การใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่และไก่เนื้อ

อภิญญา บุญบรรลุ

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2567

การใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่และไก่เนื้อ

อภิญญา บุญบรรลุ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่และไก่เนื้อ

อภิญญา บุญบรรลุ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

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

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

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

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

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศ สัมฤทธิ์สกุล)
รักษาการแทนรองอธิการบดี
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง การใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่และไก่เนื้อ
ชื่อผู้เขียน นางสาวอภิญญา บุญบรรลุ
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัวเรียม มณีวรรณ์

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่และไก่เนื้อ แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลการใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่ไข่ที่ระดับแตกต่างกันต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ โดยใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ Lohmann Brown-Classic อายุ 34 สัปดาห์ จำนวนทั้งหมด 200 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว กลุ่มที่ 1 แม่ไก่ได้รับอาหารพื้นฐานไม่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด และกลุ่มที่ 2 3 4 และ 5 แม่ไก่ได้รับอาหารที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด 3.00 6.00 9.00 และ 12.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ และคุณภาพไข่ตลอดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้น ค่าสีของไข่แดง ซึ่ง a* ของกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดที่ระดับ 3.00 และ 6.00 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) แต่ที่ระดับ 9.00 และ 12.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าที่ 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่า b* สูงกว่า กลุ่มที่ใช้ถั่วพร้ากลุ่มอื่น ($P < 0.05$) ดังนั้นถั่วพร้าเอ็กทรูดสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกในอาหารไก่ไข่ได้ถึง 12.00 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไข่

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อที่ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และคุณภาพซาก โดยใช้ไก่เนื้อเพศผู้อายุ 1 วันจำนวน 160 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว ประกอบด้วยกลุ่มที่ 1 เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม กลุ่มที่ 2 3 และ 4 เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด 5.00 10.00 และ 15.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำการศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ลักษณะซาก การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น การสูญเสียน้ำจากการทำให้สุก และค่าออกซิเดชันในเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวตลอดการทดลองมีแนวโน้มของกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้า 15.00

เปอร์เซ็นต์ดีขึ้น (P=0.08) และลักษณะซากในส่วนของอกนอก แข้ง และตีน มีแนวโน้มสูงขึ้น (P=0.05) และด้านคุณภาพเนื้อ พบว่าในช่วงเวลา 45 นาทีแรก ค่าความสว่างของสีเนื้อในกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 10.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุด และค่าความเหลืองของเนื้ออกในกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 10.00 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่ากว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 5.00 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่นๆ (P<0.05) และในช่วง 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า พบว่าค่าความสว่างของเนื้ออกในกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 10.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 15.00 เปอร์เซ็นต์แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่นๆ (P>0.05) การใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดที่ระดับ 15.00 เปอร์เซ็นต์ ลดต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตเนื้อ 1 กิโลกรัม (P<0.05) และมีแนวโน้มลดค่าอาหารต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (P=0.08) ดังนั้นระดับที่เหมาะสมในการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อโดยไม่ส่งผลเสียต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซากและลดต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตเนื้อ 1 กิโลกรัม คือ 15.00 เปอร์เซ็นต์

โดยภาพรวมกล่าวได้ว่าการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ทุกระดับไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไข่ และคุณภาพไข่ และการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อทุกระดับไม่ส่งผลต่อ สมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อ โดยระดับที่เหมาะสมในการนำถั่วพร้าเอ็กทรูดไปใช้ในสูตรอาหารไก่ไข่อยู่ที่ 12.00 เปอร์เซ็นต์ และในสูตรอาหารไก่เนื้อสามารถใช้ได้ถึง 15.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่และไก่เนื้อ นอกจากนี้การใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดยังสามารถช่วยเพิ่มน้ำหนักเนื้ออกนอกได้ เนื่องจากในถั่วพร้ามีกรดอะมิโนจำเป็น และกรดไขมันโอเลอิกที่มีประโยชน์สูง จึงเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกให้กับเกษตรกรที่มุ่งเน้นผลิตแหล่งโปรตีนจากเนื้ออกไก่

คำสำคัญ : ถั่วพร้า, ประสิทธิภาพการผลิต, ลักษณะซาก, คุณภาพเนื้อ

Title THE USE OF EXTRUDED JACK BEAN (*Canavalin ensiformis* L.) IN LAYING AND BROILER DIETS

Author Miss Apinya Boonbanlu

Degree Master of Science in Animal Science

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Buaream Maneewan

ABSTRACT

The study of the use of extruded jack bean in the diet of laying hens and broilers was divided into two experiments.

Experiment 1 studied the effects of extruded Jack bean *(Canavalin ensiformis L.)* in laying hen diets on production performance and egg quality were conducted in a total 200 thirty-four weeks of age laying hens (Lohmann brown-classic). The hens were randomly divided into 5 groups with 4 replicates of 10 hens per replicate in a Complete Randomized Design (CRD). The hens in group 1 were fed diet without extruded jack bean (the control), while group 2 3 4 and 5 were fed diets with diets with extruded jack bean at the level of 3 6 9 and 12 %, respectively. The production performance and egg quality were observed for 8 weeks. The results showed that the feed intake, egg production, feed conversion ratio and egg quality were not different ($P > 0.05$) excepted that the yolk color value which a* value of the 3 and 6 % groups were not different from the control group ($P < 0.05$) but the levels 9 and 12 % groups were lower than the control group and the 3% group of jack bean had a higher b* than the other group of jack bean ($P < 0.05$). Therefore, extruded jack bean can be use as the alternative protein source in laying hen diets and at 12 % without any adverse effects on egg production performance.

Experiment 2 studied the effect of using of extruded jack bean *(Canavalin ensiformis L.)* in broiler diets on growth performance carcass characteristics and meat quality. A total of 160-day-old male broilers were assigned in completely randomized design (CRD) into 4 groups with 4 replicates of 10 birds of each. In groups

1 the chicks were fed a control diet. Groups 2 3 and 4 the chicks were fed an extruded jack bean 5.00 10.00 and 15.00% respectively. The growth performance carcass characteristics meat quality was observed for 5 weeks. The results showed that feed intake body weight gain, feed conversion ratio carcass characteristics drip loss cooking loss and TBARs were not different (P > 0.05). The feed conversion ratio throughout the experiment tended to be higher in the group that used 15.00% of the extruded jack bean (P = 0.08) and carcass characteristics tend to be higher in the breast meat shank and feet (P=0.05). The meat quality was found that in a period of 45 minutes in the group using extruded jack bean at the 10.00% level was the highest lightness (L*) values (P<0.05). The yellowness (b*) value of breast meat in the group using extruded jack bean 10.00% was higher than the group using extruded jack bean 5.00% (P<0.05) but not different from the other groups (P>0.05). During the 24 hours after the slaughter chicken the lightness (L*) values of breast meat was higher in the group using extruded jack bean 10.00% compared with the group using extruded jack bean 15.00%(P<0.05)but not different from other groups (P>0.05). The using extruded jack bean 15.00% reduced feed cost per gain (P<0.05) and tended to reduced feed cost per gain (P=0.08). Therefore, the optimum level for using extruded jack bean in broiler diets without any adverse effect on growth performance carcass characteristics and reduced feed cost per gain is 15.00%.

Base on the result of this studies the use of extruded jack bean in laying hen diets at all levels has no any adverse effect on egg production performance and egg quality. The use of extruded Jack bean in broiler diets has no adverse effect on growth performance carcass characteristics and meat quality. The optimum level for using extruded jack bean in laying hen diets is 12.00% and in broiler diets can be used extruded jack bean up to 15.00%. Jack bean extrusion can be used to reduce production costs for farmers who raise laying hens and broilers. In addition, using extruded jack bean increase the weight of breast meat. The jack bean contains essential amino acids and high oleic acid. Jack bean is the alternative source of protein for farmers who aim in protein sources production from chicken breast meat.

Keywords : Jack Bean, Production performance, Carcass carateristics, Meat quality

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณอาจารย์บัวเรียม มณีวรรณ์ อาจารย์จุฬากร ปานะถึก และอาจารย์ทองเลียน บัวจูม ที่คอยให้คำปรึกษาข้าพเจ้าในการทำวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่การวางแผนการทดลอง การทดลองตลอดจนให้คำแนะนำในการทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ และอาจารย์เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ ที่กรุณาเป็นประธานการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ หากไม่มีอาจารย์ทุกท่านคอยให้คำปรึกษา วิทยานิพนธ์เล่มนี้คงไม่สำเร็จ ความรู้ประสบการณ์ต่างๆที่ได้รับจากอาจารย์ทุกท่าน ข้าพเจ้าจะนำไปปรับใช้ในการทำงาน การใช้ชีวิต และพัฒนาตัวเองให้ดีขึ้นกว่าเดิม

ขอบคุณบริษัท ลิ้มศักดากุลอุตสาหกรรมการเกษตร จำกัด ที่ให้การสนับสนุนถั่วพร้าเอ็กทรูดเพื่อใช้ในงานทดลองข้าพเจ้า ทำให้วิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอบคุณบุคลากรห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ และเจ้าหน้าปฏิบัติงานฟาร์ม ที่คอยดูแลให้คำปรึกษาการทำงานทดลองของข้าพเจ้าให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อย อีกทั้งคอยให้ความรู้และเทคนิคต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ และการจัดการภายในฟาร์ม การแก้ปัญหาต่างๆ ไปจนถึงให้ความช่วยเหลือในเรื่องของสถานที่ทดลอง ทำให้การทดลองของข้าพเจ้าสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอบคุณนายปฏิภาณ กอหลวง พี่ชายที่แสนดี ที่คอยให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ คอยช่วยเหลือทุกครั้งที่ข้าพเจอปัญหา คอยเป็นกำลังให้ข้าพเจ้าตลอด และขอบคุณนางสาวสโรชา ยะแสง นางสาวผกา สินี ขาวแดง ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คอยเป็นเสียงหัวเราะ คอยเป็นกำลังใจ ให้แก่ข้าพเจ้าในการทำงานทดลองและการทำรูปเล่มครั้งนี้ หากไม่มีทุกคนคอยให้ความช่วยเหลือ งานทดลองนี้คงดำเนินไปด้วยความยากลำบาก

ขอบคุณบิดาและมารดา ที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้มาศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา คอยสนับสนุนในเรื่องของทุนการศึกษา ทุนวิจัย เป็นกำลังใจและคอยให้คำปรึกษาให้แก่ข้าพเจ้าเสมอมา หากไม่มีท่านทั้งสองคน ข้าพเจ้าคงไม่สามารถผ่านปัญหาที่เข้ามาได้ ขอบคุณท่านทั้งสองที่มอบอนาคต ซึ่งท่านทั้งสองต้องเสียโอกาสหลายอย่างในชีวิตไป แต่ท่านทั้งสองไม่เคยลังเลที่จะมอบทุกสิ่งแก่ข้าพเจ้า ขอบคุณพ่อและแม่จากใจ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอบคุณตัวข้าพเจ้าเองที่อดทนไม่ย่อท้อ จนทำให้มีวิทยานิพนธ์นี้ขึ้นมา

อภิญญา บุญบรรลุ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ซ
สารบัญ ..... ฌ
สารบัญตาราง ..... ฏ
สารบัญภาพ ..... ฐ
บทที่ 1 1
ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 3
ถั่วพร้า (*Canavalia ensiformis)* 3
สารต้านโภชนะและสารพิษที่พบในถั่วพร้า 5
วิธีกำจัดสารต้านโภชนะและสารพิษ 9
การนำถั่วพร้าไปใช้ในสัตว์ 10
การเลี้ยงไก่ไข่ในประเทศไทย 12
ปริมาณการผลิตไข่ไก่ในประเทศไทย 12
ปริมาณการส่งออกไข่ไก่สดของประเทศไทย 12
ความต้องการโภชนะของไก่ไข่ 13
การเลี้ยงไก่เนื้อในประเทศไทย 13
การส่งออกผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อแปรรูป ไก่แช่แข็ง และแช่เย็นของประเทศไทย 14

ความต้องการโภชนะของไก่เนื้อ 14
แนวโน้มอุตสาหกรรมไก่เนื้อในประเทศไทย 15
พื้นที่การปลูกถั่วพร้าในประเทศไทย 15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 16
การทดลองที่ 1 ผลการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของไก่ไข่ 16
ระเบียบวิจัยและขอบเขตงานของการวิจัย 16
วิธีการเตรียมอาหารทดลอง 16
สัตว์ทดลอง 16
อาหารทดลอง 17
ประสิทธิภาพการผลิต 18
การศึกษาคุณภาพไข่ 18
การทดลองที่ 2 ผลการใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อ 19
ระเบียบวิธีวิจัยและขอบเขตงานของการวิจัย 19
สัตว์ทดลอง 19
อาหารทดลอง 20
การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต 21
การศึกษาลักษณะซากของไก่เนื้อ 22
การศึกษาคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ 22
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 24
สถานที่ดำเนินงาน 24
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล 25
ผลการทดลองที่ 1 25

ประสิทธิภาพการผลิต 25
คุณภาพไข่ 26
การทดลองที่ 2 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อ 29
สมรรถภาพการเจริญเติบโต 29
คุณภาพซาก 30
คุณภาพเนื้อ 32
ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัว 35
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 36
ภาคผนวกตาราง 37
ภาคผนวกรูปภาพ 44
บรรณานุกรม 49
ประวัติผู้วิจัย 56

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนะที่พบในถั่วพร้า 4
ตารางที่ 2 กรดอะมิโนที่จำเป็นในถั่วพร้า (เปอร์เซ็นต์)..... 4
ตารางที่ 3 ตารางผลผลิตและคุณภาพไข่นกกระทา..... 11
ตารางที่ 4 ความต้องการโภชนะของไก่ไข่ 13
ตารางที่ 5 ความต้องการโภชนะของไก่เนื้อ..... 14
ตารางที่ 6 คุณค่าทางโภชนะของถั่วพร้าเอ็กทรูดจากการวิเคราะห์..... 16
ตารางที่ 7 วัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนะของอาหารไก่ไข่..... 17
ตารางที่ 8 วัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนะของอาหารไก่เนื้อที่ระยะ 0-3 สัปดาห์..... 20
ตารางที่ 9 วัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนะของอาหารไก่เนื้อที่ระยะ 4-5 สัปดาห์..... 21
ตารางที่ 10 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ต่อประสิทธิภาพการผลิต..... 26
ตารางที่ 11 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ต่อน้ำหนักไข่ ดัชนีไข่แดง และความหนาของเปลือกไข่ 27
ตารางที่ 12 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ต่อสีของเปลือกไข่ Haugh unit และความแข็งเปลือกไข่..... 28
ตารางที่ 13 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ต่อค่าสี L* a* b*..... 29
ตารางที่ 14 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อต่อสรรถภาพการเจริญเติบโต..... 30
ตารางที่ 15 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อต่อคุณภาพซาก 31
ตารางที่ 16 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อต่อค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น จากการทำให้สุกด้วยการต้ม (เปอร์เซ็นต์) และค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อ..... 33
ตารางที่ 17 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสี L* a* b*..... 34
ตารางที่ 18 ต้นทุนอาหารต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดที่ระดับต่างกันในสูตรอาหาร 35

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
แม่โจ้ ๒๕๔๓
MAEJO UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 เมล็ดและต้นถั่วพร้า 3
ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของสารยับยั้ง (Trypsin inhibitor) 5
ภาพที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของเลคติน (Lectin) 6
ภาพที่ 4 โครงสร้างทางเคมีของคอนคานาวานีน เอ (Concanavalin A) 7
ภาพที่ 5 โครงสร้างทางเคมีของแทนนิน (Tannin) 7
ภาพที่ 6 โครงสร้างทางเคมีของกรดไฮโดรไซยานิก (Hydrocyanic acid, HCN) 8
ภาพที่ 7 โครงสร้างทางเคมีของกรดไฟติก (Phytic acid) 9
ภาพที่ 8 ขั้นตอนการเตรียมเล้าทดลอง 45
ภาพที่ 9 การเลี้ยงไก่ในงานทดลอง 45
ภาพที่ 10 การทำวัคซีนไก่เนื้ออายุ 7 วัน 46
ภาพที่ 11 การตัดแต่งซาก 46
ภาพที่ 12 การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อ 47
ภาพที่ 13 การเลี้ยงไก่ไข่ในเล้าทดลอง 47
ภาพที่ 14 การวิเคราะห์คุณภาพไข่ 48
ภาพที่ 15 การผสมอาหาร 48

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ปีกมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มาจากสัตว์ปีกเช่น เนื้อและไข่ อุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ปีกจึงต้องการการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการ แต่สิ่งที่เป็นปัญหาอย่างหนึ่งคือกากถั่วเหลืองซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักในสูตรอาหารมีการขาดแคลนและการผลิตที่ลดลง ในแต่ละปีจึงต้องมีการนำเข้ากากถั่วเหลืองจากต่างประเทศจำนวนมาก ประเทศไทยมีแนวโน้มการนำเข้ากากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น 0.19 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2563) และในปี พ.ศ.2566 มีการนำเข้ากากถั่วเหลืองสูงถึง 3 ล้านตัน เนื่องจากการผลิตกากถั่วเหลืองในประเทศสามารถผลิตได้เพียง 2-3 หมื่นตัน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ผลิตอาหารสัตว์ (ประชาชาติธุรกิจ, 2566) เป็นสาเหตุให้ราคาของกากถั่วเหลืองสูงขึ้น ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตของเกษตรกร จึงจำเป็นต้องหาแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองจากพืชชนิดอื่นที่ยังไม่ได้มีการนำมาใช้และมีราคาถูกกว่ากากถั่วเหลืองเพื่อลดต้นทุนการผลิตโดยไม่ส่งผลเสียต่อสัตว์และผู้บริโภค

ถั่วพร้า (*Canavalia ensiformis)* มีชื่อสามัญคือ Jack bean หรือ House bean เป็นพืชล้มลุก มีลักษณะลำต้นเป็นเถา ขึ้นได้ในสภาพอากาศทั่วไป ทนต่อความแล้งได้ดี นิยมปลูกเพื่อปรับปรุงดิน และสามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ในประเทศไทย ชาวบ้านบางแห่งนำเมล็ดถั่วพร้ามาคั่วและบดชงน้ำดื่มแบบเมล็ดกาแฟ ในปัจจุบันถั่วพร้าเป็นที่น่าสนใจในการใช้ในอาหารสัตว์เพื่อทดแทนกากถั่วเหลืองที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ เนื่องจากถั่วพร้ามีโปรตีน 23.40-34.80 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.20-3.49 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 4.90-7.82 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.12-0.14 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.71 เปอร์เซ็นต์ (Akpapunam and Sefa-Dedeh, 1997) ในบางประเทศนำมาทำเป็นอาหารสัตว์และมนุษย์ และจากการศึกษาของ Sri et al. (2018) ผลของอาหารนกกระทาที่มีถั่วพร้า (*Canavalia ensiformis* L.) หมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ *Rhizopus oligosporus* ในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทา พบว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าหมักในอาหารทำให้ค่าคอเลสเตอรอลในไข่แดงต่ำ และจากการศึกษาของ Leon et al. (1989) พบว่าการกินอาหารและอัตราการเจริญเติบโตของลูกไก่ 1-22 วัน ลดลงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในเมล็ดถั่วพร้ามีสารเทนนิน (tannin) ที่จะมีรสขมอาจส่งผลให้ปริมาณอาหารที่กินลดลง และมีสารพิษชนิดอื่น เช่น สารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน (Trypsin inhibitor) เลคติน (Lectin) กรดไฮดไซยานิน (Hydrocyanic acid) และกรดไฟติก (Phytic acid) หากนำถั่วพร้าดิบมาผ่านความร้อน จะทำให้คุณภาพโปรตีนของเมล็ดถั่วพร้าดีขึ้นและความร้อนสามารถทำลายสารพิษที่อยู่ในเมล็ดถั่วพร้าได้ การศึกษาของทองเลียน และคณะ (2566) ได้นำถั่วพร้ามาต้ม 30 นาที จากนั้นนำไปตากแดด 8 ชั่วโมง เพื่อลดสารต้านการใช้ประโยชน์ของโภชนะ พบว่าสามารถกำจัดสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซินได้ และจากการนำถั่วพร้าต้มร่วมกับตากแดดไปใช้ในสูตรอาหารไก่ประดู่หางดำ พบว่าการใช้ถั่วพร้าทดแทนกากถั่วเหลืองที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลเสียต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง นอกจากนี้

กระบวนการเอ็กทรูดเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ลดปริมาณสารพิษในวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจส่งผลให้ปริมาณ ทริปซินอินฮิบิเตอร์ และ คอนคานาวานีนลดลง เนื่องจากคอนคานาวานีนสามารถทนความร้อนได้ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส (Sadeghi et al., 2004) ดังนั้นจึงศึกษาการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่และไก่เนื้อเพื่อเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกในวัตถุดิบอาหารสัตว์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงระดับการใช้ถั่วพร้าที่เหมาะสมโดยไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพสัตว์
2. สามารถใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่ไข่และไก่เนื้อ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิต
3. เพื่อเพิ่มแหล่งโปรตีนทางเลือกที่มาจากพืชให้กับเกษตรกร

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

ถั่วพร้า (*Canavalia ensiformis)*

ถั่วพร้า เป็นไม้เถาล้มลุก สามารถเลื่อยได้สูงถึง 1 เมตร และสามารถตัดแต่งเป็นไม้พุ่มได้ ลักษณะของใบเป็นใบรวมแบบสามใบ (trifoliolate) รูปร่างคล้ายไข่ ยาว 7-12 เซนติเมตร ดอกมีสีชมพู ลักษณะของฝักจะมีรูปร่างคล้ายดาบ มีขนาดใหญ่และเรียบ ฝักมีความยาวประมาณ 30 เซนติเมตร เมล็ดสีขาวคล้ายงาช้าง ขนาด 1.5-2 เซนติเมตร นิยมปลูกในเขตร้อนชื้นเนื่องจากทนแล้งได้ดี และเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์และปลูกคลุมดิน ซึ่งจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศแบบร้อนชื้น มีแดดจัด อุณหภูมิระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส และเจริญเติบโตได้ทุกพื้นที่ แต่เจริญเติบโตได้ดีในดินดอนที่ระบายน้ำได้ดี ซึ่งถั่วพร้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกภูมิภาคของประเทศไทย วิธีการปลูกนิยมปลูกแบบหว่าน เป็นวิธีที่สะดวก ประหยัดเวลาและแรงงานที่สุด โดยการเอาเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมไว้หว่านลงไปในแปลงให้ทั่ว ในอัตรา 8-10 กิโลกรัม/ไร่ และไถพรวนกลบเมล็ด ซึ่งจะให้ผลผลิต 2.5-4 ตัน/ไร่ ในประเทศไทยนิยมปลูกเพื่อปรับปรุงดินและทำเป็นปุ๋ยสด โดยหลังการปลูก 60-65 วันจะทำการไถกลบถั่วพร้าวิธีนี้สามารถช่วยลดต้นทุนค่าปุ๋ยและสารเคมีให้กับเกษตรกรได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

ภาพที่ 1 เมล็ดและต้นถั่วพร้า

เมล็ดถั่วพร้ามีโปรตีนสูง 23.40-34.80 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1.20-3.49 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 4.90-7.82 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.12-0.14 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.71 เปอร์เซ็นต์ (Akpapunam and Sefa-Dedeh, 1997) ดังตารางที่ 1 และนอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของแร่ธาตุ เช่น ไออามีน ไนอามีน แคลเซียม สังกะสี ฟอสฟอรัส ทองแดง และนิกเกิล และในถั่วพร้ามีกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น ไลซีน (lysine) และลิวซีน (Leucine) สูง ยกเว้น ซีสติน (cysteine) ดังแสดงในตารางที่ 2 (Akpapunam and Sefa-Dedeh, 1997) ซึ่งจากการศึกษาของ Rezaei et al. (2004) ได้ทำการศึกษาผลของระดับโปรตีนและไลซีนในอาหารไก่เนื้อต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และปริมาณไนโตรเจนในมูล พบว่า กลุ่มที่ใช้ไลซีนที่ระดับ 1.50 และ 3.00 กรัม/กิโลกรัม ทำให้

ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว น้ำหนักเนื้ออก และน้ำหนักเนื้อสะโพกสูงกว่ากลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kidd et al. (1998) พบว่าอารหารที่มีไลซีนอยู่ในปริมาณที่สูงส่งผลต่อน้ำหนักเนื้ออก เนื่องจากในเส้นใยกล้ามมีไลซีนอยู่สูงถึง 7 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด (Dozier et al., 2008) นอกจากนี้ถั่วพร้ายังมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่สูง โดยมีปริมาณ 69.1-81.8 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวอยู่ที่ 18.2-30.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวประกอบไปด้วยกรดไขมันโอเลอิก (Oleic acid) และลิโนเลอิก (Linoleic) ในปริมาณที่สูง อยู่ที่ 38.9-57.1 และ 17.2-37.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Sivaraj et al., 2010)

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนะที่พบในถั่วพร้า

คุณค่าทางโภชนะ	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
โปรตีน[1]	23.40
ไขมัน[1]	1.20
เยื่อใย1[1]	4.90
เถ้า[1]	4.2
พลังงาน (กิโลแคลเลอรี่)[2]	4418.65
แคลเซียม[2]	0.12
ฟอสฟอรัส[2]	0.71

ที่มา : ดัดแปลงจาก [1](Akpapunam and Sefa-Dedeh, 1997). [2](Akanji et al., 2008)

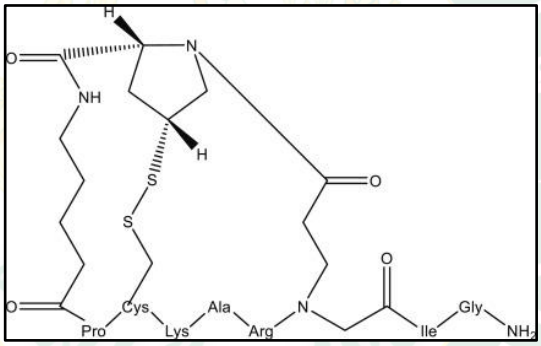
ตารางที่ 2 กรดอะมิโนที่จำเป็นในถั่วพร้า (เปอร์เซ็นต์)

กรดอะมิโน	ถั่วพร้า (Jack bean)	กากถั่วเหลือง (soybean meal)[2]
ไอโซลิวซีน	3.40[1]	2.49
ลิวซีน	8.20[1]	3.83
ไลซีน	6.80[3]	2.83
เมธไธโอนีน	1.20[3]	0.92
ซีสติน	0.60[3]	1.69
เฟนนีลอะลานีน	4.50[1]	2.08
ไทโรซีน	3.30[3]	2.00
ทรีโอนีน	4.30[3]	1.88
ทริปโตแฟน	1.20[3]	0.56
วาลีน	5.30[3]	2.91

ที่มา : ดัดแปลงจาก [1](Akpapunam and Sefa-Dedeh, 1997) [2](Leung and Kiarie, 2020). [3](Sridhar and Seena, 2006)

สารต้านโภชนะและสารพิษที่พบในถั่วพร้า

สารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน (Trypsin Inhibitor) พบมากในพืชตระกูลถั่วเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน (Trypsin) โดยจะเกาะรวมกับเอนไซม์ ทำให้ความสามารถการทำงานของทริปซินลดลง ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Pharmatech, 2021) และจากการศึกษาของ ภัทรภร และ วิทธวัช (2559) พบว่าสาร Trypsin inhibitor จะพบในพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ เมล็ดถั่วเหลืองดิบ เมล็ดถั่วพร้าดิบ และในกากถั่วที่สุกไม่พอ ซึ่ง Trypsin inhibitor จะทำให้การย่อยได้ของโปรตีนและกรดอะมิโนลดลง ส่งผลต่อให้การเจริญเติบโต และผลผลิตของสัตว์ลดลงอีกทั้งยังส่งผลต่อตับอ่อน ทำให้ตับทำงานหนักจนมีขนาดใหญ่ขึ้น (pancreas hypertrophy) เกิดการกระตุ้นการหลั่งเอนไซม์จากตับอ่อนออกมามาก ทำให้สูญเสีย Trypsin และ Chymotrypsin และกรดอะมิโนในร่างกายออกมากับมูล ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (sulphur-containing amino acid) จึงเกิดการขาดเมทไทโอนีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นอันดับแรก (first limiting amino acid) ทำให้ลดประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ลง



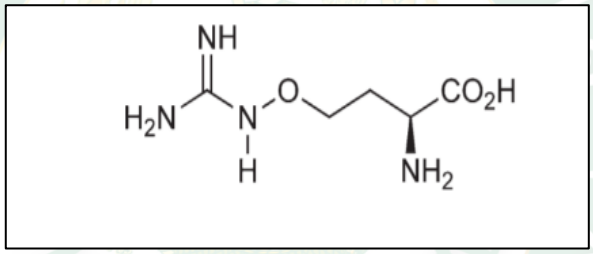
ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของสารยับยั้ง (Trypsin inhibitor)

ที่มา: Makkar et al. (2007)

จากการรายงานของ Pond and Maner (1984) กล่าวว่าการทำงานของเอนไซม์ทริปซินลดลง ส่งผลให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำลง ซึ่งในไก่การขาดเอนไซม์ย่อยโปรตีนในลำไส้เล็กส่วนต้นจะทำให้ตับอ่อนหลั่งเอนไซม์ออกมามากขึ้น เพราะเอนไซม์ที่ผลิตออกมาจะถูกจับโดย Trypsin inhibitor และถูกขับออกนอกร่างกาย ทำให้ร่างกายขาดกรดอะมิโนซีสเตอีน (Cysteine) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีมากในเอนไซม์ทริปซินและไมโครทริปซิน ร่างกายสัตว์จึงต้องเปลี่ยนเมทไธโอนีนไปเป็นซีสเตอีน ทำให้เกิดการขาดเมทไธโอนีนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การเจริญเติบโตหยุดชะงัก และจากรายงานของ Woyengo et al. (2017) ได้ทำการศึกษาผลของสารต้านโภชนะในเมล็ดที่ใช้สกัดน้ำมันต่อปริมาณอาหารที่กินในสุกรและสัตว์ปีก พบว่า สุกรและสัตว์ปีกสามารถรับสารต้านโภชนะได้เพียง 4.00 และ 3.00 TIU/มิลลิกรัม ตามลำดับ อีกทั้งการศึกษาของ Palliyeguru et al. (2011) โดยศึกษาผลของสารต้านการทำงานของทริปซินในถั่วเหลือง ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีน และการเกิดโรคลำไส้อักเสบแบบ

เนื้อตายโดยไม่แสดงอาการในไก่เนื้อ พบว่าถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านความร้อนซึ่งมี Trypsin inhibitor อยู่ ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง อัตราการรอดชีวิตต่ำ และมีการอักเสบในลำไส้เล็กเพิ่มขึ้น

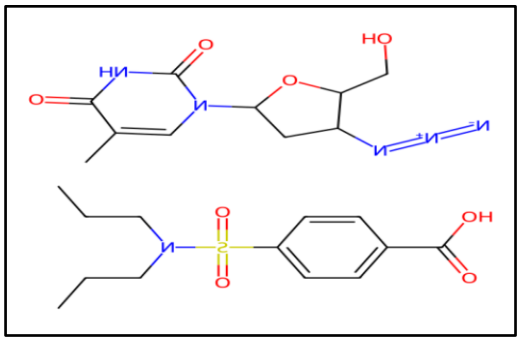
เลคติน (Lectin) เป็นโปรตีนหรือไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ที่จับกับคาร์โบไฮเดรต และสามารถทำให้เซลล์เกิดการเกาะกลุ่มซึ่งพบได้ในสิ่งมีชีวิตทั่วไป เช่น พืช สัตว์ แบคทีเรีย รา และไวรัส เลคตินที่พบในพืชทั่วไปจะพบที่เมล็ดซึ่งพืชที่พบเลคตินส่วนใหญ่พบในพืชตระกูลถั่ว (Leguminoseae) และพบในกลุ่มของธัญพืชตระกูล Garmineae ซึ่งเลคตินชนิด คอนคานาวานีน เอ จะมีพิษกับสัตว์ ทำให้ระบบทางเดินอาหารเสียหายและยับยั้งการซ่อมแซมของเยื่อหุ้มเซลล์ (Miyake et al., 2007) และสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนโครงสร้างภายในเยื่อบุผิวของลำไส้ และลดการย่อยได้ของโปรตีน (Pusztai et al., 1990) จาการศึกษาของ ภัทรภร และ วิทธวัช (2559) พบว่าเลคติน (Lectins) จะพบในพืชตระกูลถั่วต่างๆ เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วพร้า ถั่วลิสง ซึ่งสามารถที่จะดัดแปลงหรือเปลี่ยนสภาพรูปร่างของลำไส้เล็กได้ โดยการจับและทำลายชั้นบรัชบอร์เดอร์ (Bush border) ของลำไส้เล็ก



ภาพที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของเลคติน (Lectin)

ที่มา: Yoneyama and Natsume. (2010)

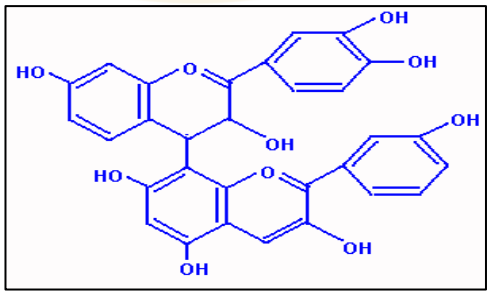
คอนคานาวานิน เอ (Concanavalin A, ConA) เป็นเลคตินที่มาจากพืชพบมากในถั่วพร้า ซึ่งคอนคานาวานีน เอ จะจับกับน้ำตาลบางชนิด เช่น α-D-mannoside หรือ methyl α-D-mannopyranoside ในเซลล์เม็ดเลือด (Lai et al., 2015) และสามารถจับกับอิมมูโนโกลบูลิน (Immunoglobulins) (Dansey et al., 1988) และ ไลโปโปรตีน (Lipoprotein) บางชนิดได้ (Feinmesser et al., 1989) จาการศึกษาของ ภัทรภร และ วิทธวัช (2559) พบว่าคอนคานาวานีน เอ เป็นสารพิษที่พบในถั่วพร้ามากที่สุด คิดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดที่พบในถั่วพร้า โดยคอนคานาวานีน เอ จะทำให้เกิดการหลุดของวิลลัสของลำไส้เล็กและลดความยาวของวิลลัส (villus) ซึ่งจะเป็นการลดพื้นที่ผิวสัมผัสสำหรับการดูดซึมสารอาหาร เช่น โปรตีน ทำให้การเจริญเติบโตลดลง นอกจากนี้เลคตินอาจแทรกซึมเข้าไปส่วน lamina propria ของลำไส้เล็ก มีผลต่อ eosinophils และ lymphocytes ซึ่งมีผลทำให้ระบบภูมิคุ้มกันเสียหายได้ และเลคตินจะจับตัวกับ Glycoprotien ของผนังเซลล์เม็ดเลือดแดงทำให้เม็ดเลือดแดงเกาะตัวกันเป็นก้อนได้



ภาพที่ 4 โครงสร้างทางเคมีของคอนคานาวานีน เอ (Concanavalin A)

ที่มา: Bouckaert et al. (2000)

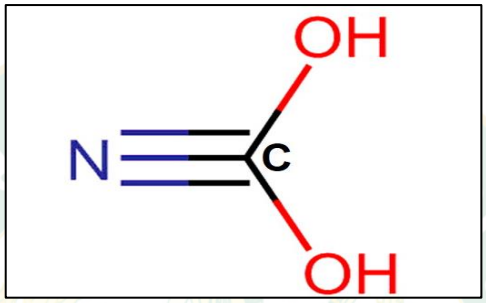
แทนนิน (Tannin) เป็นสารพิษที่พบในพืช ซึ่งจะพบบริเวณเปลือกและเมล็ด โดยแทนนินจะไปจับกับโปรตีนซึ่งจะส่งผลให้การย่อยได้ของโปรตีนและการทำงานของเอนไซม์ลดลง ซึ่งในสัตว์ปีกไม่มีจุลลินทรีย์ที่ช่วยจำกัดแทนนินเหมือนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Medugu et al., 2012) จากการศึกษาของ Sri et al. (2018) กล่าวว่าแทนนิน ในถั่วพร้า เป็นสารประกอบพวกฟีนอลลิก (phenolic) พบในวัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ ข้าวฟ่าง และพืชตระกูลถั่ว ซึ่งมีแทนนินสูง ทำให้สัตว์ไม่ชอบกินเนื่องจากมีรสขม และจากการศึกษาของ ภัทรภร และ วิทธวัช (2559) ได้ทำการศึกษาสารต้านโภชนะในวัตถุดิบอาหารสัตว์ กล่าวว่าแทนนินจะยับยั้งการสร้างเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยอาหาร ได้แก่ ทริปซิน, เอนไซม์อะไมเลส และ ไลเปส การเกิดกรดแทนนิก (tannic acid) ในอาหารไก่จะทำให้คอเลสเทอรอลในกระแสเลือดสูงขึ้น ไนโตรเจนที่สะสมในร่างกายและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้จะลดลง แทนนินที่ระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ไข่แดงมีจุดเหลือง แทนนินที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ไข่แดงจะมีสี olive green และที่ระดับ 0.64-0.83 เปอร์เซ็นต์ จะลดอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ส่วนกรดแทนนินที่ระดับ 0.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ ในไก่จะลดอัตราการเจริญเติบโตและเพิ่มไขมันในตับ ที่ระดับ 2-4 เปอร์เซ็นต์ ในไก่ไข่จะทำให้ไข่แดงเปลี่ยนสีเป็น greenish tint และถ้าหากสูงกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดอัตราการตายสูงขึ้น 70 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 5 โครงสร้างทางเคมีของแทนนิน (Tannin)

ที่มา: Siamchemi. (2021)

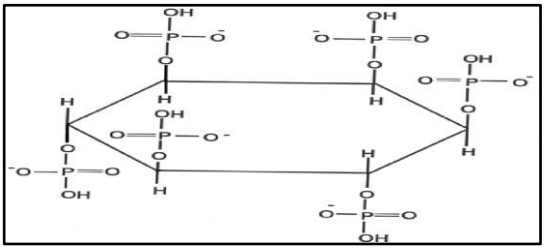
กรดไฮโดรไซยานิก (Hydrocyanic acid, HCN) ในพืชจะมีสาร cyanogenic glucosides ซึ่งจะถูกสลายได้สารพิษ HCN โดย cyanogenic glucosides ที่สำคัญคือ linamarin ซึ่งเมื่อสัตว์กินเข้าไปแล้ว จะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ linamarase ที่มีอยู่ในตัวสัตว์ได้ D-glucose, acetone และสารพิษ HCN ซึ่ง HCN จะพบในวัตถุดิบอาหารสัตว์พวกมันสำปะหลัง เมล็ดยางพารา เมล็ดถั่วพร้า HCN มีผลทำให้ระบบประสาทส่วนกลางเสียหาย ระบบหายใจล้มเหลว และหัวใจอาจจะหยุดเต้นได้ ซึ่งไก่เนื้อสามารถทนต่อ HCN ได้ที่ระดับต่ำกว่า 40 ppm ส่วนแม่ไก่สามารถทนได้ถึง 135 ppm



ภาพที่ 6 โครงสร้างทางเคมีของกรดไฮโดรไซยานิก (Hydrocyanic acid, HCN)

ที่มา: Careerstoday. (2021)

กรดไฟติก (Phytic acid) จะพบในเมล็ดพืช เมล็ดพืชน้ำมัน และผลพลอยได้จากเมล็ดพืช วัตถุดิบเหล่านี้จะพบฟอสฟอรัสในรูปของไฟเตท (phytate) หรือ กรดไฟติก (phytic acid) ในสภาพที่พืชใช้เก็บสะสมฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นสารต้านโภชนะชนิดหนึ่ง โดยไฟเตทจะจับกับโปรตีนและแร่ธาตุหลายชนิด เช่น เหล็ก สังกะสี แมกนีเซียม แคลเซียม และฟอสฟอรัส ที่บริเวณลำไส้เล็กเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งสัตว์ปีกไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จึงต้องมีการเสริมฟอสฟอรัสจากแหล่งอื่นเพื่อให้สัตว์ได้รับในปริมาณที่เพียงพอ อาจทำให้ต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้น เนื่องจากฟอสฟอรัสมีราคาสูง และยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากปริมาณของฟอสฟอรัสจำนวนมากถูกปล่อยออกมาจากการขับถ่ายของสัตว์ จึงมีการเสริมเอนไซม์ไฟเตทในอาหารสัตว์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสในวัตถุดิบอาหาร โดยเอนไซม์ไฟเตทจะทำหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสทำให้ฟอสฟอรัสหลุดออกจากโมเลกุลของไฟเตทและสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Ahmed et al., 2016)



ภาพที่ 7 โครงสร้างทางเคมีของกรดไฟติก (Phytic acid)

ที่มา: Ahmed et al. (2016)

วิธีกำจัดสารต้านโภชนะและสารพิษ

1. การแช่ ถั่วเป็นวิธีการเพิ่มปริมาณความชื้น รวมถึงเป็นการลดปริมาณสารต้านโภชนาการ และลดเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนกับถั่ว เมื่อเวลาให้ความร้อนในเวลาที่น้อยลงจะทำให้คุณภาพของโปรตีนดีขึ้น การดูดซึมน้ำจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลา Pan and Tangratanavalee (2003) ได้ทำการศึกษาโดยนำถั่วเหลืองมาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 10-40 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการแช่จะช่วยลดเวลาที่ใช้ในการแช่ลงได้ ซึ่งในเวลา 30 นาทีแรกถั่วเหลืองจะมีอัตราการดูดซับน้ำสูง

2. การต้มหรือการต้มโดยใช้ความดัน (Cooking or Autoclaving) วิธีนี้เป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย โดยสามารถนำถั่วเหลืองแช่น้ำเพื่อให้น้ำซึมผ่านเข้าเมล็ด แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด เมื่อสุกนำมาผึ่งให้แห้ง สำหรับการต้มโดยใช้ความดัน ผ่านไอน้ำเข้าไปในหม้อโดยใช้ความดัน วิธีนี้จะใช้เวลานานและอุปกรณ์มีราคาสูง โดย Anderson et al. (1992) ทำการทดลองต้มถั่วเหลืองโดยใช้ความดัน 124 kPa ที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าทำลาย Trypsin inhibitor และเอนไซม์ยูรีเอสได้ และจากการศึกษาของ Udedibie et al. (1996) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ถั่วพร้าในรูปแบบของถั่วพร้าดิบและถั่วพร้าที่ผ่านการต้ม ซึ่งในส่วนของถั่วพร้าดิบได้ทำการบดผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ส่วนวิธีที่ 2 ได้ทำการบดและนำมาต้มในน้ำเดือดจับเวลาหลังน้ำเดือด 40 นาที จากนั่นนำมาตากแดดจนแห้ง พบว่าถั่วพร้าที่ผ่านการต้มสามรถลดสารต้านโภชนะลงได้

3. การคั่ว คือ กระบวนการที่ทำให้เมล็ดวัตถุดิบอุณหภูมิสูงถึง 200-230 องศาเซลเซียส ในระหว่างการคั่วน้ำและความชื้นที่อยู่ภายในเมล็ดจะถูกไล่ออกไป ทำให้สีของเมล็ดเริ่มเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาล จากนั้นจะค่อยๆเข้มขึ้นตามลำดับ โดยทั่วไปใช้เวลาในการคั่วประมาณ 15-20 นาที (พอฤทัย, 2556)

4. กระบวนการอบแห้ง คือ กระบวนการถ่ายเทคามร้อนจากอากาศไปยังวัตถุดิบพร้อมกับการถ่ายเทมวลจากวัตถุดิบไปยังอากาศ ความร้อนสัมผัสจากอากาศที่วัตถุดิบที่ได้รับ ส่วนใหญ่จะถูกทำให้ระเหยออกจากวัตถุดิบ ซึ่งการอบแห้งมักเกิดกลไกการถ่ายเทความร้อน เช่น การพาความร้อน ถ้าอากาศร้อนมีอุณหภูมิและความชื้นคงที่ กระบวนการอบแห้งจะเกิดขึ้น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือ อัตราการอบแห้งคงที่ เมื่ออบต่อไปจนถึงความชื้นค่าหนึ่ง จะทำให้อัตราการอบแห้งลดลง จะทำให้เกิดกระบวนการที่ 2 คือ ความชื้นวิกฤติ (พอฤทัย, 2556)

5. การเอ็กทรูด เป็นเครื่องจักรชิ้นเดียวที่รวมเอาขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน เช่น การผสม การทำให้ร้อนและสุก แล้วทำให้เป็นรูปทรงของผลิตภัณฑ์ออกมา อุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างขบวนการอาจสูงถึง 200 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาเพียง 5-10 วินาที ด้วยเหตุผลนี้จึงเรียกขบวนการ extrusion ว่า High Temperature and short (HTST) เป็นขบวนการที่ดีและมีประโยชน์มาก ทำให้ผลิตภัณฑ์ย่อยสลายได้ดีและรวดเร็วขึ้น ในขณะเดียวกันก็ลดผลเสียหายในเรื่องคุณค่าทางอาหารให้น้อยลง (วรวุฒิ, 2541)

6. การหมัก จากการศึกษาของ Sri et al. (2018) เรื่องการปรับปรุงองค์ประกอบทางเคมีของถั่วพร้าเพื่อใช้เป็นอาหารทางเลือกในอาหารสัตว์ปีก โดยใช้ถั่วพร้าที่จะหมักถูกหมักด้วย *Rhizopus oligosporus* ที่เตรียมไว้ที่ปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ใส่ถั่วพร้า 100 กรัมไว้ในถุงพลาสติก (หนา 2 เซนติเมตร) และไล่อากาศออกเพื่อไม่ให้มีอากาศ ซึ่งถั่วพร้าจะถูกหมักที่อุณหภูมิ 30 องศา เป็นเวลา 24, 48 หรือ 72 ชั่วโมง พบว่าวิธีการลดสารพิษในถั่วพร้าโดยการหมักด้วย *Rhizopus oligosporus* ในปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 72 ชั่วโมง สามารถลดสารพิษ และเพิ่มโภชนะในถั่วพร้าได้ Egounlety and Aworh (2003) ระบุว่ากระบวนการหมัก *Rhizopus oligosporus* สามารถลดกรดไฟติกในถั่วเหลืองได้ 30.70 เปอร์เซ็นต์ ถั่วพุ่ม (Cowpeas) 32.6 เปอร์เซ็นต์ และในกระบวนการหมักยังช่วยลดระดับกรดไฟติกและคาวานีนในถั่วพร้าได้ได้ และจากการรายงานของ Munguía-Pérez et al. (2008) ระบุว่าการหมักถั่วเหลืองโดยใช้ *Rhizopus oligosporus* ทำให้มีคุณค่าโภชนะดีขึ้น เนื่องจากกระบวนการหมักจะช่วยลดเยื่อใย ไขมัน และยังช่วยเพิ่มความน่ากิน

การนำถั่วพร้าไปใช้ในสัตว์

Sri et al. (2018) ได้ศึกษาผลของอาหารที่ประกอบด้วยถั่วพร้า หมักโดย *Rhizopus oligosporus* ต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทา โดยการหมักถั่วพร้าด้วย *Rhizopus oligosporus* 0.2 เปอร์เซ็นต์ หมักในอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ที่ระดับ 7.50 15.00 22.50 และ 30.00 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้ถั่วพร้าหมัก *Rhizopus oligosporus* ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน ($P > 0.05$) แต่น้ำหนักไข่ ผลผลิตไข่ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ ในกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าหมักที่ระดับ 22.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าดีที่สุด ($P < 0.05$) และในด้านคุณภาพไข่พบว่าการใช้ถั่วพร้าหมัก *Rhizopus oligosporus* ไม่มีผลต่อความหนาเปลือกไข่ ($P > 0.05$) แต่สีของไข่แดงในกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้า 30.0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสีไข่แดงสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าหมักในอาหารทำให้ค่าคอเลสเตอรอลในไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางผลผลิตและคุณภาพไข่นกกระทา

รายการ	ระดับถั่วพร้าหมัก (เปอร์เซ็นต์)				
	0.00	7.50	15.00	22.00	30.00
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/วัน)	22.45±0.26^{a}	22.55±0.75^{a}	22.52±0.05^{a}	22.59±0.04^{a}	22.56±0.05^{a}
น้ำหนักไข่ (กรัม)	10.79±0.70^{b}	11.13±0.28^{ab}	10.90±0.60^{b}	11.83±0.36^{a}	10.93±0.37^{b}
ผลผลิตไข่ (เปอร์เซ็นต์)	69.86±0.75^{b}	68.12±0.80^{b}	68.92±1.76^{b}	72.59±1.87^{a}	61.78±2.29^{c}
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ (FCR)	3.03±0.04^{bc}	3.11±0.04^{b}	3.07±0.08^{b}	2.92±0.05^{c}	3.42±0.12^{a}
สีไข่แดง	6.22±0.32^{c}	6.85±0.17^{b}	6.95±0.41^{b}	7.00±0.14^{b}	8.00±0.16^{a}
ความหนาเปลือกไข่ (มิลลิเมตร)	0.19±0.04^{a}	0.20±0.07^{a}	0.21±0.01^{a}	0.23±0.02^{a}	0.16±0.01^{a}
คอเลสเตอรอลในไข่แดง (มิลลิกรัม/100 กรัม)	147.02±12.18^{b}	127.08±11.08^{a}	130.77±6.60^{a}	122.69±8.61^{a}	122.30±9.9^{a}

แหล่งที่มา : ดัดแปลงจาก Sri et al. (2018)

Sudarman et al. (2018) ได้ศึกษาการใช้ถั่วพร้าทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อที่เลี้ยงเป็นเวลา 35 วัน ในการเตรียมถั่วพร้าจะนำถั่วพร้ามาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาต้ม 20 นาที จากนั้นเอาเปลือกถั่วพร้าออกให้หมดและนำมาอบที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปบด ใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะแบ่งออกเป็นระยะเริ่มต้นและระยะสุดท้าย พบว่าการใช้ถั่วพร้า 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณโปรตีนที่ได้รับ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักตัวสุดท้าย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน นอกจากนี้ผลการใช้ถั่วพร้า 50 เปอร์เซ็นต์ ต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อ น้ำหนักอวัยวะภายใน และภูมิคุ้มกันในไก่เนื้อพบว่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นต่อมไทมัส กลุ่มที่ใช้ถั่วพร้า 50% มีน้ำหนักต่อมไทมัสน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$)

Emenike et al. (2016) ได้ศึกษาผลของการใช้กากถั่วพร้าแปรรูปต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร โดยแบ่งถั่วพร้าออกเป็น 2 แบบ แบบที่ 1 แบ่งเป็นชิ้น 2-4 ชิ้น/เมล็ด (CACJ) แบบที่ 2 แช่น้ำ 72 ชั่วโมง (SACJ) ทั้ง 2 แบบนำมาต้มให้สุกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำมาตากแดดให้แห้งจากนั่นนำมาบดเป็นวัตถุดิบอาหาร โดยแบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 อาหารควบคุม กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 มีถั่วพร้าแบบ CACL 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กลุ่มที่ 5, 6 และ 7 มีถั่วพร้าแบบ SACL 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยใช้สุกร 49 ตัว แบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 7 ตัวพบว่าปริมาณอาหารที่กินและอัตราการเจริญเติบโตต่ำในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยถั่วพร้าแบบ SACL

15 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว พบว่ากลุ่มที่เลี้ยงด้วยถั่วพร้าทั้ง 2 แบบ ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม

การเลี้ยงไก่ไข่ในประเทศไทย

การเลี้ยงไก่ไข่มีอยู่ 3 แบบ คือ การเลี้ยงแบบปล่อยในโรงเรือน แบบปล่อยอิสระ และแบบขังกรง (กัญญาณัฐ และ กรรณิกา, 2562) จำนวนเกษตรกรที่เลี้ยงไก่ไข่ในปัจจุบัน ทั้งประเทศประมาณ 145,432 ราย เป็นผู้เลี้ยงในระบบฟาร์มอุตสาหกรรม (กรมปศุสัตว์, 2564) โดยปกติแม่ไก่ 1 ตัว ให้ผลผลิตไข่ไก่ประมาณ 280-320 ฟอง/ปี ในปัจจุบันจำนวนแม่ไก่ในประเทศมีประมาณ 50 ล้านตัว สามรถให้ผลผลิตไข่ไก่ประมาณ 15,000 ล้านฟอง/ปี ผลผลิตส่วนใหญ่อยู่บริเวณภาคกลางของประเทศไทย (กรมส่งเสริมสหกรณ์, 2564) สายพันธ์ที่นิยมเลี้ยงในปัจจุบันมีประมาณ 8 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อีซา บราวน์ (Isa Brown) พันธุ์ไฮเซก บราวน์ (Hisezx Brown) พันธุ์บับค็อค บราวน์ (Babcock Brown) พันธุ์โบแวน บราวน์ (Bovans Brown) พันธุ์เอชแอนด์เอ็น บราวน์ (H&N Brown) พันธุ์โนโวเจน บราวน์ (Novogen Brown) พันธ์ไฮไลน์ บราวน์ (Hy-line Brown) และพันธุ์โรมันห์ บราวน์ (Lohmann Brown) (กัญญาณัฐ และ กรรณิกา, 2562)

ปริมาณการผลิตไข่ไก่ในประเทศไทย

ในปี พ.ศ. 2564 มีปริมาณการผลิตไข่ไก่ 15,218.90 ล้านฟอง เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 15,132.09 ล้านฟอง ของปี พ.ศ. 2563 คิดเป็นร้อยละ 0.57 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากราคาไข่ไก่ปี พ.ศ. 2563 อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี จึงเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรขยายการเลี้ยงไก่ไข่เพิ่มขึ้น (สมาคมส่งเสริมการเลี้ยงไก่แห่งประเทศไทย, 2564) ในปี พ.ศ.2566 ประเทศไทยมีไก่ไข่ยืนกรงจำนวน 52.08 ล้านตัว ซึ่งสามารถผลิตไข่ไก่เฉลี่ย 43 ล้านฟอง/วัน (กรุงเทพธุรกิจ, 2566)

ปริมาณการส่งออกไข่ไก่สดของประเทศไทย

ปริมาณการส่งออกไข่ไก่สดปี 2563 ช่วงเดือน ม.ค.-ธ.ค. จำนวน 221.29 ล้านฟอง ลดลงจากปี 2562 18.45 เปอร์เซ็นต์ ตลาดหลักในการส่งออก คือ ฮ่องกง คิดเป็น 49 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นประเทศสิงคโปร์ คิดเป็น 48 เปอร์เซ็นต์ (กรุงเทพธุรกิจ, 2564) และในปี พ.ศ. 2566 ประเทศไทยได้มีการส่งออกไข่ไก่สูงถึง 381.65 ล้านฟอง ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2565 ถึง 78 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสัดส่วนการส่งออกไปยังประเทศสิงคโปร์ 72 เปอร์เซ็นต์ ฮ่องกง 16 เปอร์เซ็นต์ และไต้หวัน 7 เปอร์เซ็นต์ (ประชาชาติธุรกิจ, 2566)

ความต้องการโภชนะของไก่ไข่

ระดับของโภชนะมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสัตว์อย่างมาก หากปริมาณสารอาหารมีปริมาณที่ต่ำหรือสูงเกินไปจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิตของเกษตรกร ดังนั้นระดับโภชนะที่เหมาะในไก่ไข่แต่ละช่วงอายุจะแตกต่างกัน เช่น ไก่ไข่สาวต้องการโปรตีนอยู่ที่ 14.50 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 2800 กิโลแคลเลอรี่/กิโลกรัม ไลซีนและเมทไธโอนีน 0.80 และ 0.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในไก่ไข่ระยะเริ่มให้ไข่จะมีความต้องการโปรตีนที่สูงขึ้นอยู่ที่ 17.70 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 2900 กิโลแคลเลอรี่/กิโลกรัม และต้องการแคลเซียมสูงขึ้นที่ระดับ 4.15 เปอร์เซ็นต์ และระยะเริ่มไข่ต้องการโปรตีนที่ระดับ 16.00 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 2900 กิโลแคลเลอรี่/กิโลกรัม แคลเซียม 3.75 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ความต้องการโภชนะของไก่ไข่

ความต้องการโภชนะ	ไก่ไข่สาวก่อนไข่ (14-20 สัปดาห์)	ไก่ระยะเริ่มให้ไข่ (กินอาหาร 90-100 กรัม/วัน)	ไก่ไข่ระยะไข่ (กินอาหาร 100-110 กรัม/วัน)
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	14.50	17.70	16.00
พลังงาน (กิโลแคลเลอรี่/กก.)	2800.00	2900.00	2900.00
แคลเซียม (เปอร์เซ็นต์)	1.05	4.15	3.75
ฟอสฟอรัสที่ใช้ได้ (เปอร์เซ็นต์)	0.50	0.39	0.35
ไลซีน (เปอร์เซ็นต์)	0.80	0.79	0.71
เมทไธโอนีน (เปอร์เซ็นต์)	0.56	0.67	0.61

ที่มา: สำนักงานพัฒนาอาหาสัตว์กรมปศุสัตว์ (2560)

การเลี้ยงไก่เนื้อในประเทศไทย

การเลี้ยงไก่เนื้อเพื่อการบริโภคภายในประเทศและเพื่อการส่งออกนับว่ามีการพัฒนา และมีความก้าวหน้าเป็นอย่างมากซึ่งไทยเป็นผู้นำผลิตเนื้อไก่ที่ได้มาตรฐาน และผลิตมากเป็นอันดับ 4 ของโลก โดยเพิ่มขึ้นปีละเฉลี่ย 0.35 เปอร์เซ็นต์ โดยจะมีประเทศบราซิล สหรัฐอเมริกาเป็นคู่แข่งทางการค้าที่สำคัญ ซึ่งญี่ปุ่นเป็นคู่ค้าอันดับ 1 ของไทย นำเข้ามากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณส่งออกเนื้อไก่และผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (กรมปศุสัตว์, 2564) โดยในปี 2562 ไทยสามารถผลิตเนื้อไก่ได้ประมาณ 2.5 ล้านตัน มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการขยายการผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการบริโภคภายในประเทศและการสงออกที่เพิ่มขึ้น สินค้าที่ส่งออกส่วนใหญ่เป็น ไก่สดแช่เย็น เนื้อไก่แช่แข็ง และ

ไก่แปรรูป (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2563) ในปี 2566 มีการส่งออกเนื้อไก่อยู่ที่ 9.6 แสนตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2565 อยู่ที่ 1.27 เปอร์เซ็นต์ (สยามวอเตอร์เฟลม, 2566)

การส่งออกผลิตภัณฑ์ไก่เนื้อแปรรูป ไก่แช่แข็ง และแช่เย็นของประเทศไทย

การส่งออกไก่เนื้อแปรรูป แช่แข็ง และแช่เย็น ปี 2562 คิดเป็นสัดส่วน 65 : 34 : 1 ในเชิงปริมาณ โดยส่งออกประเทศ ญี่ปุ่น เป็นอันดับ 1 คิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณทั้งหมด รองลงมาคือ ราชอาณาจักรคิดเป็น 28 เปอร์เซ็นต์ (ไก่แปรรูปและไก่แช่แข็ง) ในส่วนไก่แช่เย็นส่งออกประเทศใกล้เคียง โดยส่งออกมาที่สุด คือ ประเทศเมียนมา คิดเป็น 74.3 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณส่งออกไก่แช่เย็นทั้งหมด (ชัยวัช, 2563) และในปี 2564 ปริมาณผลผลิตเนื้อไก่ของไทยอยู่ที่ 2.8 ล้านตัน ขณะที่การบริโภคเนื้อไก่ในประเทศอยู่ที่ 1.9 ล้านตัน หรือประมาณ 66 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตไก่เนื้อทั้งหมด ส่วนใหญ่เป็นการบริโภคในรูปเนื้อไก่สดชำแหละ ส่วนผลผลิตไก่เนื้อที่เหลือจะถูกนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมไก่แปรรูปและแช่แข็ง ซึ่งเน้นตลาดส่งออกเป็นหลัก โดยไทยเป็นผู้ส่งออกอันดับ 6 ของโลก (กรุงศรี, 2565)

ความต้องการโภชนะของไก่เนื้อ

ความต้องการโภชนะของไก่เนื้อแต่ละระยะต้องมีความต้องการแตกต่างกัน เช่น ในระยะ 0-3 สัปดาห์แรก มีความต้องการโปรตีนอยู่ที่ 23.00 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 3180 กิโลแคลเลอรี่ ไลซีน 1.20 เปอร์เซ็นต์ เมทไธโอนีน 0.93 เปอร์เซ็นต์ ในระยะ 3-6 สัปดาห์ ต้องการโปรตีน 20.00 เปอร์เซ็นต์ ไลซีนและเมทไธโอนีน 1.00 และ 0.72 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และระยะ 6 สัปดาห์ขึ้นไป ต้องการโปรตีนอยู่ที่ 18.00 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 3200 กิโลแคลเลอรี่ ไลซีนและเมทไธโอนีน 0.85 และ 0.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5 (สำนักงานพัฒนาอาหาสัตว์กรมปศุสัตว์, 2560)

ตารางที่ 5 ความต้องการโภชนะของไก่เนื้อ

ความต้องการโภชนะ	ไก่เนื้อระยะแรก (0-3 สัปดาห์)	ไก่เนื้อระยะรุ่น (3-6 สัปดาห์)	ไก่เนื้อระยะขุน (6 สัปดาห์ขึ้นไป)
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	23.00	20.00	18.00
พลังงาน (กิโลแคลเลอรี่/กก.)	3180.00	3180.00	3200.00
แคลเซียม (เปอร์เซ็นต์)	1.00	0.90	0.80
ฟอสฟอรัสที่ใช้ได้ (เปอร์เซ็นต์)	0.45	0.40	0.35
ไลซีน (เปอร์เซ็นต์)	1.20	1.00	0.85
เมทไธโอนีน (เปอร์เซ็นต์)	0.93	0.72	0.60

ที่มา: สำนักงานพัฒนาอาหาสัตว์กรมปศุสัตว์ (2560)

แนวโน้มอุตสาหกรรมไก่เนื้อในประเทศไทย

แนวโน้มอุตสาหกรรมไก่เนื้อในประเทศไทยในปี 2564-2566 มีปริมาณการผลิตเนื้อไก่ในประเทศเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 3-5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี โดยผลผลิตไก่เนื้อจะอยู่ที่ 1.66-1.82 พันล้านตัว คิดเป็นเนื้อไก่ 2.45-2.79 ล้านตัน เนื่องจากความต้องการของตลาดในต่างประเทศเพิ่มขึ้น คิดเป็น 4-5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการส่งออกจะเติบโตในตลาดไก่เนื้อแปรรูปและแช่แข็ง คาดว่าในปี 2566-2568 ปริมาณการผลิตไก่เนื้อในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 2.5-3.5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี เนื่องจากมีความต้องการของผู้บริโภคเพิ่มสูงขึ้น (กรุงศรี, 2565)

พื้นที่การปลูกถั่วพร้าในประเทศไทย

ในปี 2558-2562 มีการปลูกถั่วพร้าในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งหมด 44,278 ไร่ แบ่งออกเป็น 6 จังหวัด คือ ศรีสะเกษ สุรินทร์ อำนาจเจริญ ยโสธร บุรีรัมย์ และอุบลราชธานี ซึ่งจังหวัดที่ปลูกมากที่สุดคือ จังหวัดศรีสะเกษ โดยมีเนื้อที่ปลูก 25,283 ไร่ สามารถผลิตเมล็ดถั่วพร้าได้ 1,179,410 กิโลกรัม ให้ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 169 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งพื้นปลูกทั้งหมด 6 จังหวัด สามารถผลิตเมล็ดถั่วได้สูงถึง 1,716,045 กิโลกรัม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 ผลการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของไก่ไข่

ระเบียบวิจัยและขอบเขตงานของการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ที่ระดับแตกต่างกันต่อประสิทธิภาพการผลิต และคุณภาพไข่ของไก่ไข่ โดยใช้ระยะเวลาทำการศึกษาทั้งหมด 8 สัปดาห์

วิธีการเตรียมอาหารทดลอง

นำถั่วพร้าเอ็กทรูดที่ผ่านกระบวนการเอ็กทรูดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จากบริษัทลิ้มศักดากุล เชียงใหม่ มาบดผ่านรูตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 มิลลิเมตร จากนั้นเก็บใส่ถุงหรือภาชนะปิดให้สนิท ก่อนการประกอบสูตรอาหารได้นำถั่วพร้าเอ็กทรูดไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนะ พบว่าคุณค่าทางโภชนะของถั่วพร้าเอ็กทรูดดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณค่าทางโภชนะของถั่วพร้าเอ็กทรูดจากการวิเคราะห์

องค์ประกอบทางเคมี	เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	28.00
ME (กิโลแคลอรี/กก.)	4041.19
เยื่อใย	8.40
ไขมัน	4.52
แคลเซียม	0.24
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.66

สัตว์ทดลอง

ใช้แม่ไก่ไข่สายพันธุ์ Lohmann Brown Classic อายุ 34 สัปดาห์ 5 วัน จำนวน 200 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design: CRD) แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว โดยได้ใบรับรองการอนุมัติให้ดำเนินการเลี้ยงและใช้สัตว์ เลขที่ MACUC 006A/2565 แบ่งเป็นกลุ่มอาหารพื้นฐานไม่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด (ตารางที่ 6) และกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารพื้นฐานใช้ถั่วพร้า 3.00 6.00 9.00 และ 12.00 เปอร์เซ็นต์ ระดับโปรตีนและพลังงานเป็นไปตามความต้องการของไก่ไข่ของข้อกำหนด NRC (1994) ไก่ถูกเลี้ยงไว้ในโรงเรือนระบบปิดและได้รับอาหารอย่างจำกัดประมาณ 115-120 กรัม/ตัว/วัน และได้รับน้ำอย่างเต็มที่ *(ad libitum)*

อาหารทดลอง

ในการศึกษานี้ใช้อาหารตามสูตรอาหารในตารางที่ 7 ซึ่งอาหารที่ใช้แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มดังนี้

1.อาหารทดลองไม่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด

2.อาหารทดลองประกอบด้วยถั่วพร้าเอ็กทรูด 3.00 เปอร์เซ็นต์

3.อาหารทดลองประกอบด้วยถั่วพร้าเอ็กทรูด 6.00 เปอร์เซ็นต์

4.อาหารทดลองประกอบด้วยถั่วพร้าเอ็กทรูด 9.00 เปอร์เซ็นต์

5.อาหารทดลองประกอบด้วยถั่วพร้าเอ็กทรูด 12.00 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 7 วัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนะของอาหารไก่ไข่

รายการ	ระดับถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)				
	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00
ข้าวโพดบดหยาบ	58.25	56.80	55.50	52.12	49.50
รำละเอียด	7.85	7.85	7.70	10.00	11.30
กากถั่วเหลือง (44 เปอร์เซ็นต์)	20.20	18.65	17.10	15.18	14.00
ถั่วพร้า	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00
หมูป่น	4.00	4.00	4.00	4.00	3.50
หินเกล็ด	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
หินฝุ่น	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
ไดแคลเซียม	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
เกลือป่น	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Premix	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
เมทไธโอนีน	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
รวม	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
คุณค่าทางโภชนะจากการวิเคราะห์ (เปอร์เซ็นต์)					
โปรตีน	17.00	17.02	17.02	17.00	17.01
ME (กิโลแคลอรี/กก.)	2795.87	2832.89	2870.91	2896.79	2918.11
เยื่อใย	3.93	4.04	4.14	4.46	4.70
ไขมัน	4.16	4.22	4.27	4.54	4.65
แคลเซียม	3.56	3.56	3.56	3.57	3.53
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.59	0.60	0.61	0.63	0.63
ต้นทุน (บาท/กิโลกรัม)	14.28	14.27	14.27	14.20	14.16

ประสิทธิภาพการผลิต

การบันทึกข้อมูลด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ทำการจดบันทึกจำนวนไข่ และน้ำหนักไข่ โดยทำการชั่งน้ำหนักไข่ทุกวัน บันทึกปริมาณอาหารที่ให้ และปริมาณอาหารที่เหลือในแต่ละกลุ่มการทดลองทุก ๆ สัปดาห์ เพื่อคำนวณหาปริมาณอาหารที่กินต่อตัว อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ และสมรรถภาพการผลิต สูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (กรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารเริ่มต้น-น้ำหนักอาหารสุดท้าย}}{\text{จำนวนไก่ทั้งหมด} \times \text{จำนวนวัน}}$$

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ (Feed conversion ratio; FCR)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักไข่}}$$

$$\text{ผลผลิตไข่ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนไข่}}{\text{จำนวนไก่}} \times 100$$

การศึกษาคุณภาพไข่

ทำการวิเคราะห์คุณภาพไข่ทุก ๆ 2 สัปดาห์โดยทำการวิเคราะห์หลังแม่ไก่ให้ผลผลิตไข่มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของการให้ผลผลิตไข่แล้วทำการสุ่มไข่ไก่จากแต่ละกลุ่มทดลองมาซ้ำละ 6 ฟอง รวมทั้งหมด 24 ฟอง/กลุ่ม วิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนักไข่ วัดสีเปลือกไข่ วัดความแข็งเปลือกไข่ ความกว้างไข่แดง ความสูงไข่แดง ความสูงไข่ขาว และความหนาของเปลือกไข่ นำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มาคำนวณดัชนีไข่แดงและฮอกยูนิต ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก (Sözcü et al., 2021)

น้ำหนักไข่ (กรัม) ทำการชั่งน้ำหนักไข่ทีละฟอง ซ้ำละ 6 ฟอง รวมเป็น 24 ฟอง/กลุ่ม จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักไข่แต่ละซ้ำ โดยเครื่องชั่งดิจิตอล (Ohaus Corporation, N38110)

สีเปลือกไข่ (เปอร์เซ็นต์ความสว่าง) ทำการวัดสีเปลือกไข่ด้วยเครื่อง Shell color reflectometer (Technical Services and Supplies, England) โดยวัด 3 จุด คือ บริเวณด้านแหลม ตรงกลาง และด้านป้านของไข่ แล้วนำค่าความสว่างที่ได้ทั้งสามจุดมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

ความแข็งของเปลือกไข่ (กิโลกรัมฟอร์ส/ตารางเซนติเมตร) ทำการวัดความแข็งเปลือกไข่ด้วยเครื่อง Egg shell force gauge (Robotmation co., ltd, Japan) แล้วบันทึกข้อมูลที่ได้จากเครื่อง

ความหนาเปลือกไข่ (มิลลิเมตร) นำเยื่อหุ้มไข่ออก แล้วนำการวัดความหนาเปลือกไข่ด้วย Digimatic micrometer (Mitutoyo co. ltd., Japan) โดยวัด 3 จุด คือ บริเวณด้านแหลม ตรงกลาง และด้านป้านของไข่ แล้วนำค่าที่ได้ทั้งสามจุดมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

สีไข่แดงทำการวัดสีไข่แดงด้วยพัดสี (BASS SE, Nutrition Ingredients, 67117 Limburgerhof, Germany) แล้วบันทึกค่าสีที่วัดได้

ค่าสีความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) โดยใช้เครื่องวัดสี Choma meter (CR-410 Konica Sensing, NC, Japan) ทำการวัดสีบริเวณไข่แดงซ้ำ 2 ครั้ง และทำการบันทึกค่า L* a* b* แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

ดัชนีไข่แดง ทำการวัดความสูงและความกว้างไข่แดงด้วย เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Calipers) จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาดัชนีไข่แดง ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ค่าดัชนีไข่แดง (Yolk index)} = \frac{\text{ความสูงไข่แดง}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางไข่แดง}}$$

ฮอกยูนิต (Haugh Unit) ทำการวัดความสูงไข่ขาว โดยวัดที่ด้านป้านของไข่ขาว ห่างจากไข่แดงออกมาประมาณ 1 เซนติเมตร ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ แล้วนำมาคำนวณร่วมกับน้ำหนักไข่ที่ชั่งได้ ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Haugh Unit} = 100 \times \log (\text{ความสูงไข่ขาว}-(1.7(\text{น้ำหนักไข่}^{0.37}) + 7.6))$$

การทดลองที่ 2 ผลการใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อ

ระเบียบวิธีวิจัยและขอบเขตงานของการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อที่ระดับแตกต่างกันต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อโดยใช้ระยะเวลาทำการศึกษาทั้งหมด 5 สัปดาห์

สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่เนื้อเพศผู้สายพันธุ์ Ross 308 อายุ 1 วัน จำนวน 160 ตัว แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมเลี้ยงด้วยอาหารพื้นฐานไม่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด และกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด 5.00 10.00 และ 15.00 เปอร์เซ็นต์ ระดับโปรตีนและพลังงานเป็นไปตามความต้องการของไก่เนื้อตามข้อกำหนดของ NRC (1994) ไก่ถูกเลี้ยงไว้ในโรงเรือนระบบเปิดที่กรงขนาด 1x2 เมตร และได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) เลี้ยงตั้งแต่อายุ 1 วันจนถึงอายุ 5 สัปดาห์

อาหารทดลอง

ในการศึกษานี้ใช้อาหารตามสูตรอาหารในตารางที่ 8 และ 9 ซึ่งอาหารที่ใช้แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

1.อาหารทดลองไม่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด

2.อาหารทดลองประกอบด้วยถั่วพร้าเอ็กทรูด 5.00 เปอร์เซ็นต์

3.อาหารทดลองประกอบด้วยถั่วพร้าเอ็กทรูด 10.00 เปอร์เซ็นต์

4.อาหารทดลองประกอบด้วยถั่วพร้าเอ็กทรูด 15.00 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 8 วัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนะของอาหารไก่เนื้อที่ระยะ 0-3 สัปดาห์

รายการ (กิโลกรัม)	ระดับถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)			
	0.00	5.00	10.00	15.00
ข้าวโพดบดละเอียด	52.13	50.83	49.83	48.53
กากถั่วเหลือง (44 เปอร์เซ็นต์)	34.15	31.45	28.45	25.75
ถั่วพร้า	0.00	5.00	10.00	15.00
หมูป่น	5.00	5.00	5.00	5.00
น้ำมันพืช	6.00	5.00	4.00	3.00
หินฝุ่น	1.13	1.13	1.13	1.13
ไดแคลเซียม	0.84	0.84	0.84	0.84
เกลือป่น	0.50	0.50	0.50	0.50
Premix	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	**100**	**100**	**100**	**100**
คุณค่าทางโภชนะจากการวิเคราะห์ (เปอร์เซ็นต์)				
โปรตีน	23.01	23.06	22.99	23.04
ME (กิโลแคลอรี/กก.)	3201.90	3212.08	3225.53	3235.71
เยื่อใย	3.62	3.83	4.02	4.22
ไขมัน	2.98	3.13	3.28	3.42
แคลเซียม	0.97	0.96	0.95	0.94
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.43	0.46	0.48	0.50
ต้นทุน (บาท/กิโลกรัม)	16.96	16.70	16.60	16.56

ตารางที่ 9 วัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนะของอาหารไก่เนื้อที่ระยะ 4-5 สัปดาห์

รายการ (กิโลกรัม)	ระดับถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)			
	0.00	5.00	10.00	15.00
ข้าวโพดละเอียด	61.13	59.78	59.38	57.73
กากถั่วเหลือง (44%)	26.15	23.50	20.45	17.55
ถั่วพร้า	0.00	5.00	10.00	15.00
หมูป่น	5.00	5.00	5.00	5.00
น้ำมันพืช	5.00	4.00	2.45	2.00
หินฝุ่น	1.13	1.13	1.13	1.13
ไดแคลเซียม	0.84	0.84	0.84	0.84
เกลือป่น	0.50	0.50	0.50	0.50
Premix	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	**100**	**100**	**100**	**100**
คุณค่าทางโภชนะจากการวิเคราะห์ (เปอร์เซ็นต์)				
โปรตีน	20.03	20.10	20.06	19.99
ME (กิโลแคลอรี/กก.)	3236.30	3245.94	3230.89	3272.29
เยื่อใย	3.55	3.51	3.72	3.90
ไขมัน	3.25	3.40	3.57	3.70
แคลเซียม	0.87	0.95	0.95	0.96
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้	0.67	0.47	0.49	0.51
ต้นทุน (บาท/กิโลกรัม)	14.10	13.95	13.88	13.87

การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต

บันทึกน้ำหนักของไก่เมื่อเริ่มทำการทดลอง จากนั้นทำการเก็บน้ำหนักอาหารและน้ำหนักตัวไก่ของแต่ละสัปดาห์ตลอดการศึกษา รวมถึงน้ำหนักสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เพื่อคำนวณหาปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ตามสมการดังนี้

ปริมาณอาหารที่กิน (Feed intake; FI) (กรัมต่อตัวต่อวัน)

= (น้ำหนักอาหารเริ่มต้น-น้ำหนักอาหารที่เหลือ)/จำนวนตัว/จำนวนวัน

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Body weight gain; BWG) (กรัมต่อตัวต่อวัน)

= (น้ำหนักไก่สิ้นสุด-น้ำหนักไก่เริ่มต้น)/จำนวนตัว/จำนวนวัน

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (Feed conversion ratio; FCR)

= ปริมาณอาหารที่กิน/น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิต (Feed cost per gain; FCG)

=อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก x ราคาอาหาร/กิโลกรัม(บาท)

การศึกษาลักษณะซากของไก่เนื้อ

ทำการอดอาหารไก่ 8-12 ชั่วโมง จากนั้นทำการสุ่มไก่ซ้ำละ 3 ตัว รวมทั้งหมด 48 ตัว โดยทำการชั่งน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า ทำการฆ่าและชั่งน้ำหนักซากหลังเอาเลือดและขนออก แล้วตัดแบ่งชิ้นส่วนอวัยวะภายนอกและอวัยวะภายใน ได้แก่ ปีก น่อง สะโพก หัวและคอ แข้งและตีน อกนอก อกใน โครงกระดูก ไขมันช่องท้อง หัวใจ ตับและถุงน้ำดี กระเพาะบด กระเพาะแท้ ม้าม ไส้ เครื่องใน แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแต่ละส่วนเพื่อคำนวณหาน้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากตกแต่ง และเปอร์เซ็นต์ซากตามสมการดังนี้

น้ำหนักซากตัดแต่ง

= น้ำหนักซากอุ่น - น้ำหนักหัวและคอ - น้ำหนักแข้งและตีน

ซากตัดแต่ง (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{น้ำหนักซากตัดแต่ง}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \text{ x100}$$

องค์ประกอบซาก (เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น)

$$= \frac{\text{น้ำหนักชิ้นส่วนเนื้อ}}{\text{น้ำหนักซากอุ่น}} \text{ x100}$$

องค์ประกอบอวัยวะภายใน (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักมีชีวิต)

$$= \frac{\text{น้ำหนักชิ้นส่วนอวัยวะภายใน}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \text{ x100}$$

การศึกษาคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ

ทำการสุ่มเนื้ออกและเนื้อสะโพกจากการเชือดแต่ละซ้ำ อย่างละ 2 ตัวอย่าง/กลุ่ม เป็นเนื้ออก 32 ตัวอย่าง เนื้อสะโพก 32 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 64 ตัวอย่าง ทำการวัดสี ค่าความเป็นกรด - ด่าง การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น การสูญเสียน้ำจากการทำให้สุก และค่าออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ

ค่าสีของเนื้อ ทำการวัดสีของเนื้อด้วยเครื่องวัดสี Choma meter (CR-410 Konica Sensing, NC, Japan) ทำการวัด 2 ซ้ำต่อตัวอย่างโดยไม่ซ้ำกับบริเวณเดียวกัน บันทึกความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของเนื้อที่ได้จากเครื่องวัดสี และนำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าสีต่าง ๆ ทั้งในส่วนเนื้ออกและเนื้อสะโพก เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ ทำวัดการค่ากรด-ด่างด้วยเครื่อง pH Meter (Model HI99163, HANNA. Instruments, ROMANIA) ของเนื้อ 2 ครั้ง ทำการวัดครั้งแรกคือวัดหลังจากฆ่าไก่ 45 นาที และเก็บรักษาเนื้อไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงทำการวัดค่ากรด - ด่าง ครั้งถัดไป โดยทำการวัดค่ากรด - ด่าง ของเนื้อ 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง บันทึกค่ากรด - ด่าง ที่ได้ และนำมาหาค่าเฉลี่ย ทั้งในส่วนเนื้ออกและเนื้อสะโพก เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (Water holding capacity: WHC) โดยทำการศึกษา 2 ส่วน ดังนี้

การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น (Drip loss) ทำการตัดเนื้อตัวอย่างเป็นรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส ให้มีน้ำหนักประมาณ 20-30 กรัม จำนวน 2 ชิ้นต่อตัวอย่างทั้งเนื้อส่วนอกและเนื้อส่วนสะโพก ซับน้ำและชั่งน้ำหนักเนื้อตัวอย่างพร้อมบันทึกน้ำหนัก ห่อตัวอย่างด้วยผ้าก๊อซ แล้วมัดด้วยเชือก เก็บในถุงพลาสติกชนิดเย็นและมัดปากถุงให้แน่น โดยที่ตัวอย่างเนื้อไม่สัมผัสกับถุงพลาสติก จากนั้นนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างออกจากถุงพลาสติกและผ้าก๊อซ ทำการซับน้ำบนพื้นผิวของเนื้อ และชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกน้ำหนัก แล้วนำมาคำนวณหาน้ำหนักของน้ำที่สูญเสียไปจากเนื้อ

$$\text{Drip loss} = \frac{\text{น้ำหนักเนื้อก่อนแช่เย็น} - \text{น้ำหนักเนื้อหลังแช่เย็น}}{\text{น้ำหนักเนื้อก่อนแช่เย็น}} \times 100$$

การสูญเสียน้ำจากการทำให้สุก (Cooking loss) ทำการเก็บเนื้อตัวอย่างเป็นรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส ให้มีน้ำหนักประมาณ 20-30 กรัม จำนวน 2 ชิ้นต่อตัวอย่างทั้งเนื้อส่วนอกและเนื้อส่วนสะโพก ซับน้ำและชั่งน้ำหนักเนื้อตัวอย่างพร้อมบันทึกน้ำหนัก นำตัวอย่างเนื้อใส่ในถุงพลาสติกชนิดร้อนและมัดปากถุงให้แน่น โดยไม่ให้มีอากาศอยู่ในถุงพลาสติก จากนั้นนำไปใส่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิจนกระทั่งใจกลางเนื้อมีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างเนื้อขึ้นจากอ่างควบคุมอุณหภูมิ ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำตัวอย่างออกจากถุงพลาสติก ทำการซับน้ำบนพื้นผิวของเนื้อ และชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกน้ำหนัก แล้วนำมาคำนวณหาน้ำหนักของน้ำที่สูญเสียไปจากเนื้อ

$$\text{Cooking loss} = \frac{\text{น้ำหนักเนื้อก่อนต้ม} - \text{น้ำหนักเนื้อหลังต้ม}}{\text{น้ำหนักเนื้อก่อนต้ม}} \times 100$$

ค่าออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ

ก่อนการวิเคราะห์ทำการเก็บเนื้อที่ระยะ 0 3 และ 7 วัน ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส หลังจากนั่นบดตัวอย่างเนื้ออกไก่นำมาชั่งเนื้อ 5 กรัม นำเนื้อที่บดแล้วสารละลาย TBA stock ปริมาตร 25 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไป Homogenized เป็นเวลา 10 วินาที จนเป็นเนื้อเดียวกัน และนำไปต้มควบคุมอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ 12,000 รอบต่อนาที 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หรือ กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้ 3 มิลลิลิตร ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (BSCC, Model UV 1900i) และเปรียบเทียบค่า Blank โดยวัดค่า Blank จากสารละลาย TBA stock และบันทึกข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณริมาณของสารมาโลนาดีไฮด์ (Malondialdehyde; MDA) ในหน่วย mg/dl (Prommachart et al., 2021)

สูตรการคำนวณ

TBARS number (mg MDA/kg) = sample A532 × [(1M TBA chromagen)/156,000] × [(1 mol/L/M] × (0.030 L/5 g meat) × (72.07 g MDA/mol MDA) × 1000 mg/g) × 1000 g/kg)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนแบบ One way Analysis of variance (One-way ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Completely randomized design และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ค่าความเชื่อมั่นที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics Version 28.0.0.0 (190)

สถานที่ดำเนินงาน

ฟาร์มสัตว์ปีกและห้องปฏิบัติการ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองที่ 1 ผลการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่

ประสิทธิภาพการผลิต

การใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ พบว่าปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ตลอดการทดลองไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) คาดว่าถั่วพร้าที่ผ่านกระบวนการเอ็กทรูดที่อุณหภูมิสูงถึง 200 องศาเซลเซียส สามารถกำจัดสารพิษต่าง ๆ ได้ โดยเฉพาะ Concanavalin A (Con A) ที่อยู่ในถั่วพร้าดิบ และสอดคล้องกับ Sri et al. (2018) ที่ศึกษาผลของการใช้ถั่วพร้าหมักด้วย *Rhizopus oligosporus* ต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทา พบว่าการใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 7.50, 15.00, 22.50 และ 30.00 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลต่อปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักไข่ ผลผลิตไข่ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ และคุณภาพไข่ ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Solihin and Mutia (2023) โดยทำการศึกษาการใช้ถั่วพร้าอบทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าการใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ปริมาณอาหารที่กินและผลผลิตไข่ลดลง และการใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่สูงที่สุด ทั้งนี้ในงานทดลองนี้ได้ทำการอบ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ไม่สามารถลดสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซินให้อยู่ในระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณอาหารที่กินและผลผลิตไข่ได้ นอกจากนี้การใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดยังสามรถลดต้นทุนการผลิต แต่ในงานทดลองนี้ต้นทุนการผลิตไม่มีแตกต่างกันมาก เนื่องจากการทดลองมีการซื้อถั่วพร้าเอ็กทรูดในปริมาณน้อย หากซื้อในปริมาณที่มากขึ้นจะได้ในราคาที่ถูกลง

ตารางที่ 10 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ต่อประสิทธิภาพการผลิต

สัปดาห์	ถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	P-value
	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00		
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)							
1-4	105.05	104.75	106.72	103.72	103.02	0.56	0.30
5-8	104.37	103.26	104.09	103.90	102.49	0.41	0.66
1-8	104.71	104.00	105.40	103.81	102.75	0.39	0.26
ผลผลิตไข่ (เปอร์เซ็นต์)							
1-4	91.96	88.75	90.45	90.18	90.09	0.90	0.89
5-8	89.46	86.70	85.98	89.90	86.70	1.02	0.69
1-8	90.71	87.72	88.21	90.04	88.39	0.89	0.83
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่							
1-4	2.01	2.08	2.06	2.04	2.01	0.02	0.66
5-8	1.98	2.04	2.04	1.98	2.02	0.02	0.53
1-8	2.00	2.06	2.05	2.01	2.01	0.01	0.54

[a,b] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

คุณภาพไข่

การใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่ไข่ไม่ส่งผลต่อ น้ำหนักไข่ ดัชนีไข่แดง ความหนาเปลือกไข่ ความแข็งเปลือกไข่ สีเปลือกไข่ Haugh unit ค่าสีไข่แดงจากพัดสีโรช ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาของ Solihin and Mutia (2023.) โดยทำการศึกษาการใช้ถั่วพร้าอบทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าการใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มวลไข่ ความหนาเปลือก ค่า Haugh unit ลดลง และที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้สีไข่แดงต่ำที่สุด และในส่วนค่าสี L* ตลอดการทดลองไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 11-13) สอดคล้องกับ Sri et al. (2018) ที่ศึกษาผลของการใช้ถั่วพร้าหมักด้วย *Rhizopus oligosporus* ต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทา พบว่าการใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 7.50 15.00 22.50 และ 30.00 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักไข่ คุณภาพไข่ การศึกษาครั้งนี้พบว่าค่า a* ของไข่แดงของกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในระดับ 3.00 และ 6.00 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) แต่ค่า b* ของกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ มีค่า b* สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าในระดับ 6.00 9.00 และ 12.00 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 13) การสะสมรงควัตถุ เช่น Xanthophyll ในไข่แดงขึ้นอยู่กับการดูดซึมรงควัตถุในอาหารของแม่ไก่แต่ละตัว (Scott et al., 1968) การใช้ถั่วพร้าที่สูงเกิน 6 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สีของไข่แดงต่ำลง เนื่องจาก Xanthophyll ซึ่งอยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ในถั่วพร้า (Zanella et al., 2004) จะเสื่อมสภาพที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60 องศาเซลเซียสเป็นต้นไป (Ortiz et al., 2016) เช่นเดียวกับ Jarén-Galán and Mínguez-Mosquera (1999) ที่ศึกษาผลของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของแคโรทีนอยด์รวมในปาปริก้าโอริโอเรซิน พบว่าอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ทำให้

แคโรทีนอยด์ทั้งหมดลดลง ซึ่งในกระบวนการเอ็กทรูดถั่วพร้าที่ใช้อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส คาดว่าส่งผลให้ปริมาณแคโรที นอยด์ลดลง จึงมีส่วนส่งผลให้สีของไข่แดงลดลง อีกทั้งสัตว์ปีกไม่สามารถสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ที่เป็นสารสีตามธรรมชาติได้เอง (สุพจน์ และคณะ, 2565)

ตารางที่ 11 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ต่อน้ำหนักไข่ ดัชนีไข่แดง และความหนาของเปลือกไข่

สัปดาห์	ถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	P-value
	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00		
น้ำหนักไข่ (กรัม)							
1-4	59.22	59.88	60.63	59.56	59.76	0.35	0.82
5-8	59.79	62.20	62.78	61.17	61.75	0.41	0.18
1-8	59.51	61.04	61.71	60.37	60.76	0.37	0.45
ดัชนีไข่แดง							
1-4	0.43[b]	0.45[a]	0.46[a]	0.45[a]	0.45[a]	<0.01	0.01
5-8	0.45	0.44	0.45	0.44	0.43	<0.01	0.12
1-8	0.44	0.45	0.45	0.45	0.44	<0.01	0.19
ความหนาของเปลือกไข่ (มิลลิเมตร)							
1-4	0.33	0.32	0.32	0.31	0.32	<0.01	0.14
5-8	0.34	0.36	0.36	0.35	0.36	<0.01	0.13
1-8	0.34	0.34	0.34	0.33	0.34	<0.01	0.48

[a,b] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 12 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ต่อสีของเปลือกไข่ Haugh unit และความแข็งเปลือกไข่

สัปดาห์	ถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	P-value
	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00		
สีของเปลือกไข่ (% Light)							
1-4	15.99	16.62	15.47	15.83	16.20	0.18	0.37
5-8	15.51	15.28	14.93	16.54	15.60	0.25	0.34
1-8	15.75	15.95	15.20	16.19	15.90	0.20	0.59
Haugh unit							
1-4	93.42	94.58	95.63	94.50	93.50	0.45	0.55
5-8	95.40	94.96	94.57	93.51	95.10	0.52	0.85
1-8	94.41	94.77	94.57	94.53	94.30	0.35	1.00
ความแข็งของเปลือกไข่ (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)							
1-4	4.62	4.81	4.55	4.50	4.71	0.04	0.20
5-8	4.71	4.87	4.84	4.67	4.86	0.03	0.15
1-8	4.66	4.84	4.70	4.58	4.79	0.04	0.14
สีไข่แดง							
1-4	5.45	4.69	5.30	5.12	5.06	0.12	0.36
5-8	5.85	6.05	5.85	5.72	6.02	0.07	0.65
1-8	5.65	5.37	5.58	5.43	5.54	0.08	0.83

[a,b] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 13 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่ไข่ต่อค่าสี L* a* b*

สัปดาห์	ถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	P-value
	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00		
ค่าความสว่าง (L*)							
1-4	62.55	62.65	62.25	62.44	62.43	0.09	0.73
5-8	61.92	61.91	61.64	62.22	62.14	0.12	0.65
1-8	62.23	62.28	61.95	62.34	62.28	0.09	0.71
ค่าความเป็นสีแดง (a*)							
1-4	5.62^{a}	4.79^{b}	5.26^{ab}	5.13^{ab}	4.14^{c}	0.13	<0.01
5-8	4.79	5.02	4.31	4.15	4.08	0.13	0.05
1-8	5.21^{a}	4.90^{ab}	4.78^{ab}	4.64^{b}	4.11^{c}	0.11	0.01
ค่าความเป็นสีเหลือง (b*)							
1-4	44.18^{a}	42.58^{b}	41.63^{bc}	40.63^{c}	41.38^{c}	0.31	<0.01
5-8	42.02^{ab}	42.58^{a}	40.89^{ab}	38.34^{c}	40.45^{b}	0.41	0.01
1-8	43.10^{a}	42.58^{a}	41.26^{b}	39.49^{c}	40.92^{b}	0.33	<0.01

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การทดลองที่ 2 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อ

สมรรถภาพการเจริญเติบโต

จากผลการศึกษาการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต พบว่าปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sudarman et al. (2018) โดยศึกษาการใช้ถั่วพร้าทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อที่เลี้ยงเป็นเวลา 35 วัน พบว่า ไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ($P >0 .05$) แต่ในการศึกษานี้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวตลอดการทดลองมีแนวโน้มของกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด 15.00 เปอร์เซ็นต์ดีขึ้น ($P = 0.08$) เนื่องมาจากในถั่วพร้ามีกรดอะมิโนไลซีนสูง (Akpapunam and Sefa-Dedeh, 1997) ซึ่งไลซีนเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการสร้างกล้ามเนื้อ (Labadan Jr et al., 2001) จะส่งผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Saima et al., 2010) สอดคล้องกับการศึกษาของ Mahardhika et al. (2023) ได้ทำการศึกษาการใช้ถั่วพร้าร่วมกับเอนไซม์โปรตีเอสในระดับโปรตีนที่แตกต่างกันต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหารไก่เนื้อ พบว่า ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวไม่แตกต่างทางสถิติ และจากการศึกษาของ Mendez et al. (1998) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ถั่วพร้าอบในอาหารไก่เนื้อต่อ ภูมิคุ้มกันและการเจริญเติบโตในไก่เนื้อ โดยใช้ถั่วพร้าสุกที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิที่ 190 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 16 นาที โดยจะใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 2.50, 5.00 และ 10.00 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่ส่งผลต่อปริมาณอาหารที่กินและน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากการศึกษานี้ยังพบว่าลูกไก่เนื้อสามารถรับ Con A ได้ 100 มิลลิกรัม/วัน โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

ตารางที่ 14 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อต่อสรรถภาพการเจริญเติบโต

สัปดาห์	ถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)				SEM	P-value
	0.00	5.00	10.00	15.00		
น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	45.95	45.82	45.90	45.75	0.16	0.98
น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	1252.60	1321.20	1224.60	1255.40	18.87	0.34
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/สัปดาห์)						
1-3	1004.00	1049.50	951.25	925.75	17.99	0.05
4-5	1289.20	1291.90	1274.70	1249.70	22.34	0.92
1-5	2293.20	2341.40	2225.90	2175.40	33.64	0.34
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม/ตัว/สัปดาห์)						
1-3	459.55	519.68	438.10	470.75	13.21	0.16
4-5	594.46	614.38	619.56	609.81	17.78	0.97
1-5	1054.00	1134.10	1057.70	1080.60	15.57	0.25
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว						
1-3	2.28	2.08	2.34	2.09	0.05	0.23
4-5	2.20	2.19	2.09	2.13	0.07	0.96
1-5	2.25	2.12	2.24	2.10	0.03	0.08

คุณภาพซาก

จากผลการศึกษาการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารในอาหารไก่เนื้อต่อคุณภาพซาก พบว่าการใช้ถั่วพร้าในอาหารไม่ส่งผลต่อคุณภาพซาก ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Mahardhika et al. (2023) โดยทำการศึกษาการใช้ถั่วพร้าในอาหารที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกันและการเสริมเอนไซม์โปรตีนต่อการตอบสนองของขนาดอวัยวะในการย่อยอาหารของไก่เนื้อระยะเล็ก โดยใช้ไก่เนื้อเพศผู้อายุ 1 วัน และมีระดับโปรตีนในสูตรอาหารที่ 19.50 และ 22.00 เปอร์เซ็นต์ พบว่ากลุ่มทีใช้ถั่วพร้าทุกระดับไม่ส่งผลต่อน้ำหนักกระเพาะแท้ น้ำหนักกระเพาะบด และน้ำหนักลำไส้เล็ก แต่ในการศึกษานี้อกนอก ของกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P = 0.05$) เนื่องจากในถั่วพร้ามีไลซีน และมีไอโซลิวซีน ลิวซีน และไทโรซีนสูง (Akpapunam and Sefa-Dedeh, 1997) กว่าพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นๆ (Sridhar and Seena, 2006) ซึ่งในอาหารที่มีกรดอะมิโนสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งไลซีนซึ่งจะส่งผลต่อการสร้างกล้ามเนื้อโดยตรงเพราะในเนื้อมีไลซีนอยู่สูงคิดเป็น 7 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนทั้งหมดของกล้ามเนื้อ (Dozier III et al., 2008) ในส่วนแข้ง และตีน ของกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 15.00 เปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มสูงขึ้น ($P=0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Sudarman et al. (2018) เรื่องการใช้ถั่วพร้าทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อที่เลี้ยงเป็นเวลา 35 วัน โดยใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ทั้ง 2 ระยะ พบว่า ไม่ส่งผลต่อคุณภาพซากและน้ำหนักอวัยวะภายใน ในส่วน

ของตับและถุงน้ำดีมีแนวโน้มในกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดที่ระดับ 15.00 เปอร์เซ็นต์ ต่ำที่สุด (P = 0.06) ซึ่งในถั่วพร้ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ที่ 69.10-81.80 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันอิ่มตัว 18.20 ถึง 30.90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีกรดไขมันโอเลอิก และลิโนเลอิก อยู่ในปริมาณสูงอยู่ที่ 38.90-57.10 และ 17.20-37.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Sivaraj et al., 2010) ซึ่งจากการศึกษาของ Abdullah et al. (2006) พบว่าการที่ใช้กรดไขมันชนิดโอเลอิก ส่งผลให้น้ำหนักตับต่ำกว่ากลุ่มควบคุม คาดว่าเป็นผลจากกรดโอเลอิกซึ่งไปช่วยเพิ่มคลอเรสเตอรอลชนิด HDL (high-density lipoprotein) ในเลือด ทำให้ไขมันในเลือดลดลง (Nogoy et al., 2020) และลดการสะสมไขมันที่เซลล์ตับ (Kantartzis et al., 2008) ส่งผลให้น้ำหนักตับและถุงน้ำดีกลุ่มนี้น้อยกว่ากลุ่มอื่น

ตารางที่ 15 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อต่อคุณภาพซาก

องค์ประกอบซาก	ถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)				SEM	P-value
	0.00	5.00	10.00	15.00		
น้ำหนักมีชีวิต (กรัม)	1239.50	1368.00	1303.40	1291.50	19.69	0.13
น้ำหนักซากอุ่น (กรัม)	1038.6	1139.30	1086.20	1047.60	17.91	0.18
น้ำหนักซากตัดแต่ง (กรัม)	879.01	980.24	925.87	889.06	16.83	0.12
ซากอุ่น (เปอร์เซ็นต์)	83.75	83.34	83.33	81.10	0.63	0.47
ซากตัดแต่ง (เปอร์เซ็นต์)	73.23	73.09	73.05	70.99	0.58	0.51
องค์ประกอบซาก (ร้อยละของน้ำหนักซากอุ่น)						
ปีกรวม	9.33	9.64	9.57	9.96	0.12	0.37
น่อง	13.22	12.90	13.43	13.19	0.10	0.34
สะโพก	15.08	14.65	14.66	14.11	0.17	0.25
หัวและคอ	9.06	8.89	8.82	8.87	0.16	0.96
แข้งและตีน	5.79	5.40	5.66	5.85	0.07	0.05
อกนอก	16.80	18.55	17.60	18.17	0.25	0.05
อกใน	3.84	4.04	3.77	4.03	0.05	0.10
โครงกระดูก	25.53	24.38	25.23	24.77	0.24	0.37
ไขมันช่องท้อง	0.97	1.25	1.25	1.04	0.06	0.24
องค์ประกอบของอวัยวะภายใน (ร้อยละของน้ำหนักมีชีวิต)						
หัวใจ	0.58	0.55	0.57	0.58	0.01	0.83
ตับและถุงน้ำดี	2.81	2.54	2.55	2.34	0.06	0.06
กระเพาะบดและกระเพาะแท้	2.34	2.07	2.31	2.25	0.04	0.13
ม้าม	0.26	0.20	0.18	0.18	0.01	0.15
ลำไส้	5.42	5.21	5.49	5.66	0.11	0.59
เครื่องในรวม	11.41	10.57	11.09	11.01	0.14	0.23

คุณภาพเนื้อ

จากผลการศึกษาการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารในอาหารไก่เนื้อต่อคุณภาพเนื้อ พบว่าไม่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำจากการแช่เย็น จากการทำให้สุกด้วยการต้ม และค่าออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ ($P > 0.05$) (ดังตารางที่ 16) และภายในเวลา 45 นาทีหลังการฆ่าไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเนื้อหน้าอกและสะโพก ค่าความสว่างของเนื้อสะโพก ค่าความเป็นสีแดงของเนื้ออกและสะโพก และค่าความเป็นสีเหลืองของเนื้อสะโพก ยกเว้น ค่าความสว่างในกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 10.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุด ซึ่งค่าความสว่างของเนื้ออกอยู่ในช่วงของค่ามาตรฐานคือ 56 ถึง 62 และในกลุ่มอื่นมีค่าต่ำกว่าค่ามารตฐาน คือน้อยกว่า 56 (Lee et al., 2022) อาจเนื่องมาจากค่าความเป็นกรด-ด่างในกลุ่ม 10.00 เปอร์เซ็นต์ที่มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อสีของกล้ามเนื้อ (Jaturasitha et al., 2002) หากค่ากรด-ด่างต่ำจะส่งผลให้ค่าความสว่างของเนื้อสูงขึ้น เพราะเกิดจากการสะสมของกรดเลคติกในเนื้อสูง (Van et al., 1989) ส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของโปรตีน ทำให้สูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ (Smulders and Woolthuis, 1985) ทำให้ไมโอโกบินที่เป็นโปรตีนทำหน้าที่กักเก็บออกซิเจนและสารสีในกล้ามเนื้อออกมาพร้อมกับน้ำที่อยู่ภายในเนื้อ (Kranen et al., 1999) ทำให้สีของเนื้อซีดลง และค่าความเหลืองของเนื้ออกในกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 10.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่ากว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 5.00 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่นๆ ($P < 0.05$) อาจมาจากในสูตรอาหารของกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด 10.00 เปอร์เซ็นต์ มีไขมันสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด 5.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในสูตรอาหารมีแหล่งสารสีที่มาจากข้าวโพดเป็นรงควัตถุกลุ่มของแซนโทฟิล (Xanthophylls) (Perry et al., 2009) ที่ละลายได้ดีในไขมัน (Nagao et al., 2013) จึงทำให้ค่าสีเหลืองในเนื้ออกของกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด 10.00 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าอ็กทรูด 5.00 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของเวลา 24 ชั่วโมง หลังการฆ่า พบว่าค่าความเป็นสีแดงและความเป็นสีเหลืองของเนื้ออกและสะโพกไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้ออกกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด 15.00 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มอื่น ($P = 0.09$) และความเป็นค่ากรด-ด่างของเนื้อสะโพกในกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด 5.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำที่สุด คาดว่าเกิดจากความเครียดจากความร้อนระหว่างขนส่ง ซึ่งความเครียดจะทำให้เกิดการสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก (Zhang et al., 2012) ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำลง และทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง (Deng et al., 2002) นอกจากนี้ในถั่วพร้ายังพบว่ามีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนสูง จึ่งเป็นผลให้ค่ากรด-ด่างของกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 15.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูง เนื่องจากไลซีนลดการสะสมไกลโคเจนในเนื้อ ทำให้ค่ากรด-ด่างในเนื้อสูง (Berri et al., 2008) ค่าการสูญเสียน้ำจากการทำให้สุกในกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูด 15.00 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มค่าการสูญเสียน้ำจากการทำให้สุกเพิ่มขึ้น ($P = 0.07$) และค่าความสว่างของเนื้ออกในกลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าที่ระดับ 10.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุด ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้ออกในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง หากค่ากรด-ด่างต่ำจะทำให้ค่าความสว่างของเนื้อสูงขึ้น (Van et al., 1989) เช่นเดียวกับค่าความสว่างของเนื้ออกที่เวลา 45 นาที (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 16 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อต่อค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น จากการทำให้สุกด้วยการต้ม (เปอร์เซ็นต์) และค่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อ

รายการ	ถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)				SEM	P-value
	0.00	5.00	10.00	15.00		
ค่าการสูญเสียน้ำจากการแช่เย็นของเนื้อ (เปอร์เซ็นต์)						
เนื้ออก	11.03	8.53	8.97	9.98	0.59	0.49
เนื้อสะโพก	8.29	5.60	7.77	6.88	0.52	0.30
ค่าการสูญเสียน้ำจากการทำให้สุกด้วยการต้มของเนื้อ (เปอร์เซ็นต์)						
เนื้ออก	21.51	25.12	21.06	25.40	0.78	0.07
เนื้อสะโพก	25.08	28.03	23.58	27.47	0.77	0.13
TBARS (ml MDA/kg muscle)						
0 วัน	0.33	0.34	0.34	0.39	0.01	0.23
3 วัน	0.44	0.46	0.44	0.43	0.01	0.90
7 วัน	0.77	0.74	0.76	0.75	0.02	0.96

ตารางที่ 17 ผลของการใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสี L* a* b*

รายการ	ถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)				SEM	P-value
	0.00	5.00	10.00	15.00		
pH 45 นาที						
เนื้ออก	6.16	6.06	6.05	6.14	0.05	0.82
เนื้อสะโพก	6.60	5.96	6.05	6.21	0.86	0.40
pH 24 ชั่วโมง						
เนื้ออก	5.64	5.56	5.52	5.66	0.02	0.09
เนื้อสะโพก	5.90^{a}	5.68^{b}	5.84^{ab}	5.94^{a}	0.03	0.04
ค่าสีหลังฆ่า 45 นาที						
ความสว่าง (L*)						
เนื้ออก	54.20^{b}	53.99^{b}	61.23^{a}	52.82^{b}	0.96	<0.01
เนื้อสะโพก	54.99	57.00	58.29	57.10	0.63	0.35
ค่าความเป็นสีแดง (a*)						
เนื้ออก	15.10	14.64	13.44	14.93	0.36	0.40
เนื้อสะโพก	14.85	14.91	15.11	14.93	0.24	0.99
ค่าความเป็นสีเหลือง (b*)						
เนื้ออก	7.08^{ab}	6.08^{b}	8.35^{a}	6.49^{ab}	0.31	0.04
เนื้อสะโพก	6.71	6.48	8.00	6.72	0.26	0.14
ค่าสีหลังฆ่า 24 ชั่วโมง						
ความสว่าง (L*)						
เนื้ออก	59.21^{ab}	59.46^{ab}	61.85^{a}	56.76^{b}	0.62	0.01
เนื้อสะโพก	58.07	58.05	58.29	54.03	0.78	0.15
ค่าความเป็นสีแดง (a*)						
เนื้ออก	14.27	14.88	13.44	14.95	0.33	0.37
เนื้อสะโพก	16.03	15.20	15.12	15.68	0.21	0.43
ค่าความเป็นสีเหลือง (b*)						
เนื้ออก	8.30	7.39	8.35	7.08	0.28	0.27
เนื้อสะโพก	8.01	8.31	7.62	7.01	0.22	0.17

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัว

ราคาอาหารต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เมื่อรวมกับราคาถั่วพร้าเอ็กทรูดที่ราคา 15 บาทต่อกิโลกรัม พบว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดที่ระดับ 15.00 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารมีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตเนื้อ 1 กิโลกรัม มีค่าต่ำที่สุด คือ 61.13 บาท ($P<0.05$) และราคาอาหารต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม พบว่ากลุ่มที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดที่ระดับ 15.00 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มต่ำที่สุด ($P=0.08$)

ตารางที่ 18 ต้นทุนอาหารต่อน้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่ใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดที่ระดับต่างกันในสูตรอาหาร

รายการ	ระดับถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)				SEM	P-value
	0.00	5.00	10.00	15.00		
ระยะ 0-3 สัปดาห์						
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม)	10.04	10.50	9.51	9.26	0.18	0.05
ต้นทุนค่าอาหารแต่ละสูตร/กิโลกรัม (บาท)	16.96	16.70	16.60	16.56		
ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตเนื้อ 1 กิโลกรัม (บาท)	31.06	30.50	29.09	29.63	1.03	0.93
ระยะ 4-5 สัปดาห์						
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม)	12.89	12.92	12.75	12.50	0.22	0.92
ต้นทุนค่าอาหารแต่ละสูตร/กิโลกรัม (บาท)	14.10	13.95	13.88	13.87		
ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตเนื้อ 1 กิโลกรัม (บาท)	38.76	34.72	38.89	34.57	0.95	0.18
ระยะ 0-5 สัปดาห์						
ต้นทุนค่าอาหารรวมตลอดการเลี้ยง (บาท)	352.03	355.58	334.84	326.72	5.12	0.28
น้ำหนักตัวสุดท้ายรวม (กิโลกรัม)	12.53	13.21	12.25	12.55	0.20	0.13
ราคาอาหารต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท)	28.10	26.91	27.34	26.03	0.39	0.08
ต้นทุนค่าอาหารต่อหารผลิตเนื้อ 1 กิโลกรัม (บาท)	69.89^{a}	64.98^{b}	68.28^{ab}	61.13^{c}	1.07	0.01

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า สามารถใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดได้ถึง 12.00 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารไก่ไข่ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต นอกจากนี้ยังสามารถใช้ถั่วพร้าเอ็กทรูดในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 15.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีแนวโน้มช่วยให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มน้ำหนักอกนอกให้สูงขึ้น จึงสามารถนำถั่วพร้าเอ็กทรูดมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตให้แก่เกษตรกร

ภาคผนวกตาราง

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่ไข่ต่อปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)

สัปดาห์	ระดับถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	P-value
	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00		
1	100.21[a]	103.39[bc]	106.20[c]	103.80[bc]	102.87[ab]	0.59	0.01
2	109.06	108.28	108.28	106.43	103.58	0.96	0.41
3	106.86	103.27	108.61	101.99	101.75	1.16	0.24
4	104.05	104.08	103.35	102.66	103.87	0.57	0.94
5	102.66	103.97	103.85	102.63	102.86	0.60	0.93
6	114.54	110.36	111.45	115.02	114.49	1.02	0.53
7	97.42	99.42	100.31	100.17	98.02	0.85	0.80
8	102.85[a]	99.28[ab]	100.74[a]	97.79[ab]	94.59[b]	0.91	0.03
1-4	105.05	104.75	106.72	103.72	103.02	0.56	0.30
5-8	104.37	103.26	104.09	103.90	102.49	0.41	0.66
1-8	104.71	104.00	105.40	103.81	102.75	0.39	0.26

[a,b] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลการใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่ไข่ต่อประสิทธิภาพการผลิตไข่ (เปอร์เซ็นต์)

สัปดาห์	ระดับถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	P-value
	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00		
1	91.07	88.93	88.93	91.78	94.28	1.27	0.69
2	91.43	88.22	91.43	88.93	90.00	1.10	0.86
3	91.43	89.64	90.36	89.29	87.50	0.96	0.81
4	93.93	88.21	91.07	90.71	88.57	1.18	0.59
5	91.79	86.07	88.57	88.57	86.78	1.32	0.73
6	88.21	85.72	85.36	89.45	87.50	1.03	0.74
7	90.00	84.65	82.50	88.75	86.79	1.17	0.27
8	87.86	90.36	87.50	93.02	85.71	1.63	0.70
1-4	91.96	88.75	90.45	90.18	90.09	0.90	0.89
5-8	89.46	86.70	85.98	89.90	86.70	1.02	0.69
1-8	90.71	87.72	88.21	90.04	88.39	0.89	0.83

[a,b] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่ไข่ต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่

สัปดาห์	ระดับถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	P-value
	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00		
1	1.96	2.07	2.11	2.03	1.96	0.03	0.47
2	2.10	2.17	2.09	2.13	2.03	0.03	0.77
3	2.05	2.04	2.09	2.02	2.04	0.02	0.86
4	1.93	2.07	1.95	1.98	2.02	0.02	0.33
5	1.91	2.09	2.00	2.01	2.02	0.03	0.29
6	2.25	2.24	2.17	2.23	2.22	0.03	0.91
7	1.82	1.98	2.06	1.93	1.95	0.03	0.05
8	1.98	1.89	1.92	1.77	1.88	0.03	0.43
1-4	2.01	2.08	2.06	2.04	2.01	0.02	0.66
5-8	1.98	2.04	2.04	1.98	2.02	0.02	0.53
1-8	2.00	2.06	2.05	2.01	2.01	0.01	0.54

[a,b] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลการใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่ไข่ต่อน้ำหนักไข่และดัชนีไข่แดง

สัปดาห์	ระดับถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	P-value
	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00		
น้ำหนักไข่ (g)							
2	57.22	59.12	59.68	59.28	59.01	0.43	0.45
4	61.22	60.64	61.59	59.84	60.52	0.39	0.71
6	58.99	61.71	62.09	59.84	61.20	0.53	0.31
8	60.60	62.68	63.47	62.50	62.31	0.40	0.25
2-4	59.22	59.88	60.63	59.56	59.76	0.35	0.82
6-8	59.79	62.20	62.78	61.17	61.75	0.41	0.18
2-8	59.51	61.04	61.71	60.37	60.76	0.37	0.45
ดัชนีไข่แดง							
2	0.42^{c}	0.45^{b}	0.48^{a}	0.47^{ab}	0.47^{ab}	<0.01	<0.01
4	0.44	0.45	0.43	0.44	0.43	<0.01	0.53
6	0.46	0.47	0.48	0.45	0.45	<0.01	0.04
8	0.45	0.42	0.41	0.43	0.42	<0.01	0.06
2-4	0.43^{b}	0.45^{a}	0.46^{a}	0.45^{a}	0.45^{a}	<0.01	0.01
6-8	0.45	0.44	0.45	0.44	0.43	<0.01	0.12
2-8	0.44	0.45	0.45	0.45	0.44	<0.01	0.19

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 5 ผลการใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่ไข่ต่อความหนาของเปลือกไข่ และ Haugh unit

สัปดาห์	ระดับถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	P-value
	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00		
ความหนาของเปลือกไข่ (มิลลิลิตร)							
2	0.32	0.33	0.34	0.33	0.34	<0.01	0.24
4	0.34	0.31	0.31	0.29	0.30	<0.01	<0.01
6	0.35	0.36	0.36	0.35	0.36	<0.01	0.41
8	0.34	0.35	0.35	0.35	0.36	<0.01	0.12
2-4	0.33	0.32	0.32	0.31	0.32	<0.01	0.14
6-8	0.34	0.36	0.36	0.35	0.36	<0.01	0.13
2-8	0.34	0.34	0.34	0.33	0.34	<0.01	0.48
Haugh unit							
2	92.76^{b}	94.65^{b}	97.10^{a}	94.41^{b}	93.99^{b}	0.42	0.01
4	94.08	94.52	94.16	94.59	93.01	0.61	0.95
6	94.71	101.49	99.19	96.23	99.17	0.84	0.07
8	96.10^{a}	88.49^{bc}	87.83^{c}	92.91^{ab}	91.03^{bc}	0.90	0.01
2-4	93.42	94.58	95.63	94.50	93.50	0.45	0.55
6-8	95.40	94.96	94.57	93.51	95.10	0.52	0.85
2-8	94.41	94.77	94.57	94.53	94.30	0.35	1.00

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่ไข่ต่อสีของเปลือกไข่ และความแข็งของเปลือกไข่

สัปดาห์	ระดับถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	P-value
	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00		
สีของเปลือกไข่ (% Light)							
2	16.17	16.84	16.07	16.15	16.74	0.18	0.57
4	15.81	16.39	14.87	15.52	15.66	0.22	0.28
6	15.19	14.99	14.75	16.75	15.89	0.29	0.18
8	15.83	15.56	15.11	16.34	15.31	0.26	0.67
2-4	15.99	16.62	15.47	15.83	16.20	0.18	0.37
6-8	15.51	15.28	14.93	16.54	15.60	0.25	0.34
2-8	15.75	15.95	15.20	16.19	15.90	0.20	0.59
ความแข็งของเปลือกไข่ (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)							
2	4.46	4.73	4.38	4.37	4.52	0.08	0.66
4	4.78	4.89	4.73	4.62	4.90	0.05	0.34
6	4.61	4.76	4.81	4.55	4.89	0.05	0.14
8	4.81	4.97	4.87	4.80	4.84	0.03	0.40
2-4	4.62	4.81	4.55	4.50	4.71	0.04	0.20
6-8	4.71	4.87	4.84	4.67	4.86	0.03	0.15
2-8	4.66	4.84	4.70	4.58	4.79	0.04	0.14

[a,b] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลการใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่ไข่ต่อสีของไข่แดง

สัปดาห์	ระดับถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	P-value
	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00		
2	5.55	5.02	5.10	5.20	5.08	0.13	0.73
4	5.35	4.35	5.50	5.05	5.05	0.16	0.19
6	5.50	5.45	5.15	5.15	5.40	0.10	0.71
8	6.20	6.65	6.55	6.30	6.65	0.08	0.29
2-4	5.45	4.69	5.30	5.12	5.06	0.12	0.36
6-8	5.85	6.05	5.85	5.72	6.02	0.07	0.65
2-8	5.65	5.37	5.58	5.43	5.54	0.08	0.83

[a,b] ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลการใช้ถั่วพร้าในอาหารไก่ไข่ต่อค่าสี L*,a*,b*

สัปดาห์	ระดับถั่วพร้าเอ็กทรูด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	P-value
	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00		
สัปดาห์ที่ 2							
L*	62.69	62.61	61.96	62.39	62.31	0.11	0.26
a*	5.89^{a}	5.26^{b}	5.18^{b}	5.28^{b}	4.27^{c}	0.14	<0.01
b*	43.48^{a}	42.13^{b}	39.35^{c}	38.78^{c}	38.81^{c}	0.48	<0.01
สัปดาห์ที่ 4							
L*	62.40	62.69	62.55	62.50	62.55	0.09	0.92
a*	5.36^{a}	4.33^{bc}	5.34^{a}	4.98^{b}	4.01^{c}	0.16	0.01
b*	44.88^{a}	43.03^{b}	43.91^{ab}	42.49^{b}	43.94^{ab}	0.27	0.03
สัปดาห์ที่ 6							
L*	62.41	61.36	62.21	62.73	62.24	0.16	0.07
a*	5.24^{a}	5.01^{ab}	4.79^{abc}	4.59^{bc}	4.35^{c}	0.10	0.01
b*	43.82	41.88	42.97	42.48	43.75	0.26	0.07
สัปดาห์ที่ 8							
L*	61.43	62.46	61.06	61.72	62.04	0.20	0.21
a*	4.34	5.02	3.82	3.71	3.81	0.17	0.06
b*	40.23^{ab}	43.28^{a}	38.81^{b}	34.21^{c}	37.16^{bc}	0.84	<0.01
สัปดาห์ที่ 2-4							
L*	62.55	62.65	62.25	62.44	62.43	0.09	0.73
a*	5.62^{a}	4.79^{b}	5.26^{ab}	5.13^{ab}	4.14^{c}	0.13	<0.01
b*	44.18^{a}	42.58^{b}	41.63^{bc}	40.63^{c}	41.38^{c}	0.31	<0.01
สัปดาห์ที่ 6-8							
L*	61.92	61.91	61.64	62.22	62.14	0.12	0.65
a*	4.79	5.02	4.31	4.15	4.08	0.13	0.05
b*	42.02^{ab}	42.58^{a}	40.89^{ab}	38.34^{c}	40.45^{b}	0.41	0.01
สัปดาห์ที่ 2-8							
L*	62.23	62.28	61.95	62.34	62.28	0.09	0.71
a*	5.21^{a}	4.90^{ab}	4.78^{ab}	4.64^{b}	4.11^{c}	0.11	0.01
b*	43.10^{a}	42.58^{a}	41.26^{b}	39.49^{c}	40.92^{b}	0.33	<0.01

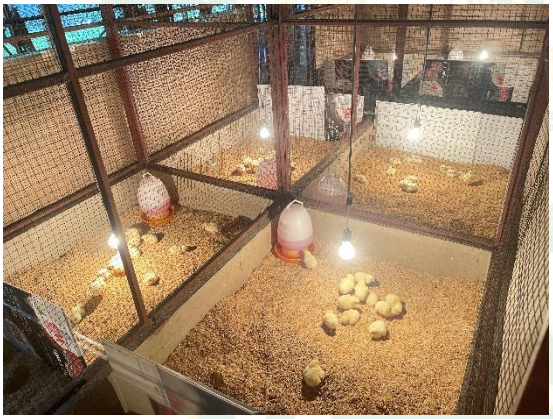
^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ภาคผนวกรูปภาพ

เล้าทดลอง

ถังอาหารในเล้าทดลอง

ภาพที่ 8 ขั้นตอนการเตรียมเล้าทดลอง



ไก่เนื้ออายุ 1 วัน

ไก่เนื้ออายุ 14 วัน

ภาพที่ 9 การเลี้ยงไก่ในงานทดลอง

วัคซีนที่ใช้ในงานทดลอง

การทำวัคซีน

ภาพที่ 10 การทำวัคซีนไก่เนื้ออายุ 7 วัน

ซากหลังเอาเลือดและขนออก

การตัดแต่งซาก

ภาพที่ 11 การตัดแต่งซาก

การวัดสีเนื้อ

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

ภาพที่ 12 การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อ

ถังอาหาร

ไก่ไข่ในการทดลอง

ภาพที่ 13 การเลี้ยงไก่ไข่ในเล้าทดลอง

ชั่งน้ำหนักไข่

วัดสีเปลือกไข่

ภาพที่ 14 การวิเคราะห์คุณภาพไข่

วัตถุดิบในการผสม

การผสมอาหาร

ภาพที่ 15 การผสมอาหาร

บรรณานุกรม

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2563. **สถานการณ์การส่งออกไก่ของไทยและการใช้ประโยชน์จากเอฟทีเอ.** [Online]. Available https://api.dtn.go.th/files/ (20 ตุลาคม 2564).

กรมปศุสัตว์. 2564. **สถานการณ์การผลิตและตลาดไก่เนื้อ.** [Online]. Available https://extension.dld.go.th.pdf. (20 ตุลาคม 2564).

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. **การปลุกถั่วพร้าเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์พืชปุ๋ยสด.** [Online]. Available http://sql.ldd.go.th.pdf. (20 ตุลาคม 2564).

กรมส่งเสริมสหกรณ์. 2564. **แนวทางส่งเสริมพัฒนาการดำเนินธุรกิจสหกรณ์ผู้เลี้ยงไก่ไข่**. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมสหกรณ์.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2563. **พื้นที่การปลูกถั่วพร้าปี** 2588-2562. [Online]. Available http://www.agriinfo.doae.go.th/year63/plant. (25 มีนาคม 2567).

กรุงเทพธุรกิจ. 2564. **แนวทางการพัฒนาการเลี้ยงไก่ไข่และอนาคตการส่งออกไข่ไก่ไทย.** [Online]. Available https://www.bangkokbiznews.com/business/924482 (3 มกราคม 2565).

กรุงศรี. 2565. **แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2566-2568:** อุตสาหกรรมไก่แช่เย็น แช่แข็ง และแปรรูป. [Online]. Available https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/food-beverage/frozen-processed-chicken/io/io-chilled-frozen-processed-chicken (28 กุมภาพันธ์ 2567).

กัญญาณัฐ กิติวงศ และ กรรณิกา แซลิ่ว. 2562. การผลิตและการตลาดไข่ไก่ในประเทศไทย. **แก่นเกษตร**, 47(1), 889-894.

กรุง0เทพธุรกิจ. 2566. **Egg Board วางเป้าลดไข่ไก่ 65 ล้านฟองแก้ราคาตกต่ำ**. [Online]. Available https://www.bangkokbiznews.com/business/924482 (5 มกราคม 2567).

ชัยวัช โชวเจริญสุข. 2563. **แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2563-2565: ไก่แช่เย็น แช่แข็ง และแปรรูป.** [Online]. Available https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/Food-Beverage (11 มกราคม 2565).

ทองเลียน บัวจูม, สุรีรัตน์ ถือแก้ว และ วัชราภรณ์ พิลา. 2566. ผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อคุณค่าทางโภชนะของถั่วพร้า และการใช้ประโยชน์ทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่พื้นเมือง. **วารสารวิจัยและส่งเสริมการเกษตร**, 40(1), 70-78.

ประชาชาติธุรกิจ. 2566. **เศรษฐกิจประเทศไทย**. [Online]. Available https://www.prachachat.net/economy/news-1455142. (3 มกราคม 2567).

พอฤทัย ช้างบุญมี. 2556. อิทธิพลของกระบวนการงอกและการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันต่อคุณภาพของถั่วเหลืองเริ่มงอก. **ปริญญาโท.** มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ภัทรภร ทัศพงษ์ และ วิทธวัช โมพี. 2559. **สารต้านโภชนะในวัตถุดิบอาหารสัตว์.** [Online]. Available http://iat.sut.ac.th/images/stories/pdf/75-82.pdf (22 ตุลาคม 2564).

วรวุฒิ บุญลี. 2541. การศึกษาเครื่องเอ็กซทรูเดอร์. **ปัญหาพิเศษปริญญาตรี**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร: นครปฐม.

สมาคมส่งเสริมการเลี้ยงไก่แห่งประเทศไทย. 2564. **แนวโน้มการผลิตไข่ไก่ปี 2564**. [Online]. Available https://ppaoupmk.or.th/2021/04 (5 มกราคม 2565).

สยามวอเตอร์เฟลม. 2566. **สถานการณ์แนวโน้มไก่เนื้อไทย ปี 2566.** [Online]. Available https://tempclimatecontroller.com (28 กุมภาพันธ์ 2567).

สำนักงานการค้าสินค้ากรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2564. **สินค้ากากถั่วเหลือง.** [Online]. Available https://api.dtn.go.th/files/v3/5e8710cfef414065c21339f4/download (24 พฤศจิกายน 2564).

สำนักงานพัฒนาอาหาสัตว์กรมปศุสัตว์. 2560. **ความต้องการโภชนะของสัตว์ (Nutrients Requirement)**. [Online]. Available http://nutrition.dld.go.th/nutrition/index.php/2015-09-17-02-44-42 (18 ธันวาคม 2564).

สุพจน์ โกเมนเอก, ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์, สมบัติ ประสงค์สุข และ ธีรวิทย์ เป่ยคำภา. 2022. อิทธิพลของการ เสริมแคโรทีนอยด์ สังเคราะห์ในอาหารต่อ สมรรถภาพการ ผลิตและสีไข่แดง ของเป็ดไข่. **วารสารเกษตร**, 38(3), 449-460.

Abdullah, N., Jalaludin, S., Wong, M. C. and Ho, Y. W. 2006. Effects of Lactobacillus feed supplementation on cholesterol, fat content and fatty acid composition of the liver, muscle and carcass of broiler chickens. **Animal Research**, 55(1), 77-82.

Ahmed, S., Hasan, M. M. and Mahmood, Z. A. 2016. Inhibition and modulation of calcium oxalate monohydrate crystals by phytic acid: An in vitro study. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, 5(2), 91.

Akanji, A., Ologhobo, A. and Emiola, I. 2008. The effects of some raw tropical legume seeds on performance of exotic adult cockerels: performance characteristics, serum metabolites and organ morphology. **Bowen Journal of Agriculture**, 5(1), 777-780.

Akpapunam, M. and Sefa-Dedeh, S. 1997. Jack bean (Canavalia ensiformis): Nutrition related aspects and needed nutrition research. **Plant foods for human nutrition**, 50(2), 93-99.

Anderson, J. S., Lall, S. P., Anderson, D. M. and Chandrasoma, J. 1992. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for Atlantic salmon (Salmo salar) reared in sea water. **Aquaculture**, 108(1-2), 111-124.

Berri, C., Besnard, J. and Relandeau, C. 2008. Increasing dietary lysine increases final pH and decreases drip loss of broiler breast meat. **Poultry Science**, 87(3), 480-484.

Bouckaert, J., Dewallef, Y., Poortmans, F., Wyns, L. and Loris, R. 2000. The structural features of concanavalin A governing non-proline peptide isomerization. **Journal of Biological Chemistry**, 275(26), 19778-19787.

Careerstoday. 2021. **Hydrocyanic Acid – HCN.** [Online]. Available https://www.careerstoday.in/chemistry/hydrocyanic-acid-hcn. (15 December 2021).

Council, N. R., Agriculture, B. o. and Nutrition, S. o. P. 1994. **Nutrient requirements of poultry: 1994**. National Academies Press.

Dansey, R., Murray, J., Ninin, D. and Bezwoda, W. 1988. Lectin binding in human breast cancer: clinical and pathologic correlations with fluorescein-conjugated peanut, wheat germ and concanavalin A binding. **Oncology**, 45(4), 300-302.

Deng, Y., Rosenvold, K., Karlsson, A., Horn, P., Hedegaard, J., Steffensen, C. and Andersen, H. 2002. Relationship between thermal denaturation of porcine muscle proteins and water-holding capacity. **Journal of Food Science**, 67(5), 1642-1647.

Dozier III, W., Kidd, M. and Corzo, A. 2008. Dietary amino acid responses of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, 17(1), 157-167.

Egounlety, M. and Aworh, O. 2003. Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation with Rhizopus oligosporus on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (Glycine max Merr.), cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) and groundbean (Macrotyloma geocarpa Harms). **Journal of food engineering**, 56(2-3), 249-254.

Emenike, H., Udedibie, A. and Emenalom, O. 2016. Effects of differently processed Jackbean (*Canavalia ensiformis*) meals on the performance of grower pigs. **British Journal of Applied Science & Technology**, 13(6), 1-8.

Feinmesser, R., Freeman, J. L., Noyek, A. and Van Nostrand, P. 1989. Lectin binding characteristics of laryngeal cancer. **Otolaryngology—Head and Neck Surgery**, 100(3), 207-209.

Jarén-Galán, M. and Mínguez-Mosquera, M. I. 1999. Quantitaive and qualitative changes associated with heat treatments in the carotenoid content of paprika oleoresins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 47(10), 4379-4383.

Jaturasitha, S., Leangwunta, V., Leotaragul, A., Phongphaew, A., Apichartsrungkoon, T., Simasathitkul, N., Vearasilp, T., Worachai, L. and Meulen, U. t. 2002. A comparative study of Thai native chicken and broiler on productive performance, carcass and meat quality. **ThaiScience**, 146(1-8).

Kantartzis, K., Rittig, K., Cegan, A., Machann, J. r., Schick, F., Balletshofer, B., Fritsche, A., Schleicher, E., Haring, H.-U. and Stefan, N. 2008. Fatty liver is independently

associated with alterations in circulating HDL2 and HDL3 subfractions. **Diabetes care**, 31(2), 366-368.

Kidd, M., Kerr, B., Halpin, K., McWard, G. and Quarles, C. 1998. Lysine levels in starter and grower-finisher diets affect broiler performance and carcass traits. **Journal of Applied Poultry Research**, 7(4), 351-358.

Kranen, R., Van Kuppevelt, T., Goedhart, H., Veerkamp, C., Lambooy, E. and Veerkamp, J. 1999. Hemoglobin and myoglobin content in muscles of broiler chickens. **Poultry science**, 78(3), 467-476.

Labadan Jr, M., Hsu, K.-N. and Austic, R. 2001. Lysine and arginine requirements of broiler chickens at two-to three-week intervals to eight weeks of age. **Poultry Science**, 80(5), 599-606.

Lai, Y., Chuang, Y., Chang, C. and Yeh, T. 2015. Macrophage migration inhibitory factor has a permissive role in concanavalin A-induced cell death of human hepatoma cells through autophagy. **Cell Death & Disease**, 6(12), e2008-e2008.

Lee, S.-K., Chon, J.-W., Yun, Y.-K., Lee, J.-C., Jo, C., Song, K.-Y., Kim, D.-H., Bae, D., Kim, H. and Moon, J.-S. 2022. Properties of broiler breast meat with pale color and a new approach for evaluating meat freshness in poultry processing plants. **Poultry Science**, 101(3), 101627.

Leon, A., Angulo, I., Picard, M., Carré, B., Derouet, L. and Harscoat, J. 1989. Proximate and amino acid composition of seeds of Canavalia ensiformis. Toxicity of the kernel fraction for chicks. 38(4), 209-218.

Leung, H. and Kiarie, E. G. 2020. Standardized ileal digestibility of amino acids and apparent metabolizable energy in corn and soybean meal for organic broiler chicken production in Ontario. **Canadian Journal of Animal Science**, 100(3), 447-454.

Mahardhika, B. P., Ridla, M., Mutia, R., Febriani, S. and Purbaya, A. M. 2023. The evaluation of the use of jack bean (Canavalia ensiformis) and protease enzyme on the broiler diet with the different level of protein.

Makkar, H. P., Siddhuraju, P., Becker, K., Makkar, H. P., Siddhuraju, P. and Becker, K. 2007. Trypsin Inhibitor. **Plant Secondary Metabolites**, 1-6.

Medugu, C., Saleh, B., Igwebuike, J. and Ndirmbita, R. 2012. Strategies to improve the utilization of tannin-rich feed materials by poultry. **International Journal of Poultry Science**, 11(6), 417.

Mendez, A., Vargas, R. and Michelangeli, C. 1998. Effects of concanavalin A, fed as a constituent of Jack bean (Canavalia ensiformis L.) seeds, on the humoral immune response and performance of broiler chickens. **Poultry Science**, 77(2),

282-289.

Miyake, K., Tanaka, T. and McNeil, P. L. 2007. Lectin-based food poisoning: a new mechanism of protein toxicity. **PloS one**, 2(8), e687.

Munguía-Pérez, R., Espinosa-Texis, A., Hernández-Arroyo, M., Reyes-Matías, M., Gonzales-Salome, F. and Melgoza-Palma, N. 2008. Elaboración de un producto fermentado de soya (glycine max) tipo tempeh con Rhizopus oryza. **Ciencia en la frontera**, 85-90.

Nagao, A., Kotake-Nara, E. and Hase, M. 2013. Effects of fats and oils on the bioaccessibility of carotenoids and vitamin E in vegetables. **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, 77(5), 1055-1060.

Nogoy, K. M. C., Kim, H. J., Lee, Y., Zhang, Y., Yu, J., Lee, D. H., Li, X. Z., Smith, S. B., Seong, H. A. and Choi, S. H. 2020. High dietary oleic acid in olive oil-supplemented diet enhanced omega-3 fatty acid in blood plasma of rats. **Food Science & Nutrition**, 8(7), 3617-3625.

Ortiz, D., Rocheford, T. and Ferruzzi, M. G. 2016. Influence of temperature and humidity on the stability of carotenoids in biofortified maize (Zea mays L.) genotypes during controlled postharvest storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 64(13), 2727-2736.

Palliyeguru, M. C. D., Rose, S. and Mackenzie, A. 2011. Effect of trypsin inhibitor activity in soya bean on growth performance, protein digestibility and incidence of sub-clinical necrotic enteritis in broiler chicken flocks. **British Poultry Science**, 52(3), 359-367.

Pan, Z. and Tangratanavalee, W. 2003. Characteristics of soybeans as affected by soaking conditions. **LWT-Food Science and Technology**, 36(1), 143-151.

Perry, A., Rasmussen, H. and Johnson, E. J. 2009. Xanthophyll (lutein, zeaxanthin) content in fruits, vegetables and corn and egg products. **Journal of food Composition and Analysis**, 22(1), 9-15.

Pharmatech. 2021. **Trypsin inhinbitor and monogastric digestable**. [Online]. Available https://www.pharmatech.co.th/index.php?r=site/article32 (27 November 2021).

Pond, W. G. and Maner, J. H. 1984. **Swine production and nutrition**. AVI Publishing Co., Inc.

Prommachart, R., Cherdthong, A., Navanukraw, C., Pongdontri, P., Taron, W., Uriyapongson, J. and Uriyapongson, S. 2021. Effect of dietary anthocyanin-extracted residue on meat oxidation and fatty acid profile of male dairy cattle. . **Animals** 2021;11: 322.

Pusztai, A., Ewen, S., Grant, G., Peumans, W., Van Damme, E., Rubio, L. and Bardocz, S. 1990. Relationship between survival and binding of plant lectins during small intestinal passage and their effectiveness as growth factors. **Digestion**, 46(Suppl 2), 308-316.

Rezaei, M., Moghaddam, H. N., Reza, J. P. and Kermanshahi, H. 2004. The effects of dietary protein and lysine levels on broiler performance, carcass characteristics and N excretion. **International Journal of Poultry Science**, 3(2), 148-152.

Sadeghi, G., Samie, A., Pourreza, J. and Rahmani, H. 2004. Canavanine content and toxicity of raw and treated bitter vetch (Vicia ervilia) seeds for broiler chicken. **International journal of poultry science**, 3(8), 522-529.

Saima, M., Jabbar, M., Mehmud, A., Abbas, M. and Mahmood, A. 2010. Effect of lysine supplementation in low protein diets on the performance of growing broilers. **Pakistan Vet. J**, 30(1), 17-20.

Scott, M., Ascarelli, I. and Olson, G. 1968. Studies of egg yolk pigmentation. **Poultry science**, 47(3), 863-872.

Siamchemi. 2021. **Tannin**. [Online]. Available https://www.siamchemi.com (30 December 2021).

Sivaraj, N., Sunil, N., Pandravada, S., Kamala, V., Rao, B., Prasad, R., Nayar, E., John, K. J., Abraham, Z. and Varaprasad, K. 2010. Fatty Acid Composition in Seeds of Jack-bean [Canavalia ensiformis (L.) DC.] and Sword-bean [Canavalia gladiata Jacq.) DC.] Germplasm from South India: A DIVA-GIS Analysis. **Seed Technology**, 46-53.

Smulders, F. J. and Woolthuis, C. H. 1985. Immediate and delayed microbiological effects of lactic acid decontamination of calf carcasses-influence on conventionally boned versus hot-boned and vacuum-packaged cuts. **Journal of Food Protection**, 48(10), 838-847.

Solihin Fikriandi, S. and Mutia, R. 2023. Utilization of Jack Bean (Canavalia ensiformis) meal as a substitute for soybean meal in diet of laying hens.

Sözcü, A., İpek, A., Oguz, Z., Gunnarsson, S. and Riber, A. B. 2021. Comparison of performance, egg quality, and yolk fatty acid profile in two Turkish genotypes (Atak-S and Atabey) in a free-range system. **Animals**, 11(5), 1458.

Sri, U., Denny, R., Rachmat, W. and Ana, R. 2018. Modify the chemical composition of Jack Bean to be used as alternative feedstuff in poultry diets. **Journal of Poultry Science**, 17(4), 160-166.

Sridhar, K. and Seena, S. 2006. Nutritional and antinutritional significance of four unconventional legumes of the genus Canavalia–A comparative study. **Food**

chemistry, 99(2), 267-288.

Sudarman, A., Jayanti, A. M. and Mutia, R. 2018. Utilization of Jack bean (Canavalia ensiformis) meal as a substitute for soybean meal in diet for broiler reared for 35 days. **Buletin Peternakan**, 42(1), 8-14.

Udedibie, A., Esonu, B., Unachukwu, C. and IWUOMA, N. 1996. Two-stage cooking as a method of improving the nutritive value of jackbean (Canavalia ensiformis) for broilers. **Nigerian Journal of Animal Production**, 23(2), 107-110.

Van der Marel, G., De Vries, A., Van Logtestijn, J. and Mossel, D. 1989. Effect of lactic acid treatment during processing on the sensory quality and lactic acid content of fresh broiler chickens. **International Journal of Food Science & Technology**, 24(1), 11-16.

Woyengo, T., Beltranena, E. and Zijlstra, R. 2017. Effect of anti-nutritional factors of oilseed co-products on feed intake of pigs and poultry. **Animal Feed Science and Technology**, 233(76-86.

Yoneyama, K. and Natsume, M. 2010. Allelochemicals for plant–plant and plant microbe interactions. **Molecular sciences and chemical engineering**, 539-561.

Zanella, F., Watanabe, T. M., Lima, A. L. d. S. and Schiavinato, M. A. 2004. Photosynthetic performance in jack bean [Canavalia ensiformis (L.) DC] under drought and after rehydration. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 16(181-184.

Zhang, Z., Jia, G., Zuo, J., Zhang, Y., Lei, J., Ren, L. and Feng, D. 2012. Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. **Poultry science**, 91(11), 2931-2937.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวอภิญญา บุญบรรลุ

เกิดเมื่อ 6 มิถุนายน 2541

ประวัติการศึกษา 2559 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนเลิงนกทา จังหวัดยโสธร

2563 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาสัตวศาตร์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้