ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ค่าโลหิตวิทยา คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ

Khamphanh Panya

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ค่าโลหิตวิทยา คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ

Khamphanh Panya

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพ การเจริญเติบโต ค่าโลหิตวิทยา คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ

Khamphanh Panya

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร

พิจารณาเห็นชอบโดย อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ จูมวงษ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

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

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วาที คงบรรทัด)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลินดา อริยเดช)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

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

ชื่อเรื่อง ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพ การเจริญเติบโต ค่าโลหิตวิทยา คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ

ชื่อผู้เขียน Mr.Khamphanh Panya

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ จูมวงษ์

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต โลหิตวิทยา คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ ใช้ไก่เนื้อทางการค้าจำนวน 234 ตัว ที่อายุ 1 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วยอาหารทดลอง 6 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 13 ตัว ดังนี้ อาหารควบคุม อาหารควบคุมที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% ตามลำดับ แต่ละกลุ่มทดลองได้รับอาหารและน้ำแบบเต็มที่ ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ศึกษาประกอบด้วย สมรรถภาพการเจริญเติบโต โลหิตวิทยา คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มด้วย Duncan’s New Multiple Range Test ผลการศึกษาพบว่า การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับในอาหารทำให้สมรรถภาพการเจริญเติบโตลดลง ($P<0.05$) ในไก่เนื้อระยะเล็ก และทำให้ปริมาณการกินอาหารได้ลดลง ($P<0.05$) ตลอดการทดลองในไก่เนื้อระยะรุ่น ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอสิโนฟิลและเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ลดลง ($P<0.05$) การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับในอาหารทำให้เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง เปอร์เซ็นต์เนื้ออกนอกและเปอร์เซ็นต์เนื้ออกลดลง ($P<0.05$) นอกจากนี้ การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารยังส่งผลต่อค่า pH ของเนื้อ, ค่าสีของเนื้อ และค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ ($P<0.05$)

คำสำคัญ : ไก่เนื้อ, ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก, สมรรถภาพการเจริญเติบโต, คุณภาพซาก, คุณภาพเนื้อ

Title EFFECTS OF FERMENTED ORGANIC SOYBEAN IN DIET ON GROWTH PERFORMANCE, HEMATOLOGY, CARCASS QUALITY, AND MEAT QUALITY OF BROILER CHICKENS

Author Mr. Khamphanh Panya

Degree Master of Science in Agricultural Interdisciplinary

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Adisak Joomwong

ABSTRACT

This study investigated the effects of fermented organic soybeans in diets on growth performance, hematology, carcass and meat quality of boiler chickens. Two hundred-thirty four of commercial boiler chickens about one day aged, each were used. The experiment was completely randomized design composing of 6 groups. Each group was distributed into three replicates with thirteen broilers per replicate. They are contained control diet group, control diet replaced with boiled organic soybean diet replaced with fermented of boiled organic soybean at 25, 50, 75 and 100% respectively. Feeding and water was provided *ad libitum* for 7 weeks. All data of growth performance, hematology, carcass and meat quality were analyzed by Analysis of Variance. Differences among means were separated according to the method of Duncan's New Multiple Range Test. The results found that the boiled organic soybeans and fermented organic boiled soybeans in diets decreased the growth performance in starter period ($P<0.05$) and feed intake in grower period ($P<0.05$) and overall period. Beside the percentage of eosinophil and lymphocyte was decreased. The fermented of each fermented organic boiled soybeans in diets cause decreased percentage of hot carcass, dressing, loins and tender loins ($P<0.05$). Therefore, the fermented organic boiled soybean also affects the pH, color and shear force of the meat ($P<0.05$).

Keywords : Broiler chicken, Fermented of boiled organic soybean, Growth performance, Carcass quality, Meat quality

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นรูปเล่มสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาในการให้คำแนะนำ คำปรึกษา และการช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ จูมวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัวเรียม มณีวรรณ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.วาที คงบรรทัด อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งให้คำแนะนำในการดำเนินงานทดลอง การวางแผนการทดลอง แนวทางในการดำเนินงานทดลอง แนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินงานทดลอง ตลอดจนการตรวจสอบและการแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและชี้แนะถึงแนวทางในการแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมการเกษตร และคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนส่วนหนึ่งในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณโครงการอาหารสัตว์อินทรีย์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนวัตถุดิบอาหารสัตว์เพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณหัวหน้าห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่ในคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้การช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการดำเนินงานต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดี

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณมารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าตลอดมาเป็นอย่างสูงที่คอยเป็นกำลังใจ สนับสนุนทุนการศึกษา และทุนในงานวิจัยของข้าพเจ้าตลอดมา ขอขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อนและรุ่นน้องทุกคนที่คอยให้คำปรึกษา ให้กำลังใจ และช่วยเหลือกันด้วยดีตลอดมา

Khamphanh Panya

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญตารางภาคผนวก ..... ฎ

สารบัญภาพภาคผนวก ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1

วัตถุประสงค์ 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

ขอบเขตการวิจัย 5

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 6

ถั่วเหลือง 6

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับถั่วเหลือง 7

การใช้ประโยชน์จากถั่วเหลืองเป็นอาหารสัตว์ 8

เมล็ดถั่วเหลือง 9

องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลือง 9

สารพิษและสารต้านการใช้ประโยชน์ที่ได้ทางโภชนะในเมล็ดถั่วเหลือง 12

การกำจัดสารพิษจากถั่วเหลือง 14

การกำจัดสารพิษจากถั่วเหลืองด้วยวิธีการให้ความร้อน 14

การกำจัดสารพิษจากถั่วเหลืองด้วยวิธีการหมัก 15

ถั่วเหลืองอินทรีย์....16
การปรับปรุงคุณภาพถั่วเหลืองโดยกระบวนการหมัก....17
การเลี้ยงไก่เนื้อ....19
การให้อาหารไก่เนื้อ....21
สมรรถภาพการเจริญเติบโต....21
คุณภาพซาก....22
คุณภาพเนื้อ....22
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....22
การใช้กากถั่วเหลืองหมักในอาหารไก่เนื้อ....22
การใช้ถั่วเหลืองหมักในอาหารไก่เนื้อ....24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....26
สถานที่การทำวิจัย....26
ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย....26
วัสดุและอุปกรณ์การดำเนินการวิจัย....26
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน....26
สัตว์ทดลองและแผนการทดลอง....28
อาหารทดลอง....28
วิธีการเก็บข้อมูล....31
สมรรถภาพการเจริญเติบโต....31
การศึกษาค่าทางโลหิตวิทยา....32
การศึกษาคุณภาพซากของไก่เนื้อ....32
การศึกษาคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ....32
วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล....33
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล....34

สมรรถภาพการเจริญเติบโต....34
น้ำหนักตัวของไก่เนื้อ....34
ปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่เนื้อ....35
อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของไก่เนื้อ....37
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ....38
อัตราการเลี้ยงรอด....39
ค่าโลหิตวิทยา....40
คุณภาพซาก....41
คุณภาพของเนื้อ....44
วิจารณ์ผลการทดลอง....47
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง....49
สรุปผลการทดลอง....49
ข้อเสนอแนะ....52
บรรณานุกรม....53
ภาคผนวก....56
ภาคผนวก ก ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน....57
ภาคผนวก ข ภาพประกอบในการทำวิจัย....75
ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย....83
ประวัติผู้วิจัย....84

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับถั่วเมล็ดแห้งชนิดอื่น ๆ.....9
ตารางที่ 2 กรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ในถั่วเหลือง แป้งถั่วเหลือง อาหารข้น และส่วนที่แยกออกเป็นอิสระ (isolates) เมื่อเทียบกับปริมาณองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) กำหนดเป็นมาตรฐานของอาหารที่มีคุณภาพดี.....11
ตารางที่ 3 ส่วนประกอบวัตถุดิบและค่าโภชนะของอาหารไก่เนื้อระยะเล็ก (อายุ 0-3 สัปดาห์).....29
ตารางที่ 4 ส่วนประกอบวัตถุดิบและค่าโภชนะของอาหารไก่เนื้อระยะรุ่น (อายุ 3-6 สัปดาห์).....30
ตารางที่ 5 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในไก่เนื้อ (กรัม/ตัว/วัน).....35
ตารางที่ 6 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่อปริมาณอาหารที่กินในไก่เนื้อ (กรัม/ตัว/วัน).....37
ตารางที่ 7 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่ออัตราการเจริญเติบโตในไก่เนื้อ.....38
ตารางที่ 8 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ.....39
ตารางที่ 9 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่ออัตราการเลี้ยงรอดของไก่เนื้อ.....40
ตารางที่ 10 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่อค่าโลหิตวิทยาของไก่เนื้อ.....41
ตารางที่ 11 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่อองค์ประกอบของซากของไก่เนื้อ.....43
ตารางที่ 12 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่อคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ.....45
ตารางที่ 13 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่อคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ.....46
ตารางที่ 14 การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่เนื้อสายพันธุ์การค้าต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตทั้งในไก่เนื้อระยะเล็กและระยะรุ่น.....49
ตารางที่ 15 การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่เนื้อสายพันธุ์การค้าต่อองค์ประกอบซาก (เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ตัดแต่ง เปอร์เซ็นต์เนื้ออกนอก เปอร์เซ็นต์เนื้ออกใน และเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง).....50
ตารางที่ 16 การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่เนื้อสายพันธุ์การค้าต่อคุณภาพเนื้อ (ค่า pH ของเนื้อ ค่าสีของเนื้อ และค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ).....51

สารบัญตารางภาคผนวก

หน้า

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวเริ่มต้น.....58
ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวสุดท้าย (อายุ 3 สัปดาห์).....58
ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (อายุ 3 สัปดาห์).....58
ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ปริมาณอาหารที่กิน (อายุ 3 สัปดาห์).....58
ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (อายุ 3 สัปดาห์).....59
ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (อายุ 3 สัปดาห์).....59
ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวสุดท้าย (อายุ 4-7 สัปดาห์).....59
ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (อายุ 4-7 สัปดาห์).....59
ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ปริมาณอาหารที่กิน (อายุ 4-7 สัปดาห์).....60
ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (อายุ 4-7 สัปดาห์).....60
ตารางภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (อายุ 4-7 สัปดาห์).....60
ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวสุดท้าย (อายุ 0-7 สัปดาห์).....60
ตารางภาคผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (อายุ 0-7 สัปดาห์).....61
ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ปริมาณอาหารที่กิน (อายุ 0-7 สัปดาห์).....61

ตารางภาคผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (อายุ 0-7 สัปดาห์).....61
ตารางภาคผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (อายุ 0-7 สัปดาห์).....61
ตารางภาคผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ปริมาณเม็ดเลือดแดง.....62
ตารางภาคผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดง.....62
ตารางภาคผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาว.....62
ตารางภาคผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิล.....62
ตารางภาคผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดอิโอซิโนฟิล.....63
ตารางภาคผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์.....63
ตารางภาคผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์.....63
ตารางภาคผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ สัดส่วนเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์.....63
ตารางภาคผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักก่อนฆ่า.....64
ตารางภาคผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักซากอุ่น.....64
ตารางภาคผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักซากตัดแต่ง.....64
ตารางภาคผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น.....64
ตารางภาคผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง.....65
ตารางภาคผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์หัวและคอ.....65
ตารางภาคผนวกที่ 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์แข้ง.....65
ตารางภาคผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ปีก.....65
ตารางภาคผนวกที่ 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์น่อง.....66
ตารางภาคผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์สะโพก.....66
ตารางภาคผนวกที่ 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์อกนอก.....66
ตารางภาคผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์อกใน.....66
ตารางภาคผนวกที่ 37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์โครงกระดูก.....67
ตารางภาคผนวกที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เครื่องใน.....67

ตารางภาคผนวกที่ 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์หัวใจ.....67
ตารางภาคผนวกที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ตับ.....67
ตารางภาคผนวกที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์กระเพาะแท้และกึ๋น.....68
ตารางภาคผนวกที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ม้าม.....68
ตารางภาคผนวกที่ 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ไขมันช่วงท้อง.....68
ตารางภาคผนวกที่ 44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเป็นกรด-ด่างของ
เนื้อหน้าอกที่ 45 นาที.....68
ตารางภาคผนวกที่ 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเป็นกรด-ด่างของ
เนื้อหน้าอกที่ 24 ชั่วโมง.....69
ตารางภาคผนวกที่ 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเป็นกรด-ด่างของ
เนื้อสะโพกที่ 45 นาที.....69
ตารางภาคผนวกที่ 47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเป็นกรด-ด่างของ
เนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมง.....69
ตารางภาคผนวกที่ 48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความสะว่างของเนื้อ
หน้าอกที่ 45 นาที.....69
ตารางภาคผนวกที่ 49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความสว่างของ
เนื้อหน้าอกที่ 45 นาที.....70
ตารางภาคผนวกที่ 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเหลืองของ
เนื้อหน้าอกที่ 45 นาที.....70
ตารางภาคผนวกที่ 51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความสะว่างของ
เนื้อสะโพกที่ 45 นาที.....70
ตารางภาคผนวกที่ 52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความแดงของ
เนื้อสะโพกที่ 45 นาที.....70
ตารางภาคผนวกที่ 53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเหลืองของ
เนื้อสะโพกที่ 45 นาที.....71
ตารางภาคผนวกที่ 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความสว่างของ
เนื้อหน้าอกที่ 24 ชั่วโมง.....71
ตารางภาคผนวกที่ 55 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความแดงของ
เนื้อหน้าอกที่ 24 ชั่วโมง.....71
ตารางภาคผนวกที่ 56 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเหลืองของ
เนื้อหน้าอกที่ 24 ชั่วโมง.....71

ตารางภาคผนวกที่ 57 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความสว่างของ
เนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมง....72
ตารางภาคผนวกที่ 58 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความแดงของ
เนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมง....72
ตารางภาคผนวกที่ 59 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเหลืองของ
เนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมง....72
ตารางภาคผนวกที่ 60 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น
ของเนื้อหน้าอก....72
ตารางภาคผนวกที่ 61 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น
ของเนื้อสะโพก....73
ตารางภาคผนวกที่ 62 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ การสูญเสียน้ำจากการต้มสุก
ของเนื้อหน้าอก....73
ตารางภาคผนวกที่ 63 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ การสูญเสียน้ำจากการต้มสุก
ของเนื้อสะโพก....73
ตารางภาคผนวกที่ 64 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของ
เนื้อหน้าอก....73
ตารางภาคผนวกที่ 65 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของ
เนื้อสะโพก....74
ตารางภาคผนวกที่ 66 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าการออกซิเดชั่นของ
เนื้อหน้าอก วันที่ 0....74
ตารางภาคผนวกที่ 67 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าการออกซิเดชั่นของ
เนื้อหน้าอก วันที่ 3....74
ตารางภาคผนวกที่ 68 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าการออกซิเดชั่นของ
เนื้อหน้าอก วันที่ 7....74

สารบัญภาพภาคผนวก

หน้า

ภาพภาคผนวกที่ 1 การเตรียมโรงเรือนเลี้ยงไก่.....76
ภาพภาคผนวกที่ 2 การเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์อาหารเลี้ยงไก่.....77
ภาพภาคผนวกที่ 3 การเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก และการหมักถั่วเหลืองอินทรีย์.....78
ภาพภาคผนวกที่ 4 การเตรียมวัตถุดิบและการผสมอาหารเลี้ยงไก่.....79
ภาพภาคผนวกที่ 5 การเตรียมสายพันธุ์ไก่เนื้อมาเลี้ยง.....80
ภาพภาคผนวกที่ 6 ตัวอย่างเลือด ซาก และเนื้อไก่.....81
ภาพภาคผนวกที่ 7 อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ.....82

บทที่ 1
บทนำ

ไก่เนื้อถือเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญของโลก อุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อจึงได้มีการพัฒนาการเลี้ยงและการจัดการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มมากขึ้น และหันมาใช้สารเสริมในอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต เช่น กระตุ้นการกินอาหาร การเจริญเติบโต การป้องกันรักษาโรค เสริมสร้างสุขภาพสัตว์ให้สมบูรณ์ และเพื่อปรับปรุงคุณภาพตามที่ตลาดต้องการ ซึ่งสารเสริมส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารเคมีสังเคราะห์มีราคาค่อนข้างสูง นอกจากนี้ การใช้สารเสริมในอาหารอาจเกิดการตกค้างในเนื้อสัตว์มีผลกระทบต่อผู้บริโภคและเป็นปัญหาต่อการส่งออก ซึ่งในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญต่อความปลอดภัยด้านอาหาร (Food Safety) และสารตกค้างที่อาจส่งผลถึงสุขภาพของผู้บริโภค รวมถึงกระแสเรื่องข้อดีของสินค้าอินทรีย์ต่อสุขภาพมีมากขึ้น จึงทำให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคสินค้าอินทรีย์กันมากขึ้น จากการขยายตัวดังกล่าวจึงทำให้การเลี้ยงไก่เนื้อประสบปัญหาในเรื่องของการขาดแคลนวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้งทางด้านคุณภาพและปริมาณ รวมถึงวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาที่สูงมากขึ้น ทำให้เกษตรกรต้องรับภาระของต้นทุนอาหารสัตว์ ดังนั้นการพัฒนาคุณภาพของอาหารและขั้นตอนการเลี้ยงเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งผู้เลี้ยงสัตว์ต้องให้ความสนใจการเลี้ยงสัตว์แบบปลอดสารเคมีตามแนวทางของปศุสัตว์อินทรีย์ โดยการลดการใช้สารเคมีและสารปฏิชีวนะต่าง ๆ เสริมในอาหารสัตว์ และมีการผลิตสัตว์ปลอดภัยและผลิตสัตว์อินทรีย์กันมากขึ้น

อินทรีย์ (organic) เป็นคำที่ใช้ระบุฉลากสำหรับผลิตผลจากพืช ปศุสัตว์ หรือสัตว์น้ำ ที่ได้จากการผลิตตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์และผลิตภัณฑ์เพื่อใช้เป็นอาหาร หรืออาหารสัตว์ที่ได้จากการแปรรูปตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552) ซึ่ง กรมปศุสัตว์ (2553) รายงานว่า อาหารสัตว์อินทรีย์เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้มาจากแหล่งการผลิตทางด้านการเกษตรที่มีขั้นตอนในการทำแบบเกษตรอินทรีย์ โดยการผลิตต้องเป็นอินทรีย์ทั้งหมดตั้งแต่เมล็ดพันธุ์ต้องไม่ผ่านการดัดแปลงด้านพันธุกรรมหรือมีสารเคมีมาเกี่ยวข้อง การปลูกและการจัดการต้องปลอดจากสารเคมีและปุ๋ยเคมีต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม การทำอาหารสัตว์อินทรีนั้นยังมีข้อจำกัดอยู่มาก เนื่องจากการนำเอาวัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์มาเป็นวัตถุดิบหลักนั้นต้องมีปริมาณที่มากเพียงพอ แต่วัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์บางตัวมีปริมาณที่น้อย ซึ่งถั่วเหลืองถือเป็นวัตถุดิบหลักอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญและใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ การผลิตถั่วเหลืองอินทรีย์ถือว่ายังมีปัญหาน้อยกว่าการผลิตข้าวโพด เพราะการปลูกถั่วเหลืองอินทรีย์ในฤดูแล้งหลังการทำนายังให้ผลผลิตต่อไร่สูง (นิรนาม, 2561) และยังสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปีด้วย

ถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ให้คุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายและราคาถูก จัดเป็นแหล่งวัตถุดิบของโปรตีนและไขมันที่มีคุณภาพ (Poysa and woodrow, 2002) โดยโปรตีนจากถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่จำเป็นสำคัญถึง 8 ชนิด ได้แก่ ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมไทโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน และวาลีน ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับโปรตีนจากสัตว์ มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) แนะนำ แต่ยังไม่เท่าเทียมกับโปรตีนจากนม ไข่ หรือเนื้อสัตว์ ทั้งนี้เพราะถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบค่อนข้างต่ำ ได้แก่ เมทไทโอนิน และซิสทิน (Saidu, 2005) เมล็ดถั่วเหลืองมีโปรตีนประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 16–21 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อสกัดเอาน้ำมันออกแล้วจะมีโปรตีนเฉลี่ย 44 เปอร์เซ็นต์ และอาจถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับวิธีสกัดน้ำมันและขนาดของเมล็ด ในทางการค้าได้แบ่งออกเป็น 2 เกรด คือกากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์ และ 48 เปอร์เซ็นต์ โดยกากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์ เป็นกากถั่วเหลืองที่มีเปลือกผสมอยู่ด้วย ส่วนกากถั่วเหลือง 48 เปอร์เซ็นต์ คือกากถั่วเหลืองที่กะเทาะเอาเปลือกออก ไม่มีส่วนของเปลือกปนมาเลย ส่วนไขมันในถั่วเหลืองเป็นไลปิดร้อยละ 90 ฟอสโฟไลปิดร้อยละ 7 และไกลโคไลปิดร้อยละ 3 โดยร้อยละ 80 ของกรดไขมันเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพเนื่องจากเป็นกรดไขมันจำเป็นที่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้เองต้องได้รับจากอาหาร (Penalvo et al., 2004)

ถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ให้คุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายและราคาถูก จัดเป็นแหล่งวัตถุดิบของโปรตีนและไขมันที่มีคุณภาพ (Poysa and woodrow, 2002) โดยโปรตีนจากถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่จำเป็นสำคัญถึง 8 ชนิด ได้แก่ ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมไทโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน และวาลีน ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับโปรตีนจากสัตว์ มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) แนะนำ แต่ยังไม่เท่าเทียมกับโปรตีนจากนม ไข่ หรือเนื้อสัตว์ ทั้งนี้เพราะถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบค่อนข้างต่ำ ได้แก่ เมทไทโอนิน และซิสทิน (Saidu, 2005) เมล็ดถั่วเหลืองมีโปรตีนประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 16–21 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อสกัดเอาน้ำมันออกแล้วจะมีโปรตีนเฉลี่ย 44 เปอร์เซ็นต์ และอาจถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับวิธีสกัดน้ำมันและขนาดของเมล็ด ในทางการค้าได้แบ่งออกเป็น 2 เกรด คือกากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์ และ 48 เปอร์เซ็นต์ โดยกากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์ เป็นกากถั่วเหลืองที่มีเปลือกผสมอยู่ด้วย ส่วนกากถั่วเหลือง 48 เปอร์เซ็นต์ คือกากถั่วเหลืองที่กะเทาะเอาเปลือกออก ไม่มีส่วนของเปลือกปนมาเลย ส่วนไขมันในถั่วเหลืองเป็นไลปิดร้อยละ 90 ฟอสโฟไลปิดร้อยละ 7 และไกลโคไลปิดร้อยละ 3 โดยร้อยละ 80 ของ

กรดไขมันเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพเนื่องจากเป็นกรดไขมันจำเป็นที่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้เองต้องได้รับจากอาหาร (Penalvo et al., 2004)

ถั่วเหลืองที่ใช้เลี้ยงสัตว์อาจใช้ได้ทั้งในรูปถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Fat-full soybean) และกากถั่วเหลือง (Soybean meal) โดยเมล็ดถั่วเหลืองประกอบด้วยโปรตีนและไขมันส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นกรดไขมันที่จำเป็นสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดลิโนเลอิก อย่างไรก็ตาม แม้ถั่วเหลืองดิบจะมีโปรตีนในปริมาณที่สูงแต่การใช้ประโยชน์มักจะถูกจำกัดโดยสารต้านโภชนะ (Antinutritional factor) ได้แก่ สารยับยั้งโปรตีน (Proteease inhibitor), เลคติน (Lectins), โอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosacharide), ไฟเตท (Phytate), และสารต้านวิตามิน (Antivitamin) (อภิพรรณ, 2546) ซึ่งสารพิษเหล่านี้จะทำให้คุณค่าทางโภชนะของอาหารลดลง โดยจะมีผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือกระบวนการเมตาบอลิซึมของสารอาหารในสัตว์ อย่างไรก็ตาม การกำจัดสารต่อต้านโภชนะในวัตถุดิบอาหารสัตว์มีด้วยกันหลายวิธี เช่น การให้ความร้อน (Barrows et al., 2007) โดยการให้ความร้อนด้วยหม้อนึ่งความดัน 15-30 นาที สามารถลดปริมาณของสารยับยั้ง (trypsin inhibitors) ในกากถั่วเหลืองให้ต่ำกว่าระดับวิกฤตได้ (Norton, 1991) หรือการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 และ 130 องศาเซลเซียส ร่วมการนึ่งด้วยไอน้ำนาน 15 และ 5–15 นาที ตามลำดับ (วนิดา และ คณะ, 2561) อย่างไรก็ตาม การใช้ความร้อนควรกระทำอย่างระมัดระวัง เนื่องจากความร้อนนอกจากจะทำลายสารต้านโภชนะต่าง ๆ แล้ว ยังมีผลต่อคุณภาพของสารอาหารในวัตถุดิบอาหารด้วย เช่น การทำให้โปรตีนเสียสภาพ และการเสื่อมสภาพของกรดอะมิโนไลซีน ส่งผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้ลดลง (Francis et al., 2001) นอกจากการใช้ความร้อนในการกำจัดสารต้านโภชนะด้วยวิธีที่กล่าวข้างต้นแล้ว การหมักด้วยจุลินทรีย์ (fermentation) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถลดปริมาณสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในถั่วเหลืองได้ (Francis et al., 2001) โดยแบคทีเรียจะใช้น้ำตาลจากพืชด้วยการย่อยเซลลูโลสและคาร์โบไฮเดรตให้มีโมเลกุลเล็กลงเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและสร้างกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acids, VFAs) เช่น กรดอะซีติก กรดแลคติก และกรดโพรพิโอนิค เป็นต้น (Chiba et al., 2005) และช่วยลดสารต้านโภชนะในวัตถุดิบอาหารหมักที่เป็นผลจากระดับของกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้น (Cruz et al., 2011) นอกจากนี้ การหมักถั่วเหลืองด้วยจุลินทรีย์ช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร โดยในระหว่างกระบวนการหมักจะเกิดการย่อยสลายสารอาหารโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยเอนไซม์ที่สร้างขึ้นจากจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเอนไซม์โปรติเอสที่ย่อยสลายโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ซึ่งถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักจะมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นกว่าเดิมหลายเท่า (นิธิยา, 2543) และการหมักยังช่วยลดสารพิษในถั่วเหลืองโดยเฉพาะสารไฟเทตและกรดออกซาลิกที่จะไปขัดขวางการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิดของร่างกาย เช่น ธาตุเหล็ก แคลเซียม และทองแดง เป็นต้น (พัทธินันท์, 2555) ซึ่งจากการศึกษาของ Hong et al. (2004) ยังพบว่าการใช้เชื้อรา Aspegillus oryzea หมักถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองทำให้ขนาดโมเลกุลเปปไทด์

(peptide) มีขนาดเล็กลง ส่งผลทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก 10 เปอร์เซ็นต์ และสามารถกำจัดสาร trypsin inhibitors ได้ นอกจากเชื้อรา A. oryzae สามารถใช้ในการหมักถั่วเหลืองเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์แล้ว เชื้อรา A. niger ยังเป็นเชื้อราอีกชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับเชื้อรา A. oryzae (วรวุฒิ และ ปรีดา, 2560) ซึ่งการหมักถือเป็นวิธีการถนอมอาหารอีกวิธีหนึ่ง โดยเป็นการนำพืชอาหารสัตว์ส่วนต่าง ๆ มาเก็บไว้ในสภาพสุญญากาศในภาชนะปิด เก็บถนอมไว้ในสภาพอวบน้ำจนเกิดสภาพหมักดอง ทำให้พืชอาหารสัตว์สด ๆ เปลี่ยนสภาพเป็นหญ้าหมักได้โดยการรักษาเนื้อเยื่อพืชไม่ให้เน่าเปื่อย (ภัทรพร, 2556) ซึ่งการหมักจะช่วยทำให้คุณค่าทางอาหารของพืชเหล่านั้นคงอยู่และช่วยเพิ่มการย่อยได้ของอาหารได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากถั่วเหลืองหมักเพื่อเป็นอาหารสัตว์ปีกยังมีน้อยมาก ดังนั้น การพัฒนาถั่วเหลืองอินทรีย์เพื่อให้เป็นแหล่งโปรตีนในสัตว์จึงมีความสำคัญ โดยการนำถั่วเหลืองอินทรีย์การทำให้สุกและนำมาหมักเพื่อลดปริมาณสารพิษ ก็จะเป็นแนวทางในการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากถั่วเหลืองอินทรีย์และเพิ่มมูลค่าอีกทางหนึ่งด้วย

ในงานทดลองนี้มุ่งเน้นศึกษา ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อสายพันธุ์การค้า โดยทำการเลี้ยงไก่เนื้อสายพันธุ์การค้าในโรงเรือนแบบเปิด เพื่อการศึกษาถึงผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในสูตรอาหารไก่เนื้อ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงสูตรอาหารไก่เนื้อให้สอดคล้องและเหมาะสมกับปริมาณของวัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์ และเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในการเลี้ยงไก่เนื้ออินทรีย์ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในระดับต่างๆ ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในระดับต่าง ๆ ต่อค่าโลหิตวิทยาของไก่เนื้อ
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในระดับต่างๆ ต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางหนึ่งในการเลือกใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์เต็มเมล็ดหมักในอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่เนื้อ

2. เป็นการพัฒนารูปแบบหรือผลิตภัณฑ์ของถั่วเหลืองอินทรีย์เต็มเมล็ดหมักให้มีคุณภาพดีขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดสารยับยั้งการใช้โภชนาให้มีปริมาณต่ำจนเหมาะสมกับการใช้เลี้ยงไก่เนื้อ

3. เป็นการเพิ่มศักยภาพในการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์เต็มเมล็ดหมักเพื่อใช้ในการเลี้ยงไก่เนื้อที่ปลอดภัยหรือการเลี้ยงไก่เนื้อแบบอินทรีย์

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่เนื้อ ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อครั้งนี้ เป็นศึกษาถึงคุณภาพและคุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและหมักที่ระยะเวลา 9 วัน และศึกษาถึงผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักผสมในสูตรอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองจัดเป็นพืชที่สำคัญและเป็นพืชอาหารเก่าแก่พืชหนึ่งของโลก โดยในประเทศจีนรู้จักถั่วเหลืองมาตั้งแต่สมัยราชวงศ์จู (Chou Dynasty) ซึ่งมีอายุประมาณ 1100 ปี ถึง 700 ปีก่อนคริสตกาล ต่อมาได้ถูกนำเข้าไปยังประเทศเกาหลีและญี่ปุ่นประมาณ 200 ปีก่อนคริสตกาล การแพร่กระจายของถั่วเหลืองจากจีนไปญี่ปุ่นอาจแพร่กระจายทางตอนใต้ด้วย อย่างไรก็ตาม การปลูกถั่วเหลืองระยะแรกมีอยู่เฉพาะในจีน จนกระทั่งหลังสงครามระหว่างจีนและญี่ปุ่น ในช่วงปี ค.ศ. 1894-1895 ญี่ปุ่นจึงได้สั่งกากถั่วเหลืองไปใช้และเพิ่มการใช้มากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งต่อมาใน ค.ศ. 1908 จึงได้มีการนำถั่วเหลืองไปยังยุโรป (อารีย์, 2544)

ชาวเอเชียปลูกและใช้ถั่วเหลืองมานานกว่าประเทศอื่น ๆ ในแถบยุโรปและอเมริกา โดยประเทศสหรัฐอเมริกาเพิ่งรู้จักถั่วเหลืองประมาณปี 1804 โดยในครั้งแรกนำเข้าไปปลูกเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์และปุ๋ยพืชสด จนกระทั่งหลังปี 1890 ได้มีการขยายพื้นที่ปลูกมาขึ้นในหลายรัฐ และในปี 1898 มีหน่วยงานของกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA) นำสายพันธุ์ถั่วเหลืองจากหลายประเทศเข้ามาปลูก พบว่ามี 8 สายพันธุ์ที่ปลูกได้ดี เช่น Ito San, Mammoth, Butterball, Buckshot. Kingston, Guelph, Eda และ Ogemaw ในปี 1910 Piper และ Morse ได้ศึกษาถั่วเหลือง 280 สายพันธุ์ ส่วนใหญ่มาจากจีน รองลงมาคือญี่ปุ่นและอินเดีย หลังจากนั้นไม่นานจึงได้นำเข้าจากต่างประเทศอีกกว่า 700 สายพันธุ์ (อารีย์, 2544)

ถั่วเหลืองถือเป็นแหล่งอาหารโปรตีนจากพืชที่สำคัญของโลก เมล็ดใช้สกัดน้ำมันเพื่อเอากากไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ เมื่อเทียบกับแหล่งโปรตีนชนิดอื่น กากถั่วเหลืองถูกนำไปใช้มากที่สุด ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันบริโภคจากพืชที่ซื้อขายในตลาดโลก (อารีย์, 2544) โดยเมล็ดถั่วเหลืองมีโปรตีนประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และมีไขมันประมาณ 17 –20 เปอร์เซ็นต์ (อภิพรรณ , 2546) แต่เมื่อสกัดเอาน้ำมันออกแล้วจะมีโปรตีนเฉลี่ย 44 เปอร์เซ็นต์ อาจถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับวิธีสกัดน้ำมันและขนาดของเมล็ด ในทางการค้าได้แบ่งออกเป็น 2 เกรด คือกากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์ และ 48 เปอร์เซ็นต์ โดยกากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์ เป็นกากถั่วเหลืองที่มีเปลือกผสมอยู่ด้วย ส่วนกากถั่วเหลือง 48 เปอร์เซ็นต์ คือกากถั่วเหลืองที่กะเทาะเอาเปลือกออก ไม่มีส่วนของเปลือกปนมาเลย (Penalvo et al., 2004) นอกจากประโยชน์ในด้านเป็นอาหารแล้ว ถั่วเหลืองยังจัดได้ว่าเป็นพืชบำรุงดินได้ดีอีกด้วย โดยเมื่อปลูกแล้วไถกลบลงไปในดินจัดได้ว่าเป็นปุ๋ยพืชสดที่ดี

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองจัดอยู่ในวงศ์ (family) Leguminosae, วงศ์ย่อย (sub-family) Papilionoideae และ tribe phaseoleae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Glycine max (L.) Merrill พืชในสกุล (genus) นี้ยังแบ่งออกไปอีกหลายชนิด (species) (อภิพรรณ, 2546) ซึ่ง อารีย์ (2544) ได้รายงานว่า พืชในสกุล Glycine มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีนและออสเตรเลีย แต่ชนิดที่เป็นบรรพบุรุษของถั่วเหลืองชนิดปลูกมีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน เช่น G. soja ซึ่งมี chromosome 2n = 40 เท่ากับถั่วเหลืองชนิดปลูก (G. max) ส่วนชนิดป่ามีถิ่นกำเนิดในประเทศออสเตรเลีย เป็นต้น โดยพืชที่อยู่ใน subgenus Glycine มีอายุหลายปี มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศออสเตรเลีย หมู่เกาะตอนใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก ฟิลิปปินส์ ไต้หวันและนิวกินี ส่วนพืชใน subgenus Soja ที่ประกอบด้วย G. soja และ G. max มีถิ่นกำเนิดในจีนและพบในญี่ปุ่น ไต้หวัน และรัสเซีย (อภิพรรณ, 2546)

อภิพรรณ (2546) ได้รายงานว่า ถั่วเหลืองจัดเป็นพืชเขตร้อน เมื่อออกดอกติดฝักจะให้เมล็ดสมบูรณ์ ระยะเวลาตั้งแต่ปลูกถึงระยะสุกแก่ประมาณ 90-100 วัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสิ่งแวดล้อมที่เพาะปลูก ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของถั่วเหลืองซึ่งก็จะแบ่งเหมือนพืชชนิดอื่นๆ เช่น ราก ถั่วเหลืองมีระบบรากแก้ว (tap root system) ถ้าดินร่วนรากแก้วอาจหยั่งลึกถึง 0.50-1.00 เมตรขึ้นอยู่กับเนื้อดินก็ได้ แต่ถ้าผิวดินตื้นจะสังเกตเห็นรากแก้วไม่ชัดเจน และทำให้มีรากแขนง (lateral root) มากขึ้น โดยทั่วๆ ไประบบรากจะอยู่ในความลึกเพียง 30-45 เซนติเมตรจากระดับผิวดินเท่านั้น ตามรากจะพบปม (nodule) ซึ่งเกิดจากแบคทีเรียพวก Rhizobium japonicum เข้าไปอาศัยอยู่แบคทีเรียจะได้รับคาร์โบไฮเดรตจากต้นถั่วเหลือง และถั่วเหลืองก็จะได้ไนโตรเจนในรูปไนเตรตที่แบคทีเรียตรึงได้จากอากาศไปใช้ประโยชน์ต่อไป การอยู่อาศัยของแบคทีเรียที่รากเรียกว่าเป็นแบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis)

นอกจากนี้ อภิพรรณ (2546) ยังได้รายงานว่า ถั่วเหลืองที่ปลูกกันเป็นการค้า ส่วนมากมีลำต้นตรงเป็นพุ่มตรง มีการแตกแขนง ค่อนข้างมาก สูงประมาณ 30-150 เซนติเมตร ความสูงขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความชื้น และฤดูปลูก อาจแบ่งถั่วเหลืองออกได้เป็น 2 พวกตามลักษณะการเจริญเติบโต คือ

1. ชนิดทอดยอด (indeterminate type) พวกนี้ช่อดอกไม่เกิดที่ยอดของลำต้น (main stem) แต่เกิดตามมุมใบ จึงทำให้ยืดการเจริญของยอดถั่วไปได้อีกระยะหนึ่ง ภายหลังจากมีการออกดอกแล้ว พันธุ์พวกนี้จะมีปลายเรียวยาวทำให้ต้นหยุดการเจริญเติบโตเมื่อเริ่มติดฝัก

2. ชนิดไม่ทอดยอด (determinate type) พวกนี้ช่อดอกเกิดที่ยอดของลำต้นเป็นกลุ่ม

การใช้ประโยชน์จากถั่วเหลืองเป็นอาหารสัตว์

ถั่วเหลืองจัดเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของโลก ที่เกษตรกรในทวีปต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตที่มีอากาศอบอุ่นและค่อนข้างร้อนจะนิยมปลูกโดยทั่วไป เพราะถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีปริมาณโปรตีนและปริมาณน้ำมันในเมล็ดสูง จึงเป็นพืชที่ให้ประโยชน์ในแง่โภชนาการ ตลอดจนการแปรรูปเป็นน้ำมันพืชที่ใช้ในการบริโภคและเป็นอาหารสัตว์ การที่ถั่วเหลืองเป็นพืชที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้โดยกระบวนการการตรึงไนโตรเจน จึงทำให้ถั่วเหลืองเป็นพืชที่ไม่จำเป็นจะต้องใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการเจริญเติบโตและยังเผื่อแผ่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ตรึงได้ให้กับพืชอื่นๆ ที่ปลูกตามหลังด้วย

ถั่วเหลืองเป็นอาหารแหล่งโปรตีนที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ดีเพราะมีโปรตีนสูงและเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง กล่าวคือ ถั่วเหลืองมีโปรตีนมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ด้วยถั่วเหลืองมีโปรตีนสูงจึงนิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในวงการอาหารสัตว์ทั้งในประเทศไทยและในต่างประเทศ นอกจากถั่วเหลืองจะอุดมไปด้วยโปรตีนคุณภาพสูงแล้ว ถั่วเหลืองยังมีกรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acid) หลายชนิด ได้แก่ ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมไทโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน และวาลีน ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับโปรตีนจากสัตว์ (Saidu, 2005) จากคุณสมบัติดังกล่าวถั่วเหลืองจึงถูกคัดเลือกเป็นหนึ่งในวัตถุดิบที่นำมาแปรรูปเป็นอาหารสัตว์ โดยถั่วเหลืองที่นำมาใช้ผสมในอาหารสัตว์มี 2 ชนิดคือ

1. กากถั่วเหลือง (Soybean meal) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่ได้จากการนำน้ำมันออกจากเมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งอาจนำเปลือกกลับเข้าไปรวมกับกากที่เรียกว่า กากถั่วเหลืองรวมเปลือก หรือไม่นำเปลือกกลับไปรวมกับกากที่เรียกว่า กากถั่วเหลืองไม่รวมเปลือก (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2558) ซึ่งกากถั่วเหลืองถือเป็นผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันพืช โดยปริมาณโปรตีนของกากถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับวิธีการสกัดน้ำมันและขนาดของเมล็ด โดยเมื่อสกัดเอาน้ำมันออกแล้วจะมีโปรตีนเฉลี่ย 44 เปอร์เซ็นต์ และอาจสูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ในทางการค้าได้แบ่งออกเป็น 2 เกรด คือกากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์ และ 48 เปอร์เซ็นต์ โดยกากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์ เป็นกากถั่วเหลืองที่มีเปลือกผสมอยู่ด้วย ส่วนกากถั่วเหลือง 48 เปอร์เซ็นต์ คือกากถั่วเหลืองที่กะเทาะเอาเปลือกออก ไม่มีส่วนของเปลือกปนมาเลย (Penalvo et al., 2004) ซึ่งกากถั่วเหลืองทั้งสองประเภทนิยมใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทโปรตีนและถือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารสัตว์เกือบทุกชนิดสัตว์

2. ถั่วเหลืองเอ็กซ์ทรูดหรือถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Extruded soybean หรือ Full fat soybean) เป็นถั่วเหลืองที่ได้จากการนำเมล็ดถั่วเหลืองไปทำให้สุก โดยไม่มีการสกัดน้ำมันออก (พันทิพา, 2547) ซึ่งในปัจจุบันได้มีการผลิตถั่วเหลืองไขมันเต็มจากวิธีการนึ่งหรือต้มแล้วนำมาบด หรือการใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์กับถั่วทั้งเมล็ดแล้วนำมาใช้เป็นวัตถุดิบประเภทโปรตีนในอาหารสัตว์กันมากขึ้น

เมล็ดถั่วเหลือง

เมล็ดถั่วเหลืองเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูงกว่าธัญญาหารชนิดอื่นๆ และยังมีสารอาหารที่มีคุณค่า เช่น วิตามินและแร่ธาตุ นอกจากนี้ จะพบว่าถั่วเหลืองมีผลต่อต้านมะเร็งและเชื้อโรคอื่น ๆ อาหารที่ให้โปรตีนที่สามารถทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์จึงเป็นที่นิยมในผู้ทานอาหารมังสวิรัติและเริ่มแพร่หลายมากขึ้นในหมูชาวแมคโคไบโอติก เนื่องจากว่า ถั่วเหลืองมีคุณสมบัติในการช่วยป้องกันและยับยั้งโรคภัยไข้เจ็บที่สำคัญได้หลายโรค เช่น โรคมะเร็ง โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคหัวใจ และยังมีคุณสมบัติทางสมุนไพร แพทย์แผนไทยใช้ถั่วเหลืองปรุงเป็นยาบำรุงกำลัง เป็นยาระบาย ขับปัสสาวะ เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองยังนำมาปรุงเป็นยาบำรุงเลือดและแก้เหงื่อออกมากได้ด้วย นอกจากนั้น กากถั่วเหลืองยังสามารถนำไปเป็นอาหารสัตว์คุณภาพสูง และสามารถนำไปทำเป็นปุ๋ยหมักคุณภาพสูงได้อีกด้วย (อารีย์, 2544) คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับถั่วชนิดอื่นแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับถั่วเมล็ดแห้งชนิดอื่น ๆ

ชนิด	ความชื้น (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	เถ้า (กรัม)	วิตามินบี 1 (กรัม)	วิตามิบี 2 (กรัม)
ถั่วเหลือง	7.8	35.7	16.5	12.0	6.0	0.93	0.33
ถั่วลิสง	4.4	24.8	46.1	2.0	2.6	1.68	0.15
ถั่วเขียว	9.4	22.8	1.5	35.7	4.4	0.80	0.25
ถั่วแดง	9.2	23.5	2.1	33.0	4.3	1.09	0.18

ที่มา: อาณดี และ ประไพศรี (2543)

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ถั่วเหลืองมีโภชนะด้านโปรตีนสูงกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ และมีไขมันเป็นต่ำกว่าถั่วลิสงเท่านั้น นอกจากนี้ ยังมีคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้ ยังกล่าวได้ว่าถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนและไขมันจากพืชที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกายมากที่สุดแหล่งหนึ่ง

องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลือง

เมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมันจากพืชที่มากที่สุดแหล่งหนึ่ง โดยทั่ว ๆ ไป ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดถั่วเหลือง คือ โปรตีน (40 เปอร์เซ็นต์) และไขมัน (20 เปอร์เซ็นต์) ส่วนที่เหลือคือคาร์โบไฮเดรต (35 เปอร์เซ็นต์) และเถ้า 5 เปอร์เซ็นต์ ถ้าคิดว่าทั้งเมล็ดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดคือเปลือก 8 เปอร์เซ็นต์ ยอดอ่อน 2 เปอร์เซ็นต์ และใบเลี้ยง 90

เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากส่วนของใบเลี้ยงมีมากถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ของทั้งเมล็ด ดังนั้นองค์ประกอบที่เป็นโปรตีน ไขมัน และอื่น ๆ จึงใกล้เคียงกับองค์ประกอบทั้งเมล็ด (อารีย์, 2544) โดยถั่วเหลืองมีองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะดังนี้

1. แร่ธาตุและเถ้า

ปริมาณของเถ้าที่พบในถั่วเหลืองทั้งเมล็ดในแต่ละพันธุ์นั้นมีปริมาณไม่แตกต่างกันมาก โดยมีอยู่ในช่วง 4.6-5.3 เปอร์เซ็นต์ และแร่ธาตุส่วนใหญ่ ได้แก่ โปรแตสเซียม (K) 1.83 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส (P) 0.78 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม (Mg) 0.31 เปอร์เซ็นต์ โซเดียม (Na) 0.24 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม (Ca) 0.24 เปอร์เซ็นต์ และซัลเฟอร์ (S) 0.24 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแร่ธาตุอื่นๆ ที่พบอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก ได้แก่ คลอไรด์ โบรอน แมงกานีส เหล็ก ทองแดง แบเรียม และสังกะสี (อาณดี และ ประไพศรี, 2543) โดย อุษาพร (2560) รายงานว่า จากผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองต้มสุกในส่วนที่กินได้ 100 กรัม จะมีแคลเซียมประมาณ 73 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัสประมาณ 179 มิลลิกรัม และธาตุเหล็ก 2.7 มิลลิกรัม ซึ่งถือว่ามีอยู่ในปริมาณสูง อย่างไรก็ตาม มีแร่ธาตุบางอย่าง เช่น แคลเซียม เหล็ก และสังกะสี (Zn) นั้นเชื่อมต่อกับกรดไฟติก (Phytic acid) ทำให้เกิดเป็น Protein-phytic acid mineral complex จึงเกิดการใช้ประโยชน์ของแร่ธาตุต่างๆ ดังกล่าวได้น้อยลง (อภิพรรณ, 2546)

2. โปรตีน

เป็นสารอาหารหลักในเมล็ดถั่วเหลือง โดยปกติเมล็ดถั่วเหลืองมีโปรตีนประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ (อภิพรรณ, 2546) แต่เมื่อสกัดน้ำมันออกแล้วจะมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 44-47 เปอร์เซ็นต์ และอาจสูงขึ้นถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับวิธีการสกัดน้ำมันและขนาดของเมล็ด (อารีย์, 2544) และนอกจากถั่วเหลืองจะอุดมไปด้วยโปรตีนคุณภาพสูงแล้ว ถั่วเหลืองยังมีกรดอะมิโนจำเป็น (Essential amino acid) หลายชนิด โดยโปรตีนจากถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่จำเป็นสำคัญถึง 8 ชนิด ได้แก่ ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน ไทโลซีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน และวาลีน ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับโปรตีนจากสัตว์ มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในถั่วเหลืองเทียบเท่ากับปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) แนะนำ ดังแสดงในตารางที่ 2 แต่ถั่วเหลืองจะมีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบค่อนข้างต่ำ ได้แก่ เมทไทโอนิน และซิสทิน (Saidu, 2005)

ตารางที่ 2 กรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ในถั่วเหลือง แป้งถั่วเหลือง อาหารข้น และส่วนที่แยกออกเป็นอิสระ (isolates) เมื่อเทียบกับปริมาณองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) กำหนดเป็นมาตรฐานของอาหารที่มีคุณภาพดี

กรดอะมิโน	มาตรฐาน FAO	ถั่วเหลือง			
		เมล็ด (กรัม)	แป้ง (กรัม)	อาหารข้น (กรัม)	แยกออกเป็นอิสระ (กรัม)
ซิสทิน	4.2	1.3	1.6	1.6	1.3
ไอโซลิวซีน	4.2	4.5	4.7	4.8	4.9
ลิวซีน	4.8	7.8	7.9	7.8	7.8
ไลซีน	4.2	6.4	6.3	6.3	6.4
เมไทโอนีน	2.2	1.3	1.4	1.4	1.3
ฟีนิลอะลานีน	2.8	4.9	5.3	5.2	5.4
ทรีโอนีน	2.8	3.9	3.9	4.2	3.6
ทริปโตเฟน	1.4	1.3	1.3	1.5	1.4
ไทโลซีน	2.8	3.1	3.8	3.9	4.3
วาลีน	4.2	4.8	5.1	4.9	4.7

ที่มา : อภิพรรณ (2546)

3. ไขมัน

มีปริมาณรองจากโปรตีน คือ มีอยู่ประมาณ 17–20 เปอร์เซ็นต์ (อภิพรรณ, 2546) โดย อารีย์ (2544) รายงานว่า ในน้ำมันของถั่วเหลืองซึ่งมีอยู่ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ดแห้ง ประกอบไปด้วยกรดไขมันที่สำคัญคือ กรดปาล์มมีติก (Palmitic) ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ กรดสเตียริก (Stearic) ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ กรดโอเลอิก (Oleic) ประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ กรดไลโนเลอิก (Linolenic acid) ประมาณ 52 เปอร์เซ็นต์ และกรดไลโนเลนิก (Linolenic acid) ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีไขมันชนิดที่ดีและมีประโยชน์ต่อการบริโภค (essential fatty acids) ประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) นอกจากนี้ ยังมีสารพวก phospholipids หรือ phosphotides ซึ่งเป็นสารที่คล้ายไขมัน โดยมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย โดยในโมเลกุลของไขมันและไนโตรเจนจะอยู่ในรูป lecithin หรือ cephalin ซึ่งมีคุณสมบัติในด้านการ emulsifying ที่ดี (อาณดี และ ประไพศรี, 2543)

4. เยื่อใย

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งของอาหารเยื่อใยที่ดี ในเปลือกถั่วเหลืองมีปริมาณเยื่อใยทั้งหมดประมาณ 87 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเยื่อใยนั้นจะประกอบไปด้วย เซลลูโลส 40-53 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 14-33 เปอร์เซ็นต์ และที่เหลือเป็นเยื่อใยที่ละลายน้ำ สำหรับถั่วเหลืองทั้งเมล็ดจะมีเยื่อใยประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่สูงซึ่งเทียบเท่ากับผักผลไม้ เยื่อใยอาหารมีประโยชน์ต่อสุขภาพในแง่ของการป้องกันและบรรเทาโรคต่าง ๆ เช่น ท้องผูก ผนังลำไส้โป่งพอง ช่วยในการควบคุมระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด โรคเบาหวานและมะเร็ง โดยไม่มีผลต่อการขัดขวางการดูดซึมแร่ธาตุ (อาณดี และ ประไพศรี, 2543)

5. วิตามิน

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งวิตามินแหล่งหนึ่งของอาหาร โดยมีปริมาณวิตามินบีรวมค่อนข้างสูง หรือวิตามิน B-complex ในส่วนวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน (อภิพรรณ, 2546) โดย อุษาพร (2560) รายงานว่า จากผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองต้มสุกในส่วนที่กินได้ 100 กรัม จะมีวิตามินบี1 ประมาณ 0.21 มิลลิกรัม มีวิตามินบี 2 ประมาณ 0.09 มิลลิกรัม และมีวิตามินบี 3 (ไนอาซิน) ประมาณ 0.60 มิลลิกรัม แต่เมล็ดถั่วเหลืองแก่จะยังขาด β-carotene (provitamin A) และกรด ascorbic (vitamin C) เช่นเดียวกันกับแคลเซียมและฟอสฟอรัส (อภิพรรณ, 2546)

สารพิษและสารต้านการใช้ประโยชน์ที่ได้ทางโภชนะในเมล็ดถั่วเหลือง

แม้ถั่วเหลืองจะมีโปรตีนในปริมาณที่สูงแต่การใช้ประโยชน์มักจะถูกจำกัดโดยสารพิษ (toxic factor) หรือสารต้านโภชนะ (Anti-nutritional factor) ที่พบได้ในเมล็ดถั่วเหลืองดิบ เช่น สารยับยั้งโปรตีน (Protease inhibitor), เลคติน (Lectins), โอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosacharide), ไฟเตท (Phytate), และสารต้านวิตามิน (Antivitamin) (อภิพรรณ, 2546) ซึ่งสารพิษเหล่านี้จะทำให้คุณค่าทางโภชนะของอาหารลดลง ซึ่งส่งผลต่อการไปใช้ประโยชน์ได้ในตัวสัตว์ หรือส่งผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของสารอาหารในสัตว์ได้ โดยในถั่วเหลืองสามารถพบสารพิษต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. สารอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) จัดเป็นสารที่ทำให้เกิดพิษจากการบริโภคเข้าไปของคนและสัตว์ และเป็นสารที่เรียกว่าปนเปื้อนเข้าไปอยู่ในถั่วโดยไม่ได้เป็นส่วนประกอบที่มีในถั่วเหลือง แต่สารอะฟลาทอกซินเกิดมาจากเชื้อราที่เจริญเติบโตได้บนเมล็ดถั่วเหลืองหรือเมล็ดถั่วต่าง ๆ ที่มีไขมันสูง

2. สารต้านโภชนะ (Anti-nutritional factor) ซึ่งสารต้านโภชนะเป็นสารที่สามารถพบได้ในวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ บางชนิดมีความสามารถในการรบกวนหรือขัดขวางระบบการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหาร โดยจะมีกลไกแตกต่างกันตามแต่ละชนิด ดังนี้

2.1 สารยับยั้งทริปซิน (Trypsin inhibitor) สารยับยั้งทริปซินเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ โปรตีนชนิดนี้จะไปขัดขวางการย่อยโปรตีนของเอนไซม์ทริปซินและเอนไซม์ไคโมทริปซิน ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่อยู่ในกระเพาะอาหาร ทำให้การย่อยของโปรตีนลดลง ทำให้ตับอ่อนต้องผลิตนน้ำย่อยมากขึ้น โดย อัญชรินทร์ และ ทศพร (2547) รายงานว่า ในพืชตระกูลถั่วจะมีสารยับยั้งทริปซิน 2 ชนิด คือ Kunitz inhibitor เป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 21,000 ดาลตัน มีความเฉพาะเจาะจงกับเอนไซม์ทริปซิน โดยจะรวมตัวกันเป็นสารประกอบเชิงซ้อน และ Bowman-Birk inhibitor เป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุล 8,300 ดาลตัน จะยับยั้งการทำงานทั้งเอนไซม์ทริปซินและเอนไซม์ไคโมทริปซิน โดยรวมตัวกันเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งถั่วเกือบทุกชนิดมีสารยับยั้งเป็น Bowman–Birk inhibitor

2.2 Hemagglutinins ถั่วเหลืองมีสาร Hemagglutinins อยู่ 4 ชนิด ที่สามารถทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนเลือดของเม็ดเลือดแดงได้ โดยลักษณะของสาร Hemagglutinins นี้เป็นสารพวก Glycoprotein ที่ประกอบไปด้วย Manose 4.5 เปอร์เซ็นต์ และ Glucosamine 1 เปอร์เซ็นต์ (พัทธินันท์, 2555) อย่างไรก็ตาม สาร Hemagglutinins จะถูกทำลายได้อย่างรวดเร็วโดยน้ำย่อย pepsin และยังสามารถถูกทำลายได้ง่ายโดยความร้อน

2.3 สารซาโปนิน (Saponins) สารซาโปนินนี้เป็นสารพวก Complex glycoside ของ Triterpenoid alcohols ซึ่งพบในถั่วเหลืองในระดับประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยสารซาโปนินนี้จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น Cholinesterase และ Chymotrypsin (อาณดี และประไพศรี, 2543)

2.4 คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยไม่ได้ (Indigestible carbohydrates) เป็นคาร์โบไฮเดรตจำพวกโอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharides) พบในถั่วเหลืองได้ประมาณ 6เปอร์เซ็นต์ โครงสร้างของสารนี้ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในร่างกายสัตว์ ทำให้ตกค้างอยู่ในลำไส้และกลายเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหมักของแบคทีเรียในทางเดินอาหาร ก่อให้เกิดแก๊สในลำไส้ได้ (อภิพรรณ, 2546)

2.5 ไฟเตท (Phytate) เป็นองค์ประกอบปกติของถั่วเมล็ดแห้งที่อยู่ในรูปของสารไฟเตทหรือจับกับโปรตีน สารไฟเตทถูกสร้างและสะสมในถั่วเหลืองขณะที่มีการเจริญเป็นถั่วแก่ โดยสารไฟเตสจะเชื่อมกับกับ แคลเซียม เหล็ก และสังกะสี และเชื่อมอยู่กับโปรตีนทำให้เกิด protein-phytic acid mineral complex ดังนั้นจึงทำให้การใช้ประโยชน์ของแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น แคลเซียม เหล็ก และสังกะสี ในอาหารจากถั่วเหลืองลดน้อยลง (อภิพรรณ, 2546)

การกำจัดสารพิษจากถั่วเหลือง

เมล็ดถั่วเหลืองดิบมีสารพิษหรือสารยับยั้งการใช้โภชนะ เช่น สารยับยั้งทริปซิน สารที่ทำให้เกิดอาการแพ้บวม สารซาโปนิน ไฟโตเอสโตรเจน และไฟติน สารพิษเหล่านี้จะทำให้คุณค่าของอาหารลดลง โดยจะมีผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือกระบวนการเมตาบอลิซึมของสารอาหารในสัตว์ ดังนั้นการนำเมล็ดถั่วเหลืองมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องลดปริมาณสารต้านโภชนะในถั่วเหลืองให้น้อยลง การกำจัดสารต่อต้านโภชนะในวัตถุดิบอาหารสัตว์มีด้วยกันหลายวิธี เช่น การให้ความร้อน (Barrows et al., 2007) และการหมักด้วยจุลินทรีย์ (fermentation) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถลดปริมาณสารต้านโภชนะจากเมล็ดถั่วเหลืองได้ (Francis et al., 2001)

การกำจัดสารพิษจากถั่วเหลืองด้วยวิธีการให้ความร้อน

การใช้เมล็ดถั่วเหลืองดิบเลี้ยงสัตว์จะทำให้สัตว์ได้รับประโยชน์จากโปรตีนไม่เต็มที่ เพราะเมล็ดถั่วเหลืองดิบมีสารยับยั้งการใช้โภชนะการ อย่างไรก็ตาม สารยับยั้งการใช้โภชนะบางชนิดสามารถถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน ซึ่งปัจจุบันมีวิธีการให้ความร้อนแก่ถั่วเหลืองโดยวิธีการต่างๆ เพื่อทำให้ถั่วเหลืองสุกและทำลายสารยับยั้งการใช้โภชนะบางชนิด เช่น การต้มหรือนึ่งเมล็ดถั่วเหลือง การเอ็กซ์ทรูดแบบชื้น การคั่วเมล็ดถั่วเหลืองหรือการเอ็กซ์ทรูดแบบแห้ง เป็นต้น โดย อัญชรินทร์ และทศพร (2547) รายงานว่า ในพืชตระกูลถั่วจะมีสารยับยั้งทริปซิน 2 ชนิด คือ Kunitz inhibitor และ Bowman-Birk inhibitor ซึ่ง Kunitz inhibitor มีพันธะไดซัลไฟด์ 2 พันธะ จะทนความร้อนได้น้อยกว่า Bowman-Birk inhibitor เนื่องจาก Bowman-Birk inhibitor มีพันธะไดซัลไฟด์ 7 พันธะ สำหรับ Bowman–Birk inhibitor ต้องใช้ความร้อนนานกว่า 1 ชั่วโมง และการต้มถั่วให้สุกจะทำให้ปริมาณสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซินในถั่วลดลงได้ นอกจากนี้ ยังพบว่าการต้มยังเป็นวิธีที่สำคัญที่ช่วยลดและทำลายสารพิษที่มีอยู่ในถั่วเหลืองได้แก่ สารยับยั้งทริปซิน เมื่อถั่วเหลืองผ่านกระบวนการต้มสารพิษนี้จะหมดไป (พัทธินันท์, 2555) และสาร Hemagglutinins จะถูกทำลายได้ง่ายโดยความร้อนและจะถูกทำลายได้อย่างสมบูรณ์ในระยะเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส หรือการนึ่งด้วยหม้อความดัน และจากการศึกษาของ เก็จมาศ (2530) พบว่า การแช่เมล็ดถั่วเหลืองดิบในน้ำทิ้งไว้ค้างคืนจนถั่วเหลืองมีความชื้น 12-68 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5-7 นาที จะทำลายสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด แต่ถ้าถั่วเหลืองมีความชื้นเพียง 8เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาต้มในน้ำเดือดนานถึง 30 นาทีก็ยังไม่สามารถทำลายสารยับยั้งการใช้โภชนะได้ทั้งหมดได้ โดยถั่วเหลืองที่มีความสุกพอดีค่า trypsin inhibitor ต้องไม่เกิน 3.00 มิลลิกรัมต่อกรัม

Qin et al. (1996) รายงานว่า การทำลายสารต้านโภชนะในเมล็ดถั่วเหลืองจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงในช่วงเวลาสั้น ๆ หรือใช้อุณหภูมิต่ำแต่ใช้ระยะเวลานานขึ้น ซึ่งจากการศึกษาของ Qin et al. (1996) พบว่า การต้มที่อุณหภูมิ 134 องศาเซลเซียส นาน 1.5 นาที และการต้มที่อุณหภูมิ 102 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถการทำลายสารเลคตินและสาร

ยับยั้งทริปซินได้ นอกจากนี้ Barrows et al. (2007) ยังพบว่า หลังจากนำถั่วไปต้มในอุณหภูมิ 127 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17 วินาที จะทำให้ปริมาณของสารยับยั้งสารยับยั้งทริปซินในกากถั่วเหลืองให้ต่ำลงได้

Kratzer et al. (1990) ได้ศึกษาถึงช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการนึ่งไอน้ำ (Autoclave) ในกากถั่วเหลือง ซึ่งพบว่า การนึ่งไอน้ำกากถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 24 นาที จะสามารถทำลายสารต้านโภชนะในกากถั่วเหลืองได้ และ Herkelman et al. (1991) ยังพบว่า กากถั่วเหลืองที่บดย่อยให้มีขนาด 5 มิลลิเมตรในการนึ่งไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จะช่วยการทำงานของเอนไซม์ยูรีเอสและลดปริมาณสารยับยั้งสารยับยั้งทริปซินได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Norton (1991) ที่พบว่า การให้ความร้อนด้วยหม้อนึ่งความดัน 15-30 นาที สามารถลดปริมาณของสารยับยั้งทริปซินในกากถั่วเหลืองให้ต่ำกว่าระดับวิกฤตได้ และการศึกษาของ Anderson-Haffermann et al. (1992) ที่ทำการทดลองต้มถั่วเหลืองโดยใช้ความดัน 124 kPa ที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าสามารถทำลายสารยับยั้งทริปซินและเอนไซม์ยูรีเอสได้ ซึ่งจากผลการศึกษานี้ทำให้สรุปได้ว่า ในการทำลายสารยับยั้งทริปซินและเอนไซม์ยูรีเอสต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 15 นาที นอกจากนี้ วนิดา และคณะ (2561) ยังได้พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 และ 130 องศาเซลเซียส ร่วมการนึ่งด้วยไอน้ำนาน 15 และ 5–15 นาที ตามลำดับ จะส่งผลให้มีการทำลายสารต้านโภชนะได้

อย่างไรก็ตาม Francis et al. (2001) รายงานว่าการใช้ความร้อนควรกระทำอย่างระมัดระวัง เนื่องจาก ความร้อนนอกจากจะทำลายสารต้านโภชนาต่างๆ แล้ว ยังมีผลต่อคุณภาพของสารอาหารในวัตถุดิบอาหารด้วย เช่น การทำให้โปรตีนเสียสภาพ และการเสื่อมสภาพของกรดอามิโนไลซีน ส่งผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้ลดลง และในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์มีการนำถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองมาผ่านความร้อนเพื่อลดสารต้านโภชนะได้และทำให้สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น แต่ยังมีสารต้านโภชนะบางชนิดที่ไม่ถูกทำลายด้วยความร้อน เช่น Stachyose, raffinose, Oligosaccharides และ anitigen protein (glycinin และ β-conglycinin) มีอยู่ในถั่วเหลืองมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สัตว์อายุน้อยๆ ไม่สามารถย่อยที่ลำไส้เล็กได้เพราะขาด endogenous enzyme ส่วน glycinin และ β-conglycinin จะทำให้วิลไลในลำไส้เล็กฝ่อลีบและทำให้การดูดซึมลดลง (อาณดี และ ประไพศรี, 2543)

การกำจัดสารพิษจากถั่วเหลืองด้วยวิธีการหมัก

ปัจจุบันนอกจากการนำเหลืองถั่วไปผ่านความร้อนเพื่อลดสารต้านโภชนะได้แล้ว ยังมีการนำถั่วเหลืองที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วไปนำหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์อีกครั้ง เพื่อให้จุลินทรีย์ทำลายสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ประเภทอื่นๆ ที่ยังไม่ถูกทำลายด้วยความร้อน โดยจุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลจาก

พืชด้วยการย่อยเซลลูโลสและคาร์โบไฮเดรตให้มีโมเลกุลเล็กลงเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและสร้างกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acids, VFAs) เช่น กรดอะซีติก กรดแลคติก และกรดโพรพิโอนิค เป็นต้น (Chiba et al., 2005) และช่วยลดสารต้านโภชนะในวัตถุดิบอาหารหมักที่เป็นผลจากระดับของกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้น (Cruz et al., 2011) จึงช่วยลดปัญหาอาการท้องเสียและเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมสารอาหารในลูกสัตว์ได้ นอกจากนี้ การหมักยังช่วยลดสารพิษในถั่วเหลืองโดยเฉพาะสารไฟเทตและกรดออกซาลิกที่จะไปขัดขวางการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิดของร่างกาย เช่น ธาตุเหล็ก แคลเซียม และทองแดง เป็นต้น (พัทธินันท์, 2555)

ภาณุวรรณ และ พันพงศ์ (2554) รายงานว่า การหมักของเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มบาซิลลัสที่มีอยู่ตามธรรมชาติ โดยเฉพาะ Bacillus subtilis ซึ่งเป็นเชื้อที่มีบทบาทในการหมักถั่วมากที่สุด เป็นจัดเป็นจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน (aerobic) หรือ facultative anaerobic bacteria เจริญได้ดีที่ pH 5.5-8.5 และมีบทบาทสำคัญของเชื้อตัวนี้ในการหมักคือการปล่อยเอนไซม์โปรติเอสออกมาย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนและสารแอมโมเนีย สอดคล้องกับรายงานของ Inatsu et al. (2006) ที่พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ Bacillus subtilis สามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอส เอนไซม์นัตโตไคเนส และกรดแกมมาโพลีกลูตามิค (gamma-polyglutamic acid; PGA) ซึ่งจะช่วยทำลายโครงสร้างของสารที่ยับยั้งทริปซินทำให้ย่อยโปรตีนในถั่วเหลืองได้ดีขึ้น

Hong et al. (2004) พบว่า การใช้เชื้อรา Aspegillus oryzea หมักถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองทำให้ขนาดโมเลกุลเปปไทด์ (peptide) มีขนาดเล็กลง ส่งผลทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถกำจัดสาร trypsin inhibitors และทำให้ขนาดของเปปไทด์ที่น้อยกว่า 20 kDa มีปริมาณมากขึ้น และลดปริมาณเปปไทด์ขนาดมากกว่า 60 kDa นอกจากนี้ เชื้อรา A. oryzae ยังสามารถใช้ในการหมักถั่วเหลืองเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์ได้ด้วย และ วรวุฒิ และปรีดา (2560) รายงานว่า เชื้อรา A. niger ยังเป็นเชื้อราอีกชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับเชื้อรา A. oryzae โดยคุณสมบัติในการสร้างสารต่าง ๆ ของ A. niger ได้แก่ protease cellulase hemicellulases lipase phytase และ tannase (Aguilar et al., 2001) เป็นต้น และเชื้อรา A. niger ยังเป็นเชื้อราที่มีความปลอดภัยที่เหมาะกับการนำมาหมักถั่วเหลืองด้วย

ถั่วเหลืองอินทรีย์

อินทรีย์ (organic) เป็นคำที่ใช้ระบุฉลากสำหรับผลิตผลจากพืช ปศุสัตว์ หรือสัตว์น้ำ ที่ได้จากการผลิตตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์และผลิตภัณฑ์เพื่อใช้เป็นอาหารหรืออาหารสัตว์ที่ได้จากการแปรรูปตาม มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ซึ่งได้รับการรับรองจากหน่วยรับรองที่ได้รับการยอมรับจากกระทรวงเกษตรและ สหกรณ์คำนี้หมายความรวมถึงคำที่ใช้ระบุฉลากว่า “เกษตรอินทรีย์” หรือ “ออร์แกนิก” หรือ “organic” ด้วย (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552)

อาหารสัตว์อินทรีย์คือ อาหารที่ใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้มาจากมากแหล่งการผลิตทางด้านการเกษตรที่มีขั้นตอนในการทำแบบอินทรีย์หรือเรียกว่าเกษตรอินทรีย์ โดยการผลิตต้องเป็นอินทรีย์ทั้งหมดตั้งแต่เมล็ดพันธุ์นั้นต้องไม่ผ่านการดัดแปลงด้านพันธุกรรมหรือมีสารเคมีมาเกี่ยวข้อง การปลูกและการจัดการต้องปลอดจากสารเคมีและปุ๋ยเคมีต่าง ๆ (กรมปศุสัตว์, 2553) ซึ่งการทำอาหารสัตว์อินทรีนั้นมีข้อจำกัดอยู่มาก เนื่องจากการที่จะนำเอาวัตถุดิบอาหารสัตว์อินทรีย์มาเป็นวัตถุดิบหลักนั้นต้องมีปริมาณที่เพียงพอ ซึ่งถั่วเหลืองถือเป็นวัตถุดิบหลักอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญและใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ การผลิตถั่วเหลืองอินทรีย์ถือว่ายังมีปัญหาน้อยกว่าการผลิตข้าวโพด เพราะการปลูกถั่วเหลืองอินทรีย์ในฤดูแล้งหลังการทำนายังให้ผลผลิตต่อไร่สูง (นิรนาม, 2561) โดย (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2554) ได้ระบุเกี่ยวกับอาหารสัตว์อินทรีย์ไว้ว่า พืชอาหารสัตว์ที่จะนำมาทำเป็นอาหารอินทรีย์นั้นต้องรับประกันว่าเป็นอินทรีย์จริงๆ ดังนั้นต้องปลูกภายในฟาร์มหรือในเครือข่ายบริเวณใกล้เคียง ต้องมีความเป็นธรรมชาติมากที่สุด ห้ามใช้วัตถุดิบที่ตัดต่อพันธุกรรมหรือสารเคมีต่าง ๆ เช่น ข้าวโพดหรือถั่วเหลืองนำเข้า ยาปฏิชีวนะ ยากันบิด ฮอร์โมน สังเคราะห์ และสารเร่งการเจริญเติบโต รวมถึงห้ามใช้กรดอะมิโนสังเคราะห์ ยกเว้นกรณีที่จำเป็นเท่านั้น

การผลิตถั่วเหลืองอินทรีย์คือ การทำการผลิตถั่วด้วยหลักธรรมชาติ บนพื้นที่การเกษตรที่ไม่มีสารพิษตกค้างและหลีกเลี่ยงจากการปนเปื้อนของสารเคมี ทางดิน ทางน้ำ และทางอากาศ เพื่อส่งเสริมความอุดสมสมบูรณ์ของดิน ความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศน์ และฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมให้กลับคืนสู่สมดุลธรรมชาติ โดยไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์หรือสิ่งที่ได้มาจากการตัดต่อพันธุกรรม ใช้ปัจจัยการผลิตที่มีแผนการจัดการอย่างเป็นระบบในการผลิตภายใต้มาตรฐานการผลิตเกษตรอินทรีย์ ให้ได้ผลผลิตสูงอุดมด้วยคุณค่าทางอาหารและปลอดสารพิษ โดยมีต้นทุนการผลิตต่ำเพื่อคุณภาพชีวิต และเศรษฐกิจพอเพียงแก่มวลมนุษยชาติและสรรพชีวิต (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2554)

การปรับปรุงคุณภาพถั่วเหลืองโดยกระบวนการหมัก

อาหารหมัก หมายถึง การนำอาหารหรือพืชส่วนต่าง ๆ มาเก็บไว้ในสภาพสุญญากาศในภาชนะปิด และเก็บถนอมไว้ในสภาพอวบน้ำจนเกิดสภาพหมักดอง โดยอาหารสด ๆ ได้เปลี่ยนสภาพเป็นอาหารหมักได้ด้วยการรักษาเนื้อเยื่อพืชไม่ให้เน่าเปื่อยที่เกิดจากกระบวนการซึ่งอาศัยเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด เช่น แบคทีเรียในกลุ่มแล็กโตบะซิลัส แบคทีเรียกลุ่มนี้จะย่อยแป้งในต้น ใบหรือเมล็ดพืชหรือในอาหารที่นำมาหมัก และเปลี่ยนให้เป็นกรดแล็กติก (lactic) กรดที่เกิดขึ้นนี้เป็นสารที่ช่วยรักษาเนื้อพืชหรืออาหารไม่ให้เน่าเปื่อย (ภัทรพร, 2556) นอกจากนี้ กระบวนการหมักยังช่วยเพิ่มคุณค่าทางด้านโภชนะ มีรสชาติ กลิ่น และลักษณะเนื้อ

กระบวนการหมักเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอาหารในวัตถุดิบหรือเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ใช้น้ำตาลจากพืชด้วยการย่อยเซลลูโลสและคาร์โบไฮเดรตให้มีโมเลกุลเล็กลง เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและสร้างกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acids, VFAs) เช่น กรดอะซีติก กรดแลคติก และกรดโพรพิโอนิค เป็นต้น (Chiba et al., 2005) จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยและการดูดซึมได้ดีขึ้น ซึ่งในกระบวนการหมักถั่วเหลืองด้วยจุลินทรีย์จะช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารได้โดยตรง เนื่องจากในระหว่างกระบวนการหมักจะเกิดการย่อยสลายสารอาหารโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยเอนไซม์ที่สร้างขึ้นจากจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเอนไซม์โปรติเอสที่จะช่วยย่อยโครงสร้างโปรตีนที่มีความซับซ้อนให้เป็นเปปไทด์สายสั้นให้อยู่ในรูปของกรดอะมิโนอิสระมากขึ้น ทำให้ถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักจะมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นกว่าเดิมหลายเท่า (นิธิยา, 2543) นอกจากนี้ การหมักยังช่วยลดสารพิษในถั่วเหลืองโดยเฉพาะสารไฟเทตและกรดออกซาลิกที่จะไปขัดขวางการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิดของร่างกาย เช่น ธาตุเหล็ก แคลเซียม และทองแดง เป็นต้น (พัทธินันท์, 2555)

พัทธินันท์ (2555) ได้รายงานว่า การหมักถั่วเหลืองด้วยจุลินทรีย์บาซิลลัส (Bacillus sp.) ช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร ในระหว่างกระบวนการหมักจะเกิดการย่อยสลายสารอาหารโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยเอนไซม์ที่สร้างขึ้นจากจุลินทรีย์ในกลุ่มบาซิลลัส (Bacillus sp.) โดยเฉพาะเชื้อ Bacillus subtilis ซึ่งบทบาทสำคัญในถั่วเหลือง โดยบทบาทของเชื้อตัวนี้ในการหมักคือการปล่อยเอนไซม์โปรติเอสออกมาย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนและสารแอมโมเนีย ซึ่งถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักจะมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นกว่าเดิมหลายเท่า ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการหมัก และเชื้อ Bacillus subtilis ยังสามารถผลิตเอนไซม์โปรติเอส เอนไซม์นัตโตไคเนส และแกมมาโพ ลีกลูตามิคเอซิด (gamma-polyglutamic acid; PGA) ซึ่งจะช่วยทำลายโครงสร้างของสารที่ยับยั้งการทำงานของทริปซิน (trypsin inhibitor) ทำให้ย่อยโปรตีนในถั่วเหลืองได้ดีขึ้น (Inatsu et.al, 2006)

นอกจากนี้ พัทธินันท์ (2555) ได้รายงานถึงการหมักถั่วเหลืองนั้นมีประโยชน์ดังนี้

1. เพิ่มคุณค่าทางโภชนะ โดยในระหว่างกระบวนการหมักจะเกิดการย่อยสลายสารอาหารทั้งโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยเอนไซม์ที่สร้างขึ้นจากจุลินทรีย์ โดยเอนไซม์ของจุลินทรีย์จะเข้าย่อยโครงสร้างของเยื่อใยในถั่วเหลืองให้กลายเป็นน้ำตาล ย่อยโปรตีนที่มีโครงสร้างความซับซ้อนให้เป็นเปปไทด์สายสั้น หรือมีโครงสร้างที่เล็กลงจึงมากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนะของอาหาร ซึ่งถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักจะมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นกว่าเดิม

2. ลดสารพิษในถั่วเหลือง โดยเฉพาะสารไฟเทตและกรดออกซาลิกที่ไปขัดขวางการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิดของร่างกาย เช่น ธาตุเหล็ก แคลเซียม และทองแดง เป็นต้น ทำให้สามารถดูดซึมและใช้ประโยชน์แร่ธาตุ

3. ถนอมอาหารให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น โดยไม่เกิดการเน่าเสีย เนื่องจากในระหว่างการหมักถั่วเหลืองค่าพีเอชจะลดลงบางชนิดได้ดีขึ้น

4. ช่วยเพิ่มความสามารถในการย่อยสารอาหาร ซึ่งในระหว่างการหมักสารอาหารที่ย่อยยากจะถูกทำให้อยู่ในรูปที่ย่อยง่ายและมีประโยชน์ต่อร่างกายมากขึ้น เนื่องจากปริมาณสารอาหารที่ละลายน้ำได้จะมีมากขึ้น (water soluble nutrients) ส่งผลให้การทำงานของเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารทำงานได้ดีขึ้นน้อยกว่า 6.0 ซึ่งค่าพีเอชที่ลดลงจะช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร และถั่วที่หมักเสร็จแล้วจะมีค่าพีเอชน้อยกว่า 5.0 จึงป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคได้

การเลี้ยงไก่เนื้อ

ไก่เนื้อเป็นสัตว์ปีกที่เลี้ยงไว้เพื่อบริโภคเนื้อเป็นหลัก ที่เลี้ยงเป็นการค้าในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด มีทั้งสัตว์ปีกพันธุ์แท้และสัตว์ปีกลูกผสม ซึ่งในแต่ละพันธุ์มีข้อดีข้อด้อยในการเลี้ยงและประสิทธิภาพการผลิตที่แตกต่างกัน โดย ประภากร (2550) ได้รายงานว่า ไก่เนื้อ (Meat type chickens) หมายถึง ไก่ที่เลี้ยงขุนเพื่อบริโภคเนื้อเป็นหลัก ไก่เนื้อเป็นคำที่เรียกรวมๆ ซึ่งจะประกอบด้วย ไก่กระทง ไก่ไข่ตัวผู้ขุนและไก่พื้นเมืองขุน ฯลฯ ดังนั้นไก่กระทงจึงหมายรวมถึงไก่เนื้อแต่ไก่เนื้อมิได้หมายถึงไก่กระทงเสมอไป

ไก่กระทง (Broilers) หมายถึง ไก่ที่เลี้ยงเอาไว้เพื่อบริโภคเนื้อเป็นหลักและมีอายุการเลี้ยงสั้น ปัจจุบันไก่กระทงได้ถูกปรับปรุงพันธุ์ให้มีการเจริญเติบโตเร็ว ให้เนื้อมาก อายุการเลี้ยงสั้นลง คือ สามารถนำมาบริโภคได้ตั้งแต่อายุ 28-60 วัน (ประภากร, 2550)

มณฑิชา (2555) ได้รายงานว่า การจัดการเลี้ยงดูไก่เนื้อแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกเกิดถึงอายุ 2 สัปดาห์ และระยะรุ่นจนถึงส่งตลาด (2 สัปดาห์ขึ้นไป) โดยมีรายละเอียดดังนี้

การเลี้ยงไก่เนื้อระยะแรกเกิดถึงอายุ 2 สัปดาห์ การเลี้ยงไก่เนื้อระยะนี้ต้องให้การดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี เนื่องไก่ยังมีขนาดเล็ก สิ่งสำคัญในด้านการจัดการการเลี้ยงสาหรับไก่เนื้อระยะนี้ ได้แก่

1. การเตรียมโรงเรือนเลี้ยงไก่เนื้อ การเตรียมโรงเรือนนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการเลี้ยงไก่เนื้อ เป็นขั้นตอนที่ต้องให้ความสำคัญ เอาใจใส่และต้องปฏิบัติอย่างเคร่งครัด เพื่อให้โรงเรือนและอุปกรณ์ที่ใช้เลี้ยงไก่เนื้อมีความสะอาด และปลอดจากเชื้อโรคต่างๆ มากที่สุด จัดเป็นขั้นตอนที่มีผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของไก่เนื้อ ถ้าผู้เลี้ยงมีการเตรียมโรงเรือนไม่ดีอาจจดเป็นสาเหตุให้เกิดโรคระบาดขึ้นในฟาร์มได้

2. การจัดการไก่เนื้อในระยะกก ระยะกกเป็นระยะที่สำคัญที่ต้องการดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างมาก เนื่องจากลูกไก่ยังเล็ก เกิดปัญหาสุขภาพและตายได้ง่าย ดังนั้นการจัดการในระยะนี้จึงต้องระมัดระวัง และปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนอย่างเคร่งครัด เริ่มตั้งแต่การเตรียมรับลูกไก่ การจัดการ

เมื่อลูกไก่มาถึงฟาร์ม และการจัดการต่างๆ ในระหว่างการกกลูกไก่ ได้แก่ การจัดการการให้อาหาร การจัดการการให้น้ำ การจัดการเกี่ยวกับพื้นที่ในการกกลูกไก่ การจัดการเกี่ยวกับอุณหภูมิในการกกลูกไก่ การจัดการเกี่ยวกับความชื้นภายในโรงเรือน การจัดการเกี่ยวกับการระบายอากาศภายในโรงเรือน การจัดการเกี่ยวกับแสงสว่างภายในโรงเรือน การให้วัคซีน และการจดบันทึกข้อมูล

3. การเลี้ยงไก่เนื้อระยะรุ่นถึงส่งตลาด การจัดการการเลี้ยงไก่เนื้อในช่วงระยะรุ่นจนถึงส่งตลาด (2 สัปดาห์ขึ้นไป) ถือว่ามีความสำคัญเช่นเดียวกับในระยะกก เนื่องจากไก่เนื้อมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีความสามารถในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูง จึงเป็นช่วงที่เกิดความเครียดได้ง่าย การจัดการไก่เนื้อระยะรุ่นถึงส่งตลาด ได้แก่ มีพื้นที่ในการเลี้ยงไก่เนื้ออย่างเพียงพอให้สัตว์อยู่อย่างสบาย มีอาหารให้ไก่เนื้อกินตลอดเวลา น้ำที่ใช้เลี้ยงควรเป็นน้ำที่สะอาด มีคุณภาพดีและปราศจากสิ่งเจือปน มีการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม มีการระบายอากาศที่ดีและเพียงพอ ควบคุมความชื้นสัมพันธ์ภายในโรงเรือนให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม มีแสงสว่างอย่างเพียงพอเพื่อให้ไก่มองเห็นอาหารอย่างชัดเจน มีการให้วัคซีนไก่เนื้อตามช่วงอายุอย่างเคร่งครัด มีการจัดการจัดไก่ตายหรือไก่คัดทิ้งอย่างถูกวิธี ควรจดบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เมื่อถึงวันจับไก่เนื้อสู่ตลาดต้องมีการอดอาหารไก่เนื้ออย่างน้อย 8 ชั่วโมงก่อนถึงเวลาเชือดไก่ ควรจับไก่เนื้อและบรรทุกไก่เนื้อในเวลากลางคืน หลังจากจับไก่เนื้อออกจากโรงเรือนหมดแล้ว ผู้เลี้ยงต้องขนวัสดุรองพื้นและมูลไก่ออกจากโรงเรือนให้หมด ไม่ควรกองทิ้งไว้ภายในฟาร์ม เพราะจะเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคและแพร่กระจายเชื้อโรคสู่ไก่ฝูงอื่นๆ ในฟาร์มได้

ศิริลักษณ์ และคณะ (2549) ได้รายงานว่า การจัดการไก่เนื้อที่มีขนาดโตขึ้นจะต้องมีพื้นที่ในการกินอาหารอย่างเพียงพอ เพื่อป้องกันปัญหาการแย่งกันกินอาหาร หรือการเกิดการต่อสู้จิกตีกัน ซึ่งจะทำให้เกิดบาดแผลได้ และเพื่อให้ไก่ที่มีขนาดเล็กกว่าได้กินอาหารพร้อมกับไก่ตัวอื่น ๆ ดังนั้นจึงควรติดตั้งอุปกรณ์ให้อาหารให้เพียงพอ โดยถ้าใช้รางอาหารควรมีพื้นที่สำหรับไก่เข้ากินอาหาร 5-15 เซนติเมตร (2-6 นิ้ว) ต่อไก่ 1 ตัว ถ้าใช้ถังอาหารไก่ใหญ่ควรใช้ 30 ถังต่อไก่ 1,000 ตัว ถ้าเป็นถาดอาหารไก่ใหญ่แบบอัตโนมัติใช้ 18-20 ถาดไก่ 1,000 ตัว ในการให้อาหารไก่เนื้อสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือต้องมีอาหารให้ไก่กินตลอดเวลา ถ้าใช้ถังอาหารควรให้อาหารอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง ในช่วงระหว่างวันผู้เลี้ยงอาจช่วยเขย่าถังอาหาร ให้อาหารลงในถังสู่จานอาหารไม่ให้ติดค้างในถังอาหาร และยังเป็นการกระตุ้นให้ไก่กินอาหารอีกด้วย สำหรับอุปกรณ์ให้อาหารอัตโนมัติอาจตั้งเวลาควบคุมการเปิดปิดการทำงาน หรือใช้น้ำหนักอาหารในโภชนะเป็นตัวควบคุมการเปิดปิดการทำงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของออุปกรณ์ให้อาหาร การเติมอาหารในอุปกรณ์ให้อาหารทั้งแบบการเติมด้วยมือและแบบอัตโนมัติ ไม่ควรเติมอาหารในภาชนะมากเกินไป ควรมีระดับความสูงของอาหารประมาณ 1/3 ของความสูงถาดอาหารหรือรางอาหารเพื่อป้องกันการคุ้ยเขี่ยอาหาร ซึ่งจะทำไห้อาหาร

หกหล่นสูญหายได้ และควรปรับความสูงของโภชนาให้อาหารให้มีระดับความสูงขึ้นตามขนาดตัวไก่ โดยให้ขอบบนของรางอาหารหรือถาดอาหารอยู่สูงกว่าระดับหลังไก่ประมาณ 1 นิ้ว

การให้อาหารไก่เนื้อ

ประภากร (2550) รายงานว่า การให้อาหารไก่กระทงหรือไก่เนื้อจะแบ่งอาหารตามระยะการเจริญเติบโตของไก่ ซึ่งโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ไก่เล็ก (Starter) ไก่รุ่น (Grower) และไก่ใหญ่ (Finisher) แต่โปรแกรมการให้อาหารหรือสูตรอาหารจะแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่

1. อาหารไก่เล็ก (Starter diet) ใช้เลี้ยงไก่กระทงช่วงอายุ 1-18 วัน
2. อาหารไก่รุ่น (Grower diet) ใช้เลี้ยงไก่กระทงช่วงอายุ 19-30 วัน
3. อาหารไก่ใหญ่ (Finisher diet) ใช้เลี้ยงไก่กระทงช่วงอายุ 31 วันขึ้นไปหรือช่วงอายุ 31-35 วัน
4. อาหารก่อนส่งตลาด (Withdrawal diet) ใช้เลี้ยงไก่ในช่วงระยะ 5 ก่อนจับส่งโรงชำแหละ หรือก่อนจับขาย เนื่องจากในการเลี้ยงไก่กระทงนั้นมักจะมีการเสริมยาปฏิชีวนะหรือยาป้องกันโรคบิดลงไปในอาหารเพื่อควบคุมโรคติดต่อ และยาในกลุ่มนี้บางชนิดอาจจะมีผลตกค้างอยู่ในเนื้อไก่ได้ อย่างไรก็ตาม ยาปฏิชีวนะที่ใช้ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่กระทงนั้นจะสามารถขับออกจากร่างกายได้หมดภายในระยะเวลา 3-5 วัน ดังนั้น ก่อนที่จะจับไก่ส่งโรงชำแหละหรือจับขายจึงจำเป็นจะต้องให้อาหารที่ปราศจากยาปฏิชีวนะให้ไก่กระทง บางครั้งนักโภชนาศาสตร์จะปรับลดโภชนาหรือวัตถุดิบบางอย่างที่ไม่ค่อยจำเป็นออกจากสูตรอาหารเพื่อลดต้นทุนค่าอาหาร เช่น ลดปริมาณของวิตามินลง แต่อาจจะเพิ่มกรดอะมิโนและแร่ธาตุบางชนิดเข้าไปเพื่อกระตุ้นให้สร้างกล้ามเนื้อมากขึ้น

สมรรถภาพการเจริญเติบโต

สมรรถภาพการเจริญเติบโตเป็นลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจโดยจะมีผลต่อกำไรหรือขาดทุนโดยขุนพล และคณะ (2552) รายงานว่าค่าสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ ได้แก่ ปริมาณอาหารที่กิน (feed intake, FI) น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (average daily gain, ADG) และอัตราแลกน้ำหนัก (feed conversion ratio, FCR) ซึ่งหากจะวัดประสิทธิภาพของการผลิตของสัตว์ภายในฟาร์มด้วยการเปรียบเทียบพันธุ์ อาหาร หรือการจัดการเลี้ยงดู ว่าชนิดใดหรือแบบใดจะดีกว่ากันเพียงใดนั้นให้เปรียบเทียบกันโดยใช้ค่าสมรรถภาพการผลิต โดยต้นทุนของการผลิตสัตว์รวมทั้งไก่เนื้อ 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นค่าอาหาร ดังนั้นการลดต้นทุนในส่วนนี้จึงเป็นสิ่งจำเป็นและเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ผลิตเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม สัตว์มีการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารแตกต่างกันออกไป โดยลักษณะการเจริญเติบโตเป็นลักษณะเชิงปริมาณ ซึ่งกระบวนการเจริญเติบโต

ของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะต้องอาศัยกลไกการทำงานของฮอร์โมน ระบบประสาท และยีน ซึ่งเป็นปัจจัยภายในจากตัวสัตว์และปัจจัยจากภายนอก เช่น อาหาร และการจัดการเลี้ยงดู เป็นต้น

คุณภาพซาก

ซากประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ กระดูก กล้ามเนื้อ และไขมัน คุณภาพซากที่ดีประเมินได้จากการจัดการเลี้ยงดูภายในฟาร์มและเมื่อทำการแปรสภาพเป็นเนื้อจะได้ถูกใจผู้บริโภค (สัญชัย, 2550) ซึ่งลักษณะซากนับเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์อย่างหนึ่งต่อการปรับปรุงการผลิตสัตว์ให้ตรงตามเป้าหมาย ข้อมูลลักษณะซากที่สำคัญ เช่น เปอร์เซ็นต์ซาก (dressing percentage) เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง (retail cut) ที่ประกอบด้วย เนื้ออก เนื้อสะโพก เนื้อน่อง ปีก และเปอร์เซ็นต์อวัยวะภายใน โดย สัญชัย (2550) ได้รายงานว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพซากประกอบด้วย ปัจจัยอันเนื่องมาจากตัวสัตว์โดยเฉพาะลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะเฉพาะตัวของสัตว์ เช่น เพศ อายุ ตำแหน่งของเนื้อ รวมทั้ง การเลี้ยงดูและการจัดการก็ส่งผลต่อคุณภาพซากด้วยเช่นกัน อายุเข้าฆ่า พันธุ์ และระดับอัตราพันธุกรรม ทั้งหมดนี้มีผลต่อลักษณะและคุณภาพซากทั้งสิ้น

คุณภาพเนื้อ

คุณภาพเนื้อเป็นลักษณะต่างๆ ของเนื้อสัตว์ที่แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติตามความต้องการของผู้บริโภค และความเหมาะสมสำหรับการแปรรูป ทำผลิตภัณฑ์เนื้อแบบต่าง ๆ ซึ่งลักษณะของเนื้อที่สำคัญที่มีส่วนกำหนดคุณภาพเนื้อ ได้แก่ สี รสชาติ กลิ่น ความชุ่มฉ่ำ และความนุ่มของเนื้อสัตว์ (สัญชัย, 2551) โดยคุณภาพเนื้อเป็นสิ่งผู้บริโภคให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยคุณภาพเนื้อของไก่ที่สามารถวิเคราะห์ได้จากลักษณะทางกายภาพ เช่น พีเอช ค่าสีของเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ รวมทั้งความยาวของซาร์โครเมีย และค่าองค์ประกอบเคมีของเนื้อ เช่น ปริมาณโปรตีน ไขมัน และความชื้น อีกทั้งยังรวมถึงการประเมินค่าการหืนของเนื้อ (thiobarbituric acid, TBA) (ชลธี และคณะ, 2561)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้กากถั่วเหลืองหมักในอาหารไก่เนื้อ

Mathivanan et al. (2006) ได้ศึกษาการให้กากถั่วเหลืองหมักต่อประสิทธิภาพการผลิตไก่เนื้อ โดยหมักกากถั่วเหลืองด้วย Aspergillus niger เป็นเวลา 48 ชั่วโมง อบแห้ง และเสริมในอาหารไก่เนื้อที่ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาผลของประสิทธิภาพการผลิตและลักษณะของลำไส้ โดยใช้ไก่เนื้อพันธุ์ Vencob อายุ 200 วัน ทดลองเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับควบคุม

อาหารและใช้เอนไซม์เชิงพาณิชย์ ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่างของน้ำหนักตัวระหว่างกกลุ่มทดลองจนถึงอายุ 4 สัปดาห์ อย่างไรก็ตาม ในสัปดาห์ที่ 5 และสัปดาห์ที่ 6 น้ำหนักตัวของกลุ่มที่ได้รับอาหารที่กากถั่วเหลืองหมัก 0.5 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การกินได้สะสมในอายุสัปดาห์ที่ 5 และ 6 ของกลุ่มที่ได้รับอาหารที่กากถั่วเหลืองหมัก 0.5 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่กากถั่วเหลืองหมัก 1.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 และ 4 กลุ่มที่เลี้ยงด้วยที่ได้รับอาหารที่กากถั่วเหลืองหมัก 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการแลกเนื้อดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$) เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักลำไส้ ตับอ่อน น้ำหนักซาก ความยาวของลำไส้ และความหนืดของของเหลวในลำไส้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละกลุ่มทดลอง ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นกรด-ด่างของลำไส้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในกลุ่มเลี้ยงด้วยที่ได้รับอาหารที่กากถั่วเหลืองหมัก 0.5, 1.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมเอนไซม์ในเชิงพาณิชย์เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ความยาวและความกว้างของวิลไลในลำไส้ส่วนไอเลียมในกลุ่มเลี้ยงด้วยที่ได้รับอาหารที่กากถั่วเหลืองหมัก 0.5, 1.0 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่เสริมเอนไซม์ในเชิงพาณิชย์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุม กิจกรรมของเอนไซม์ย่อยอาหารไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละกลุ่มทดลอง ยกเว้นกิจกรรมของไลเปสที่มีกิจกรรมไลเปสสูงกขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในกลุ่มเลี้ยงด้วยที่ได้รับอาหารที่กากถั่วเหลืองหมัก 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ สรุปได้ว่า การใช้กากถั่วเหลืองหมักเสริมในอาหารไก่เนื้อที่ระดับร้อยละ 0.5 สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของไก่เนื้อได้

Kim et al. (2016) ได้การศึกษาการใช้กากถั่วเหลืองหมักระยะแรกต่อการเจริญเติบโตและการตอบสนองทางสรีรวิทยาของลูกไก่เนื้อ วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้คือเพื่อประเมินการเจริญเติบโต น้ำหนักอวัยวะ ค่าองค์ประกอบของเลือด และจุลินทรีย์ในไส้ติ่งของไก่เนื้อ โดยทดลองในไก่เนื้อที่มีผลิตภัณฑ์จากกากถั่วเหลืองหมักระยะแรกเป็นวัตถุดิบอาหาร ใช้ไก่เนื้อทั้งหมด 900 ตัว อายุ 1 วัน ได้ทำการสุ่มแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ โดยมีลูกไก่ซ้ำละ 13 ตัว ลูกไก่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารควบคุมก่อนเริ่มการทดลองด้วยกากถั่วเหลืองไม่รวมเปลือก (SBM) หรือหนึ่งในหกอาหารทดลอง และอาหารทดลองประกอบด้วย กากถั่วเหลืองหมักแลคโตบาซิลลัส SBM (BF-SBM), กากถั่วเหลืองหมักยีสต์และบาซิลลัส SBM (YBF-SBM), กากถั่วเหลืองหมักแลคโตบาซิลลัสหมัก SBM1 (LF-SBM 1), กากถั่วเหลืองหมักแลคโตบาซิลลัส SBM2 (LF-SBM 2) และถั่วเหลืองโปรตีนเข้มข้น (SPC) เป็นเวลา 7 วัน หลังจากฟักไข่ หลังจากนั้นทดแทนถั่วเหลืองโปรตีนเข้มข้นด้วยอาหารทดลองในระดับ 3 เปอร์เซ็นต์บนพื้นฐานน้ำหนักสด ผลการศึกษาพบว่า อาหารทดลองไม่ได้มีผลกระทบต่อน้ำหนักตัว (BW) ในช่วงเริ่มต้น แต่น้ำหนักตัวที่ 14 วันเป็นต้นไป มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีกากถั่วเหลืองหมักแลคโตบาซิลลัส SBM และกากถั่วเหลืองหมักยีสต์และบาซิลลัส

SBM สูงกว่ากลุ่มควบคุม การกินได้ของไก่เนื้อในช่วงระยะรุ่นและระยะขุนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกกลุ่มทดลอง อัตราการเจริญเติบโตของ 6 กลุ่มทดลอง คือ 52.0 กรัมต่อวัน (การควบคุม), 57.7 กรัมต่อวัน (BF-SBM), 58.5 กรัมต่อวัน (YBF-SBM), 52.0 กรัมต่อวัน (LF-SBM 1), 56.7 กรัมต่อวัน (LF-SBM 2) และ 53.3 กรัมต่อวัน (SPC) ตามลำดับ ไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีอาหารที่มีกากถั่วเหลืองหมักแลคโตบาซิลลัส SBM, กากถั่วเหลืองหมักยีสต์และบาซิลลัส SBM และกากถั่วเหลืองหมักแลคโตบาซิลลัส SBM2 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.001$) และไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีกากถั่วเหลืองหมักแลคโตบาซิลลัส SBM, กากถั่วเหลืองหมักยีสต์และบาซิลลัส SBM และกากถั่วเหลืองหมักแลคโตบาซิลลัส SBM2 มีอัตราการเปลี่ยนอาหารต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) น้ำหนักสัมพัทธ์ของอวัยวะต่าง ๆ และค่าองค์ประกอบเลือดไม่แตกต่างกันทางสถิติ จุลินทรีย์ในไส้ติ่งของไก่เนื้อทดลองในสันที่ที่ 35 โดยไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีกากถั่วเหลืองหมักแลคโตบาซิลลัส SBM และกากถั่วเหลืองหมักยีสต์และบาซิลลัส SBM จะมีแบคทีเรียกรดแลคติคเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.001$) แต่แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มลดลงเมื่อเทียบกับอาหารควบคุม จำนวนของ Bacillus spp. ในทุกกลุ่มทดลองยกเว้น LF-SBM 1 สูงกว่ากลุ่มอาหารควบคุม ($P<0.001$) สรุปได้ว่า การให้อาหารที่หมักจุลินทรีย์ในระยะแรกมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ โดยไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีกากถั่วเหลืองหมักแลคโตบาซิลลัส SBM และกากถั่วเหลืองหมักยีสต์และบาซิลลัส SBM มีการเจริญเติบโตโดยรวมดีที่สุด

การใช้ถั่วเหลืองหมักในอาหารไก่เนื้อ

Fujuwara et al. (2009) ได้ศึกษาผลของใช้ถั่วเหลืองหมักด้วย Bacillus subtilis var. Natto ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และการทำงานของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ส่วนต้น (Caecum) ของไก่พื้นเมือง โดยไก่เนื้อพื้นเมืองได้รับถั่วเหลืองหมักในระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (กลุ่มควบคุม) และ 2 เปอร์เซ็นต์ ของถั่วเหลืองหมักเสริมในอาหารทางการค้า โดยไก่เนื้อจะได้รับอาหารทางการค้า (อาหารกลุ่มควบคุม) ตั้งแต่อายุ 1 วันจนถึง 27 วัน และตั้งแต่อายุ 28 วันจนถึง 80 วัน ไก่เนื้อจะได้รับอาหารทางการค้าเสริมถั่วเหลืองหมักในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อาหารที่เสริมถั่วเหลืองหมักไม่ได้ส่งผลต่อกินอาหารได้ของไก่เนื้อ การเพิ่มน้ำหนักตัว และประสิทธิภาพการใช้อาหาร นอกจากนี้ การเสริมถั่วเหลืองหมักในอาหารก็ไม่ได้ส่งผลต่อน้ำหนักซาก กล้ามเนื้อหน้าอก และกล้ามเนื้อขา หรือไขมันช่องท้อง และไม่พบความแตกต่างของค่า pH, ความเข้มข้นของยูเรียไนโตรเจน (NH_3 –N) และจำนวนของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ส่วนต้นแต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของกรดอะซิติกรวมเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่เสริมถั่วเหลืองหมักในอาหาร ซึ่งสามารถสรุปได้จากการศึกษาครั้งนี้ว่า การเสริมการเสริมถั่วเหลืองหมักในอาหารไก่เนื้อพื้นเมืองไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต แต่มีประโยชน์ต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในลำไส้

Lee et al. (2010) ได้ศึกษาถึงสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อที่เลี้ยงด้วยถั่วเหลืองงอกหมักด้วย Monascus pupureus โดยใช้ไก่เนื้อพันธุ์ Ross×Ross จำนวน 750 ตัว สุ่มเป็น 5 กลุ่ม (5 ซ้ำๆ ละ 30 ตัว) ทดลองเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ใช้อาหารทดลองดังนี้ กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุมเชิงลบ (อาหารปลอดยาปฏิชีวนะ) กลุ่มที่ 2 อาหารควบคุมเชิงบวก (เสริมยา Avilamycin ระดับ 10 ppm) กลุ่มที่ 3 อาหารควบคุมเชิงลบร่วมกับถั่วเหลืองงอกหมัก 0.3 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 4 อาหารควบคุมเชิงลบร่วมกับถั่วเหลืองงอกหมัก 0.5 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 5 อาหารควบคุมเชิงลบร่วมกับถั่วเหลืองงอกหมัก 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า น้ำหนักตัวสุดท้ายของกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมเชิงลบร่วมกับถั่วเหลืองงอกหมัก 1 เปอร์เซ็นต์นั้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อัตราส่วนการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของทุกกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองงอกหมักและกลุ่มควบคุมเชิงบวกดีกว่ากลุ่มควบคุมเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับในช่วงระยะเวลาทั้งหมด น้ำหนักสัมพัทธ์ของอวัยวะต่าง ๆ และการแสดงออกของ glutamic oxaloacetic transaminase (GOT) และ glutamic pyruvic transaminase (GPT) ไม่แตกต่างกันของทุกกลุ่มทดลอง ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดในกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมเชิงลบร่วมกับถั่วเหลืองงอกหมัก 0.5 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ นั้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของจุลินทรีย์ใน caecum ในทุกกลุ่มทดลอง นอกจากนี้อาหารทดลองไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเนื้อสัตว์ที่ใช้บริโภคได้ รวมถึงแรงตัดผ่าน, pH, สีเนื้อ (CIE L *, a * และ b *) และปริมาณของ malondialdehyde (MDA) ด้วย การสูญเสียน้ำหลังปรุงอาหาร (Cook) กล้ามเนื้อเต้านมในกลุ่มที่กินถั่วเหลืองงอกหมักลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมเชิงลบ ผลลัพธ์เหล่านี้บ่งชี้ว่า การใช้ถั่วเหลืองงอกหมักในอาหารสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการเติบโตในไก่เนื้อและอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อไก่ในบางกรณี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

สถานที่การทำวิจัย

ฟาร์มสัตว์ปีกและห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย

ดำเนินการทดลอง เมษายน ถึง มิถุนายน 2562

วัสดุและอุปกรณ์การดำเนินการวิจัย

1. ไก่เนื้อสายพันธุ์การค้า อายุ 1 วัน
2. วิตามินและวัคซีน
3. โรงเรือนพร้อมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร
4. วัสดุและอุปกรณ์งานช่าง เช่น ลวด คีมตัดลวด กรรไกร เป็นต้น
5. อุปกรณ์ทำความสะอาดโรงเรือน เช่น พลั่ว ไม้กวาด รถเข็น เป็นต้น
6. อุปกรณ์ให้น้ำและอาหาร ได้แก่ กระปุกน้ำ ถาดอาหาร ถังอาหาร เป็นต้น
7. อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟ สายไฟ เป็นต้น
8. อุปกรณ์ชั่งน้ำหนัก เช่น เครื่องชั่งน้ำหนักไก่ เครื่องชั่งอาหารและเครื่องชั่งดิจิตอล เป็นต้น
9. วัตถุดิบอาหารสัตว์
10. เครื่องบดอาหาร และตะแกรงร่อน
11. เครื่องผสมอาหาร และกระสอบใส่อาหาร
12. เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี
13. มีดและอุปกรณ์ตัดแต่งซาก

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นเตรียมการทดลอง

การเตรียมโรงเรือนเลี้ยงไก่ การเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก และการเตรียมอาหารทดลอง

1. การเตรียมโรงเรือนเลี้ยงไก่ การจัดเตรียมโรงเรือนเพื่อใช้เลี้ยงไก่เนื้อ ซึ่งเป็นโรงเรือนระบบเปิดพื้นซีเมนต์ กั้นแยกคอกจำนวน 18 คอก ติดตั้งหลอดไฟที่ให้แสงสว่างอย่างเพียงพอ ทำความสะอาดโรงเรือนเลี้ยงไก่ทดลอง พ่นน้ำยาฆ่าเชื้อ โรยปูนขาว นำวัสดุรองพื้นปูรองพื้นคอกหนา 2-3 นิ้ว หลังจากนั้นพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อ อีกครั้ง ก่อนทำการเลี้ยงไก่ทดลอง 7 วัน

2. การเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก

2.1 การเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก โดยทำการแช่ถั่วเหลืองอินทรีย์ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เมื่อได้เวลาที่กำหนดนำถั่วเหลืองออกมาล้างให้สะอาดเพื่อขจัดเศษไม้และสิ่งสกปรกออก หลังจากนั้นล้างประมาณ 2-3 น้ำจนเห็นว่าถั่วไม่มีเมือก และนำถั่วที่ล้างสะอาดแล้วไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ต้มทิ้งไว้ประมาณ 20 นาทีนับจากจุดที่เดือด เมื่อถั่วเหลืองสุกดีแล้วทิ้งไว้ให้เย็นนำไปผึ่งแดดเพื่อลดความชื้น ก่อนนำเอาเข้าไปอบในตู้อบให้แห้ง จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดก่อนนำไปผสมอาหารและสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

2.2 การเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก โดยทำการแช่ถั่วเหลืองอินทรีย์ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เมื่อได้เวลาที่กำหนดนำถั่วเหลืองออกมาล้างให้สะอาดเพื่อขจัดเศษไม้และสิ่งสกปรกออก หลังจากนั้นล้างประมาณ 2-3 ครั้งจนเห็นว่าถั่วไม่มีเมือก และนำถั่วเหลืองที่ล้างสะอาดแล้วไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ต้มทิ้งไว้ประมาณ 20 นาทีนับจากจุดที่เดือด เมื่อถั่วเหลืองสุกดีแล้วทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำส่วนผสมที่เตรียมไว้มาผสมให้เข้ากันตามสูตร โดยใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ 100 กิโลกรัม น้ำตาลทรายแดง 4 กิโลกรัม และเกลือ 1 กิโลกรัม ทำการหมักถั่วเหลืองโดยบรรจุถุงละ 20 กิโลกรัม หลังจากใส่เมล็ดถั่วเหลืองในถุงแล้วอัดให้แน่น จากนั้นใช้เครื่องดูดอากาศทำการดูดอากาศออกจากถุงหมักให้มากที่สุด และมัดปากถุงด้วยเชือกให้แน่น ทำการหมักเป็นระยะเวลา 9 วัน เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนดทำการเปิดถุงแล้วทำการประเมินลักษณะทางกายภาพนำไปผึ่งแดดเพื่อลดความชื้นก่อนนำไปเข้าตู้อบให้แห้ง จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดก่อนนำไปผสมอาหาร และสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

สัตว์ทดลองและแผนการทดลอง

การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ใช้ไก่เนื้อแรกเกิดทางการค้า จำนวน 234 ตัว ทำการแบ่งกลุ่มไก่ออกเป็นทั้งหมด 6 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 13 ตัว โดยเลี้ยงในคอกขนาด 1x2 เมตร โดยสุ่มสัตว์ทดลองให้ได้รับอาหารทดลองที่แตกต่างกัน 6 กลุ่ม แต่ละกลุ่มได้รับอาหารทดลองที่มีการใช้แหล่งโปรตินที่แตกต่างกัน ดังนี้

กลุ่มที่ 1: อาหารควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

กลุ่มที่ 2: อาหารที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

กลุ่มที่ 3: อาหารที่ทดแทนด้วยถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก 25 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

กลุ่มที่ 4: อาหารที่ทดแทนด้วยถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก 50 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

กลุ่มที่ 5: อาหารที่ทดแทนด้วยถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก 75 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

กลุ่มที่ 6: อาหารที่ทดแทนด้วยถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก 100 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

อาหารทดลองมีระดับสารอาหารต่าง ๆ ตามความต้องการของไก่เนื้อในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตที่แนะนำโดย NRC (1994) ทำการเลี้ยงจนไก่เนื้อเป็นระยะเวลาประมาณ 49 วัน

อาหารทดลอง

โดยเตรียมอาหารทดลองที่ใช้เลี้ยงไก่เนื้อจะแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ระยะเล็ก (อายุ 0-3 สัปดาห์) และ ระยะรุ่น (อายุ 3-7 สัปดาห์) อาหารไก่เนื้อระยะเล็กมีโปรตีน 23 เปอร์เซ็นต์ อาหารไก่เนื้อระยะรุ่นมีโปตีน 20 เปอร์เซ็นต์ อาหารทดลองมีระดับสารอาหารต่างๆ ตามความต้องการของไก่เนื้อในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตที่แนะนำโดย NRC (1994) โดยส่วนประกอบของอาหารทดลองประกอบทางเคมีโดยการคำนวณแสดงในตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบวัตถุดิบและค่าโภชนะของอาหารไก่เนื้อระยะเล็ก (อายุ 0-3 สัปดาห์)

วัตถุดิบอาหาร (%)	กลุ่มการทดลอง					
	1	2	3	4	5	6
ปลายข้าวอินทรีย์	43.6	43.6	43.6	43.6	43.6	43.6
กากถั่วเหลือง	52.45	0	0	0	0	0
ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก	0	52.45	39.3375	26.225	13.1125	0
ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก	0	0	13.1125	26.225	39.3375	52.45
ไดแคลเซียม	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
หินฝุ่น	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
เกลือป่น	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
พรีมิกซ์ไก่เนื้อ	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
โปรไบโอติก	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
รวม	100	100	100	100	100	100
คุณค่าทางโภชนะ (จากการคำนวณ)						
โปรตีน (%)	23.08	23.08	23.06	23.05	23.04	23.03
พลังงาน (kcal/kg)	2877	2877	2906	2936	2965	2995
เยื่อใย (%)	2.255	2.255	3.19	3.688	4.186	4.684
ไขมัน (%)	10.5	10.5	11.1	11.2	11.3	11.5
แคลเซียม (%)	0.994	0.994	0.998	0.989	0.98	0.971
ฟอสฟอรัส (%)	0.781	0.781	0.762	0.725	0.689	0.652
ไลซีน (%)	1.432	1.432	1.55	1.55	1.55	1.55
เมท+ซีสตีน (%)	0.661	0.661	0.8	0.8	0.8	0.8
ทริปโตเฟน (%)	0.315	0.315	0.358	0.358	0.358	0.358
ทรีโอนีน (%)	0.902	0.902	1.059	1.059	1.059	1.059

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบวัตถุดิบและค่าโภชนะของอาหารไก่เนื้อระยะรุ่น (อายุ 3-6 สัปดาห์)

วัตถุดิบอาหาร (%)	กลุ่มการทดลอง					
	1	2	3	4	5	6
ปลายข้าวอินทรีย์	50.45	50.45	50.45	50.45	50.45	50.45
กากถั่วเหลือง	45.6	0	0	0	0	0
ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก	0	45.6	34.2	22.8	11.4	0
ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก	0	0	11.4	22.8	34.2	45.6
ไดแคลเซียม	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
หินฝุ่น	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
เกลือป่น	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
พรีมิกซ์ไก่เนื้อ	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
โปรไบโอติก	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
รวม	100	100	100	100	100	100
คุณค่าทางโภชนะ (จากการคำนวณ)						
โปรตีน (%)	20.06	20.06	20.05	20.04	20.03	20.02
พลังงาน (kcal/kg)	2940	2940	2966	2991	3017	3043
เยื่อใย (%)	2.465	2.465	2.899	3.332	3.765	4.198
ไขมัน (%)	9.62	9.62	9.73	9.85	9.96	10.1
แคลเซียม (%)	0.986	0.986	0.978	0.97	0.962	0.954
ฟอสฟอรัส (%)	0.762	0.762	0.73	0.698	0.666	0.634
ไลซีน (%)	1.381	1.381	1.381	1.381	1.381	1.381
เมท+ซีสตีน (%)	0.736	0.736	0.736	0.736	0.736	0.736
ทริปโตเฟน (%)	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324	0.324
ทรีโอนีน (%)	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966

วิธีการเก็บข้อมูล

สมรรถภาพการเจริญเติบโต

ทำการศึกษาจนถึงไก่อายุ 49 วัน โดยเก็บข้อมูลดังนี้บันทึกน้ำหนักของไก่เนื้อเริ่มทำการทดลอง หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักไก่เนื้อทุกกลุ่มทุกสัปดาห์ บันทึกปริมาณอาหารที่กิน โดยบันทึกน้ำหนักอาหารเมื่อเริ่มต้นสัปดาห์และน้ำหนักอาหารที่เหลือในแต่ละสัปดาห์ รวมถึงน้ำหนักสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาอาหารที่กินในแต่ละสัปดาห์และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร นอกจากนี้ ระหว่างเลี้ยงไก่หากพบว่ามีการตายหรือคัดทิ้ง ต้องบันทึกจำนวนตัวที่ตายหรือคัดทิ้งด้วย น้ำหนักไก่เนื้อทดลอง นำน้ำหนักไก่เนื้อในวันแรกที่ชั่งและแต่ละสัปดาห์มาคำนวณอัตราการเจริญเติบโต (ADG) จาก

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต (ADG,กรัม/ตัว/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง (วัน)} \times \text{จำนวนไก่}}$$

ปริมาณอาหารที่กิน นำบันทึกปริมาณอาหารที่ไก่กินในแต่ละสัปดาห์ตลอดการทดลอง คำนวณหาปริมาณอาหารที่กิน (Daily feed intake; FI) ในแต่ละช่วงอายุ โดยคำนวณได้จาก

$$\text{ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม/ตัว/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง (วัน)} \times \text{จำนวนไก่}}$$

นำบันทึกปริมาณอาหารที่ไก่เนื้อกิน และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงอายุ มาคำนวณหาค่าอัตราแลกน้ำหนัก (Feed conversion ratio; FCR) โดยคำนวณได้จาก

$$\text{อัตราแลกน้ำหนัก (FCR)} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม)}}$$

จำนวนไก่ตาย นำบันทึกจำนวนไก่ตายทุกวัน มาคำนวณหาอัตราการเลี้ยงรอด ในแต่ละช่วงอายุ โดยคำนวณได้จาก

$$\text{อัตราการเลี้ยงรอด (\%)} = \frac{(\text{จำนวนไก่ที่เลี้ยงในแต่ละช่วง} - \text{จำนวนไก่ตายช่วงนั้น})}{\text{จำนวนไก่ทดลองที่ใช้ในแต่ละช่วง}}$$

การศึกษาค่าทางโลหิตวิทยา

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ไก่เนื้อมีอายุ 42 วัน) ทำการเก็บตัวอย่างเลือดไก่จากเส้นเลือดบริเวณปีก (Wing vein) กลุ่มละ 6 ตัว ซ้ำละ 2 ตัว ในปริมาตร 2 มิลลิลิตรต่อตัว ใส่ในหลอดเก็บเลือดที่มีสาร anticoagulant และแช่เย็น แล้วนำส่งห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจวัดค่าเม็ดเลือดแดง และหาเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิด เฮทเทอโรฟิล ลิมโฟไซท์ และสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวเฮทเทอโรฟิลต่อลิมโฟรไซท์ (Heterophil: lymphocyte ratio; H:L ratio) ตามวิธีการของ Gross and Siegel (1983)

การศึกษาคุณภาพซากของไก่เนื้อ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ก่อนทำการเก็บข้อมูลต้องอดอาหารไก่ก่อนเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และทำการเก็บข้อมูลโดยการสุ่มไก่ซ้ำละ 2 ตัว รวมทั้งหมด 30 ตัว ทำการชั่งน้ำหนักไก่รายตัว หลังจากนั้นทำการตัดหัวไก่เพื่อเอาเลือดออก ถอนขน ตัดแบ่งเป็นชิ้นส่วน โดยแบ่งเป็นปีก น่องสะโพก แข้งและเท้า เนื้อหน้าอก เนื้อสันใน หัวและคอ ตับ ม้าม หัวใจ กระเพาะแท้และกระเพาะบด น้ำหนักอวัยวะภายในรวมและโครงกระดูก หลังจากนั้นทำการจดบันทึกน้ำหนักแต่ละชิ้นส่วน และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ซาก

การศึกษาคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ

ทำการสุ่มเนื้ออกและเนื้อสะโพกจากการเก็บข้อมูลคุณภาพซาก ซ้ำละ 2 ตัวอย่าง เป็นเนื้ออก 30 ตัวอย่าง และเนื้อสะโพก 30 ตัวอย่าง ทำการวัดสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น การสูญเสียน้ำจากการถูกความร้อน และความเหนียวของเนื้อ มีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

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

2. วัดสีของเนื้อโดยใช้เครื่อง Chroma meter (Minolta, CR-400, Osaka, Japan) วัดที่บริเวณรอยตัดใหม่ของเนื้อ ทำการวัดที่ 45 นาทีหลังฆ่า และ 24 ชั่วโมงหลังเก็บชิ้นเนื้อที่ 4 องศาเซลเซียส บันทึกค่าความสว่างของเนื้อ (L*) ค่าความแดงของเนื้อ (a*) และค่าความเหลืองของเนื้อ (b*) โดยทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง/ตัวอย่าง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

3. การวัดค่าออกซิเดชันของเนื้อ (Thiobarbituric Acid Reactive Substances, TBARS) โดยนำเอาเนื้อไก่ประมาณ 10 กรัม มาบดรวมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วใส่ HCl 4 N ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตรลงในตัวอย่าง จากนั้นเติมสาร antifoaming แล้วนำไปปั่นให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน และนำตัวอย่างไปกลั่นจนได้ปริมาณ 30-50 มิลลิลิตร จากนั้น ดูดของเหลวที่ได้จากการกลั่น 5 มิลลิลิตร ใส่หลอดแก้วแล้วเติมด้วย Thiobarbituric Acid 5 มิลลิลิตร แล้วเขย่าด้วยเครื่อง Vortex

เช่นกันแล้วนำไปไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30-35 นาที รอให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดคลื่นแสงโดยใช้เครื่องสเปกโตโฟโตเมตเตอร์ (Spectrophotometer) โดยใช้ความยาวคลื่นที่ 538 นาโนเมตรแล้วบันทึกข้อมูล

4. การวัดค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่เนื้อ (Water Holding Capacity, WHC) การวัดความสามารถในการอุ้มน้ำแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การวัดการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น (Drip loss) และการสูญเสียน้ำจากการปรุงสุก (Boiling loss)

4.1 การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น (Drip loss) โดยทำการตัดตัวอย่างเป็นสี่เหลียมจัตุรัสประมาณ 20-30 กรัม โดยทำ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง ใช้กระดาษทิชชู่ซับน้ำบริเวณเนื้อ ชั่งน้ำหนักเนื้อแล้วบันทึก จากนั้นนำเนื้อห่อด้วยผ้าก๊อตแล้วนำเชือกมัด เก็บในถุงโดยมัดปากถุงไม่ให้เนื้อติดขอบถุง เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างออกจากถุงแกะผ้าก๊อตออกและแล้วนำกระดาษทิชชู่ซับน้ำบริเวณรอบๆ เนื้อ ชั่งน้ำหนักเนื้อหลังแช่เย็นและบันทึกน้ำหนักหลังแช่เย็นโดยการคำนวณตามสูตรดังนี้

Drip loss = [(น้ำหนักเนื้อก่อนแช่เย็น - น้ำหนักเนื้อก่อนแช่เย็น)/น้ำหนักเนื้อก่อนแช่เย็น] x 100

4.2 การสูญเสียน้ำจากการทำให้สุก (Boiling loss) โดยการนำน้ำใส่ใน Water bath ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 80 องศาเซลเซียส ทำการตัดตัวอย่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสประมาณ 15-20 กรัม โดยทำ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง นำกระดาษทิชชู่ซับน้ำบริเวณเนื้อ ชั่งน้ำหนักเนื้อไก่ แล้วนำตัวอย่างใส่ถุงโดยนำอากาศออกให้หมด มัดปากถุงแล้วนำตัวอย่างมาต้มใน Water bath ประมาณ 15-20 นาที รอให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 30-45 นาที จากนั้นแกะตัวอย่างออกจากถุง ใช้กระดาษทิชชู่ซับน้ำของเนื้อ แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างพร้อมกับบันทึกข้อมูลและทำการคำนวณตามสูตรดังนี้

Boiling loss = [(น้ำหนักเนื้อก่อนต้ม – น้ำหนักเนื้อหลังต้ม)/น้ำหนักเนื้อก่อนต้ม] x 100

5. การวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear force) โดยใช้ตัวอย่างทำการสูญเสียน้ำจากการวัดค่าการสูญเสียน้ำจากการต้มสุก โดยใช้มีดตัดตัวอย่างเนื้อเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งมีความหนาของชิ้นเนื้อ 1.27 เซนติเมตร และนำตัวอย่างวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อโดยใช้ Instron Model 3433 Universal test machine, USA พร้อมบันทึกข้อมูล นำค่าที่มาคำนวณค่าเฉลี่ยเพื่อแสดงค่าความเหนียวนุ่นของเนื้อ

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าเฉลี่ยของข้อมูลนำมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนตามวิธีการหาความแปรปรวน (Analysis of Variance ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลองด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Rang Test: DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การศึกษาผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ มีผลการทดลอง ดังนี้

สมรรถภาพการเจริญเติบโต

น้ำหนักตัวของไก่เนื้อ พบว่า น้ำหนักตัวเริ่มต้น (อายุ 1 วัน) และน้ำหนักตัวสุดท้ายของไก่เนื้อ (อายุ 49 วัน) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสัปดาห์ที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และสัปดาห์ที่ 7 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อระยะเล็ก (อายุ 0-3 สัปดาห์) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มอาหารควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง 100% มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในระยะไก่เล็กสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และสูงกว่าทุกกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับ ซึ่งน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อระยะเล็กของกลุ่มควบคุมที่กากถั่วเหลือง กลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% มีค่าเท่ากับ 405.34, 301.36, 334.67, 313.23, 323.81 และ 305.67 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อระยะรุ่น (อายุ 4-7 สัปดาห์) และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง (อายุ 0-7 สัปดาห์) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่ออัตราการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ (กรัม/ตัว)

สัปดาห์ที่	กลุ่มทดลอง						SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
1	76.31	66.18	58.90	63.31	60.73	53.51	2.67	0.216
2	122.95	75.41	107.02	95.44	101.32	88.03	5.67	0.223
3	198.53	159.87	169.74	161.49	154.80	161.58	5.28	0.169
4	227.38	175.52	201.00	179.49	259.07	207.37	11.03	0.243
5	261.69	323.56	350.64	329.49	423.17	367.84	20.14	0.340
6	428.44	284.67	254.22	289.79	323.57	264.99	25.90	0.450
7	287.43	184.12	114.48	253.96	196.95	178.37	22.22	0.289
นน.เริ่มต้น	40.53	40.51	40.56	33.56	40.53	40.53	1.17	0.476
นน.สุดท้าย	1815.33	1451.72	1449.69	1560.18	1670.21	1595.24	42.04	0.068
0-3	405.34^{b}	301.46^{a}	334.67^{a}	313.23^{a}	323.81^{a}	305.67^{a}	10.90	0.027
4-7	1369.45	1109.75	1074.46	1206.39	1305.86	1249.03	36.51	0.130
0-7	1774.80	1411.21	1409.13	1519.62	1629.67	1554.70	42.04	0.067

หมายเหตุ : ^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่เนื้อ พบว่า ปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่เนื้อในสัปดาห์ที่ 1, 5 และสัปดาห์ที่ 6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่เนื้อในสัปดาห์ที่ 2, 3, 4 และสัปดาห์ที่ 7 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่เนื้อในสัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์ที่ 4 ของอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง 100% มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับ ปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่เนื้อในสัปดาห์ที่ 3 ของอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง 100% มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก 100% แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 50 และ 75% ส่วนปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่เนื้อในสัปดาห์ที่ 7 ของอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง 100% มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 50 และ 75% แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 100% ดังแสดงในตารางที่ 6

ปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่เนื้อระยะเล็ก (อายุ 0-3 สัปดาห์) ปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่เนื้อระยะรุ่น (อายุ 4-7 สัปดาห์) และปริมาณอาหารที่กินได้ตลอดการทดลอง (อายุ 0-7 สัปดาห์) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่เนื้อระยะเล็กที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง 100% มีปริมาณอาหารที่กินได้สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับ ซึ่งปริมาณอาหารที่กินได้ของกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% มีค่าเท่ากับ 39.73, 22.47, 26.66, 26.65, 27.10 และ 23.46 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่เนื้อระยะรุ่น (อายุ 4-7 สัปดาห์) ของกลุ่มอาหารควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง 100% มีปริมาณอาหารที่กินได้สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 50 และ 75% ซึ่งปริมาณอาหารที่กินได้ของกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% มีค่าเท่ากับ 97.94, 79.90, 77.18, 81.40, 87.76 และ 91.38 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ และปริมาณอาหารที่กินได้ของไก่เนื้อตลอดการทดลอง (อายุ 0-7 สัปดาห์) ของกลุ่มอาหารควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง 100% มีปริมาณอาหารที่กินได้สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับด้วยเช่นกัน ซึ่งปริมาณอาหารที่กินได้ของกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% มีค่าเท่ากับ 73.33, 55.29, 55.53, 57.94, 62.15 และ 62.27 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่อปริมาณอาหารที่กินได้ในไก่เนื้อ (กรัม/ตัว/วัน)

สัปดาห์	กลุ่มทดลอง						SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
1	12.89	12.07	12.86	12.83	10.97	8.66	5.42	0.629
2	43.38^{a}	21.55^{b}	25.60^{ab}	26.72^{ab}	27.19^{ab}	19.74^{ab}	16.14	0.016
3	62.94^{a}	33.79^{ab}	41.51^{ab}	40.40^{ab}	42.97^{ab}	35.79^{b}	17.72	0.000
4	64.76^{a}	38.42^{b}	48.12^{ab}	40.53^{ab}	50.94^{ab}	43.45^{ab}	19.98	0.059
5	93.65	73.00	82.98	80.74	94.51	85.34	22.03	0.377
6	115.91	88.95	86.22	100.62	103.53	103.02	23.07	0.074
7	117.42^{a}	105.11^{b}	91.41^{b}	103.71^{b}	102.00^{b}	133.71^{a}	28.22	0.015
1-3	39.73^{a}	22.47^{b}	26.65^{b}	26.65^{b}	27.04^{b}	21.39^{b}	1.56	0.001
4-7	97.94^{a}	79.90^{b}	77.18^{b}	81.40^{b}	87.76^{ab}	91.38^{ab}	2.26	0.034
1-7	73.33^{a}	55.29^{b}	55.53^{b}	57.94^{b}	62.15^{b}	62.27^{b}	1.77	0.006

หมายเหตุ : ^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของไก่เนื้อ พบว่า อัตราการเจริญเติบต่อวันของไก่เนื้อสัปดาห์ที่ 1 ถึง 7 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนอัตราการเจริญเติบต่อวันของไก่เนื้อระยะรุ่น (อายุ 4-7 สัปดาห์) และอัตราการเจริญเติบต่อวันของไก่เนื้อตลอดการทดลอง (อายุ 0-7 สัปดาห์) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม อัตราการเจริญเติบต่อวันของไก่เนื้อระยะเล็ก (อายุ 0-3 สัปดาห์) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไก่เนื้อที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง 100% มีอัตราการเจริญเติบโตในระยะเล็กสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับ ซึ่งอาหารกลุ่มควบคุม ที่กลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% กลุ่มที่ใช้ถั่วอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 19.30, 14.36, 15.94, 14.92, 15.42 และ 14.56 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่ออัตราการเจริญเติบโตต่อวันในไก่เนื้อ (กรัม/ตัว/วัน)

สัปดาห์ที่	กลุ่มทดลอง						SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
1	10.90	9.45	8.43	9.04	8.68	7.64	2.67	0.216
2	17.56	10.77	15.29	13.63	14.47	12.58	5.67	0.223
3	28.36	22.84	24.11	23.07	22.11	23.08	5.27	0.169
4	32.48	25.07	28.72	25.64	37.01	29.62	11.03	0.243
5	37.38	46.22	50.09	47.07	60.45	52.55	20.13	0.340
6	61.21	40.67	36.32	41.40	46.22	46.34	25.10	0.450
7	41.06	26.30	16.35	36.28	28.00	25.43	22.21	0.292
0-3	19.30^{b}	14.36^{a}	15.94^{a}	14.92^{a}	15.42^{a}	14.56^{a}	0.52	0.027
4-7	48.91	39.63	38.37	43.09	46.64	44.61	1.30	0.130
0-7	36.22	28.80	28.76	31.01	33.26	31.73	0.86	0.067

หมายเหตุ : ^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ พบว่า อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวสัปดาห์ที่ 1 ถึง 7 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อระยะรุ่น (อายุ 4-7 สัปดาห์) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อตลอดการทดลอง (อายุ 0-7 สัปดาห์) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อระยะเล็ก (อายุ 0-3 สัปดาห์) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มอาหารควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง 100% มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในระยะเล็กสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับ ซึ่งอาหารกลุ่มควบคุมที่กลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% กลุ่มที่ใช้ถั่วอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน เท่ากับ 2.11, 1.56, 1.67, 1.79, 1.81 และ 1.62 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ

สัปดาห์	กลุ่มทดลอง						SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
1	1.20	1.34	1.54	1.43	1.24	1.13	0.08	0.79
2	2.55	2.46	1.64	1.96	1.92	1.54	0.17	0.48
3	2.23	1.50	1.74	1.76	1.94	1.58	0.08	0.09
4	0.51	0.67	0.60	0.65	0.72	0.72	0.04	0.71
5	2.83	1.55	1.72	1.79	1.57	1.69	0.15	0.09
6	1.90	2.24	2.43	4.20	2.46	2.27	0.40	0.69
7	2.91	4.22	6.68	3.81	5.62	5.62	0.64	0.63
1-3	2.10^{a}	1.56^{b}	1.67^{b}	1.75^{ab}	1.79^{ab}	1.48^{b}	0.06	0.05
4-7	0.46	0.52	0.50	0.49	0.55	0.47	0.01	0.59
1-7	0.47	0.56	0.53	0.52	0.56	0.53	0.12	0.33

หมายเหตุ : ^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อัตราการเลี้ยงรอด พบว่า อัตราการการเลี้ยงรอดตลอดการทดลอง (49 วัน) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งอัตราการการเลี้ยงรอดของกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% มีค่าเท่ากับ 82.05, 80.98, 84.62, 84.62, 84.62 และ 76.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 9 ซึ่งการตายในการทดลองครั้งนี้ส่วนใหญ่นั้นเกิดในช่วงไก่ระยะเล็กที่มีผลมาจากสภาพอากาศที่ร้อนและวัตถุดิบอาหารที่มีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้ไก่เนื้อกินอาหารได้ไม่เต็มที่และเกิดความเครียดจนเกิดการตายขึ้นมาได้

ตารางที่ 9 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่ออัตราการเลี้ยงรอดของไก่เนื้อ

สัปดาห์	กลุ่มทดลอง						SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
สิ้นสุดการทดลอง	82.05	80.98	84.62	84.62	84.62	76.07	2.46	0.936

ค่าโลหิตวิทยา

ผลการศึกษาด้านค่าโลหิตวิทยา พบว่า จำนวนเม็ดเลือดแดง เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดง และจำนวนเม็ดเลือดขาว เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิล เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเบโซฟิล และเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมจะมีเปอร์เซ็นต์ของเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอสิโนฟิลและเปอร์เซ็นต์ของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก และสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกกลุ่ม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยเปอร์เซ็นต์ของเม็ดเลือดขาวชนิดอีโอสิโนฟิลของกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% มีค่าเท่ากับ 28.67, 7.33, 11.33, 10.67, 13.00 และ 13.33% ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์ของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ของกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% มีค่าเท่ากับ 35.00, 21.33, 25.33, 40.00, 35.00, 34.67 และ 31.00% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ของค่าอัตราส่วนของเฮทเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ในไก่เนื้อที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับ ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่อค่าโลหิตวิทยาของไก่เนื้อ

Item	Treatments						SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
เม็ดเลือดแดง ($x10^6$cells/mm^3)	2.40	2.40	2.97	2.30	2.80	2.53	0.11	0.492
เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดง	26.67	29.33	27.00	24.33	23.33	26.11	0.74	0.225
เม็ดเลือดขาว (cells/mm^3)	8.36	12.80	8.73	15.91	15.79	16.31	1.11	0.072
เฮทเทอโรฟิล (%)	24.66	32.33	28.66	33.66	33.00	34.66	8.11	0.630
เบโซฟิล (%)	0	0	0	0	0	0	0	-
อิโอซิโนฟิล (%)	28.67^b	7.33^a	11.33^a	10.67^a	13.00^a	13.33^a	1.83	0.000
ลิมโฟไซต์ (%)	35.00^b	14.67^a	20.33^a	22.67^a	19.33^a	21.00^a	1.90	0.021
โมโนไซต์ (%)	21.33	25.33	40.00	35.00	34.67	31.00	2.23	0.141
เฮทเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ (H:L)	0.87	2.68	1.43	1.48	1.85	1.95	0.95	0.315

หมายเหตุ : ^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

คุณภาพซาก

ผลการศึกษาด้านคุณภาพซาก พบว่า น้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่าและน้ำหนักซากอุ่น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นและเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มอาหารควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง 100% อาหารควบคุมที่ใช้ถั่วอินทรีย์ต้มสุก 100% กลุ่มที่ใช้ถั่วอินทรีย์ต้มสุกหมักทดแทนถั่วอินทรีย์ต้มสุกที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% มีเปอร์เซ็นต์ซากอุ่น เท่ากับ 83.58, 81.68, 75.78, 81.08, 79.59 และ 79.48% ตามลำดับ ซึ่งไก่เนื้อที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25% แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักกลุ่มอื่นๆ ส่วนกลุ่มอาหารควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง 100% อาหารกลุ่มที่ใช้ถั่วอินทรีย์ต้มสุก 100% กลุ่มที่ใช้ถั่วอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 50, 75 และ 100% มีเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง เท่ากับ 74.00, 70.92, 64.69, 70.14, 68.74 และ 68.68% ตามลำดับ โดยไก่เนื้อที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25, 75 และ 100% แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 50% ดังแสดงในตารางที่ 11

ส่วนของเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนของซากอุ่น พบว่า เปอร์เซ็นต์หัวและคอ เปอร์เซ็นต์ปีกรวม เปอร์เซ็นต์น่อง เปอร์เซ็นต์สะโพก และเปอร์เซ็นต์โครงกระดูก ของทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์แข้ง เปอร์เซ็นต์อกนอก และเปอร์เซ็นต์อกใน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยพบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์แข้งต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับ และไก่เนื้อที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์อกนอกและเปอร์เซ็นต์อกในสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์อวัยวะภายใน พบว่า เปอร์เซ็นต์เครื่องในรวม เปอร์เซ็นต์หัวใจ เปอร์เซ็นต์ตับและถุงน้ำดี เปอร์เซ็นต์กระเพาะแท้และกระเพาะบด และเปอร์เซ็นต์ม้าม ของทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยพบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องต่ำที่สุดเมื่อเทียบกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับ ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่อองค์ประกอบของซากของไก่เนื้อ

ข้อมูลที่ศึกษา	กลุ่มทดลอง						SEM	p-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
นน.มีชีวิต (กรัม)	1743.92	1558.25	1554.16	1560.67	1599.91	1624.83	24.89	0.21
นน.ซากอุ่น (กรัม)	1461.5	1292.7	1266.9	1289.4	1278.7	1322.3	23.16	0.14
ซากตัดแต่ง (กรัม)	1296.4	1136.7	1104.1	1131	1105.4	1157.2	21.86	0.10
ซากอุ่น (%)	83.59^{ab}	88.64^{a}	86.07^{ab}	88.32^{ab}	79.83^{b}	86.18^{ab}	0.48	0.00
ซากตัดแต่ง (%)	74^{a}	70.92^{b}	64.41^{b}	64.68^{b}	68.73^{b}	68.67^{ab}	0.64	0.00
องค์ประกอบซาก (ร้อยละของน้ำหนักมีชีวิต)								
หัวและคอ	5.53	6.1	6.2	6.19	6.11	6.08	0.07	0.07
แข้งและท้าว	4.05^{b}	4.59^{a}	4.77^{a}	4.89^{a}	4.74^{a}	4.72^{a}	0.05	0.00
ปีกรวม	8.17	7.84	8.06	8.15	7.87	7.96	0.07	0.70
น่อง	11.18	11.48	10.91	10.96	11.13	10.96	0.11	0.69
สะโพก	12.96	14.01	12.45	12.04	13.2	12.98	0.18	0.06
อกนอก	15.2^{a}	11.22^{c}	10.07^{c}	10.3^{c}	12.97^{b}	11.55^{bc}	0.29	0.00
อกใน	3.43^{a}	2.74^{bc}	2.71^{bc}	2.55^{c}	3.01^{b}	2.81^{bc}	0.05	0.00
โครงกระดูก	17.40	18.99	18.14	18.37	17.89	18.59	0.18	0.20
หัวใจ	0.45	0.49	0.5	0.49	0.56	0.54	0.01	0.23
ตับ&ถุงน้ำดี	2.12	2.3	2.15	2.2	2.36	2.4	0.03	0.18
กระเพาะบด&กึ๋น	2.28	2.76	2.73	2.78	2.76	2.77	0.06	0.23
ม้าม	0.24	0.11	0.14	0.14	0.17	0.16	0.01	0.11
ไขมันช่องท้อง	0.36^{b}	0.73^{ab}	0.49^{ab}	0.47^{ab}	0.85^{a}	0.67^{ab}	0.05	0.04

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

คุณภาพของเนื้อ

ผลการศึกษาคุณภาพของเนื้อ พบว่า ค่า pH ที่ 45 นาทีและ 24 ชั่วโมงหลังฆ่าของเนื้อหน้าอก ค่า pH ที่ 45 นาทีหลังฆ่าของเนื้อสะโพก ค่าความแดงและค่าความเหลืองที่ 45 นาทีหลังฆ่าของเนื้อหน้าอก ค่าความสว่างและค่าความเหลืองที่ 45 นาทีของเนื้อสะโพก ค่าความแดงและค่าความเหลืองที่ 45 นาทีหลังฆ่าของเนื้อหน้าอก ค่าความสว่าง ค่าความแดง และค่าความเหลืองที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่าของเนื้อหน้าอก และค่าความแดงและค่าความเหลืองที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่าของเนื้อสะโพก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ค่า pH ที่วัด 24 ชั่วโมงหลังฆ่าของเนื้อสะโพก ค่าความสว่างของเนื้อหน้าอกและค่าความแดงของเนื้อสะโพกที่วัดที่ 45 นาทีหลังฆ่า และค่าความสว่างของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไก่เนื้อที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองมีค่า pH ที่วัด 24 ชั่วโมงหลังฆ่าของเนื้อสะโพกและความสว่างของเนื้อหน้าอกที่วัดที่ 45 นาทีหลังฆ่า มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับ และไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% มีค่าความสว่างและความแดงของเนื้อสะโพกที่วัดที่ 45 นาทีหลังฆ่า สูงกว่าเมื่อกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับ และค่าความสว่างของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกที่ระดับ 50% มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ด้วย ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่อคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ

Item	Treatments						SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
pH เนื้อหน้าอก (หลังฆ่า)								
pH 45 นาที (pH_1)	6.20	6.03	6.02	6.07	6.00	6.04	0.02	0.242
pH 24 ชม. (pHu)	5.86	5.99	5.87	5.93	5.72	6.08	0.04	0.294
pH เนื้อสะโพก (หลังฆ่า)								
pH 45 นาที (pH_1)	6.27	6.41	6.36	6.40	6.25	6.35	0.03	0.655
pH 24 ชม. (pHu)	6.30^{c}	6.25^{bc}	6.17^{abc}	6.20^{abc}	6.04^{a}	6.07^{ab}	0.02	0.044
ค่าสี 45 นาที (หลังฆ่า)								
เนื้อหน้าอก								
ค่าความสว่าง (L*)	60.82^{c}	58.95^{bc}	57.10^{ab}	55.53^{a}	59.33^{bc}	58.34^{abc}	0.50	0.028
ค่าความแดง (a*)	15.25	16.86	14.23	15.26	14.56	13.229	0.39	0.159
ค่าความเหลือง (b*)	8.40	6.69	5.16	5.82	6.47	7.89	0.39	0.140
เนื้อสะโพก								
ค่าความสว่าง (L*)	58.19	55.98	56.32	54.46	55.56	55.74	0.51	0.478
ค่าความแดง (a*)	16.55^{cb}	18.12^{c}	15.55^{b}	16.03^{b}	16.74^{bc}	15.56^{b}	0.26	0.030
ค่าความเหลือง (b*)	6.63	6.75	6.14	5.48	5.74	5.81	0.23	0.568
ค่าสี 24 ชั่วโมง (หลังฆ่า)								
เนื้อหน้าอก								
ค่าความสว่าง (L*)	60.06	61.03	59.29	57.70	60.34	59.10	0.46	0.393
ค่าความแดง (a*)	12.91	13.96	13.35	14.83	14.37	14.16	0.38	0.765
ค่าความเหลือง (b*)	7.00	7.91	8.29	7.04	8.32	8.08	0.23	0.344
เนื้อสะโพก								
ค่าความสว่าง (L*)	58.03^{bc}	57.44^{bc}	56.70^{abc}	58.30^{c}	55.39^{ab}	54.90^{a}	0.40	0.049
ค่าความแดง (a*)	14.82	15.83	15.43	14.84	16.65	16.25	0.22	0.075
ค่าความเหลือง (b*)	7.68	8.25	9.22	7.17	8.36	8.47	0.24	0.213

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

ผลการศึกษาคุณภาพของเนื้อในด้านค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นและจากการต้มสุก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และการเกิดออกซิเดชั่นของเนื้อ พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นและจากการต้มสุก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อหน้าอก และค่าการเกิดออกซิเดชันของเนื้อหน้าอกและเนื้อสะโพก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตาม ค่าแรงตัดผ่านเนื้อสะโพกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 100% และกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 25% มีค่าแรงตัดผ่านของเนื้อสะโพกต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองและกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 75% และ 100% แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักที่ระดับ 50% ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักต่อคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ (ต่อ)

Item	Treatments						SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (%)								
เนื้อหน้าอก								
การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น	7.33	6.96	6.81	7.72	7.05	7.61	0.23	0.881
การสูญเสียน้ำจากการต้มสุก	15.57	16.68	14.88	23.66	22.16	18.56	1.22	0.198
ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (%)								
เนื้อสะโพก								
การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น	6.96	7.77	6.11	5.70	5.36	5.14	0.45	0.574
การสูญเสียน้ำจากการต้มสุก	17.66	15.40	21.93	18.07	19.72	17.73	1.02	0.610
ค่าการออกซิเดชันของเนื้อหน้าอก (TBARS)								
0 วัน หลังฆ่า	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.00	0.782
3 วัน หลังฆ่า	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04	0.00	0.231
7 วัน หลังฆ่า	0.02	0.03	0.02	0.04	0.04	0.03	0.00	0.751
ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ (Kg/cm3)								
เนื้อหน้าอก	1.23	0.66	0.97	1.00	1.56	1.50	0.10	0.078
เนื้อสะโพก	1.49^{ab}	0.97^{b}	0.47^{b}	1.11^{ab}	1.67^{a}	1.80^{a}	0.10	0.001

หมายเหตุ : ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่มีความหมายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักจะส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในไก่เนื้อระยะเล็ก โดยมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตต่ำกว่าอาหารกลุ่มควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องจากพลังงานในอาหารที่สูงขึ้นทำให้การกินได้ลดลงและส่งผลต่อประสิทธิภาพด้านอื่นๆ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Mathivanan et al. (2006) ที่พบว่าการให้กากถั่วเหลืองหมักในไก่เนื้อไม่ส่งผลต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้อจนถึงอายุ 4 สัปดาห์ อย่างไรก็ตาม การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในครั้งนี้ไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในด้านน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในไก่เนื้อระยะรุ่นและตลอดการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Fujiwara et al. (2009) ที่พบว่าอาหารที่เสริมถั่วเหลืองหมักไม่ได้ส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารในไก่พื้นเมืองระยะรุ่น แต่แตกต่างจากการศึกษาของ Mathivanan et al. (2006) ที่พบว่าน้ำหนักตัวของไก่เนื้อในกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองหมักจะสูงกว่ากลุ่มกลุ่มควบคุม และศึกษาของ Kim et al. (2016) ที่พบว่าการกินได้ของไก่เนื้อที่ใช้กากถั่วเหลืองหมักในช่วงระยะรุ่นและระยะขุนไม่แตกต่างกัน แต่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าและมีอัตราการเปลี่ยนอาหารต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และปริมาณการกินได้ของกลุ่มที่การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักครั้งนี้จะต่ำกว่ากลุ่มควบคุมทั้งในไก่เนื้อระยะรุ่นและตลอดการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับศึกษาของ Mathivanan et al. (2006) ที่พบว่าการใช้กากถั่วเหลืองหมักที่เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้การกินได้ของไก่เนื้อลดลง

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลไม่แตกต่างกัน แต่เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอสิโนฟิลและเปอร์เซ็นต์ของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ลดต่ำลง โดยค่าอีโอสิโนฟิลในเลือด จะมีบทบาทในการต่อต้านการระคายเคืองในระบบทางเดินอาหารและอาจเพิ่มสูงขึ้นได้หากร่างกายอยู่ในสภาวะภูมิแพ้ (Blanchard and Rothenberg, 2009) ซึ่งแสดงว่าการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่เนื้อครั้งนี้มีผลต่อการระคายเคืองในทางเดินอาหารหรือเกิดภาวะภูมิแพ้ต่ำกว่าอาหารควบคุม ส่วนค่าเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ที่ลดต่ำลงสามารถเกิดขึ้นได้จากการทำงานของฮอร์โมนคอร์ติโคสเตียรอยด์ จนทำให้เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ไม่ถูกสร้างออกมาจากต่อมน้ำเหลืองได้ (เฉลียว, 2548) อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนของเฮทเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ในการศึกษาครั้งนี้ไม่แตกต่างกันซึ่งบ่งชี้ว่าสัตว์ไม่ได้เกิดความเครียดจากการใช้อาหารทดลองนี้ โดยค่าสัดส่วนของเฮทเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์ หรือค่า H:L ถือเป็นพารามิเตอรที่นิยมใช้ในการตรวจวัดความเครียดของสัตว์ปีก โดยค่าดังกล่าวสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากปัจจัยด้านการเลี้ยง เช่น การเลี้ยงไก่ในสภาพที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ หรืออาหารที่กินเข้าไป เป็นสาเหตุของการเกิดความเครียดของไก่ได้ เป็นต้น ซึ่งเป็นอิทธิพลของฮอร์โมนในกลุ่มคอร์ติโคสเตียรอยด์ (Altan et al., 2000) โดย

ฮอร์โมนในกลุ่มนี้ไปกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลในสัตว์ปีกให้เพิ่มขึ้น (Jensen, 1969) และลดการสร้างเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ลดลง (Sayers, 1950)

การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารส่งผลต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อ โดยทำให้เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง เปอร์เซ็นต์เนื้ออกนอก และเปอร์เซ็นต์เนื้ออกในลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากไก่เนื้อกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทุกระดับจะมีน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่าต่ำกว่า แต่มีเปอร์เซ็นต์เครื่องในรวมและไขมันช่องท้องสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบหลัก จึงส่งผลต่อองค์ประกอบซากได้ ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาของ Fujiwara et al. (2009) ที่พบว่าอาหารที่เสริมถั่วเหลืองหมักไม่ได้ส่งผลน้ำหนักซาก เนื้อหน้าอก เนื้อสะโพก และไขมันในช่องท้องในไก่พื้นเมืองระยะรุ่น และศึกษาของ Kim et al. (2016) ที่พบว่าการใช้กากถั่วเหลืองหมักในไก่เนื้อช่วงระยะรุ่นและระยะขุนไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของอวัยวะภายใน นอกจากนี้ การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากในถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักยังมีไขมันอยู่สูงหรือไม่มีการสกัดไขมัน ซึ่งเมื่อใช้ถั่วเหลืองที่มีไขมันเต็มเลี้ยงไก่เนื้อจะส่งผลให้ไก่เนื้อมีไขมันช่องท้องมากขึ้น (สุชน และคณะ, 2541) อย่างไรก็ตาม การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่เนื้อส่งผลต่อองค์ประกอบซากไม่แตกต่างกัน

การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารส่งผลคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ โดยส่งผลต่อค่า pH ของเนื้อ, ค่าสีของเนื้อ และค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ สอดคล้องกับการศึกษาของ Lee et al. (2010) ที่พบว่าอาหารที่ใช้ถั่วเหลืองงอกหมักสามารถส่งผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อในบางกรณีได้ ทั้งนี้เนื่องจากในถั่วเหลืองมีสารกลุ่มไอโซฟลาโวน เช่น เจนิสทีน (genistein) ไดซีอิน (daidzein) และไกลซิทีน (glycitein) (ธิดารัตน์, 2018) ซึ่งสารไอโซฟลาโวนนี้จะส่งผลต่อค่าสีของเนื้อได้ (Payne et al., 2001) ส่วนค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงนั้นเกิดจากการสะสมของกรดแลคติกมีผลทำให้ค่า pH ของเนื้อลดลงที่เป็นผลจากการจัดการก่อนฆ่า ระยะทางและเวลาในการขนส่ง และกระบวนการฆ่า (ชัยณรงค์, 2529) และอาหารที่ใช้ถั่วอินทรีย์ต้มสุกหมักทดแทนถั่วอินทรีย์ต้มสุกที่ระดับ 25% ครั้งนี้มีค่าแรงตัดผ่านของเนื้อต่ำที่สุดแสดงว่าเนื้อมีความเหนียวน้อยที่สุด ซึ่งอาหารที่ให้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความนุ่มเหนียวของเนื้อสัตว์ (Dransfield, 1994) อย่างไรก็ตาม การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไม่ได้ส่งผลต่อค่าออกซิเดชั่นของเนื้อ ซึ่ง Barański et al. (2014) ได้รายงานว่าในวัตถุดิบที่เป็นอินทรีย์จะมีปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในระดับที่สูงกว่าวัตถุดิบทั่วไป ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากอาหารอินทรีย์จะทำให้การเกิดออกซิเดชั่นของไขมันในเนื้อออกลดลง ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อได้นานขึ้น

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต โลหิตวิทยา คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ ครั้งนี้ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 14 การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่เนื้อสายพันธุ์การค้าต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตทั้งในไก่เนื้อระยะเล็ก และระยะรุ่น

สมรรถภาพการผลิตระยะต่างๆ	วัตถุดิบที่ใช้ในอาหารทดลอง		
	กากถั่วเหลือง	ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก	ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักระดับต่างๆ
ไก่เนื้อระยะเล็ก	- น้ำหนักตัวเพิ่มปกติ - ปริมาณอาหารที่กินได้ปกติ - อัตราการเจริญเติบโตปกติ - อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวปกติ	- น้ำหนักตัวเพิ่มลดลง - ปริมาณอาหารที่กินได้ลดลง - อัตราการเจริญเติบโตลดลง - อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวลดลง	- น้ำหนักตัวเพิ่มลดลง แต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 50% - ปริมาณอาหารที่กินได้ลดลง แต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 75% - อัตราการเจริญเติบโตลดลง แต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 25% - อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวลดลง แต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 100%
ไก่เนื้อระยะรุ่น	- น้ำหนักตัวเพิ่มปกติ - ปริมาณอาหารที่กินได้ปกติ - อัตราการเจริญเติบโตปกติ - อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวปกติ	- น้ำหนักตัวเพิ่มปกติ - ปริมาณอาหารที่กินได้ลดลง - อัตราการเจริญเติบโตปกติ - อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวปกติ	- น้ำหนักตัวเพิ่มปกติ - ปริมาณอาหารที่กินได้ลดลง แต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 100% - อัตราการเจริญเติบโตปกติ - อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวปกติ

ตารางที่ 15 การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่เนื้อสายพันธุ์การค้าต่อองค์ประกอบซาก (เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ตัดแต่ง เปอร์เซ็นต์เนื้ออกนอก เปอร์เซ็นต์เนื้ออกใน และเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง)

คุณภาพซาก	วัตถุดิบที่ใช้ในอาหารทดลอง		
	กากถั่วเหลือง	ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก	ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักระดับต่างๆ
เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น	- เปอร์เซ็นต์ซากอุ่นปกติ	- เปอร์เซ็นต์ซากอุ่นสูงขึ้น	- เปอร์เซ็นต์ซากอุ่นสูงขึ้นแต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 50%
เปอร์เซ็นต์ตัดแต่ง	- เปอร์เซ็นต์ตัดแต่งปกติ	- เปอร์เซ็นต์ตัดแต่งลดลง	- เปอร์เซ็นต์ตัดแต่งลดลงแต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 75%
เปอร์เซ็นต์เนื้ออกนอก	- เปอร์เซ็นต์เนื้ออกนอกปกติ	- เปอร์เซ็นต์เนื้ออกนอกลดลง	- เปอร์เซ็นต์เนื้ออกนอกลดลง แต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 75%
เปอร์เซ็นต์เนื้ออกใน	- เปอร์เซ็นต์เนื้ออกในปกติ	- เปอร์เซ็นต์เนื้ออกในลดลง	- เปอร์เซ็นต์เนื้ออกในลดลง แต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 75%
เปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง	- เปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องปกติ	- เปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องสูงขึ้น	- เปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้องสูงขึ้น แต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 50%

ตารางที่ 16 การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่เนื้อสายพันธุ์การค้าต่อคุณภาพเนื้อ (ค่า pH ของเนื้อ ค่าสีของเนื้อ และค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ)

คุณภาพซาก	วัตถุดิบที่ใช้ในอาหารทดลอง		
	กากถั่วเหลือง	ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก	ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักระดับต่างๆ
ค่า pH ของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมง	- ค่า pH ของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมงปกติ	- ค่า pH ของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมงลดลง	- ค่า pH ของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมงปกติ แต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 50%
ค่าความสว่างของเนื้อหน้าอกที่ 45 นาที	- ค่าความสว่างของเนื้อหน้าอกที่ 45 นาทีปกติ	- ค่าความสว่างของเนื้อหน้าอกที่ 45 นาทีลดลง	- ค่าความสว่างของเนื้อหน้าอกที่ 45 นาที แต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 75%
ค่าความแดงของเนื้อสะโพกที่ 45 นาที	- ค่าความแดงของเนื้อสะโพกที่ 45 นาทีปกติ	- ค่าความแดงของเนื้อสะโพกที่ 45 นาทีสูงขึ้น	- ค่าความแดงของเนื้อสะโพกที่ 45 นาทีลดลง แต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 75%
ค่าความสว่างของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมง	- ค่าความสว่างของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมงปกติ	- ค่าความสว่างของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมงลดลง	- ค่าความสว่างของเนื้อสะโพกที่ 24 ชั่วโมงลดลง แต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 50%
ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อสะโพก	- ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อสะโพกปกติ	- ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อสะโพกลดลง	- ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อสะโพกลดลง แต่ระดับที่ดีที่สุดคือ 25%

การใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารไก่เนื้อครั้งนี้ส่งผลต่อองค์ประกอบเลือดของไก่เนื้อสายพันธุ์การค้า โดยการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารทุกระดับทำให้เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดอีโอสิโนฟิลและชนิดลิมโฟไซต์ลดลง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การศึกษาผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต โลหิตวิทยา คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ ครั้งนี้ ไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อในระยะรุ่น ดังนั้น สามารถใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต โลหิตวิทยา คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ ครั้งนี้ ใช้ข้อมูลคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้นที่ได้จากการคำนวณ ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อไปควรมีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของถั่วเหลืองอินทรีย์หมัก และคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมปศุสัตว์. 2553. **การเลี้ยงไก่อินทรีย์แบบปล่อย คู่มือ การเลี้ยงไก่อินทรีย์แบบปล่อย**. กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552. **ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: เกษตรอินทรีย์ เล่ม 1: การผลิต แปรรูป แสดงฉลาก และจำหน่ายผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551**. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

_____. 2554. **เกษตรอินทรีย์ เล่ม 2: ปศุสัตว์อินทรีย์**. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เก็จมาศ เรืองประกาย. 2530. **การใช้ข้าวเปลือกเหนียวบดและถั่วเหลืองต้มเสริมด้วยกรดอะมิโนในอาหารสุกรรุ่น-ขุน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2543. **ผลของการแปรรูปต่ออาหารและสารอาหาร**. เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิรนาม ไทยยงค์. 2561. **ปลูกถั่วเหลืองอินทรีย์หลังนาที่กาฬสินธุ์ได้ขายเมล็ดถั่วเหลืองได้ปุ๋ยพืชสดบำรุงดินเพิ่มผลผลิตข้าว**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.technologychaoban.com/agriculturaltechnology/article_82378 (1 มีนาคม 2563).

พัทธินันท์ วาริชนันท์. 2555. ถั่วเน่า: ถั่วเหลืองหมัก โภชนาการสูงภูมิปัญญาชาวบ้านทางภาคเหนือของไทย. **วิชาการการเกษตร**, 42, 1-6.

พันทิพา พงษ์เพียงจันทร์. 2547. **หลักการอาหารสัตว์ 2**. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภัทรพร ทัศพงษ์. 2556. การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Ruminants Production) บทที่ 7 พืชอาหารสัตว์และการถนอมพืชอาหารสัตว์". ใน **เอกสารประกอบการเรียนการสอนสำหรับนิสิตสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์**. หน้าที่ 100-150. พิษณุโลก: ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภาณุวรรณ จันทวรรณกูร และ พันพงศ์ เลขะกูล. 2554. **ถั่วเน่าถั่วเหลืองหมักพื้นบ้านของภาคเหนือ**. เชียงใหม่: สวทช.โครงการเครือข่าย ภาคเหนือ.

วนิดา ชารีมุ้ย, ชัยรัตน์ ตั้งดวงดี และ โชติกา วิริยะรัตนศักดิ์. 2561. ประสิทธิผลการกะเทาะเปลือก และคุณสมบัติของแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มที่เป็นผลจากการให้ความร้อน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 49, 96-112.

วรวุฒิ เกิดปราง และ ปรีดา ภูมี. 2560. ประสิทธิภาพของถั่วเหลืองป่นหมักเชื้อราท้องถิ่น Aspergillus niger ในอาหารผสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลแดง. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง**, 11(2), 20-31.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2558. **มาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ.) 8802-2558 กากถั่วเหลือง (Soybean meal)**. กรุงเทพฯ: สานักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อภิพรรณ พูนภักดี. 2546. **ถั่วเหลือง: พืชทองของไทย**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัญชรินทร์ สิงห์คำ และ ทศพร นามโฮง. 2547. **เคมีอาหาร**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://courseware.rmutl.ac.th/courrses/103/unit903.html (1 มีนาคม 2563).

อาณดี นิติธรรมยง และ ประไพศรี ศิริจักรวาล. 2543. **ถั่วเหลืองกับสุขภาพ**. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อารีย์ วรัญญูวัฒก์. 2544. **ถั่วเหลือง ถั่วลิสง และละหุ่ง**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์โชติวงศ์.

อุษาพร ภคัสมาส. 2560. เต้าหู้: ผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลือง. **วารสารอาหาร**, 47(3), 1-5.

Anderson-Haffermann, J. C., Zhang, Y., Parsons, C. M. & Hymowitz, T. 1992. Effect of heating on nutritional quality of conventional and Kunitz trypsin inhibitor free soybeans. **Journal of Poultry Science**, 71, 1700-1709.

Barrows, F. T., Stone, D. A. J. & 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.

Chiba, S., Chiba, H. & Yagi, M. 2005. **A Guide for Silage Making and Utilization in the Tropical Regions**. Japan: Japan Livestock Technology Association.

Cruz, Y., Kijora, C., Wedler, E., Danier, J. & Schulz, C. 2011. **Fermentation properties and nutritional quality of selected aquatic macrophytes as alternative fish feed in rural areas of the Neotropics**. [Online]. Available http://www.lrrd.org/lrrd23/11/cruz23239.htm (1 March 2020).

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

Herkelman, K. L., Cromwell, G. L. & Stahly, T. 1991. Effects of heating time and sodium metabisulfite on the nutritional value of full-fat soybeans for chicks. **Journal of Animal Science**, 69, 4477-4486.

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

Kratzer, F. M., Bersch, S., Vohra, P. & Ernst, R. A. 1990. Chemical and biological evaluation of soybean flakes autoclaved for different durations. **Journal of Animal Feed Science Technology**, 31, 247-259.

Norton, G. 1991. **Proteinase inhibitors**. Cambridge: In: D'Mello, F. J. P., Duffus, C. M., and Duffus, J. H. (Eds.). Toxic Substances in Crop Plants. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park. New York: McGraw Hill.

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

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

Qin, G., ter Elst, F. R., Bosch, M. W. & van der Poel, A. F. B. 1996. Thermal processing of whole soya beans: studies on the inactivation of antinutritional factors and effects on ileal digestibility in piglets. **Journal of Animal Feed Science Technology**, 57, 313-324.

Saidu, J. E. P. 2005. **Development, evaluation and characterization of protein-isoflavone enriched soymilk**. Louisiana: Louisiana State University.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวเริ่มต้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	121.610	5	24.322	0.967	0.476
Within Groups	301.943	12	25.162		
Total	423.552	17			

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวสุดท้าย (อายุ 3 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22267.117	5	4453.423	3.815	0.027
Within Groups	14009.701	12	1167.475		
Total	36276.818	17			

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (อายุ 3 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21653.600	5	4330.720	3.532	0.034
Within Groups	14711.838	12	1225.987		
Total	36365.439	17			

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ปริมาณอาหารที่กิน (อายุ 3 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	635.662	5	127.132	13.732	0.000
Within Groups	111.096	12	9.258		
Total	746.758	17			

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (อายุ 3 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	50.486	5	10.097	3.812	0.027
Within Groups	31.782	12	2.649		
Total	82.268	17			

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (อายุ 3 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.577	5	0.115	6.753	0.003
Within Groups	0.205	12	0.017		
Total	0.782	17			

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวสุดท้าย (อายุ 4-7 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	290785.663	5	58157.133	2.789	0.068
Within Groups	250235.645	12	20852.970		
Total	541021.308	17			

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (อายุ 4-7 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	192201.211	5	38440.242	2.138	0.130
Within Groups	215791.328	12	17982.611		
Total	407992.539	17			

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ปริมาณอาหารที่กิน (อายุ 4-7 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	931.775	5	186.355	3.534	0.034
Within Groups	632.868	12	52.739		
Total	1564.643	17			

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (อายุ 4-7 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	245.159	5	49.032	2.138	0.130
Within Groups	275.243	12	22.937		
Total	520.402	17			

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (อายุ 4-7 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.083	5	0.017	0.878	0.524
Within Groups	0.226	12	0.019		
Total	0.309	17			

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวสุดท้าย (อายุ 0-7 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	290785.663	5	58157.133	2.789	0.068
Within Groups	250235.645	12	20852.970		
Total	541021.308	17			

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (อายุ 0-7 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	290790.475	5	58158.095	2.791	0.067
Within Groups	250092.132	12	20841.011		
Total	540882.607	17			

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ปริมาณอาหารที่กิน (อายุ 0-7 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	680.933	5	136.187	5.807	0.006
Within Groups	281.446	12	23.454		
Total	962.379	17			

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (อายุ 0-7 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	121.112	5	24.222	2.791	0.067
Within Groups	104.162	12	8.680		
Total	225.274	17			

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (อายุ 0-7 สัปดาห์)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.055	5	0.011	0.955	0.482
Within Groups	0.137	12	0.011		
Total	0.192	17			

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ปริมาณเม็ดเลือดแดง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.027	5	0.205	0.936	0.492
Within Groups	2.633	12	0.219		
Total	3.660	17			

ตารางผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	67.111	5	13.422	1.632	0.225
Within Groups	98.667	12	8.222		
Total	165.778	17			

ตารางผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาว

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	201.243	5	40.249	2.724	0.072
Within Groups	177.331	12	14.778		
Total	378.575	17			

ตารางผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิล

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	586.278	5	117.256	1.749	0.198
Within Groups	804.667	12	67.056		
Total	1390.944	17			

ตารางผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดอิโอซิโนฟิล

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	837.611	5	167.522	10.398	0.000
Within Groups	193.333	12	16.111		
Total	1030.944	17			

ตารางผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	701.833	5	140.367	4.082	0.021
Within Groups	412.667	12	34.389		
Total	1114.500	17			

ตารางผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	707.111	5	141.422	2.065	0.141
Within Groups	822.000	12	68.500		
Total	1529.111	17			

ตารางผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ สัดส่วนเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิลต่อลิมโฟไซต์

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.386	5	1.477	1.725	0.203
Within Groups	10.277	12	.856		
Total	17.663	17			

ตารางผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักก่อนฆ่า

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	317148.792	5	63429.758	1.469	0.212
Within Groups	2849770.083	66	43178.335		
Total	3166918.875	71			

ตารางผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักซากอุ่น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	865784.580	5	173156.916	4.937	0.001
Within Groups	2314739.721	66	35071.814		
Total	3180524.301	71			

ตารางผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ น้ำหนักซากตัดแต่ง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	834802.810	5	166960.562	5.418	0.000
Within Groups	2033925.418	66	30817.052		
Total	2868728.228	71			

ตารางผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	418.173	5	83.635	6.276	0.000
Within Groups	879.575	66	13.327		
Total	1297.747	71			

ตารางผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	565.430	5	113.086	7.685	0.000
Within Groups	971.260	66	14.716		
Total	1536.690	71			

ตารางผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์หัวและคอ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.098	5	0.820	2.195	0.065
Within Groups	24.644	66	0.373		
Total	28.742	71			

ตารางผนวกที่ 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์แข้ง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.155	5	1.031	4.909	0.001
Within Groups	13.860	66	0.210		
Total	19.015	71			

ตารางผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ปีก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.936	5	0.787	1.278	0.284
Within Groups	40.650	66	0.616		
Total	44.586	71			

ตารางผนวกที่ 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์น่อง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.456	5	0.691	0.935	0.464
Within Groups	48.782	66	0.739		
Total	52.238	71			

ตารางผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์สะโพก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23.595	5	4.719	2.174	0.067
Within Groups	143.241	66	2.170		
Total	166.836	71			

ตารางผนวกที่ 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์อกนอก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	217.360	5	43.472	13.322	0.000
Within Groups	215.376	66	3.263		
Total	432.735	71			

ตารางผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์อกใน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.657	5	1.131	5.556	0.000
Within Groups	13.441	66	0.204		
Total	19.098	71			

ตารางผนวกที่ 37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์โครงกระดูก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26.804	5	5.361	2.038	0.085
Within Groups	173.589	66	2.630		
Total	200.392	71			

ตารางผนวกที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์เครื่องใน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	31.913	5	6.383	1.180	0.328
Within Groups	356.874	66	5.407		
Total	388.787	71			

ตารางผนวกที่ 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์หัวใจ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.103	5	0.021	1.774	0.130
Within Groups	0.770	66	0.012		
Total	0.873	71			

ตารางผนวกที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ตับ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.623	5	0.125	1.388	0.240
Within Groups	5.929	66	0.090		
Total	6.553	71			

ตารางผนวกที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์กระเพาะแท้และกึ๋น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.442	5	0.488	1.450	0.218
Within Groups	22.226	66	0.337		
Total	24.668	71			

ตารางผนวกที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ม้าม

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.129	5	0.026	2.290	0.056
Within Groups	0.743	66	0.011		
Total	0.872	71			

ตารางผนวกที่ 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เปอร์เซ็นต์ไขมันช่วงท้อง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.207	5	0.441	1.996	0.091
Within Groups	14.593	66	0.221		
Total	16.800	71			

ตารางผนวกที่ 44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อหน้าอก ที่ 45 นาที

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.099	5	0.020	1.491	0.242
Within Groups	0.239	18	0.013		
Total	0.337	23			

ตารางผนวกที่ 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อหน้าอก ที่ 24 ชั่วโมง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.306	5	0.061	1.335	0.294
Within Groups	0.825	18	0.046		
Total	1.130	23			

ตารางผนวกที่ 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสะโพก ที่ 45 นาที

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.087	5	.017	0.665	0.655
Within Groups	0.473	18	.026		
Total	0.560	23			

ตารางผนวกที่ 47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.209	5	0.042	2.891	0.044
Within Groups	0.260	18	0.014		
Total	0.469	23			

ตารางผนวกที่ 48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความสะว่างของเนื้อหน้าอก ที่ 45 นาที

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	67.804	5	13.561	3.274	0.028
Within Groups	74.557	18	4.142		
Total	142.361	23			

ตารางผนวกที่ 49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความสว่างของเนื้อหน้าอก ที่ 45 นาที

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	29.035	5	5.807	1.825	0.159
Within Groups	57.269	18	3.182		
Total	86.304	23			

ตารางผนวกที่ 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเหลืองของเนื้อหน้าอก ที่ 45 นาที

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	29.982	5	5.996	1.922	0.140
Within Groups	56.166	18	3.120		
Total	86.148	23			

ตารางผนวกที่ 51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความสะว่างของเนื้อสะโพก ที่ 45 นาที

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	30.098	5	6.020	0.941	0.478
Within Groups	115.140	18	6.397		
Total	145.238	23			

ตารางผนวกที่ 52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความแดงของเนื้อสะโพก ที่ 45 นาที

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18.575	5	3.715	3.225	0.030
Within Groups	20.737	18	1.152		
Total	39.312	23			

ตารางผนวกที่ 53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเหลืองของเนื้อสะโพก ที่ 45 นาที

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.274	5	1.055	0.794	0.568
Within Groups	23.901	18	1.328		
Total	29.176	23			

ตารางผนวกที่ 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความสว่างของเนื้อหน้าอก ที่ 24 ชั่วโมง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26.980	5	5.396	1.102	0.393
Within Groups	88.102	18	4.895		
Total	115.083	23			

ตารางผนวกที่ 55 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความแดงของเนื้อหน้าอก ที่ 24 ชั่วโมง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.741	5	1.948	0.510	0.765
Within Groups	68.817	18	3.823		
Total	78.558	23			

ตารางผนวกที่ 56 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเหลืองของเนื้อหน้าอก ที่ 24 ชั่วโมง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.241	5	1.448	1.210	0.344
Within Groups	21.546	18	1.197		
Total	28.787	23			

ตารางผนวกที่ 57 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความสว่างของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	39.011	5	7.802	2.783	0.049
Within Groups	50.469	18	2.804		
Total	89.480	23			

ตารางผนวกที่ 58 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความแดงของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.090	5	2.218	2.435	0.075
Within Groups	16.399	18	0.911		
Total	27.489	23			

ตารางผนวกที่ 59 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าความเหลืองของเนื้อสะโพก ที่ 24 ชั่วโมง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.836	5	1.967	1.591	0.213
Within Groups	22.252	18	1.236		
Total	32.088	23			

ตารางผนวกที่ 60 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นของเนื้อหน้าอก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.676	5	0.535	0.341	0.881
Within Groups	28.208	18	1.567		
Total	30.884	23			

ตารางผนวกที่ 61 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นของเนื้อสะโพก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.426	5	4.085	0.784	0.574
Within Groups	93.748	18	5.208		
Total	114.174	23			

ตารางผนวกที่ 62 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ การสูญเสียน้ำจากการต้มสุกของเนื้อหน้าอก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	260.056	5	52.011	1.648	0.198
Within Groups	567.922	18	31.551		
Total	827.978	23			

ตารางผนวกที่ 63 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ การสูญเสียน้ำจากการต้มสุกของเนื้อสะโพก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	97.266	5	19.453	0.731	0.610
Within Groups	479.291	18	26.627		
Total	576.557	23			

ตารางผนวกที่ 64 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อหน้าอก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.352	5	0.470	2.403	0.078
Within Groups	3.523	18	0.196		
Total	5.875	23			

ตารางผนวกที่ 65 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อสะโพก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.497	5	0.699	7.516	0.001
Within Groups	1.675	18	0.093		
Total	5.173	23			

ตารางผนวกที่ 66 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าการออกซิเดชั่นของเนื้อหน้าอก วันที่ 0

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.001	5	0.000	0.529	0.751
Within Groups	0.008	18	0.000		
Total	0.009	23			

ตารางผนวกที่ 67 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าการออกซิเดชั่นของเนื้อหน้าอก วันที่ 3

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.001	5	0.000	1.525	0.231
Within Groups	0.001	18	0.000		
Total	0.002	23			

ตารางผนวกที่ 68 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ค่าการออกซิเดชั่นของเนื้อหน้าอก วันที่ 7

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.001	5	0.000	1.255	0.325
Within Groups	0.003	18	0.000		
Total	0.004	23			

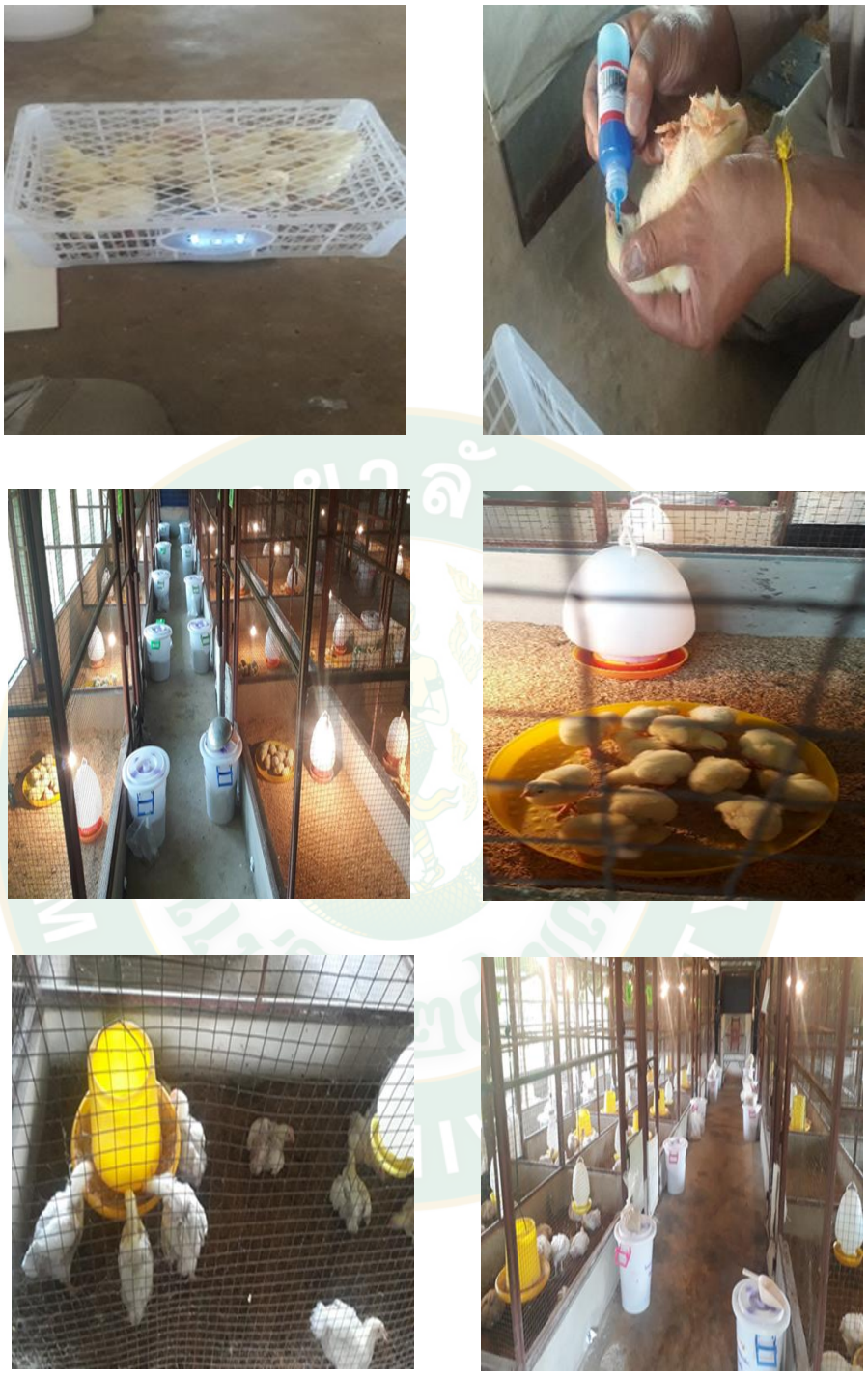
ภาคผนวก ข ภาพประกอบในการทำวิจัย

ภาพผนวกที่ 1 การเตรียมโรงเรือนเลี้ยงไก่

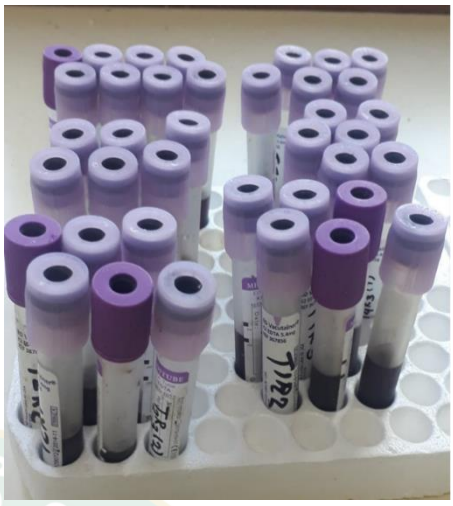
ภาพผนวกที่ 2 การเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์อาหารเลี้ยงไก่

ภาพผนวกที่ 3 การเตรียมถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกและการหมักถั่วเหลืองอินทรีย์

ภาพผนวกที่ 4 การเตรียมวัตถุดิบและการผสมอาหารเลี้ยงไก่



ภาพผนวกที่ 5 การเตรียมสายพันธุ์ไก่เนื้อมาเลี้ยง



ภาพผนวกที่ 6 ตัวอย่างเลือด ซาก และเนื้อไก่

ภาพผนวกที่ 7 อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	Mr. Khamphanh Panya (นายคำพัน ปัญญา)	
เกิดเมื่อ	22 ตุลาคม 2523	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2563	ปริญญาโท สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ประเทศไทย
	พ.ศ. 2553	ปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรป่าไม้ มหาวิทยาลัยสุภานุวงศ์ หลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
	พ.ศ. 2550	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยกสิกรรมและป่าไม้ ภาคเหนือ หลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2550 ถึง ปัจจุบัน	ตำแหน่งอาจารย์สอน วิทยาลัยกสิกรรมและป่าไม้ ภาคเหนือ หลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว