performance, meat quality, and antioxidation in male broilers. **Journal of Poultry Science**, 86, 1356-1362.

Kim, M. H., Yun, C. H., Kim, H. S., Kim, J. H., Kang, S. J., Lee, C. H., Ko, J. Y. and Ha, J. K. 2010. The Effect of Fermented Soybean Meals on Growth Performance, Diarrheal Incidence and Immune-Response of Neonatnal Calve. **Journal of Animal Science**, 81(14), 475-481.

Kim, S. K., Kim, T. H., Lee, S. K., Chang, K. H., Cho, S. J., Lee, K. W. and An, B. K. 2016. The Use of Fermented Soybean Meals during Early Phase Affects Subsequent Growth and Physiological Response in Broiler Chickens. **Asian-Australas Journal of Animal Science**, 29(9), 1287-1293.

Lee, Dan-Won., Shin, Jin-Ho., Park, Jung-Min., Song, Jae-Chul., Suh, Hyung-Joo., Chang, Un-Jae., An, Byoung-Ki., Kang, Chang-Won. and Kim, Jin-Man. 2010. Growth performance and meat quality of broiler chicks fed germinated and fermented soybeans. **Korean Journal of Food Science Animal Resource**, 30, 938-945.

Lestienne, I., Icard-Verniere, C., Mouquet-Rivier, C. and Picq, C. 2005. Effects of soaking whole cereal and legume seeds on iron, zinc and phytate content. **Journal of Food Chemistry**, 89, 421- 425.

Liu, X., Feng, J., Xu, Z., Lu, Y. and Liu, J. X. 2007. The effect of the fermented soybean meal on growth performance and immune characteristics in weaned piglets. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Science**, 31(5), 341-345.

Iwai, K., N. Nakaya, Y. Kawasaki, and H. Matsue. 2002. Inhibitory effect of natto, a kind of fermented soybeans, on LDL oxidation in of natto, a kind of fermented soybeans, on LDL oxidation in vitro. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, 50, 3592-3596.

Marcincak, S., Klempova, T., Bartkovský, M., Marcincakova, D., Zdolec, N. and Popelka, P. 2018. **Effect of fungal solid-state fermented product in broiler chicken nutrition on quality and safety of produced breast meat**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://doi.org/10.1155/2018/2609548

Mathivanan, R., Selvaraj, P. C. and Nanjappan, K. 2006. Feeding of Fermented Soybean Meal on Broiler Performance. **International Journal of Poultry Science**, 5(9), 868-872.

Mukherjee R., Chakraborty R., and Dutta A. (2016). Role of Fermentation in Improving Nutritional Quality of Soybean Meal - A Review. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, 29(11), 1523-1529.

Norton, G. 1991. Proteinase inhibitors. **Journal of the Royal Society of Chemistry**, 68–106.

Olsson, V., Anderson, K., Hansson, I. and Ludstrom, K. 2003. Differences in meat qullity between organically and conventionally produced pigs. **Journal of Meat Science**, 64(3), 287-297

Panya, K., Joomwong, A., Khongbuntad, W. and Maneewan, B. 2020. Effect of fermented boiled organic soybean in diet on carcass composition and meat

quality of broiler chickens. **International Scientific Journal of Engineering and Technology**, 4(1), 6-11.

Penalvo, J. L., Castilho, M. C., Silveira, M. I. N., Matallana, M. C. and Torija, M. E. 2004. Fatty acid profile of traditional soymilk. **Journal of Europe Food Research Technology**, 219, 251-253.

Poysa, V. and L. Woodrow. 2002. Stability of soybean seed composition and its effect on soymilk and tofu yield and quality. **Journal of Food Research international**, 35, 337-345.

Promkot, C., Nitipot, P., Piamphon, N., Abdullah, N. and Promkot, A. 2016. Cassava root fermented with yeast improved feed digestibility in Brahman beef cattle. **Journal of Animal Production Science**, 57(8), 1613-1617

Saad, A., Naji.,, Al-Zamili, I. F.B., Hasan, S. A. Jawad. and Al-Gharawi, J. K. M. 2016. The effects of fermented feed on broiler production and intestinal morphology. **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science**, 39, 597-607.

Saidu, J. E. P. 2005. **Development, Evaluation and Characterization of Protein-Isoflavone Enriched Soymilk**. Ph.D. Philosophy. Louisiana State University, United State America.

Soetan, K. O. and Oyewale, O. E. 2009. The need for adequate processing to reduce anti-nutritional factor in plants used as human foods and animals feeds: A review. **African Sournal of Food Science**, 3, 223-232.

Steel R. G, Torrie, J. H., and Dickey, D. A. 1997. **Principles and Procedures of Statistics: A Biological Approach**. McGraw-Hill.

Suppadit, T., Sangla, L. and Pintasean, S. 2008. A study on production processes and quality of fermented soybean (Thua–Nao) in the upper north of Thailand. **Journal of Environmental Management**, 4, 29-37.

Tuleun, C. D., Adenko, A.Y. and Orayaga, K. T. 2011. Naturally fermented mucuna seed meal based diets: effect on performance and carcass characteristics of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research** 4, 50-55.

Wang, G., Zheng, J. X., Hou, Z. C., Qu, L. J., Yang, N. and Xu, G. Y. 2009. Comparison study on meat quality of AA broilers and Beijing fatty chickens. **China Poultry Journal**, 31, 11-18.

Zamora, R. G. and Veum, T. L. 1979. The nutritive value of dehulled soybeans fermented with Aspergillus oryzae or Rhizopus oligosporus as evaluated by rats. **Journal of Nutrition**, 109(7), 1333-1339.

กรมปศุสัตว์. 2550. การเลี้ยงไก่พื้นเมือง. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมปศุสัตว์. 2553. การเลี้ยงไก่อินทรีย์แบบปล่อย. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554. เกษตรอินทรีย์ เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กองโภชนาการ. 2530. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงสาธารณสุข.

กองอาหารสัตว์. 2538. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง 2538. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

คณะกรรมการพัฒนาเกษตรอินทรีย์แห่งชาติ. 2560. ยุทธศาสตร์การพัฒนาเกษตรอินทรีย์ แห่งชาติพ.ศ. 2560 – 2564. กรุงเทพมหานคร: คณะกรรมการพัฒนาเกษตรอินทรีย์แห่งชาติ

คำพัน ปัญญา อดิศักดิ์ จูมวงษ์ บัวเรียม มณีวรรณ์ และวาที คงบรรทัด. 2562. ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและองค์ประกอบเลือดของไก่เนื้อ. 12 กุมภาพันธ์. สุรินทร์: การประชุมวิชาการระดับชาติราชมงคลสุรินทร์

เทคโนโลยีเกษตร. 2561. ปลูกถั่วเหลืองอินทรีย์หลังนาที่กาฬสินธุ์ ได้ขายเมล็ดถั่วเหลือง ได้ปุ๋ยพืชสดบำรุงดินเพิ่มผลผลิตข้าว. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_82378

ธิดารัตน์ จันทร์ดอน. 2561. ถั่วเหลือง...ธัญพืชเพื่อสุขภาพ. รอบรู้เรื่องสมุนไพร, 1-3.

ปฏิภาณ หน่อแก้ว และ เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ. 2562. ผลของการเสริมแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกต่อคุณค่าทางโภชนะของเปลือกซังข้าวโพดร่วมกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ระยะการหมักต่างๆ. แก่นเกษตร, 47(ฉบับพิเศษ 2), 747-752

ประภากร ธาราฉาย. 2560. พันธุ์และการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ปีก. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ประภาศ โศลกพันธ์รัตน์. 2553. การเพาะเลี้ยงยีสต์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://homekku.ac.th/pracha/yeast.htm

พรดรัล จุลกัลป์ และธนพล กิจพจน์. 2556. การผลิตเทมเป้ถั่วเหลืองด้วยผงกล้าเชื้อ Rhizopus oligoporus TISTR 3098 ในห้องปฏิบัติการ. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ, 14(1), 32 – 41.

พัทธินันท์ วาริชนันท์. 2555. ถั่วเน่า: ถั่วเหลืองหมัก โภชนาการสูงภูมิปัญญาชาวบ้านทางภาคเหนือ

ของไทย. วารสารวิชาการ, 42:41-46.

ภัทรพร ทัศพงษ์. 2556. การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Ruminants Production) พิษณุโลก: คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภาณุวรรณ จันทวรรณกรู คะนึงกานต์ กลั่นบุศย์ อัญชลี อ่อนเจริญ และสายสมร ลำยอง. 2543. ถั่วเน่าอาหารพื้นบ้านในภาคเหนือ. เชียงใหม่: รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภาณุวรรณ จันทวรรณกรู พรชัย ราชตนะพันธุ์ และพันพงศ์ เลขะกุล. 2553. การพัฒนาถั่วเหลืองพื้นบ้านของ ภาคเหนือสู่ตลาดมาตรฐานสากล. เชียงใหม่: รายงานฉบับสมบูรณ์, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ภานุพงศ์ จีระธรรมเสถียร สุภาพร อิสริโยดม อำนวย เลี้ยวธารากุล และนวลจันทร์ พารักษา. 2560. ผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองประดู่หางดำเชียงใหม่. แก่นเกษตร, 45(3), 497-504.

มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี พรพรรณ แสนภูมิ วรางคณา กิจพิพิธ และกฤติยา เลิศชุณหะเกียรต. 2562. การศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเปลือกสับปะรดโดยใช้ยีสต์และบาซิลัสซับติลิสเพื่อพัฒนาเป็นอาหารสัตว์. แก่นเกษตร, 4(ฉบับพิเศษ 1), 80-86.

วนิดา ชารีมุ้ย ชัยรัตน์ ตั้งดวงดี และโชติกา วิริยะรัตนศักดิ์. 2561. ประสิทธิผลการกะเทาะเปลือกและคุณสมบัติของแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มที่เป็นผลจากการให้ความร้อน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49(1), 96–112.

วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงสวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ. 2559. สภานภาพความมั่นคงทางอาหาร ปี 2559. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.biothai.net/sites/default/files/food_conference2559_speaker/2016_foods

เสมอใจ บุรีนอก คาสอน สีสะอาด วรางคณา หอมไสย ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส เฉลิมพล เยื้องกลาง และ ไกรสิทธิ วสุเพ็ญ. 2554. คุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนะของหญ้ากินนีสีม่วงและถั่วอาหารสัตว์หมัก: แก่นเกษตร, 39, 137-146

สมร พงค์สุรินทร์. 2555. การศึกษากระบวนการหมักวัสดุเศษเหลือทางการเกษตรและการใช้ในสูตรอาหารไก่พื้นเมืองในเขตเทศบาล ตำบลแม่แฝก จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่.

สัญชัย จตุรสิทธา อภิรักษ์ เพียรมงคล และ อำนวย เลี้ยวธารากุล. 2555. โครงการ คุณภาพเนื้อ กลิ่นและรสชาติของไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ 1. กรุงเทพมหานคร: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

สัญชัย จตุรสิทธา ศุภฤกษ์ สายทอง อังคณา ผ่องแผ้ว ทัศนีย์ อภิชาติสรางกูร และอำนวย เลี้ยวธารากุล. 2546. คุณภาพซากและเนื้อของไก่พื้นเมืองและสายพันธุ์ลูกผสม 4 สายพันธุ์. กรุงเทพมหานคร: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สาโรช ค้าเจริญ. 2547. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุลิพง ขุนทะวง จำรูญ มณีวรรณ บัวเรียม มณีวรรณ์ และ จฬากร ปานะถึก. 2562. ผลของการใช้ผักโขม (*Amaranthus spinosus* L.) ที่มีการปรับปรุงคุณภาพโดยการเสริมด้วยเอนไซม์ย่อยเยื่อใยหรือการหมักต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรพันธ์ราดในระยะหย่านมถึงรุ่น: แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ 1) : 47, 764-768

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ รายงานประจำปี 2556. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.oae.go.th/view /1/เอกสารเผยแพร่ย้อนหลัง/ TH-TH

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ รายงานประจำปี 2560. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.oae.go.th/view /1/เอกสารเผยแพร่ย้อนหลัง/ TH-TH

อัญชรินทร์ สิงห์คำ และ ทศพร นามโฮง. (2547). เคมีอาหาร. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://courseware.rmutl.ac.th/courrses/103/unit903.html.

อภิพรรณ พุกภักดี. 2546. ถั่วเหลือง: พืชทองของไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาณดี นิติธรรมยง และประไพศรี ศิริจักรวาล. 2543. ถั่วเหลืองกับสุขภาพ. กรุงเทพมหานคร: สถาบันค้นคว้าอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อารีย์ วรัญญูวัฒก์. 2544. ถั่วเหลือง ถั่วลิสง และละหุ่ง. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์โชติวงศ์.

อำนวย เลี้ยวธารากุล ปราณี รอดเทียม ชัยโรจน์ โพธิ์เจริญ และสุวิทย์ โชตินันท์. 2555. การพัฒนาระบบการผลิตไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่สู่อาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภค. กรุงเทพมหานคร: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

อำนวย เลี้ยวธารากุล และอรอนงค์ เลี้ยวธารากุล. 2550. การสร้างฝูงไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ. กรุงเทพมหานคร: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะด้วยวิธี Proximate analysis

วิธีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะด้วยวิธี Proximate analysis

การเตรียมตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์ใช้ตัวอย่างประมาณ 500 – 1000 กรัม มาบดผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร แล้วผสมให้เข้ากันแล้วนำไปวิเคราะห์

การวิเคราะห์หาความชื้น (AOAC, 1998)

1. นำจานอะลูมิเนียม ไปอบที่ 100 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วนำเอามาชั่งและจดบันทึก
2. ตักตัวอย่างอาหารใส่จานอะลูมิเนียม ประมาณ 2 - 3 กรัม ชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึก
3. นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. ครบกำหนดแล้วทิ้งไว้ประมาณ 30 นาทีและบันทึกน้ำหนักไว้

การวิเคราะห์หาเถ้า (AOAC, 1998)

1. นำถ้วยกระเบื้องเผาที่มีอุณหภูมิ 600 °C เป็นเวลา 30 นาทีแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
2. นำถ้วยกระเบื้องที่เผาเสร็จทิ้งไว้ให้เย็นลงสักครู่แล้วนำไปตั้งทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วนำเอาไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้
3. ตักตัวอย่างใส่ในถ้วยกระเบื้อง 2 - 3 กรัม แล้วชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้
4. นำถ้วยกระเบื้องพร้อมตัวอย่างไปเผาบนแผ่นความร้อนในตู้ควันจนกระทั่งหมดควัน
5. นำตัวอย่างไปเผาที่มีอุณหภูมิ 600 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นลงสักครู่แล้วนำไปตั้งทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้

เถ้าที่ไม่ละลายในกรดและเถ้าที่ละลายในกรด (AOAC, 1990)

1. นำถ้วยกระเบื้องที่ได้จากการหาเถ้า มาแล้วหยดน้ำกลั่นลงไป 2 - 3 หยด
2. ถ่ายเถ้าลงในบีคเกอร์แล้วล้างด้วย 10% (v/v) HCl 25 มิลลิลิตร
3. นำไปต้ม เมื่อสารละลายเดือดทำการจับเวลาประมาณ 5 นาที
4. กรองสารละลาย โดยใช้กระดาษกรองที่ไม่มีเถ้าและใช้น้ำกลั่นร้อนล้างตะกอนในบีคเกอร์ลงบนกระดาษกรอง
5. เติมน้ำกลั่นลงในขวดวัดปริมาตรจนได้ 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นหรือในที่มืดและเย็น เพื่อเก็บเอาไว้วิเคราะห์หาแคลเซียมและฟอสฟอรัสต่อไป
6. นำกระดาษกรองพร้อมตะกอนที่กรองได้ใส่ในถ้วยกระเบื้องใบเดิม แล้วนำเอาไปเผาในเตาตามวิธีวิเคราะห์หาเถ้าทั้งหมดแล้วนำมาคำนวณ

การวิเคราะห์หาแคลเซียม (AOAC, 1998)

1. นำตัวอย่างที่ได้จากการวิเคราะห์เถ้าที่ละลายในกรดมาทำต่อ
2. ดูดสารละลายมา 25 มิลลิลิตร
3. เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติม Methyl red 2 หยด

4. เติม NH_4OH (1+1) ทีละหยดจนได้ pH ประมาณ 5.6

5. เติม HCL (1+3) 2 หยด สีส้มจะเปลี่ยนกลับเป็นสีชมพู

6. เติมน้ำกลั่นลงไปจนได้ปริมาตร 150 มิลลิลิตร นำไปต้ม แล้วเติมแอมโมเนียมอ๊อกซาเลท $(NH_4)_2C_2O_4$) จำนวน 10 มิลลิลิตร

7. เติม HCL (1 + 3) ทีละหยดจนเปลี่ยนไปเป็นสีชมพู

8. ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้ตกตะกอน

9. นำเอาไปกรองด้วยกระดาษ และล้างตะกอนด้วย NH_4OH (1+50)

10. ล้างกระดาษกรองด้วย H_2SO_4 เจือจางแล้วใช้น้ำกลั่นที่ร้อนล้างอีกครั้ง

11. เติมน้ำกลั่น 125 มิลลิลิตร และ H_2SO_4 เข้มข้น 5 มิลลิลิตร จำนวน 130 มิลลิลิตร

12. นำไปตั้งบนแผ่นความร้อนจนอุณหภูมิประมาณ 70 °C แล้วนำเอาไปไตเตรทด้วยสารละลาย Potassium permanganate 0.1 N จนได้สีชมพู

การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส (AOAC, 1998)

1. ดูดสารละลายที่ได้จากการวิเคราะห์เถ้า 5 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท 1 มิลลิลิตร เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 15 วินาที

3. เติมสารละลายไฮโดรควิโนน 1 มิลลิลิตร เขย่า

4. เติมสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 1 มิลลิลิตร เขย่า

5. ปรับปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ปิดฝาเขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

6 .นำหลอดตัวอย่างไปวัดค่า % transmittance จากเครื่อง spectrophotometer ที่ 400 nm. แล้วนำเอาไปอ่านค่าในกราฟมาตรฐาน โดยสารละลายมาตรฐานสำหรับทำกราฟมาตรฐาน มีดังนี้

6.1 ดูดสารละลายมาตรฐานมา 1, 3, 5 และ 7 มิลลิลิตร จะมีฟอสฟอรัส 0.025, 0.075, 0.125 และ 0.175 มิลลิกรัม

6.2 ทำการวิธีการในข้อ 2 - 5

6.3 นำค่าที่อ่านได้ไปเขียนบนกราฟ โดยใช้ค่า % transmittance อยู่บนแกน Y และค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสอยู่บนแกน Y โดยใช้กระดาษ Semi-logarithmic

การวิเคราะห์หาโปรตีน (AOAC, 1998)

1.การย่อย (Digestion) เป็นขั้นตอนแรกที่นำตัวอย่างอาหารมาย่อยด้วยกรดกำมะถันเข้มข้น เป็นผลให้ไนโตรเจนทั้งหมดที่มีในอาหารเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต

2. การกลั่น (Distillation) เป็นการไล่แก๊สแอมโมเนียออกจากแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้ด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมในตัวอย่างอาหารที่ย่อยแล้ว แอมโมเนียจะถูกกลั่นออกมาทำปฏิกิริยากับกรดมาตรฐานที่มีจำนวนเกินพอ

3. การไตรเตรท (Titration) เพื่อคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในอาหาร ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนไตรเตรท

การวิเคราะห์หาไขมัน (AOAC, 1998)

1. นำขวดก้นแบนแล้วนำเอาไปเข้าตู้อบที่มีอุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2. นำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำเอาไปชั่งและจดบันทึกไว้

3. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม จดน้ำหนักตัวอย่างและห่อตัวอย่างใส่ลงใน Thimble แล้วปิดด้วยสำลี

4. นำ Thimble ไปใส่ใน Soxhlet

5. ต่อ Soxhlet เข้ากับเครื่องควบแน่น

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

7. เปิดน้ำผ่านเครื่องควบแน่น โดยให้อุณหภูมิระหว่างการสกัดประมาณ 35 - 38 °C ประมาณ 4 ชั่วโมง

8. ค่อยๆถ่ายสารละลายออกจาก Soxhlet ออก

9. นำขวดก้นแบนไปใส่ในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำเอาออกมาตั้งทิ้งให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้

การวิเคราะห์หาเยื่อใย (AOAC, 1998)

1. นำตัวอย่างอาหารที่ผ่านการวิเคราะห์หาไขมันมาแล้วหรือชั่งตัวอย่างใหม่ให้ได้จำนวนที่แน่นอนประมาณ 2 - 3 กรัม

2. เติมกรดซัลฟูริค 1.25% (w/v) จำนวน 200 มิลลิลิตรแล้วนำเอาไปต่อเข้ากับชุดควบแน่นของเครื่องย่อยและทำการต้มให้เดือด ถ้ามีฟองเกิดขึ้นให้เติม Antifoam 1 หยด ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที

3. นำเอาไปกรองตะกอนด้วยผ้าลินินบน Buchner funnel ที่ต่อกับขวดกรองและเครื่องดูดสุญญากาศ ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นร้อนจนสภาพความเป็นกรดหมดไป

4. ถ่ายตะกอนใส่ในบีคเกอร์ใบเดิม เติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25% (w/v) จำนวน 200 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที

5. ล้างตะกอนด้วยแอลกอฮอล์หรืออะซีโตน ประมาณ 20 - 25 มิลลิลิตร

6. ถ่ายตะกอนใส่ใน Crucible ในตู้อบที่ 100 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

7. นำเอา Crucible ออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วนำเอาไปชั่งน้ำหนักไว้

8. เอาไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 ± 15 °C เป็นเวลา 30 นาทีและนำเอาไปตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถอบแห้ง แล้วนำเอาไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

ภาคผนวก ข

ตารางการแยกเพศไก่ก่อนการทดลองและราคาวัตถุดิบ

ตารางภาคผนวกที่ 1 การแยกเพศไก่ก่อนทดลอง

ไก่ทั้งหมด 180ตัว เพศผู้ 75 เพศเมีย 105 ตัว (ไก่ที่แถมมาอีก 3 ตัว ผู้1 เมีย 2ตัว)

T3R3	T2R3	T1R3	T4R3	T5R3
เพศผู้ 6 เมีย 6	**เพศผู้ 4 เมีย 8**	**เพศผู้ 6 เมีย 6**	**เพศผู้ 4 เมีย 8**	**เพศผู้ 6 เมีย 6**
T5R2	T4R2	T3R2	T2R2	T1R2
เพศผู้ 4 เมีย 8	**เพศผู้ 6 เมีย 6**	**เพศผู้ 4 เมีย 8**	**เพศผู้ 6 เมีย 6**	**เพศผู้ 4 เมีย 8**
T1R1	T2R1	T3R1	T4R1	T5R1
เพศผู้ 5 เมีย 7	**เพศผู้ 5 เมีย 7**	**เพศผู้ 5 เมีย 7**	**เพศผู้ 5 เมีย 7**	**เพศผู้ 5 เมีย 7**

ตารางภาคผนวกที่ 2 ราคาวัตถุดิบที่ใช้

วัตถุดิบ	**ปริมาณที่ใช้ (กิโลกรัม)**	**ราคา/กิโลกรัม(บาท)**
ข้าวโพด	736.99	11
ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้ม	151.76	32
ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก	142.40	32.86
หินฝุ่น	3.75	2.5
ไดแคลเซียม	27.07	13
เกลือป่น	5.35	6
Premix ไก่ไข่	2.68	69

ภาคผนวก ค

ภาพการปฏิบัติการทดลอง

การปฏิบัติการทดลอง

การแช่ถั่วเหลืองอินทรีย์

ถั่วเหลืองอินทรีย์ที่แช่แล้ว

การต้มถั่วเหลืองอินทรีย์

การผึ่งถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกให้เย็น

การผสมน้ำตาลเกลือกับถั่วเหลืองอินทรีย์

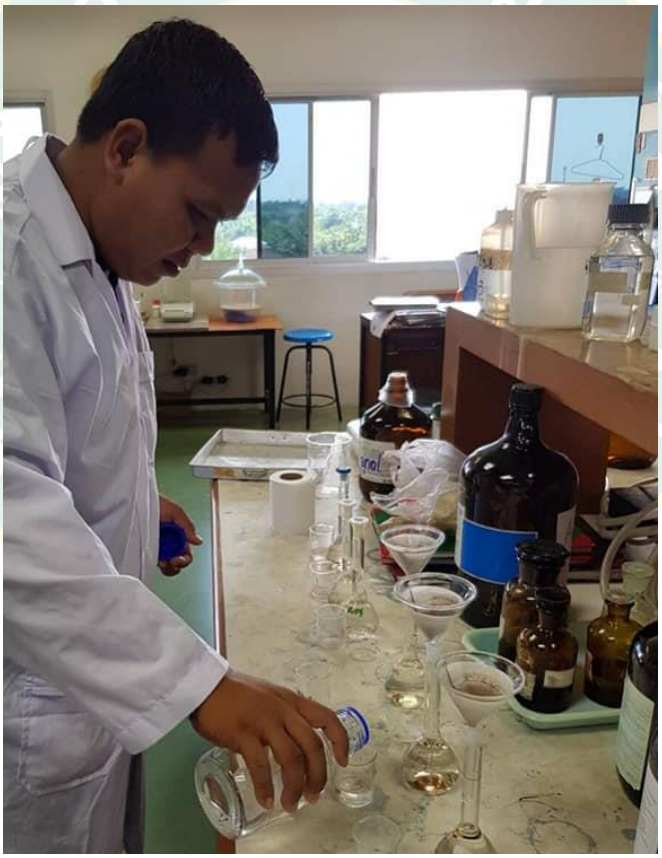
ถั่วเหลืองอินทรีย์ที่ผสมแล้ว

ถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก

ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักอบแห้ง

การบดถั่วเหลืองอินทร์ก่อนนำไปผสมในอาหาร

ถั่วเหลืองอินทรีย์ที่บดแล้ว



การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์

อาหารทดลองที่ผสมแล้ว

การเตรียมคอกก่อนการทดลอง

การให้น้ำ อาหารและแสงสว่างไก่ระยะเล็ก

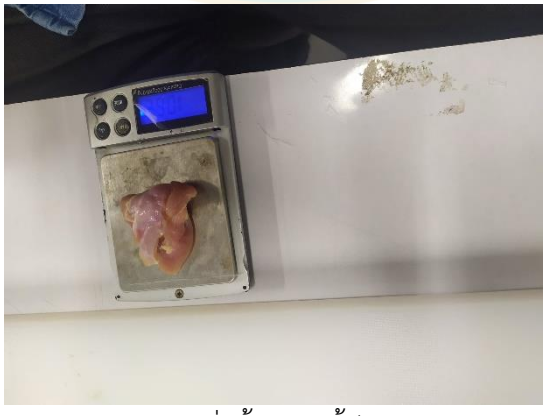
การให้น้ำ อาหารและแสงสว่างตอนกลางวัน

การร่อนแกลบออกจากอาหาร

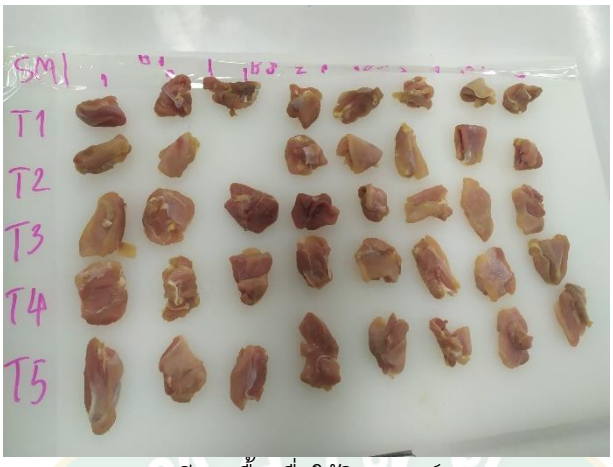
การให้อาหารไก่ระยะขุน

การชั่งน้ำหนักไก่แต่ละสัปดาห์

การชำแหละไก่เพื่อประเมินลักษณะซาก



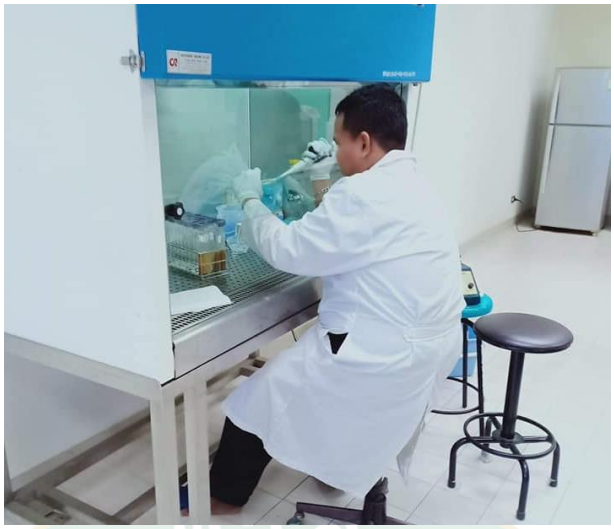
การชั่งน้ำหนักเนื้อไก่



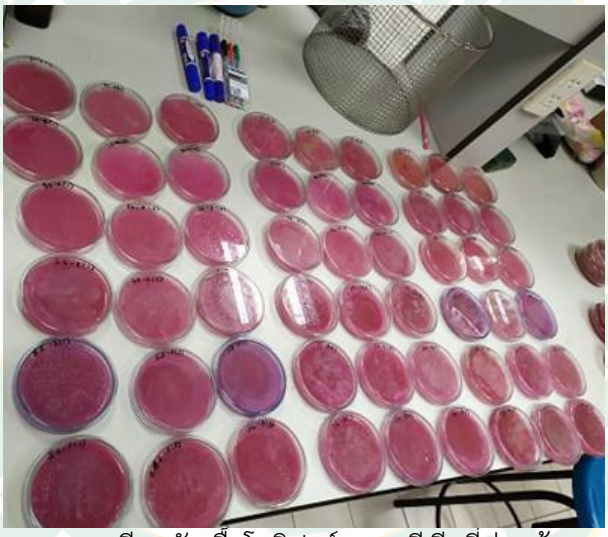
การเตรียมเนื้อเพื่อใช้วิเคราะห์

การเตรียมเนื้อเพื่อวัดค่าการสูญเสียน้ำจากการต้ม

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ



การเพาะเลี้ยงเชื้อ



การเตรียมนับเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่บ่มแล้ว

การเตรียมนับเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่บ่มแล้ว

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	Mr. Samlarn Kasyxongdeth
เกิดเมื่อ	07 August 2534
ประวัติการศึกษา	Graduated bachelor degree from Savannakhet University Lao. P.D.R. in 2014 majoring Animal Science and General English Language
ประวัติการทำงาน	work at Faculty of Agriculture and Environment , Savannakhet University Lao P.D.R from 2014 until 2018