รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อยกระดับกระบวนการเลี้ยงไก่พื้นเมือง สู่มาตรฐานฟาร์มไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์

Using Technology and Innovation to Enhance the Process of Raising Native Chickens to Native Chicken Standard Farm in Phetchabun Province.

จันทร์จิรา โต๊ะขวัญแก้ว
สาขาวิชาเอกเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ หลักสูตรเกษตรศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ปี 2567

รหัสโครงการสัญญา 182066

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อยกระดับกระบวนการเลี้ยงไก่พื้นเมือง สู่มาตรฐานฟาร์มไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์

Using Technology and Innovation to Enhance the Process of Raising Native Chickens to Native Chicken Standard Farm in Phetchabun Province.

จันทร์จิรา โต๊ะขวัญแก้ว	สาขาวิชาเอกเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ หลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
วาสนา วงศ์ษา	สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
นฤมล วันน้อย	สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ชัยสิทธิ์ วันน้อย	สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
วรชัย ศรีเมือง	สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
พรทิศา ทองสนิทกาญจน์	สาขาวิชาเอกการประมง หลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
ประจำปีงบประมาณ 2566
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ชื่องานวิจัย การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อยกระดับกระบวนการเลี้ยงไก่พื้นเมือง สู่มาตรฐานฟาร์มไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์
ผู้วิจัย จันทร์จิรา โต๊ะขวัญแก้ว
ผู้ร่วมวิจัย วาสนา วงศ์ษา, นฤมล วันน้อย, ชัยสิทธิ์ วันน้อย, วรชัย ศรีเมือง และ พรทิศา ทองสนิทกาญจน์
สาขาวิชา เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปีเสร็จวิจัย 2566

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยย่อยที่ 1 การออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ และเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยการนำเทคนิคการประมวลผลภาพ และการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ มาใช้ในกระบวนการติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองไปจนถึงการคัดแยกขนาดของไก่ ซึ่งระบบประกอบด้วยชุดประมวลผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ราสเบอร์รี่พาย กล้องตรวจจับภาพ สั่งงานและควบคุมเซอร์โวมอเตอร์เพื่อเปิดปิดประตูชุดอุปกรณ์ของระบบเมื่อคัดแยกขนาด การพัฒนาระบบเริ่มจากขั้นตอนการเตรียมชุดข้อมูลภาพ (data set) โดยจัดเก็บและบันทึกผลภาพ และน้ำหนักของไก่พื้นเมืองแต่ละสัปดาห์ หลังจากนั้นนำไปประมวลผลภาพตามขั้นตอนได้แก่ การแปลงให้เป็นภาพระดับเทา การลดสัญญาณรบกวน การแยกส่วนภาพไก่ออกจากส่วนอื่นด้วย YOLOv8 SAM แล้วทำการแยกพื้นหลังกำหนดค่าเทรชโฮลด์แบบโอตสึ (Otsu) และการหาขอบภาพและทำการคำนวนพื้นที่ค่าพิกเซลภายในบริเวณขอบภาพของวัตถุเฉพาะส่วนลำตัวของไก่ ผู้วิจัยได้สร้างโมเดลการทำนายค่าน้ำหนักแบบ Linear Regression ที่มีค่าระดับความแม่นยำโดยประมาณ 83.007% การทดสอบทำนายผลการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองเทียบกับน้ำหนักจริงมีค่า R^2 = 0.833 แสดงระดับความแม่นยำโดยประมาณ 83.3 % การทดสอบการจำแนกระดับขนาดของไก่พื้นเมืองแบ่งเป็น 2 ระดับคือ ขนาดเล็ก (Small) และขนาดใหญ่ (Large) ซึ่งระบบสามารถจำแนกขนาดได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพคิดเป็น 100 % แสดงได้ว่าโมเดลการประมวลผลภาพที่สร้างขึ้นนี้สามารถใช้ในการจำแนกขนาดของไก่พื้นเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการวิจัยย่อยที่ 2 การออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่และการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริด เพื่อความมั่นคงด้านพลังงานของชุมชน งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่และการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริดเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานของชุมชน โดยในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นได้ออกแบบในรูปแบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand Alone System) หรือระบบออฟกริด ซึ่งเป็นการคำนวณหาที่เหมาะสมของกำลังผลิตตามรูปแบบโหลดไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งประกอบไปด้วยการคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ ชาร์จเจอร์ อินเวอร์เตอร์ และขนาดของแผงโดยขบวนการในการคำนวณนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ นอกจากนี้ในงานวิจัยยังได้ศึกษาเพื่อการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริดเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานของชุมชน โดยจากการศึกษาพบว่าลักษณะชุมนั้นจะอยู่ติดกันเป็นกลุ่มซึ่งหากแต่ละครัวเรือนมีการนำพลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาใช้ในครัวเรือนจะมากหรือจะน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละครัวเรือนซึ่งกำลังผลิตที่ได้สามารถสร้างเป็นโครงข่ายขนาดเล็กได้โดยในการศึกษาได้ลองคำนวณกลุ่มครัวเรือนที่อยู่ใกล้กันและลองสร้างรูปแบบโครงสร้างไมโคกริดพลังงานแสงอาทิตย์โดยระบบได้ออกแบบให้มีระดับแรงดัน 36 Vdc และใช้ขนาดแผง 360W 1 แผง ต่อครัวเรือน โดยทั้งหมดมีจำนวน 14 ครัวเรือน ซึ่งมีความยาวของสายทั้งหมด 321.45 เมตร ดังนั้นจะเห็นได้ว่าชุมชนจะมีกำลังไฟฟ้าติดตั้งจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมดถึง 5,040W ใช้ร่วมกันในชุมชุม ซึ่งเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงานให้กับชุมชนได้

โครงการวิจัยย่อยที่ 3 ระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิจัยระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน โดยวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้เพื่อออกแบบระบบตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟน และเพื่อออกแบบแผนการจัดการพลังงานสำหรับลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเกษตรผู้เลี้ยงไก่ อีกทั้งใช้เป็นต้นแบบในการถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบตรวจสอบการใช้พลังงานและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อพัฒนาสู่ระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยในการศึกษานั้นได้จากการดำเนินงานในการติดตั้งในสถานที่จริง ณ โรงเรือนของกลุ่มผู้เลี้ยงไก่ท่าพล โดยผลการทดสอบและประเมินผลประสิทธิภาพชุดควบคุมและติดตามสมรรถนะพบว่าค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ยการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 0.19% ค่ากระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 2.28% ค่าความชื้นอากาศอยู่ที่ 0.97% และอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ 2.24%

สำหรับผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมในโรงเรือนพบว่าเครื่องสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาซึ่งให้เห็นสภาพที่แท้จริงในการควบคุมเปิดปิดไฟฟ้าในการอนุบาลไก่เพื่อให้เกิดการประหยัดและใช้พลังงานให้เหมาะสมกับสภาพที่แท้จริง

โครงการวิจัยย่อยที่ 4 การส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสู่มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านอาหารแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์ ดำเนินการสำรวจเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง จำนวน 100 ราย พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 69) มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 31) จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 64) มีประสบการณ์การเลี้ยง 1-5 ปี (ร้อยละ 61) แต่ละครัวเรือนมีสมาชิก 1-4 คน (ร้อยละ 74) ใช้พื้นที่ในการเลี้ยง 100-200 ตารางวา (ร้อยละ 49) เลี้ยงไก่พื้นเมืองเป็นอาชีพเสริม (ร้อยละ 96) โดยเลี้ยงแบบอิสระ(ร้อยละ 98) เพื่อการบริโภคเป็นหลัก (ร้อยละ 84) สายพันธุ์ที่เลี้ยงเป็นไก่พันธุ์พื้นเมือง (ร้อยละ 96) ลักษณะเป็นฟาร์มครบวงจร (ร้อยละ 54) เลี้ยงปล่อยธรรมชาติ (ร้อยละ 59) และขังในโรงเรือน (ร้อยละ 23) ลักษณะโรงเรือนเป็นเพิงหมาแหงน (ร้อยละ 66) โครงสร้างเป็นไม้ (ร้อยละ 91) และใช้ตาข่ายลวดหรือพลาสติกกั้นเป็นผนังโรงเรือน (ร้อยละ 43) เกษตรกรจะผสมอาหารเอง (ร้อยละ 81-90) ไม่มีการผสมวิตามินลงในน้ำให้ไก่กิน (ร้อยละ 82) ใช้น้ำประปาเลี้ยงไก่ (ร้อยละ 53) ด้านการจัดการสุขภาพไก่เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ทำวัคซีน (ร้อยละ 83) และไม่มีระบบฆ่าเชื้อโรค (ร้อยละ 89) กรณีเป็นโรคจึงมักจะไม่มีการใช้ยา (ร้อยละ 60) แต่กลุ่มที่มีการใช้ยาจะใช้ยารักษาระบบทางเดินหายใจ (ร้อยละ 12) มีการใช้สมุนไพร (ร้อยละ 24) พื้นที่เลี้ยงไก่ไม่เคยเกิดโรคระบาด (ร้อยละ 73) กำจัดซากโดยการขุดหลุมฝัง (ร้อยละ 91) ฤดูที่เกิดโรคบ่อย คือฤดูฝน (ร้อยละ 67) เกษตรกรที่มีคู่มือบันทึกการจัดการฟาร์มมีเพียงร้อยละ 7 ด้านการจำหน่ายเกษตรกรขายโดยคิดราคาตามน้ำหนักตัว (ร้อยละ 76) และราคาขายอยู่ระหว่า 80-90 บาทต่อกิโลกรัม

จากข้อมูลการสำรวจจึงนำมาการสู่ขับเคลื่อนฟาร์มเพื่อผลักดันฟาร์มเกษตรรายย่อยให้เข้าสู่ฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม จึงดำเนินกิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้ด้าน Good farming management (GFM) และวางแผนเตรียมความพร้อมการตรวจประเมินเพื่อการขอรับการประเมินและขอใบรับรองฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม

โครงการวิจัยย่อยที่ 5 การเสริมเมล็ดธัญพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง การเสริมเมล็ดธัญพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถภาพการผลิตไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ ทำการวางแผนการทดลองแบบสมบูรณ์ ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองมี 3 ปัจจัย คือ 1) เลี้ยงด้วยอาหารพื้นฐานเป็นกลุ่มควบคุม 2) เลี้ยงด้วย

อาหารพื้นฐานเสริมเมล็ดถั่วเขียวบดหยาบ 4 เปอร์เซ็นต์ และ 3 เลี้ยงด้วยอาหารพื้นฐานเสริมเมล็ดถั่วเหลืองบดหยาบ 4 เปอร์เซ็นต์ แต่ละปัจจัยจะทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว ไก่ทดลองเป็นไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำเชียงใหม่อายุ 2 สัปดาห์ ระยะเวลาที่ทำการทดลองทั้งหมด 8 สัปดาห์

ผลการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยคุณภาพซากโดยรวม ทั้งเปอร์เซ็นต์ซากหลังฆ่า และเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง ($P>0.05$) ส่วนผลต่อปริมาณค่าไขมันในเลือด พบว่าการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลต่อค่าปริมาณไขมันในเลือดทั้งหมด ซึ่งได้แก่ ค่าเฉลี่ยคลอเลสเตอรอล (Cholesterol) ค่าเฉลี่ยไตรกลีเซอไรด์ (TG) ค่าเฉลี่ยเอชดีแอล (HDL) และค่าเฉลี่ยแอลดีแอล (LDL) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ด้านต้นทุนการผลิตไก่เนื้อที่เสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

โครงการวิจัยย่อยที่ 6 อาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นเพื่อเลี้ยงปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นในการเลี้ยงปลากินพืชในการเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนา มี 2 การทดลองย่อย คือ 1. ผลของการปรับปรุงคุณลักษณะของขนไก่ป่นและโภชนะที่เป็นองค์ประกอบในขนไก่ป่น และ 2. การพัฒนาอาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นในการเลี้ยงปลาตะเพียนขาวรูปแบบกึ่งพัฒนา โดยรูปแบบของอาหารสมทบ ได้แก่ ขนไก่ป่นที่หมักด้วยแกนสับปะรด ขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือกมะละกอดิบ อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรดทดแทนปลาป่นในสูตรอาหาร และอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือกมะละกอดิบทดแทนปลาป่นในสูตรอาหาร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ เลี้ยงปลาตะเพียนขาวด้วยอาหารสมทบในปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน วันละ 2 มื้อ ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักเพื่อปรับปริมาณอาหารและเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทุก 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปลาตะเพียนขาวที่ได้รับอาหารสมทบในทุกรูปแบบให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีกว่าชุดควบคุม และอาหารสมทบในทุกรูปแบบมีผลต่อค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตาย ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนต้นทุนค่าอาหาร พบว่า ต้นทุนของอาหารสมทบจากขนไก่ป่นมีราคาต่ำกว่าอาหารทางการค้าทั่วไป

ดังนั้น การใช้ขนไก่พื้นเมืองป่นเป็นอาหารสมทบเพื่อเลี้ยงปลาตะเพียนขาวแบบกึ่งพัฒนามีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา โดยอาหารสมทบในรูปแบบอาหารผสมสำเร็จให้ผลดีกว่ารูปแบบอื่น และการใช้ขนไก่ป่นเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำ ยังช่วยลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำได้

คำสำคัญ: เทคโนโลยี, นวัตกรรม, ไก่พื้นเมือง, จังหวัดเพชรบูรณ์

Title Using Technology and Innovation to Enhance the Process of Raising Native Chickens to Native Chicken Standard Farm in Phetchabun Province.

Researcher Miss Janjira Tohkwankaew

Co-researcher Wassana Wongsa, Narumon Wannoi, Chaisit Wannoi, Worachai Srimuang and Porntisa Thongsanitkan

Department Agriculture, Phetchabun Rajabhat University

Year 2023

Abstract

Sub Project 1: The Design of the Native Chicken Growth Tracking System through the Size Classification using Image Processing. The objective of this research is to design and develop a system to track the growth of native chickens through size classification using image processing methods and to evaluate the efficiency of the system by applying computer image and visual processing techniques in the process of tracking the growth of native chickens to sorting the size of chickens. Image Detection Camera Operate and control the servo motor to open and close the system unit door when sorting the size. The development of the system began with the preparation of a data set by storing and recording the results and weight of native chickens each week. After that, the image is processed according to the following steps: conversion to grayscale image, noise reduction. By separating the chicken image from the rest with YOLOv8 SAM, the background separation is performed by configuring the Otsu threshold and finding the edges of the image and calculating the pixel value area within the image edge of the subject only to the body of the chicken. The test predicted the growth of native chickens relative to their actual weight with a value of R^2 = 0.833, showing an approximate accuracy level of 83.3% , shows that the image processing model can be used to effectively classify the size of native chickens.

Sub Project 2: The Design of Solar Energy System with Battery Storage for Poultry Houses and Development to the Micro-Grid System for Community Energy Sustainability. This research presents the design of solar energy system with battery storage for poultry houses and development to the micro-ɬrid system for community energy sustainability. In designing the solar power generation system, it is designed in the form of independent solar cells (Standalone system) or off-grid system. This is an appropriate calculation of the production capacity according to the changing electrical load patterns. This includes calculating the size of the battery, charger, and inverter and the size of the panels by this calculation process can be applied to design larger solar power generation systems. In addition, the research also studies the development of a microgrid system for community energy security. From the study, it was found that the nature of the community is that it is next to each other in groups. If each household brings solar energy into the household, it will be more or less depending on the ability of each household and the production capacity that can be created. It is a small network. In the study, we tried calculating groups of households that are close to each other and tried to create a solar energy microgrid structure. The system was designed to have a voltage level of 36 Vdc and use a panel size of 360W, 1 panel per household. In total there are 14 households, with a total cable length of 321.45 meters, so it can be seen that the community will have a total of 5,040W of installed power from solar panels shared in the community which increases energy security for the community.

Sub Project 3: Real-time Power Consumption and Poultry House Environment Monitoring System via Smartphone for Energy Management Planning. This research presented real-time power consumption and poultry house environment monitoring system via smartphone for energy management planning. The objective of this research is to design a system for real-time monitoring of electrical energy use and the environment of poultry houses through a smartphone and to design an energy management plan to reduce the cost of electricity consumption for poultry farmers. It is also used as a model for transferring technology to monitor energy use and the

environment in real-time chicken houses through smartphones to develop into an intelligent agricultural system. The study was obtained from the actual installation work at the greenhouse of the Tha-Phon poultry raising group. The results of the test and evaluation of the performance of the control and monitoring unit found that the average error in the voltage reading was 0.19%, the electric current value was 2.28%, the air humidity value was 0.97%, and the air temperature value was 2.24%.

For the study of changes in electrical power and the environment in the house, it was found that the machine was able to track changes at all times, which showed the true condition of controlling the electricity on and off in the poultry nursery in order to save and use energy appropriately with the actual condition.

Sub Project 4: The promoting and development of native chicken production to food safety standards for native chicken farmers in Phetchabun province**.** A total of 100 native chicken farmers were conducted a survey by questionnaires. The results showed that most of the farmers were male, 69.00 %, aged 60 years or over, 31.00 %, 64.00 % had primary school education, and 61.00 % had experience in raising cattle during 1 to 5 years. Each household has 1-4 members, 74.00 %, Use an area of 100-200 square meters for raising chickens, 49.00 % , Farmers raise local chickens as an additional occupation, 96.00 % , They are raised free-range, 98.00 % and mainly for consumption, 84.00%, Local chicken. breed, 96.00%, Complete farm, 54.00 %, They were raised in freedom, 59.00 % and 23.00 % raised in house. The style of the house was a shed, 66.00 %, a wooden structure, 91.00 %, and wire mesh or plastic netting used as a wall, 43.00 %, Farmers mix their own feed, 81.00-90.00 %, do not mix vitamins into water for chickens, 82.00 %, use tap water to raise chickens, 53.00 %. Chicken health management, 83.00 % of farmers were not vaccinated and do not a disinfection system, 89.00 %. In cases of disease, medicine is usually not used, 60.00 % but 12.00 % of the farmers used drugs to treat the respiratory system, and herbs are used, 24.00 %. An epidemic never spread in this area, 73.00 %, Digging holes for dispose the carcasses, 91.00 %. Rainy season is the most disease season, 67.00 %, Only 7 percent of farmers have a farm management manual. In terms of sales, 76.00 % of

farmers sell at a price based on body weight and the selling price is between 80-90 baht per kilogram.

Sub Project 5: Whole Grains as a Protein Source Supplementation in Feed on Growth Efficiency of native chicken. The objective of this research was to evaluate the whole grains as a protein source supplementation in feed on growth efficiency of native chicken. There were three treatments of the whole grain supplementation, including no supplemented, 4 percent mung bean coarse grind and 4percent soybean coarse grind supplemented in the diets, and assigned in a completely randomized design. Each treatment consisted of 3 replications with 10 chicks each, Pra Du Hang Dum Chiang Mai Breeds at 2 weeks of age. The experiment lasted for 8 weeks.

The results showed that the average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR) of those receiving 4percent supplementation of mung bean coarse grind and soybean coarse grind groups were not significantly different compared with no supplemented group ($P>0.05$). All groups of this experiments were not significantly on carcass quality, carcass percentage, and dressing percentage ($P>0.05$). The total blood lipid profile, Cholesterol, Triglyceride (TG), High density lipoprotein (HDL) and Low density lipoprotein (LDL) were not significantly different ($P>0.05$). Regarding the cost of producing broiler chickens supplemented with mung beans and soybeans at the level of 4 percent, it was found that the return was not worth the investment

Sub Project 6: Supplemental Feed from Hydrolysis Feather Meal for Rearing Herbivore Fish in Semi-Intensive Culture System. The purpose of this research was to study the effect of supplemental feed from native chicken feather meal for raising fish in a semi-intensive culture. There were 2 sub-experiments: 1. The results of improving the characteristics and component nutrients of hydrolysis native chicken feather meal and 2. Development of supplemental feed from native chicken feather meal for rearing silver barb in semi-intensive culture. The form of supplemental feed includes hydrolysis native chicken feather meal with pineapple cores, hydrolysis native chicken feather meal with raw papaya peel, complete feed that uses hydrolysis native chicken

feather meal with pineapple cores to replace fish meal, and complete feed that uses hydrolysis native chicken feather meal with raw papaya peel to replace fish meal. Three randomized, complete randomized trials (CRD) were planned. Fed at 5% of their body weight per day, divided into two meals a day. Weight to adjust feed intake and growth data were collected every 2 weeks for a period of 8 weeks.

It was found that the silver barb that received all forms of supplemental feed had better growth results than the control group. All forms of supplemental feed affect the final weight, weight gain, weight gain per day, feed intake, feed conversion ratio and survival rate are significantly different ($P \leq 0.05$). Cost of feed, it was found that the cost of supplemental feed made from hydrolysis native chicken feather meal was lower than commercial feed.

Therefore, using native chicken feather meal as supplemental feed to raise semi-intensive silver barb has an effect on the growth. The supplemental feed in form of complete feed gives better results than other forms. And the use of native chicken feather meal as a raw material for aquatic animal feed helps reduce the cost of aquatic animal feed.

Key word: Technology, Innovation, Native Chickens, Phetchabun Province

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง “การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อยกระดับกระบวนการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสู่มาตรฐานฟาร์มไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์” สำเร็จลุล่วงลงได้ เนื่องจากได้รับความร่วมมือจากสำนักงานปศุสัตว์อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในเขตอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ ที่ให้ข้อมูล และความช่วยเหลือ จากบุคคลต่างๆ เพื่อดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทุกท่านที่คอยช่วยเหลือ และประสานงานการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่ได้ให้ความร่วมมือการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ทุนอุดหนุนงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ประสานงานเรื่องทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย ความดีหรือประโยชน์อันใดที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากงานวิจัยเล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้คุณพ่อ คุณแม่ และบุคคลในครอบครัวที่คอยอบรมสั่งสอน และเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

จันทร์จิรา โต๊ะขวัญแก้ว และคณะ

20 มกราคม 2567

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		**ก**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		**จ**
กิตติกรรมประกาศ		**ญ**
สารบัญ		**ฎ**
สารบัญตาราง		**ฑ**
สารบัญภาพ		**ณ**
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
	3 ขอบเขตการวิจัย	4
	4 แนวคิด ทฤษฎี สมมุติฐานการวิจัย	5
	5 ประโยชน์ของการวิจัย	8
บทที่ 2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**9**
	1 การออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ	10
	2 การออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานสำหรับโรงเรือนและการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริด	23
	3 ระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน	32
	4 การส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสู่มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านอาหารแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์	40
	5 การเสริมเมล็ดธัญพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง	59
	6 อาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นเพื่อเลี้ยงปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา	69

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	**วิธีการดำเนินงานวิจัย**	**76**
	โครงการที่ 1 การออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ	76
	โครงการที่ 2 การออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่และการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริดเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานของชุมชน	90
	โครงการที่ 3 ระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน	94
	โครงการที่ 4 การส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสู่มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านอาหารแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์	102
	โครงการที่ 5 การเสริมเมล็ดธัญพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง	104
	โครงการที่ 6 อาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นเพื่อเลี้ยงปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา	106
บทที่ 4	**ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง**	**110**
	โครงการที่ 1 การออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ	110
	โครงการที่ 2 การออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่และการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริดเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานของชุมชน	120
	โครงการที่ 3 ระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน	137
	โครงการที่ 4 การส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสู่มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านอาหารแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์	144

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	โครงการที่ 5 การเสริมเมล็ดธัญพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง	154
	โครงการที่ 6 อาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นเพื่อเลี้ยงปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา	171
บทที่ 5	**สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ**	**175**
	โครงการที่ 1 การออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ	175
	โครงการที่ 2 การออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่และการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริดเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานของชุมชน	177
	โครงการที่ 3 ระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน	178
	โครงการที่ 4 การส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสู่มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านอาหารแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์	180
	โครงการที่ 5 การเสริมเมล็ดธัญพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง	182
	โครงการที่ 6 อาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นเพื่อเลี้ยงปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา	183
บรรณานุกรม		**186**
ประวัติผู้วิจัย		**194**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ลักษณะทางเศรษฐกิจของไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ต่างๆ	40
2.2	ลักษณะทางเศรษฐกิจของไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ 4 สายพันธุ์	60
2.3	คุณค่าทางอาหารของถั่วเหลือง (เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง)	67
3.1	สูตรอาหารทดลอง	108
4.1	ผลการประมวลผลพื้นที่ภาพของไก่พื้นเมืองอายุ 3 สัปดาห์	111
4.2	ผลการประมวลผลพื้นที่ภาพของไก่พื้นเมืองอายุ 4 สัปดาห์	112
4.3	ผลการประมวลผลพื้นที่ภาพของไก่พื้นเมืองอายุ 5 สัปดาห์	112
4.4	ผลการประมวลผลพื้นที่ภาพของไก่พื้นเมืองอายุ 6 สัปดาห์	113
4.5	ผลการประมวลผลพื้นที่ภาพของไก่พื้นเมืองอายุ 7 สัปดาห์	113
4.6	การประเมินความแม่นยำของชุดข้อมูลและสมการทำนายผล	115
4.7	การทดสอบทำนายผลการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองเทียบกับน้ำหนักจริง	115
4.8	ค่าน้ำหนักจริงของไก่พื้นเมืองในแต่ละสัปดาห์	116
4.9	การกำหนดการตัดสินใจของการจำแนกขนาด	116
4.10	ผลการจำแนกขนาดไก่พื้นเมืองด้วยวิธีประมวลผลภาพ	117
4.11	ตัวอย่างข้อมูลระบบไมโครกริดจำลอง ระดับแรงดัน 36 Vdc, 14 สถานี	136
4.12	ค่าความผิดพลาดการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า	140
4.13	ค่าความผิดพลาดการอ่านค่ากระแสไฟฟ้า	140
4.14	ค่าความผิดพลาดการอ่านค่าความชื้นและอุณหภูมิอากาศ	141
4.15	ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์	144
4.16	ข้อมูลสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมือง และการจัดการการผลิต ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์	147
4.17	ข้อมูลอาหารและการใช้อาหารในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์	149
4.18	ข้อมูลการสุขาภิบาลและการให้วัคซีนไก่พื้นเมือง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์	150

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.19	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหาร	154
4.20	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองลงในอาหาร	156
4.21	ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์	158
4.22	ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียว และถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์	160
4.23	ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียว และถั่วเหลือง ในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์	161
4.24	ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียว และถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ตลอดการทดลอง	163
4.25	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากหลังฆ่า น้ำหนักซากตัดแต่ง และค่าเฉลี่ยน้ำหนักอวัยวะต่างๆ ของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลือง ในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์	164
4.26	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากหลังฆ่า น้ำหนักซากตัดแต่ง และค่าเฉลี่ยน้ำหนักอวัยวะต่างๆ ของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลือง ในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์	166
4.27	ค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในเลือดของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์	169
4.28	ต้นทุนการผลิตไก่เนื้อที่เสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์	170
4.29	โภชนะที่เป็นองค์ประกอบในขนไก่ป่น	171
4.30	ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลา	172
4.31	ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ และอัตราการรอดตายของปลา	173
4.32	ต้นทุนการผลิตอาหาร	174

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	บอร์ดราสเบอร์รี่พาย 4 รุ่นโมเดล B	18
2.2	กล้องถ่ายภาพ	19
2.3	เซอร์โวมอเตอร์	20
2.4	ประโยชน์ของไมโครกริด	29
2.5	แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของวัตถุที่สามารถเชื่อมต่อระบบ IoT	31
2.6	ตัวอย่างของแอปพลิเคชันบลิงค์ (Blynk Application)	35
2.7	การเชื่อมต่อแบบ Server to Client ของแอปพลิเคชันบลิงค์	36
2.8	ระบบ Network ของแอปพลิเคชันบลิงค์	36
2.9	หน้าจออกแบบของแอปพลิเคชันบลิงค์ (Blynk Application)	37
2.10	หน้าจอสร้างของแอปพลิเคชันบลิงค์ (Blynk Application)	37
2.11	ลักษณะภายนอกประจำพันธุ์ของไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ 1	61
3.1	การศึกษาปัญหาและเก็บรวบรวมข้อมูลการเลี้ยงไก่พื้นเมือง	76
3.2	การชั่งน้ำหนักและจดบันทึกเพื่อติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง	76
3.3	การรวบรวมชุดข้อมูลภาพ โดยการบันทึกภาพและชั่งน้ำหนักไก่	77
3.4	การรวบรวมชุดข้อมูลภาพ โดยการบันทึกภาพและวัดส่วนสูงของไก่ขนาดต่างๆ	77
3.5	บล็อกไดอะแกรมของการคัดแยกขนาดของไก่พื้นเมืองด้วยการประมวลผลภาพ	78
3.6	การเตรียมข้อมูลภาพไก่และการปรับปรุงภาพก่อนนำไปประมวลผล	79
3.7	การประมวลผลภาพไก่พื้นเมืองเพื่อหาขอบภาพ	79
3.8	การใช้ Morphological transformations ปรับปรุงภาพถ่ายไก่พื้นเมือง	79
3.9	ผังงานของระบบ	80
3.10	การออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์มุมมองด้านหน้า (front view)	81
3.11	การออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์มุมมอง 45 องศา	81
3.12	การออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์มุมมองด้านบน (top view)	82
3.13	การออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์มุมมองด้านข้าง (side view)	82
3.14	การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของระบบ	83
3.15	การปรับลดขนาดภาพ (resize)	83
3.16	การแยกส่วนของวัตถุในภาพ (segmentation)	84

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.17	(ก) ภาพก่อนการแยกส่วนของวัตถุ (ข) ภาพหลังการแยกส่วนของวัตถุ	84
3.18	(ก) ภาพก่อนการแปลงระดับเทา (ข) ภาพหลังการแปลงภาพระดับเทา (gray level)	85
3.19	การแยกวัตถุออกจากพื้นหลังด้วยการทำเทรชโฮลด์แบบโอตสึ (Otsu)	85
3.20	การกำหนดขอบของวัตถุในภาพ (Contouring)	86
3.21	การคำนวณพื้นที่ของวัตถุในภาพ (Calculate area of object)	86
3.22	แผนผังการศึกษาวิจัยการพัฒนาระบบควบคุมโหลดไฟฟ้า	90
3.23	แผนผังระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน	94
3.24	ฟาร์มไก่ (ก) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวฟาร์มไก่ร่วมกับกลุ่มผู้เลี้ยงไก่ (ข) ลักษณะโรงเรือนไก่และ (ค) โหลดไฟฟ้าในโรงเรือนอนุบาลลูกไก่	96
3.25	ลักษณะการต่อกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ VZEM004T และตัวประมวลผล ESP8266	97
3.26	ลักษณะการต่อกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ VZEM004T และตัวประมวลผล ESP8266	98
3.27	เครื่องวัด (ก) และ การทดสอบการทำงานเครื่องมือวัด (ข)	99
4.1	ชุดอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลภาพของระบบ	110
4.2	ส่วนควบคุมการทำงานของระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง	110
4.3	การหาค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์และกราฟความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลภาพ	114
4.4	การลงพื้นที่ร่สมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงไก่ อำเภอเมืองเพชรบูรณ์และการศึกษาสถานที่ปฏิบัติการงานวิจัย	120
4.5	ลักษณะฟาร์มไก่	121
4.6	ตำแหน่งหลอดไฟให้ความสว่างและความอบอุ่นสำหรับลูกไก่	122
4.7	ตำแหน่งหลอดไฟให้ความสว่าง ความอบอุ่น และไล่แมลงสำหรับลูกไก่	123
4.8	กำลังไฟฟ้าของโหลดที่ใช้ต่อวัน	124
4.9	ระบบ Off-grid ที่มีแบตเตอรี่และมีโหลด AC	124
4.10	ปริมาณการการจ่ายพลังงาน (Ah) และชาร์จประจุ (Ah) ในแต่ละช่วงเวลา	126
4.11	ปริมาณการการจ่ายพลังงาน (%) และชาร์จประจุ (%) ในแต่ละช่วงเวลา	126

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.12	การทดสอบการชาร์จและคายประจุของแบตเตอรี่	128
4.13	การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์	129
4.14	การติดตั้งหลอดไฟในคอกเลี้ยงลูกไก่	130
4.15	การติดตั้งตู้ควบคุม	131
4.16	ตรวจสอบการทำงานของระบบ	132
4.17	กล่องควบคุมและทดสอบการทำงานของระบบในการจ่ายหลอดไฟ	133
4.18	DC network (microgrid)	134
4.19	ตัวอย่างรูปแบบ DC work (microgrid) ในการเชื่อมต่อกับบ้านเรือนใกล้เคียง 14 สถานี	135
4.20	ระบบไฟฟ้าในโรงเรือน	138
4.21	การติดตั้งระบบตรวจวัดกำลังไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมในโรงเรือน	138
4.22	กล่องตรวจวัดกำลังไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมในโรงเรือน	139
4.23	หน้าจอที่แสดงบนมือถือ (ก) และหน้าจอแสดงระดับความแตกต่างอุณภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน (ข)	139
4.24	การทดสอบประสิทธิภาพเครื่อง	141
4.25	ผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า (ก) และสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกโรงเรือน (ข)	142

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไก่พื้นเมืองเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้แก่เกษตรกรได้ดี เป็นอาชีพที่ช่วยวางรากฐานทางเศรษฐกิจ ด้วยความสำคัญของไก่พื้นเมืองที่เป็นที่ต้องการของตลาด ทำให้ปัจจุบันมีการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าให้กับไก่พื้นเมืองของไทยกันอย่างแพร่หลาย เช่น มีการจัดตั้งศูนย์เพื่อการพัฒนาพันธุ์ไก่พื้นเมือง (วัชระ แลน้อย และคณะ 2559) นอกจากการพัฒนาด้านพันธุกรรมของไก่ การเข้าใจระบบการเลี้ยงของเกษตรกรก็เป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน เพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกิดการสร้างมูลค่าไก่พื้นเมืองไทย จึงมีการส่งเสริมให้ฟาร์มเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง เข้าสู่ฟาร์มที่ได้มาตรฐานตามข้อบังคับและกฎระเบียบของกรมปศุสัตว์ เพื่อผลักดันให้ได้การรับรองเป็นฟาร์มที่มีการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมือง แม้ว่าการผลิตไก่พื้นเมืองจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่ด้อยกว่าไก่พันธุ์เนื้อ แต่ไก่พื้นเมืองก็สามารถชดเชยได้ด้วยคุณภาพของเนื้อที่ดีกว่า ราคาจึงแพงกว่า และทำให้การผลิตไกพื้นเมืองไทยมีศักยภาพสูงขึ้น ตอบสนองความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ (สุจิตรา สราวิช และคณะ, 2557) จึงมีความจำเป็นต้องแสวงหาองค์ความรู้ใหม่ ๆ ในด้านการให้อาหารที่เหมาะสมทั้งทางด้านการให้อาหารที่หาได้ในท้องถิ่นโดยเฉพาะเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ ที่เป็นแหล่งโปรตีนที่หาได้ง่าย โดยเฉพาะวัตถุดิบที่เป็นเมล็ดธัญพืชที่มีอยู่อย่างหลากหลายในปริมาณมากในท้องถิ่น ซึ่งน่าที่จะนำมาใช้เป็นอาหารให้กับไก่พื้นเมืองได้เป็นอย่างดี เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตไก่พื้นเมือง ในขณะเดียวกันการใช้เทคโนโลยีให้เข้ามามีบทบาทสำคัญทางการเกษตรเริ่มมีมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาใช้ในการวิเคราะห์ภาพเพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตทั้งด้านอุตสาหกรรม และด้านการเกษตรกรรม ดังผลงานวิจัยของ อมรฤทธิ์ พุทธิพัฒน์ขจร และพัชราภรณ์ พรหมสุรินทร์ (2560) การตรวจหารอยร้าวของไข่ภายใต้ระบบสุญญากาศด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ เป็นการตรวจสอบคุณภาพของไข่โดยผลวิจัยพบว่า วิธีการตรวจหารอยร้าวของไข่ถูกต้องถึงร้อยละ 86.25 และในงานวิจัยของ สุชาติ แย้มเม่น และคณะ (2559) การจำแนกประเภทข้าวขาวด้วยการประมวลผลภาพ โปรแกรมได้ให้ค่าความถูกต้องของการคัดแยกประเภทของเมล็ดข้าวขาวถึง 99.33 เปอร์เซ็นต์ตามเกณฑ์มาตรฐานข้าวไทย จากแนวความคิดในการแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เล็งเห็นถึงการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาใช้ให้เป็นประโยชน์ในการทำนายถึงน้ำหนักตัว และจะเป็นการแสดงผลการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองได้ตลอดเวลา โดยใช้เทคโนโลยีประมวลผลภาพเข้ามาช่วย เพื่อให้มีความ

สะดวกรวดเร็ว สามารถประหยัดทั้งแรงงานคน และประหยัดเวลา ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้สูงขึ้น

ในกระบวนการผลิตไก่พื้นเมือง พลังงานไฟฟ้าพลังงานหลักที่กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงดูไก่พื้นเมืองนำมาใช้ในกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นระบบระบายอากาศ แสงสว่าง ขบวนการผลิตอาหาร ขบวนการฟักไข่และระบบอนุบาลไก่ในโรงเรือน ซึ่งหากเกิดกรณีไฟฟ้าดับเป็นเวลานานอาจส่งผลต่อกระบวนการผลิตและการเลี้ยงไก่ได้ โดยเฉพาะขบวนการฟักไข่และระบบอนุบาลไก่ในโรงเรือน การนำเอาเทคโนโลยีพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์มาช่วยในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และใช้ในการสร้างเสถียรภาพด้านพลังงานไฟฟ้าเพื่อการลดต้นทุนการเลี้ยงไก่พื้นเมืองจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นจึงต้องศึกษาเพื่อออกแบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบจัดเก็บพลังงานซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาดไม่กระทบต่อกระบวนการผลิตและการเลี้ยงดูไก่พื้นเมือง และสิ่งแวดล้อมรอบข้าง ซึ่งน่าจะเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อการเข้ามามีส่วนช่วยในการลดต้นทุนการเลี้ยงไก่พื้นเมืองให้มีต้นทุนต่ำในระยะยาว

จากการลงพื้นที่ในชุมชนเพื่อศึกษาปัญหาในการเพาะเลี้ยงไก่แบบโรงเรือนซึ่งพบว่ามีการนำพลังงานไฟฟ้าเข้ามาใช้ในขบวนการผลิตและเพาะเลี้ยงไก่และเป็นพลังงานหลักในการปรับสภาพแวดล้อมโรงเรือนให้เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงไก่ซึ่งส่วนใหญ่จะพบว่าระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงเรือนจะประกอบด้วยสองระบบหลักคือระบบระบายอากาศในโรงเรือนเพื่อลดอุณหภูมิและไล่แก๊สหรือกลิ่นที่เกิดจากมูลไก่ รวมถึงค่าความชื้นอากาศในโรงเรือน ระบบส่องสว่างเพื่อเพิ่มความสว่างในโรงเรือน ไล่แมลง และอุณภูมิในการเพาะเลี้ยงไก่ ซึ่งการควบคุมระบบต่างๆ ในโรงเรือนเหล่านี้พบว่าโรงเรือนเกษตรกรยังเป็นการควบคุมโดยคน หากสภาพอากาศร้อนหรืออบอ้าวก็สั่งเดินระบบระบายอากาศซึ่งบางครั้งก็เปิดทิ้งไว้ตลอดเวลา ส่วนระบบส่องสว่างบางโซนพบว่าก็เปิดทิ้งไว้ตลอดเวลาเช่นเดินกัน ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้นซึ่งหมายความว่าต้นทุนในการผลิตเพาะเลี้ยงไก่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน จากปัญหาดังกล่าวจะมีแนวทางด้านใดบ้างในการช่วยแก้ปัญหาเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและแรงงานในการตรวจสอบสภาพแวดล้อมโรงเรือน ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงได้มีความสนใจในการออกแบบระบบตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงเรือนเพื่อศึกษารูปแบบการใช้พลังงานกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่โดยให้สามารถแสดงผลแบบเรียลไทม์ซึ่งข้อมูลในการตรวจวัดนั้นสามารถแสดงผลผ่านสมาร์ทโฟนได้เพื่อนำไปออกแบบระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงเรือนเพาะเลี้ยงไก่ ซึ่งระบบการแสดงผลผ่านมือถือหรือสมาร์ทโฟนนั้น ปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรสามารถเข้าถึงเทคโนโลยี และมีการใช้งานสมาร์ทโฟนกันอย่างแพร่หลาย และที่สำคัญการแสดงผลผ่านมือถือ

สามารถช่วยให้เกษตรกรทราบถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่ได้ตลอดเวลา

ส่วนการจัดการของเสียจากฟาร์มให้เป็นศูนย์ (Zero waste) เช่น การนำเอาขนไก่ที่ได้จากการฆ่าเพื่อการบริโภคก็จะถูกนำไปใช้ในการทำเป็นอาหารสมทบให้กับปลากินพืช โดยขนไก่ที่ได้มานั้นจะถูกนำไปทำเป็นขนไก่ป่น (feather meal) ซึ่งเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้จากการนำขนไก่สด ไปผ่านกระบวนการย่อยในหม้อต้ม หม้ออบ ภายใต้อุณหภูมิ และความดันสูง ประมาณ 130-150 องศาเซลเซียส และความดัน 30-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 - 150 นาที ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทโปรตีน ที่มีราคาแพงได้ เช่น กากถั่วเหลือง ปลาป่น เป็นต้น เพื่อลดต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์น้ำลงได้ ขนไก่ป่นเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณโปรตีนสูง (Baker *et al*., 1981) แต่เป็นโปรตีนคุณภาพค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีกรด อะมิโนที่จำเป็น (Essential amino acid) ได้แก่ เมทไทโอนีน ไลซีน ฮีสทีดีน และทริปโตเฟน อยู่ในระดับต่ำ (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2539) ดังนั้นการนำขนไก่ป่นไปใช้ในสูตรอาหารสัตว์จึงจำเป็นต้องจำกัดปริมาณการใช้ในสูตรอาหารสัตว์น้ำ คือ ไม่เกินร้อยละ 5 – 10 ดังนั้นการศึกษาการนำเอาขนไก่ที่ได้จากการฆ่าและชำแหละก็จะถูกนำไปใช้ในการแปรรูปเพื่อทำเป็นอาหารสมทบให้กับปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา จึงน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการสร้างรายได้ให้กับฟาร์มไม่ว่าจะเป็นการขายเป็นอาหารสัตว์น้ำสมทบหรือการขุดบ่อเพื่อเลี้ยงปลากินพืชเองภายในฟาร์มในอนาคต

กล่าวโดยสรุปไก่พื้นเมืองเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้แก่เกษตรกร เป็นอาชีพที่ช่วยวางรากฐานทางเศรษฐกิจแม้เกษตรกรนิยมเลี้ยงกันทั่วไป แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด จึงต้องมีการดำเนินการส่งเสริมและฝึกอบรมแบบต่อเนื่องเกี่ยวกับกระบวนการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสู่มาตรฐานฟาร์มเลี้ยงไก่ปลอดภัย (GAP) ซึ่งจะต้องมีการส่งเสริมฟาร์มเกษตรกรให้เข้าสู่ฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม หรือฟาร์ม GFM (GOOD FARMING MANAGEMENT) ในเบื้องต้นก่อน ในขณะเดียวกันก็จำเป็นต้องให้ความรู้ทางด้านการให้อาหารที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นเพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในการเลี้ยง และเพื่อเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการเลี้ยงจึงจำเป็นต้องทดสอบการเจริญเติบโตของไก่ที่เป็นมาตรฐาน โดยใช้เทคโนโลยีประมวลผลภาพเข้ามาช่วยให้มีความแม่นยำมากขึ้น และเสริมด้วยกระบวนการลดต้นทุนการใช้ผลิตโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานภายในฟาร์ม และระบบตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงเรือนเพื่อศึกษารูปแบบการใช้พลังงานกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่โดยให้สามารถแสดงผลแบบเรียลไทม์ ส่วนการจัดการของเสียจากฟาร์มให้เป็นศูนย์ (Zero waste) เช่น ขนไก่ที่ได้จากการฆ่าและชำแหละก็จะถูกนำไปใช้ในการทำเป็นอาหารสมทบให้กับปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา ซึ่งจะเป็นรายได้ให้กับฟาร์มอีกทางหนึ่งด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

2) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่สู่ระบบไมโครกริดพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อความยั่งยืนทางด้านพลังงานของชุมชน

3) เพื่อออกแบบระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน

4) เพื่อศึกษาสภาพปัญหาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกร ส่งเสริมและพัฒนาฟาร์มไก่พื้นเมืองของเกษตรกรให้เป็นฟาร์มที่ได้มาตรฐานตามข้อบังคับและกฎระเบียบของกรมปศุสัตว์ และได้การรับรองเป็นฟาร์มการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมือง

5) เพื่อศึกษาการเสริมเมล็ดธัญพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง

6) เพื่อศึกษาอาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่น ในการเลี้ยงปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

การศึกษาด้านการออกแบบเทคโนโลยีและนวัตกรรม: ทำการสำรวจสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของกลุ่มเกษตรกรในอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ เพื่อออกแบบเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้ภายในฟาร์ม ได้แก่ การออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ การออกแบบและพัฒนาระบบไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่สู่ระบบไมโครกริดพลังงานแสงอาทิตย์ การออกแบบระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน เมื่อออกแบบแล้วศึกษาการใช้ประโยชน์จากต้นแบบเทคโนโลยีและนวัตกรรมในฟาร์มไก่พื้นเมืองของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง ในอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบูรณ์

การศึกษาพัฒนากระบวนการเลี้ยงและการใช้ประโยชน์จากของเสีย: ทำการศึกษาการเสริมเมล็ดธัญพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง และศึกษาอาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่น ในการเลี้ยงปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา โดยทำการวิจัยที่โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ของหลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

การศึกษาสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมือง: ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลฟาร์มไก่พื้นเมือง และดำเนินการส่งเสริมพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมือง โดยการถ่ายทอดองค์ความรู้ให้เกษตรกรรายย่อยมีความพร้อมในการปรับปรุงฟาร์มให้เป็นฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม หรือฟาร์ม GFM (GOOD FARMING MANAGEMENT) เพื่อเป็นแนวทางให้พัฒนาไปสู่ฟาร์มมาตรฐานของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองรายย่อยในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

4. แนวคิด ทฤษฎี สมมุติฐานการวิจัย

จากความต้องการของตลาดไก่สด ไก่แช่แข็ง รวมถึงไก่แปรภาพที่เพิ่มมากขึ้นซึ่งเกษตรกรไทยมีศักยภาพในการผลิตแต่ยังประสบปัญหาขาดแคลนแรงงาน ทั้งเกษตรกรรุ่นใหม่ยังขาดความรู้และประสบการณ์ในการเลี้ยงไก่ เพื่อเป็นการยกระดับขีดความสามารถในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์โดยนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ลดต้นทุนแรงงานในระดับที่มีความเชี่ยวชาญ โดยเฉพาะกระบวนการติดตามดูแลเลี้ยงไก่ไปจนถึงการคัดแยกขนาดเมื่อถึงเวลาในการส่งผลผลิตไปจำหน่าย ซึ่งจากเดิมใช้แรงงานคนในการเฝ้าติดตามดูแลและคัดแยกขนาดแล้วทำการสุ่มชั่งน้ำหนักและวัดความยาวลำตัวไก่เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักเฉลี่ย และใช้วิธีการจดบันทึก ก่อนส่งออกจำหน่ายตามระยะเวลาการเลี้ยงและขนาดที่เหมาะสมตามที่ท้องตลาดต้องการ หากเกษตรกรผู้คัดแยกไก่ขาดประสบการณ์จะทำให้ได้ขนาดที่ไม่ตรงตามมาตรฐาน และใช้เวลาในการคัดแยกนาน ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อเป็นการลดภาระเกษตรกรในส่วนนี้จึงนำเทคนิคการประมวลผลภาพเข้ามาใช้ในการติดตามดูแลและคัดแยกขนาดของไก่พื้นเมืองให้ได้ผลผลิตที่ตรงตามมาตรฐานมากขึ้น ลดต้นทุนการใช้แรงงานคน และเพิ่มประสิทธิภาพการติดตามและการคัดแยกขนาดให้มีความแม่นยำมากขึ้น นวัตกรรมที่นำมาใช้ในการวิจัยโดยการออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ระบบถูกพัฒนาขึ้นด้วยการนำเทคนิคการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้ในส่วนการวัดการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง ซึ่งการจำแนกขนาดของไก่ด้วยการถ่ายภาพไก่พื้นเมืองในแต่ละระยะของการเลี้ยงในการทดสอบระบบเพื่อประมวลผลและใช้คอมพิวเตอร์คำนวณหาขนาดให้ได้ค่าที่แม่นยำ ที่สามารถนำมาใช้ทดแทนการทำงานของเกษตรกรในการสุ่มจับไก่มาชั่งน้ำหนักและหาค่าเฉลี่ย เป้าหมายคือระบบนี้จะสามารถคัดแยกขนาดโดยการใช้กล้องตรวจจับภาพและจำแนกขนาดให้ได้ผลผลิตตรงตามมาตรฐานไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 โดยไม่ต้องใช้แรงงานเกษตรกรในการคัดแยก จะสามารถช่วยลดเวลาและแรงงานในการคัดแยกขนาดของไก่เพื่อส่งขายสู่ตลาดได้

ในกระบวนการผลิตและการเลี้ยงไก่พื้นเมือง พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักที่กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงดูไก่พื้นเมืองต้องนำมาใช้ ไม่ว่าจะเป็นระบบระบายอากาศ แสงสว่าง

ขบวนการผลิตอาหาร ขบวนการฟักไข่และระบบอนุบาลไก่ในโรงเรือน ซึ่งหากเกิดกรณีไฟฟ้าดับเป็นเวลานานอาจส่งผลต่อกระบวนการผลิตและการเลี้ยงไก่ได้ โดยเฉพาะขบวนการฟักไข่และระบบอนุบาลไก่ในโรงเรือน ดังนั้นการลดต้นทุนจากการใช้พลังงานไฟฟ้า การสร้างความเสถียรภาพด้านพลังงานไฟฟ้าก็เป็นปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการผลิตและการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ดังนั้นในโครงการวิจัยได้ทำการศึกษาเพื่อนำเสนอการออกแบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบจัดเก็บพลังงานซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาดไม่กระทบต่อกระบวนการผลิตและการเลี้ยงดูไก่พื้นเมือง และสิ่งแวดล้อมรอบข้าง ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ได้มีการศึกษาและนำมาประยุกต์ในการลดค่าการใช้พลังงาน นอกจากนี้การศึกษาความสามารถเพื่อพัฒนาระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ในกลุ่มเกษตรกรและชุมชนเพื่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้าไมโครกริดจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นหากกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่สามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบจัดเก็บพลังงานและเชื่อมต่อเป็นโครงข่ายขนาดเล็กก็จะช่วยให้เกิดความมั่นคงด้านพลังงานของชุมชนได้ นอกจากนี้ยังมีแนวคิดในการวิจัยนี้เพื่อพัฒนานวัตกรรมด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการออกแบบระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน โดยนวัตกรรมที่ใช้นั้นจะเป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนโดยใช้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ในการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของโหลดเช่น ระบบระบายอากาศ ระบบส่องสว่าง และตรวจวัดสภาพแวดล้อมในโรงเรือน เช่น อุณหภูมิ ความชื้นอากาศ ปริมาณฝุ่นและค่าความสว่าง เพื่อออกแบบในการควบคุมการทำงานของโหลดให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปโดยเกษตรกรสามารถติดตามได้ตลอดเวลาแบบเรียลไทม์ผ่านแอพพลิเคชั่นบนมือถือ

ในส่วนกระบวนการจัดการฟาร์มการเลี้ยงไก่พื้นเมืองนั้น เกษตรกรโดยส่วนใหญ่ยังไม่เข้าสู่รูปแบบมาตรฐานฟาร์มของการเลี้ยงไก่พื้นเมือง เนื่องจากเกษตรกรจะใช้วิธีการเลี้ยงแบบปล่อยให้หากินตามธรรมชาติ หรือให้อาหารโปรตีนต่ำ จึงทำให้ไก่พื้นเมืองมีการเจริญเติบโตช้า ไม่มีความสม่ำเสมอ โดยเฉพาะการขาดการจัดการทางด้านอาหารไก่ในช่วงลูกไก่เล็ก ซึ่งเป็นช่วงสำคัญที่สุดในการเจริญเติบโต การขาดการดูแลทางด้านการสุขาภิบาลสัตว์ที่ดี และการให้วัคซีน องค์ความรู้หรือแนวคิดที่จะนำมาแก้ไขปัญหา และผลักดันส่งเสริมฟาร์มเกษตรกรให้เข้าสู่ระบบการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสู่มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านอาหาร ได้แก่ การถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับการลี้ยงไก่พื้นเมือง เกณฑ์การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมืองและการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมือง การปรับรูปแบบของอาหารและการให้อาหารในไก่พื้นเมืองโดยใช้เมล็ดธัญพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนในการเสริมให้กับไก่พื้นเมืองเพื่อลดต้นทุนการผลิตจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยง

ไก่พื้นเมืองได้เป็นอย่างดี รวมถึงการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการบริหารจัดการการเลี้ยงไก่พื้นเมืองในทุกช่วงอายุโดยการออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ซึ่งจะทำให้การจัดการการเลี้ยงดูสัตว์ สามารถประเมินผลการเจริญเติบโตได้ตลอดเวลาและมีความแม่นยำมากขึ้น และจากการที่ฟาร์มไก่โดยทั่วไปมักจะเปิดไฟในช่วงเวลากลางคืนเพิ่มขึ้น เพื่อให้ไก่สามารถมองเห็นอาหารและกินอาหารได้เพิ่มขึ้น รวมถึงเป็นการใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าชนิดที่ใช้ในการไล่แมลงรบกวนเพื่อให้สัตว์ได้อยู่อย่างสบายขึ้นโดยไม่มีแมลงรบกวน จึงทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการบริหารจัดการเพื่อลดค่าใช้จ่ายโดยเฉพาะค่าไฟฟ้า การใช้เทคโนโลยีโดยการออกแบบและพัฒนาระบบไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่สู่ระบบไมโครกริดพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อความยั่งยืน จึงน่าจะอีกทางเลือกหนึ่งที่จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายให้กับฟาร์มได้ในระยะยาว และในท้ายที่สุดของวงจนการผลิตก็จะเข้าสู่การฆ่าและการจัดจำหน่ายไก่พื้นเมืองสู่ผู้บริโภค เศษเหลือจากการฆ่าที่เป็นขยะ ก็คือขนไก่ ก็จะถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดคือการทำอาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นเพื่อเลี้ยงปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา ซึ่งจะทำให้ขยะเป็นศูนย์ (Zero waste) ไปในที่สุด

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดแล้ว องค์ความรู้ทั้งหมดดังกล่าวจะถูกนำมาถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรเพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรรายย่อยสามารถปฏิบัติและพัฒนาฟาร์มเลี้ยงไก่พื้นเมืองเข้าสู่ระบบมาตรฐานได้จริง ทั้งยังเป็นแรงจูงใจและช่วยกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาคุณภาพเนื้อไก่พื้นเมืองที่มีความปลอดภัย เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และตรงตามความต้องการของตลาด ขณะเดียวกันยังช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคระบาดสัตว์ปีก ทำให้เกษตรกรได้ผลผลิตสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นและช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตดีขึ้นด้วย

5. ประโยชน์ของการวิจัย

ได้เทคโนโลยีประมวลผลภาพถ่ายมาประยุกต์ใช้ในการทำนายการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง, ได้ระบบไฟฟ้าพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับโรงเรือน, ได้เครื่องต้นแบบระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่, ฟาร์มไก่พื้นเมืองพัฒนาเข้าสู่ฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม หรือฟาร์ม GFM (GOOD FARMING MANAGEMENT) ฟาร์มที่ได้รับ GFM สามารถยกระดับฟาร์มเกษตรกรเข้าสู่มาตรฐานฟาร์มต่อไป, เกษตรกรมีความรู้เรื่องการจัดการอาหาร และการนำขนไก่ไปแปรรูปเพื่อใช้เป็นอาหารปลา ผลจากการวิจัยสามารถสร้างความเข้มแข็งทางด้านการผลิตของเกษตรกร ให้สามารถพัฒนาคุณภาพสินค้าเพื่อการส่งออกและขยายตลาดไก่พื้นเมืองในอนาคต

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

1.1 การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือ การกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งกับภาพต้นฉบับ (Input Image) เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ (Output Image) มีลักษณะของภาพเป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งการกระทำการกับภาพที่ใช้ในการประมวลผลภาพดิจิตอลมีอยู่มากมายหลายแบบ ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะและการแยกแยะประเภทของการกระทำการกับภาพ จะช่วยให้เราสามารถคาดคะเนภาพผลลัพธ์ที่จะได้จากการกระทำการแต่ละแบบ หรือประมาณความซับซ้อนของการกระทำการกับภาพที่จะนำไปใช้ได้การกระทำการกับภาพในการประมวลผลภาพดิจิตอลสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ การประมวลผลภาพแบบจุด (Point Image Processing)และการประมวลผลภาพแบบบริเวณ (Local Image Processing)

1. การประมวลผลภาพแบบจุด (Point Image Processing) เป็นวิธีการกระทำการกับภาพต้นฉบับที่ค่าระดับความเข้มเทาที่แสดงในแต่ละพิกเซลของภาพผลลัพธ์จะขึ้นอยู่กับค่าระดับความเข้มเทาของพิกเซลในภาพต้นฉบับพิกเซลต่อพิกเซลที่ตำแหน่งสมนัยกัน โดยที่ค่าเปลี่ยนแปลงของพิกเซลของภาพผลลัพธ์ไม่ได้ขึ้นกับค่าพิกเซลที่อยู่บริเวณใกล้เคียงของภาพต้นแบบ ตัวอย่างของการประมวลผลภาพทางดิจิตอลแบบนี้ได้แก่ การปรับความสว่างและคอนทราสต์ของภาพดิจิตอลด้วยการบวก ลบ คูณ และหาร ด้วยจำนวนค่าใดๆ กับภาพดิจิตอลต้นแบบ หรือการกระทำการทางตรรกศาสตร์ต่าง ๆ เป็นต้น

2. การประมวลผลภาพแบบบริเวณ (Local Image Processing) สำหรับกระบวนการกระทำการกับภาพแบบบริเวณนี้ ค่าระดับความเข้มเทาของพิกเซลในแต่ละจุดในภาพผลลัพธ์จะขึ้นอยู่กับค่าระดับความเข้มเทาของกลุ่มพิกเซลที่อยู่ในบริเวณข้างเคียงกัน (Neighborhood Pixels) ของภาพต้นฉบับ ตัวอย่างของการประมวลผลภาพทางดิจิตอลแบบนี้ได้แก่ การกรองสัญญาณภาพในสเปเชียลโดเมน (Spatial Domain Filtering) หรือที่นิยมเรียกว่า การคอนโวลูชัน (Convolution) เป็นต้น

1.1.1 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพมีขั้นตอนที่ประกอบด้วยการประมวลผลดังต่อไปนี้

1. การลดสัญญาณรบกวน (Noise Filtering) เป็นกระบวนการการลดค่าของสัญญาณรบกวนจากภาพ โดยการนำภาพมาผ่านตัวกรอง (Filter) ซึ่งภาพที่ได้จะมีลักษณะที่เรียบขึ้น

2. การปรับแต่งคุณภาพของภาพ (Image Enhancement) เป็นขั้นตอนที่ทำให้ภาพมีคุณภาพมากขึ้นโดยการปรับความเข้มของสี (Level) ปรับความสว่างของภาพ (Brighten) ความเปรียบต่าง (Contrast) และให้มีความชัดเจนมากขึ้นเพื่อง่ายต่อการแยกส่วนของภาพ

3. การตั้งค่าคุณลักษณะของภาพ (Image Features Extraction) ในการจำแนกประเภทของวัตถุที่สนใจจากภาพจะต้องดึงค่าคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น ขนาดพื้นที่ของวัตถุ ค่าสีของวัตถุ ขอบภาพของวัตถุ ความกว้างวัตถุ ความยาววัตถุ ตำแหน่งของวัตถุ จำนวนวัตถุจากภาพ เป็นต้น โดยที่คุณลักษณะเหล่านี้จะต้องเป็นคุณลักษณะที่มีความชัดเจนและจำนวนคุณสมบัติเพียงพอต่อการจำแนกภาพในขั้นตอนต่อไป

ในการประมวลผลสามารถแบ่งประเภทของการประมวลผลภาพของการดำเนินการ (Nixon and Aguado: 2008) ได้เป็น 2 ลักษณะได้แก่ การดำเนินการแบบจุด (Point Operators) และการดำเนินการแบบกลุ่ม (Group Operations)

1. การดำเนินการแบบจุดเป็นวิธีการการะทำการกับภาพต้นฉบับตัวอย่าง เช่น การปรับความสว่าง (Brightness) ความเปรียบต่าง (Contrast) การกระทำการทางตรรกศาสตร์ของภาพดิจิตอล เป็นต้น

2. การดำเนินการแบบกลุ่ม (Group operations) การดำเนินการประมวลผลภาพแบบกลุ่มเป็นกระบวนการที่ค่าในแต่ละจุดภาพผลลัพธ์ได้จากการประมวลผลของค่าในกลุ่มจุดภาพต้นฉบับที่อยู่ในบริเวณข้างเคียงกัน (Neighborhood Pixels) ตัวอย่างได้แก่ การกรองสัญญาณภาพในสเปเชียลโดเมน (Spatial Domain Filtering) หรือที่เรียกว่า การคอนโวลูชัน (Convolution) เป็นต้น

1.1.2 การแยกส่วนของภาพ

การแยกส่วนของภาพ (Image Segmentation) เป็นเทคนิคหรือวิธีการประมวลผลภาพที่มีวัตถุประสงค์ใน การแยกวัตถุ (Object) หรือลักษณะจุดเด่น (Feature) ในภาพออกจากพื้นหลัง (Background) ของ ภาพ วิธีการที่ได้รับความนิยมในการแยกวัตถุหรือลักษณะจุดเด่นของภาพออกจากพื้นหลังภาพมี 2 วิธี คือ เทคนิคการทำ Threshold และการหาขอบภาพ (Edge Detection)

1.1.3 การจำแนกกลุ่มและการทำนาย

การจำแนกกลุ่มและการทำนาย (Classification and Prediction) (Jiawei Han And Micheline Kamber : 2006) ตัวแบบการทำนาย (Predictive Modeling) เป็นโมเดลการจำแนก (Classifier Model) ที่สามารถใช้ในการทำนายตัวแปรที่ไม่ทราบค่า (Class Label) ซึ่งกระบวนการสร้างโมเดลโดยการ นำข้อมูลมาแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยนำส่วนแรกนำมาใช้สอนแก่ระบบ (Training Data) เพื่อสร้างโมเดล การจำแนก และนำข้อมูลส่วนที่สองซึ่งเป็นข้อมูลทดสอบ (Testing Data)

นำมาทำการทดสอบโมเดลที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อวัดค่าความถูกต้องของโมเดล และเมื่อต้องการใช้งานก็นำข้อมูลที่ต้องการทำนายมาผ่านโมเดลการจำแนก ได้แก่ ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines: SM) เป็นต้น

1.2 วิธีการประมวลผลภาพ

วิธีการประมวลผลภาพ (Image Processing Methods) ในทางปฏิบัติของอุตสาหกรรมการผลิต โปรแกรมการมองเห็นของเครื่องจักรจะมีการ รวมเอาเทคนิคการประมวลผลภาพวิธีต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อให้การทำงานมีความถูกต้อง แม่นยำ สมบูรณ์ และเหมาะสม ได้แก่

1. การนับจำนวนพิกเซล (Pixel) เพื่อหาว่าภาพนั้นมีความมืดหรือสว่างมากน้อยเท่าไร

2. การทำเทรชโฮลด์ (Thresholding) เป็นการแปลงภาพสีให้มีโทนสีเทา เพื่อให้ง่ายต่อการแปลงเป็นภาพขาวดำ

3. การเชื่อมต่อและการแยกภาพออกเป็นส่วน ๆ (Connectivity and Segmentation) เพื่อการค้นหาและ หรือนับจำนวนชิ้นงานโดยใช้ความแตกต่างระหว่างสีขาวกับสีดำ ที่เป็นแถบเชื่อมต่อกันเป็นพิกเซล

4. การอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reading) เป็นการถอดรหัส 1D และ 2D เพื่ออ่านค่าหรือสแกนค่าโดยเครื่องจักร

5. การรับรู้อักขระด้วยแสง (Optical Character Recognition; OCR) เป็นการอ่านข้อความโดยอัตโนมัติของคอมพิวเตอร์ โดยให้แสงผ่านตัวอักขระหรือภาพแล้วโปรแกรมจะรับรู้และนำเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ และนำไปประมวลผลใช้ในการอ่านค่าตัวเลขต่างๆ เช่น ธนาคารนำมาใช้อ่านหมายเลขบัญชีของเช็ค เป็นต้น

6. การวัด (Gauging) เป็นการวัดขนาดของวัตถุในหน่วยนิ้วหรือหน่วยมิลลิเมตร • การหาขอบภาพ (Edge Detection) เป็นการหาขอบของวัตถุในภาพ

7. การเข้าคู่รูปแบบ (Template Matching) เป็นการค้นหา การจับคู่ และ/หรือการนับรูปแบบเฉพาะ

8. การจดจำแบบ (Pattern Recognition) เป็นการหาตำแหน่งและความแตกต่างของรูปทรงต่าง ๆ ของวัตถุนั้น โดยอาจจะหมุนวัตถุเพื่อหาส่วนของวัตถุที่อาจถูกปิดบังโดยวัตถุอื่น หรือหาขนาดที่แตกต่างกันของวัตถุโดยใช้แสงหรือสนามแม่เหล็ก แล้วถอดรหัสเป็นภาษาเครื่อง (Machine Language) เพื่อนำไปประมวลผลต่อไปได้

วิธีการดังกล่าวข้างต้นในการประมวลผลภาพไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการนี้ทั้งหมด แต่จะเลือกวิธีการต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการประมวลผลภาพแต่ละโครงงานไป

1.2.1 พิกเซล (Pixel)

จุดภาพหรือพิกเซล (Pixel) มาจากคำว่า พิกเจอร์ (Picture) ที่แปลว่า รูปภาพ อีเลเมนต์ (Element) ที่แปลว่า องค์ประกอบ หรือหน่วย โดยภาพหนึ่งๆ จะประกอบไปด้วยจุดภาพหรือพิกเซลมากมาย และแต่ละภาพที่สร้างขึ้นจะมีความหนาแน่นของจุดภาพ หรือเรียกว่า ความละเอียดหรือความคมชัดที่แตกต่างกันไป พิกเซลใช้ในการบอกสมบัติของภาพ จอภาพ หรืออุปกรณ์แสดงผลภาพ ภาพที่มีจำนวนพิกเซลมากก็จะมีความละเอียดของภาพสูง การระบุจำนวนค่าพิกเซลจะบอกในลักษณะแนวนอนคูณแนวตั้ง (X x Y) เช่น 1,366 x 768 พิกเซล = 1,049,088 พิกเซล หรือ 1 ล้านพิกเซล หรือเป็นหน่วยมาตรวัดความละเอียดของภาพ เช่น 2,400 พิกเซลต่อนิ้ว 640 พิกเซลต่อบรรทัด หรือระยะห่าง 10 พิกเซล

ในการถ่ายภาพดิจิตอล ภาพกราฟิกคอมพิวเตอร์ หรือภาพบิตแมป (Bitmap) โครงสร้างข้อมูลโดยทั่วไปของภาพจะแสดงเป็นตารางรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสของพิกเซลหรือจุดสีหลายๆ จุดสีวางเรียงต่อเนื่องกัน พิกเซลคือ จุดเพียงจุดเดียวที่เล็กที่สุดในภาพดิจิตอลหรืออุปกรณ์แสดงผล เช่น จอภาพ กระดาษ หรือสื่อที่แสดงผลภาพอื่น ๆ พิกเซลแต่ละพิกเซลจะมีที่อยู่ของตัวเอง สอดคล้องกับพิกัดของมัน ความเข้มของแต่ละพิกเซลจะแตกต่างกันตามระบบภาพสี สีจะถูกแสดง โดยความเข้มของสี 3 หรือ 4 ความเข้มสี เช่น สีแดง สีเขียว และสีฟ้า หรือสีน้ำเงินเข้ม หรือสีฟ้า สีม่วงแดง สีเหลือง และสีดำ

บิตต่อพิกเซล จำนวนสีที่แตกต่างกันสามารถแทนด้วยพิกเซล ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนบิดต่อพิกเซล (Bits per Pixel, bpp) ภาพ 1 บิตต่อพิกเซลคือ แต่ละพิกเซลจะมีค่าเท่ากับ 1 บิต ดังนั้น แต่ละพิกเซลสามารถเป็นได้ทั้งค่า 0 หรือมีความเข้มแสงต่ำสุดคือ เป็นด้านมืด หรือมีค่า 1 คือมีความเข้มแสงสูงสุดหรือเป็นด้านสว่าง ภาพ 8 บิตต่อพิกเซลคือ 28 = 256 สี ค่า 0 เป็นพิกเซลที่มีความเข้มแสงตาสุดคือ เป็นด้านมืด และค่า 255 เป็นพิกเซลที่มีความเข้มแสงสูงสุดหรือเป็นด้านสว่าง การเพิ่มจำนวนสีของภาพ แต่ละบิตจะเพิ่มค่าเป็น 2 เท่า ดังนั้นภาพที่มี 2 บิตต่อพิกเซล สามารถมี 4 สี และภาพที่มี 3 บิต สามารถมี 8 สี ตัวอย่างเช่น

1 bpp, 21 = 2 สี (ขาวดำ)

2 bpp, 22 = 4 สี ให้เลือก

3 bpp, 23 = 8 สี

8 bpp, 28 = 256 สี

16 bpp, 216 = 65,536 สี (มีความเป็นภาพสีสูง)

24 bpp, 224 ≈ 16,800,000 สี (เป็นภาพสีจริง)

1.2.2 การแบ่งแยกบริเวณ (Segmentation)

การแบ่งแยกบริเวณ เป็นกระบวนการของการแบ่งแยกภาพดิจิตอลออกเป็นส่วน ๆ หลาย ส่วน การแบ่งแยกบริเวณเป็นการแสดงวัตถุต่างๆ ในภาพที่มีประโยชน์มาก และทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์วัตถุในภาพ การแบ่งแยกภาพจะสามารถระบุตำแหน่งและขอบเขตของวัตถุในภาพ เช่น เส้น เส้นโค้ง และฉากหลัง ผลลัพธ์ของการแบ่งแยกภาพคือ กลุ่มของการแบ่งแยกภาพหรือวัตถุ หรือกลุ่มของรูปทรง ต่างๆ จะถูกครอบคลุมไว้ทั้งหมด หรือถูกดึงออกมาจากภาพ การจับขอบภาพ (Edge Detection) พิกเซลแต่ละพิกเซลในพื้นที่จะบอกถึงสมบัติบางส่วนหรือลักษณะของภาพ เช่น สี ความเข้ม กระบวนการแบ่งแยกบริเวณมีอยู่ 2 วิธี ได้แก่

1. การทำเทรชโฮลด์ (Thresholding) ขั้นตอนการประมวลผลภาพโดยทั่ว ๆ ไป จะเริ่มต้นด้วยการกรองภาพหรือการปรับปรุงภาพด้วยวิธีการต่างๆ แล้วนำภาพนั้นมาทำการแปลงให้เป็น ภาพสีเทา การแยกรอยต่อของวัตถุและพื้นหลังของวัตถุให้ออกจากกัน โดยใช้วิธีการทำเทรชโฮลด์เป็นการแปลงภาพสีเทาให้เป็นภาพไบนารีหรือภาพขาวดำ ความสำคัญของวิธีนี้คือ การเลือกค่าเทรชโฮลด์หรือการเลือกวิธีที่นิยมอย่างแพร่หลายได้แก่ วิธีการโอตสึ (Otsu’s Method)

ในกระบวนการทำเทรชโฮลด์การแยกส่วนของภาพสามารถทำได้โดยการกำหนดค่าเทรชโฮลด์ มีการเลือกค่าพิกเซล 2 วิธี คือ ถ้าค่าของพิกเซลมากกว่าค่าเทรชโฮลด์ (วัตถุมีความสว่างกว่าพื้นหลัง) พิกเซลภาพจะมีค่า 255 และพิกเซลพื้นหลังมีค่า 0 เรียกว่า พิกเซลสูงกว่าเทรชโฮลด์ และค่าพิกเซลต่ำกว่าเทรชโฮลด์ ซึ่งตรงกันข้ามกับพิกเซลสูงกว่าเทรชโฮลด์ พิกเซลภาพจะมีค่า 0 และพิกเซลพื้นหลังมีค่า 255 เรียกว่า พิกเซลต่ำกว่าเทรชโฮลด์ โดยปกติค่าพิกเซลของวัตถุจะมี ค่าเท่ากับ 1 (สีขาว) ในขณะที่พิกเซลของพื้นหลังจะมีค่าเท่ากับ 0 (สีดำ) และสุดท้ายภาพไบนารี จะถูกสร้างขึ้นโดยพิกเซลสีขาวหรือสีดำ ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับของพิกเซล การเลือกกระบวนการทำเทรชโฮลด์ พารามิเตอร์ที่สำคัญในกระบวนการทำเทรชโฮลด์คือ การเลือกค่าของเทรชโฮลด์ วิธีง่ายๆ คือ การเลือกค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางคือ 128 ด้วยเหตุผลที่ว่าหากพิกเซลของวัตถุมีความสว่างกว่าพื้นหลัง และในภาพไม่มีสัญญาณรบกวนและมีพื้นหลัง ที่สม่ำเสมอ ค่าของเทรชโฮลด์ที่เป็นค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางจะทำงานได้ดี อย่างไรก็ตาม ค่าของเทรชโฮลด์ค่าต่างๆ จะขึ้นอยู่กับงานและภาพที่ได้ ปกติแล้วการเลือกค่าเทรชโฮลด์คือ

ค่าเทรชโฮลด์ = (ค่าเฉลี่ยของวัตถุ + ค่าเฉลี่ยของพื้นหลัง)/2

1.2.3 การหาขอบภาพ (Edge Detection)

การหาขอบของวัตถุในภาพ เป็นหนึ่งในขั้นตอนพื้นฐานในการประมวลผลภาพ การวิเคราะห์ภาพ การจดจำรูปแบบภาพ และเทคนิคการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ เมื่อหาเส้นรอบรูปของวัตถุในภาพได้แล้ว เราจะสามารถสอนให้โปรแกรมรู้ชนิดของวัตถุนั้นได้ และเนื่องจากภาพที่เราได้มาจะมีคุณภาพที่แตกต่างกัน เช่น บางภาพมี คุณภาพสูง บางภาพมีคุณภาพต่ำ บางภาพมีสัญญาณ

รบกวน หรือบางภาพไม่ชัด เป็นต้น การหาขอบภาพจึงมีเทคนิคการหาหลายวิธี เพื่อให้ได้ขอบภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์ดังนี้

1. การตรวจจับขอบภาพวิธีโซเบล (Sobel Method) ตัวกระทำโซเบลที่ใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อตรวจหาขอบภาพ เป็นเทคนิคของตัวกระทำอนุพันธ์แบบไม่ต่อเนื่อง เป็นการคำนวณค่าโดยประมาณของเกรเดียนต์ (Gradient) ของฟังก์ชันความเข้มของภาพ ตัวกระทำโซเบล คือ การคอนโวลูชันภาพด้วยตัวกรองในทิศทางแนวนอนและแนวตั้ง ในทางคณิตศาสตร์เกรเดียนต์ของฟังก์ชัน 2 ตัวแปร (ฟังก์ชันความเข้มของภาพ) คือ เวกเตอร์ 2 มิติ ที่กระทำกับแต่ละจุดภาพ ด้วยองค์ประกอบที่กำหนดโดยการอนุพันธ์ในทิศทางแนวนอน (G_x) และแนวตั้ง (G_y) ค่าของเกรเดียนต์เวกเตอร์ ในตำแหน่งของความเข้มสูงที่สุดที่เป็นไปได้ และความยาวของเกรเดียนต์เวกเตอร์จะสอดคล้องกับอัตราการเปลี่ยนแปลงในตำแหน่งนั้น และผลลัพธ์ของตัวกระทำโซเบลที่จุดภาพนั้น ซึ่งอยู่ในขอบเขตของความเข้มของภาพคงที่คือเวกเตอร์ศูนย์ และที่จุดบนขอบภาพเป็นเวกเตอร์ซึ่งชี้ตรงกันข้ามกับภาพจากค่าสว่างไปเป็นค่ามืด

สมการเกรเดียนต์สูงสุด

$$G=\sqrt{G_x^2+G_y^2} \qquad \text{(สมการที่ 2.1)}$$

ด้วยสมการที่ 2.1 สามารถคำนวณทิศทางของเกรเดียนต์ตรงข้ามด้วยสมการ

$$\theta = \operatorname{atan2}(G_y,G_x) \qquad \text{(สมการที่ 2.2)}$$

2. การตรวจจับขอบภาพวิธีพรีวิตต์ (Prewit Method) ตัวกระทำพรีวิตต์ ที่ใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อตรวจหาขอบภาพ เป็นเทคนิคของตัวกระทำอนุพันธ์แบบไม่ต่อเนื่อง เป็นการคำนวณค่าโดยประมาณของเกรเดียนต์ (Gradient) ของฟังก์ชันความเข้มของภาพ เช่นเดียวกับตัวกระทำโซเบลเป็นการคอนโวลูชันภาพด้วยตัวกรองในทิศทางแนวนอนและแนวตั้ง ในทางคณิตศาสตร์เกรเดียนต์ของฟังก์ชัน 2 ตัวแปร (ฟังก์ชันความเข้มของภาพ) คือ เวกเตอร์ 2 มิติ ที่กระทำกับแต่ละจุดภาพ ด้วยองค์ประกอบที่กำหนดโดยการอนุพันธ์ในทิศทางแนวนอน (G_x) และแนวตั้ง (G_y) ค่าของเกรเดียนต์เวกเตอร์ ในตำแหน่งของความเข้มสูงที่สุดที่เป็นไปได้ และความยาวของเกรเดียนต์เวกเตอร์จะสอดคล้องกับอัตราการเปลี่ยนแปลงในตำแหน่งนั้น ผลลัพธ์ของตัวกระทำพรีวิตต์ที่จุดภาพนั้น ซึ่งอยู่ในขอบเขตของความเข้มของภาพคงที่คือ เวกเตอร์ศูนย์และที่จุดบนขอบภาพเป็นเวกเตอร์ซึ่งชี้ตรงกันข้ามกับขอบภาพจากค่ามืดไปเป็นค่าสว่าง

สมการเกรเดียนต์สูงสุด

$$G=\sqrt{G_x^2+G_y^2} \qquad \text{(สมการที่ 2.3)}$$

ด้วยสมการที่ 2.3 สามารถคำนวณทิศทางของเกรเดียนต์ตรงข้ามด้วยสมการ

$$\theta = \operatorname{atan2}(G_y,G_x) \qquad \text{(สมการที่ 2.4)}$$

3. การตรวจจับขอบภาพวิธีโรเบิร์ต (Roberts Method) ตัวกระทำวิธีโรเบิร์ตเป็นการหาขอบภาพโดยใช้การประมาณค่าโรเบิร์ตเพื่อการอนุพันธ์ วิธีโรเบิร์ตจะทำการหาค่าเกรเดียนต์ในทิศทางทแยงมุม 45 องศาและตรงกันข้าม วิธีนี้จะกระทำได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากหน้าต่างกรองมีขนาดเล็ก 2 x 2

สมการเกรเดียนต์สูงสุด

$$G=\sqrt{G_x^2+G_y^2} \qquad \text{(สมการที่ 2.5)}$$

ด้วยสมการที่ 2.1 สามารถคำนวณทิศทางของเกรเดียนต์ตรงข้ามด้วยสมการ

$$\theta = \operatorname{atan2}(G_y,G_x) \qquad \text{(สมการที่ 2.6)}$$

4. การตรวจจับขอบภาพวิธีแคนนี (Canny Method) ตัวกระทำวิธีแคนนี เป็นการหาขอบภาพโดยใช้วิธีการหลาย ๆ ขั้นตอน เพื่อตรวจจับขอบเขตความกว้างของขอบภาพในภาพ การตรวจจับขอบภาพวิธีแคนนีมีจุดมุ่งหมายเพื่อการตรวจจับขอบภาพที่ถูกต้อง โดยการทำเครื่องหมายที่ขอบภาพจริงในภาพที่เป็นไปได้และได้ตำแหน่งที่ถูกต้องด้วย เครื่องหมายที่ขอบภาพจะใกล้เคียงที่สุดกับขอบภาพจริงในภาพและมีการตอบสนองต่ำที่สุดด้วยขอบภาพ จะทำเครื่องหมายในครั้งเดียวและสัญญาณรบกวนในภาพจะไม่สร้างขอบภาพเทียม

วิธีแคนนีจะหาขอบภาพด้วยการหาตำแหน่งพื้นที่สูงสุดของเกรเดียนต์ภาพ ซึ่งจะถูกคำนวณด้วยการอนุพันธ์ตัวกรองเกาส์เซียน วิธีนี้จะใช้ค่าเทรชโฮลด์ 2 ค่า เพื่อตรวจจับขอบภาพที่เข้มและจาง ซึ่งจะมีขอบภาพที่จางในภาพเอาต์พุต ดังนั้นวิธีการนี้จึงมีโอกาสน้อยกว่าวิธีอื่น ๆ ที่จะถูกหลอกด้วยสัญญาณรบกวนและมีแนวโน้มที่จะตรวจจับขอบภาพจางที่แท้จริง

5. การตรวจจับขอบภาพวิธีลาปลาซเซียนของเกาส์เซียน (Laplacian of Gaussian Log) มีขั้นตอนใหญ่ ๆ อยู่ 3 ขั้นตอน คือ การกรองภาพ การปรับปรุงคุณภาพของภาพและการตรวจจับขอบภาพ โดยที่จุดของขอบภาพสามารถตรวจจับโดยการหาจุดตัดศูนย์ (Zero Crossing) ของอนุพันธ์อันดับสองของความเข้มของภาพ ซึ่งอนุพันธ์อันดับสองนี้จะมีความไวต่อสัญญาณรบกวนมากและสัญญาณรบกวนนี้จะต้องถูกกรองออกก่อนด้วยการคอนโวลูชันด้วยตัวกรองเกาส์เซียนเพื่อการปรับภาพให้เรียบและการทำอนุพันธ์อันดับสองสำหรับขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของภาพและการลาปลาซเซียนสำหรับการตรวจจับขอบภาพ

6. การตรวจจับขอบภาพวิธีจุดตัดศูนย์ (Zero-crossing) ในด้านการประมวลผลภาพดิจิทัล ตัวกรองเกรเดียนต์จะเป็นตัวกระทำที่ค้นหาขอบภาพภายในภาพ ซึ่งสามารถค้นหาพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพิกเซลได้อย่างรวดเร็ว โดยการทำเครื่องหมายที่ขอบหรือรอยต่อของภาพ ตัวกรองลาปลาซเซียนเป็นตัวกรองที่เหมาะสมในกลุ่มนี้ มันจะค้นหาจุดของภาพผ่าน ค่าศูนย์ที่ตั้งไว้

ล่วงหน้าและทำเครื่องหมายเป็นจุดขอบภาพ เนื่องจากสัญญาณที่ได้เป็นจุดตัดที่ตำแหน่งศูนย์จึงเรียกว่า จุดตัดศูนย์

ตัวอย่างขั้นตอนการหาขอบภาพโดยใช้โปรแกรม MATLAB มีดังนี้

1. การอ่านภาพต้นฉบับ
2. การเปลี่ยนภาพสีเป็นภาพสีเทา
3. ทำการกรองภาพเพื่อลบสัญญาณรบกวน จะได้ภาพที่คมชัดลดสัญญาณรบกวน
4. ทำการหาขอบภาพจะได้ภาพที่แยกวัตถุและพื้นหลัง แต่ขอบของวัตถุยังไม่ชัดเจน โดยพิกเซลของวัตถุจะมีค่าเท่ากับ 1 (สีขาว) ในขณะที่พิกเซลของพื้นหลังจะมีค่าเท่ากับ 0 (สีดำ)
5. ทำการกรองภาพด้วยวิธีคอนโวลูชัน เพื่อให้ได้ขอบภาพที่แยกจากพื้นหลังได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

1.3 คอมพิวเตอร์วิทัศน์

คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) มีหลักการเดียวกันกับตัวต่อจิ๊กซอว์ คอมพิวเตอร์นั้นวิเคราะห์ภาพด้วยหลักการเดียวกันกับที่การต่อตัวต่อจิ๊กซอว์ ซึ่งจะมีชิ้นส่วนต่าง ๆ กระจัดกระจายอยู่ คือ ต้องนำชิ้นส่วนเหล่านี้มาปะติดปะต่อให้เป็นรูปภาพที่สมบูรณ์ การต่อภาพแบบนี้มีความคล้ายคลึงกันกับการทำโครงข่ายประสาทสำหรับคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (computer vision) คือ การที่คอมพิวเตอร์จำแนกแยกแยะชิ้นส่วนต่าง ๆ ของภาพ จากนั้นจึงปะติดปะต่อชิ้นส่วนย่อยเข้าด้วยกัน เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจภาพได้ การทำงานนี้ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ มากมาย เช่น การคัดกรองข้อมูล โดยการทำงานผ่านเครือข่ายแบบ deep network หลายระดับชั้น เพื่อหาความเชื่อมโยงระหว่างชิ้นส่วนย่อยของภาพในรูปแบบเดียวกันกับการต่อตัวต่อจิ๊กซอว์ทั้งนี้ คอมพิวเตอร์จะไม่ได้รับภาพผลลัพธ์ที่เป็นเสมือน "เฉลย" เช่นเดียวกับภาพบนหน้ากล่องตัวต่อจิ๊กซอว์ แต่การฝึกฝนให้ระบบสามารถแยกแยะสิ่งต่าง ๆ ได้นั้น จะใช้การป้อนภาพนับร้อยหรือพันภาพ จนกว่าระบบจะสามารถระบุวัตถุเป้าหมายได้ ตัวอย่างเช่น หากต้องการให้คอมพิวเตอร์สามารถระบุได้ว่าภาพใดคือขวดพลาสติก แทนการสอนให้ระบบมองหาฝาขวดพลาสติก ขนาดของขวดพลาสติก และสีของขวดพลาสติก โปรแกรมเมอร์จะป้อนภาพของขวดพลาสติกเป็นล้านภาพให้ระบบทำการศึกษา จนในที่สุดคอมพิวเตอร์จะเรียนรู้ที่จะมองหาคุณลักษณะรูปร่างของสิ่งที่เป็นขวดพลาสติกขึ้นได้ด้วยตนเอง

ในทางปฏิบัติของอุตสาหกรรมการผลิต โปรแกรมการมองเห็นของเครื่องจักรจะมีการรวมเอาเทคนิคการประมวลผลภาพวิธีต่างๆ เข้าด้วยกัน เพื่อให้การทำงานมีความถูกต้อง แม่นยำสมบูรณ์และเหมาะสม ได้แก่วิธีการดังนี้

1. การนับจำนวนพิกเซล (Pixel) เพื่อหาว่าภาพนั้นมีความมืดหรือสว่างมากน้อยเท่าไร
2. การทำเทรชโฮลด์ (Thresholding) เป็นการแปลงภาพสีให้มีโทนสีเทาเพื่อให้ง่ายต่อการแปลงเป็นภาพขาวดำ

3. การเชื่อมต่อและการแยกภาพออกเป็นส่วนๆ (Connectivity & Segmentation) เพื่อการค้นหาและ/หรือนับจำนวนชิ้นงานโดยใช้ความแตกต่างระหว่างสีขาวกับสีดำ ที่เป็นแถบเชื่อมต่อกันเป็นพิกเซล

4. การอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reading) เป็นการถอดรหัส 1D และ 2D เพื่ออ่านค่าหรือสแกนค่าโดยเครื่องจักร

5. การรับรู้อักขระด้วยแสง (Optical Character Recognition; OCR) เป็นการอ่านข้อความโดยอัตโนมัติของคอมพิวเตอร์ โดยให้แสงผ่านตัวอักขระหรือภาพ แล้วโปรแกรมจะรับรู้และนำเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ และนำไปประมวลผลใช้ในการอ่านค่าตัวเลขต่างๆ เช่น ธนาคารนำมาใช้อ่านหมายเลขบัญชีของเช็ค เป็นต้น

6. การวัด (Gauging) เป็นการวัดขนาดของวัตถุในหน่วยนิ้วหรือหน่วยมิลลิเมตร

7. การหาขอบภาพ (Edge Detection) เป็นการหาขอบของวัตถุในภาพ

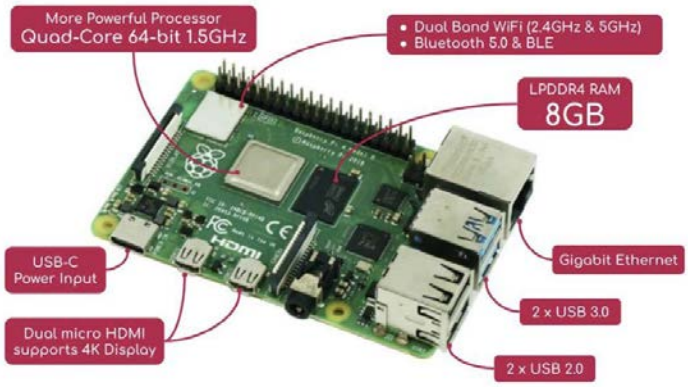
8. การเข้าคู่รูปแบบ (Template Matching) เป็นการค้นหา การจับคู่ และ/หรือการนับรูปแบบเฉพาะ

9. การจดจำแบบ (Pattern Recognition) เป็นการหาตำแหน่งและความแตกต่างของรูปทรงต่างๆ ของวัตถุนั้น โดยอาจจะหมุนวัตถุเพื่อหาส่วนของวัตถุที่อาจถูกปิดบังโดยวัตถุอื่น หรือหาขนาดที่แตกต่างกันของวัตถุโดยใช้แสงหรือสนามแม่เหล็ก แล้วถอดรหัสเป็นภาษาเครื่อง (Machine Language) เพื่อนำไปประมวลผลต่อไปได้

1.4 ไมโครคอมพิวเตอร์ราสเบอร์รี่พาย

บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่จัดอยู่ในกลุ่มคอมพิวเตอร์แบบฝังตัว (Embedded Computer) ถูกพัฒนาขึ้นในสหราชอาณาจักร (UK) โดย Raspberry Pi Foundation รูปแบบเดิมออกแบบเพื่อเป้าหมายในการส่งเสริมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐาน ในโรงเรียนและในประเทศกำลังพัฒนา ในปัจจุบันเป็นที่นิยมมากขึ้นสำหรับการใช้งาน เช่น หุ่นยนต์ เซิร์ฟเวอร์ อินเทอร์เน็ตออฟติง เป็นต้น สามารถต่อวงจรใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือระบบอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ สามารถเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งให้อุปกรณ์ปฏิบัติงานได้อย่างอัตโนมัติ Raspberry Pi ออกเสียงว่า ราส-เบอร์-รี่-พาย เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก และมีราคาที่ถูกเมื่อเทียบกับคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป แต่สามารถทำงานได้เหมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ และสามารถเชื่อมต่อกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์นี้เข้ากับจอภาพคอมพิวเตอร์หรือจอทีวีที่ รองรับ HDMI หรือเชื่อมต่อผ่านสายสัญญาณวิดีโอปกติได้เช่นกัน นอกจากต่อจอแสดงผลแล้ว ยังมีความสามารถรองรับเมาส์และคีย์บอร์ดผ่านพอร์ต USB ส่วนระบบจ่ายไฟสามารถใช้สาย Mini USB ที่เป็นแบบเดียวกันกับ

อุปกรณ์ชาร์จโทรศัพท์และอุปกรณ์อื่น ๆ อยู่ทั่วไปเข้ากับคอมพิวเตอร์ จึงทำให้สะดวกในการนำมาใช้งานได้



ภาพที่ 2.1 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย 4 รุ่นโมเดล B
(ที่มา: https://www.raspberrypithailand.com, 2566)

Raspberry Pi 4 Model B เป็นบอร์ดตัวใหม่ล่าสุดในกลุ่มคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi ที่ได้รับความนิยม มีความเร็วโปรเซสเซอร์ที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพการทำงานของมัลติมีเดียที่ยอดเยี่ยม พร้อมหน่วยความจำที่มากขึ้น รวมถึงการเชื่อมต่อที่พัฒนาให้ดีกว่าเมื่อเทียบกับรุ่นก่อนหน้า ส่วนประกอบของ Raspberry Pi 4 Model B มีดังนี้ โปรเซสเซอร์ Broadcom BCM2711, Cortex-A72 แบบ quad-core (ARM v8) SoC 64 บิต@ 1.5GHz หน่วยความจำแบบ 8GB LPDDR4 SDRAM พอร์ต GPIO (General Purpose Input/Output) 40 จุด ชิฟสื่อสารไร้สาย Wireless Lan 2.4G และ 5G แบบ Dual Band ชิฟ Bluetooth 5.0 BLE ช่องต่อการเชื่อมต่อ LAN แบบ Gigabit Ethernet พอร์ต USB 3.0 Type Aจำนวน 2 ช่อง และพอร์ต USB 2.0 Type A 2 ช่อง พอร์ต Micro-HDMI 2 ช่อง รองรับความละเอียดวิดีโอสูงสุด 4K 60Hz พอร์ต MIPI DSI/CSI 2 เลนสำหรับกล้องและจอแสดงผล พอร์ตเสียงสเตอริโอ 4 ขั้วและวิดีโอคอมโพสิต ช่องเสียบการ์ด MicroSD สำหรับดาวน์โหลดระบบปฏิบัติการและการจัดเก็บข้อมูล ไฟเลี้ยง 5.1V, 3A ผ่านพอร์ต USB-C หรือ GPIO

1.5 กล้องถ่ายภาพ

กล้องถ่ายภาพในระบบการมองเห็นของเครื่องจักรจะมี 2 ชนิด ได้แก่ กล้องถ่ายภาพธรรมดา (Digital Cameras) เป็นกล้องถ่ายภาพแบบดิจิตอล ในการใช้งานเมื่อจับภาพถ่ายได้แล้วต่อเข้ากับการ์ดเชื่อมต่อกับกล้องและให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นตัวประมวลผลและทำการวิเคราะห์ข้อมูลภาพต่อไป กล้องถ่ายภาพฉลาด (Smart Cameras) กล้องถ่ายภาพฉลาดในอุตสาหกรรมได้มีการประยุกต์รวมเอาเซนเซอร์ภาพ ระบบการมองเห็น ระบบโปรแกรม และระบบควบคุมอัตโนมัติเข้าไว้ภายในกล้อง ในงานวิจัยนี้ใช้กล้องถ่ายภาพประเภทเว็บแคม (Web Camera) คือ กล้องดิจิทัลสำหรับถ่ายภาพหรือวิดีโอ เชื่อมต่อใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์หรือใช้ร่วมกับโปรแกรมต่าง ๆ กล้องเว็บแคม Rapoo รุ่น C500 มีขนาด 136 x 38 x 37 มิลลิเมตร มีความยาวฐาน 55 มิลลิเมตร ประเภทเลนส์ไฮบริดมีการแก้ไขแสงอัตโนมัติ ประเภทโฟกัสแบบคงที่ ความละเอียดวิดีโอ FHD 2160P มุมมองภาพเลนส์ 80° ประเภทไมโครโฟนลดเสียงรบกวนคู่ในตัว วิธีการเชื่อมต่อผ่าน USB2.0 ความยาวสายเคเบิล 1.5 เมตร โฟกัสอัตโนมัติ 4K หรือ Ultra-High Definition

ภาพที่ 2.2 กล้อง Rapoo รุ่น C500

(ที่มา: https://www.rapoo.cn/product/606, 2566)

1.6 เซอร์โวมอเตอร์

หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มักถูกนำมาใช้ในการควบคุมมุมหรือตำแหน่งเชิงเส้นที่มีความละเอียดสูง โดยเซอร์โวมอเตอร์จะประกอบด้วยมอเตอร์ ชุดเกียร์ และบอร์ดควบคุม รวมไว้เป็นโมดูลเดียวกัน และจะรับสัญญาณควบคุม (signal, S) เพียง 1 เส้น ไฟเลี้ยง VCC และกราวด์ GND อีกอย่างละ 1 เส้น รวมเป็น 3 เส้น โดยทั่วไปเราสามารถควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา (หมุนขวา) หรือ ทวนเข็มนาฬิกา (หมุนซ้าย) ได้ โดยมีมุมในการหมุนตั้งแต่ 0 องศา ถึง 180 องศา นั่นคือ เซอร์โวจะหมุนได้เพียง 180 องศาหรือครึ่งรอบเท่านั้น โดยมีตำแหน่งกึ่งกลางอยู่ที่ 90 องศา สัญญาณ S ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ชนิดนี้จะเป็นสัญญาณที่มีการมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation, PWM) และมีระดับแรงดันแบบ TTL ระดับแรงดัน VCC ที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4 ถึง 6 โวลต์

ภาพที่ 2.3 เซอร์โวมอเตอร์
(ที่มา: https://inex.co.th/home/product/servo-sg92r/, 2566)

เมื่อจ่ายสัญญาณพัลส์เข้ามายังเซอร์โวมอเตอร์ในส่วนวงจรควบคุมภายในจะทำการอ่านและประมวลผลค่าความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ส่งเข้ามาเพื่อแปลค่าเป็นตำแหน่งองศาที่ต้องการให้มอเตอร์ หมุนเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งนั้น แล้วส่งคำสั่งไปทำการควบคุมให้มอเตอร์ หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยมีเซนเซอร์บอกตำแหน่งเป็นตัวป้อนกลับค่ามุมที่แกนหมุน ๆ ไป มาให้วงจรควบคุมเปรียบเทียบกับค่าอินพุตเพื่อควบคุมให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการอย่างถูกต้องแม่นยำ

1.7 ไลบรารี OpenCV

OpenCV (Open-Source Computer Vision Library: http://opencv.org) เป็นไลบรารีซอฟต์แวร์เปิดที่มีอัลกอริทึมการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์หลายร้อยรายการ ส่วนนี้จะอธิบายสิ่งที่เรียกว่า OpenCV 2.x API OpenCV มีโครงสร้างแบบแยกส่วนซึ่งหมายความว่าแพ็คเกจประกอบด้วยไลบรารีที่ใช้ร่วมกันหรือแบบคงที่หลายไลบรารี มีโมดูลต่อไปนี้

1. ฟังก์ชันหลัก (core) โมดูลที่กำหนดโครงสร้างข้อมูลพื้นฐาน รวมถึง Mat อาร์เรย์หลายมิติที่หนาแน่นและฟังก์ชันพื้นฐานที่ใช้โดยโมดูลอื่นๆ ทั้งหมด

2. การประมวลผลภาพ (imgproc) โมดูลการประมวลผลภาพที่มีการกรองภาพเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นการแปลงภาพทางเรขาคณิต (การปรับขนาด การแปรปรวนของแอฟฟีนและเปอร์สเปคทีฟ การรีแมปตามตารางทั่วไป) การแปลงปริภูมิสี ฮิสโตแกรม และอื่นๆ

3. การวิเคราะห์วิดีโอ (วิดีโอ) โมดูลการวิเคราะห์วิดีโอที่มีการประมาณการเคลื่อนไหวการลบพื้นหลังและอัลกอริทึมการติดตามวัตถุ

4. การปรับเทียบกล้องและการสร้าง 3D ใหม่ (calib3d) อัลกอริทึมเรขาคณิตแบบหลายมุมมองพื้นฐานการปรับเทียบกล้องเดี่ยวและสเตอริโอ การประมาณท่าทางวัตถุ อัลกอริทึมการโต้ตอบสเตอริโอ และองค์ประกอบของการสร้างภาพ 3 มิติใหม่

5. 2D Features Framework (features2d) - ตัวตรวจจับคุณสมบัติเด่น ตัวอธิบาย และตัวจับคู่ตัวอธิบาย

6. การตรวจจับวัตถุ (objdetect) - การตรวจจับวัตถุและอินสแตนซ์ของคลาสที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (ตัวอย่างเช่นใบหน้าดวงตาแก้วคนรถยนต์และอื่น ๆ)

7. GUI ระดับสูง (highgui) - อินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่ายสำหรับความสามารถของส่วนแสดงผลที่เรียบง่าย

8. Video I/O (videoio) - อินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่ายสำหรับการจับภาพวิดีโอและตัวแปลงสัญญาณวิดีโอและยังมีโมดูลตัวช่วยอื่นๆ เช่น FLANN และ Google test wrappers, Python bindings

1.8 โมเดล Linear Regression

1. Linear Regression และความสัมพันธ์ของข้อมูล Linear Regression เป็นหนึ่งในโมเดลของ Machine Learning ซึ่งใช้สำหรับการทำนายผลข้อมูลที่มี ความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น โดยลักษณะที่สำคัญของโมเดลชนิดนี้คือ

Linear Regression จัดอยู่ในกลุ่ม Supervise Learning โดยข้อมูลตัวอย่างที่นำมา Train Model ชนิดนี้ จะต้องมีคอลัมน์ที่เป็นผลลัพธ์

Linear Regression จะให้ผลลัพธ์เป็นตัวเลขที่มีค่าแตกต่างกัน จึงไม่สามารถจำแนกประเภทแบบ Classification ได้ หรือกล่าวได้ว่าเป็นการทำนายผลแบบ Regression นั่นเอง

Linear Regression ยังแบ่งแยกเป็นชนิดย่อย ๆ อีกหลายแบบตามลักษณะของข้อมูลตัวอย่างที่นำมา Train Model หรือตามลักษณะผลลัพธ์ที่ได้ โดยสิ่งที่จะกล่าวถึงในหนังสือเล่มนี้คือ Simple Linear Regression, Multiple Linear Regression a Polynomial Regression

การที่เราควรจะเลือกใช้โมเดล Linear Regression ในการทำนายผลหรือไม่นั้น ต้องดูจากข้อมูลตัวอย่างที่มีอยู่ ซึ่งหากข้อมูลนั้นให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นตัวเลข แต่อาจเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน (เมื่อตัวหนึ่งเพิ่ม อีกตัวหนึ่งก็เพิ่มตามกันแม้จะไม่สม่ำเสมอ) หรือเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงกันข้ามก็ได้ (เมื่อตัวหนึ่งเพิ่ม อีกตัวหนึ่ง อาจลดลง) ก็อาจคาดการณ์ในเบื้องต้นได้ว่า น่าจะใช้ Linear Regression ได้ เช่น สมมติว่าเมื่อเรานำข้อมูล มาวาดกราฟ แล้วมีลักษณะดังภาพต่างๆ ต่อไปนี้ ก็ให้ดูเป็นแนวทางในเบื้องต้นว่า แบบไหนที่ควรใช้และไม่ควรใช้ Linear Regression เพื่อทำนายผล (เส้นประ คือเส้นที่จะใช้ทำนายผล)

กรณีที่ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน (เมื่อตัวหนึ่งเพิ่ม อีกตัวหนึ่งก็เพิ่มด้วย) หรือเราเรียกว่ามีความสัมพันธ์ต่อกันในเชิงบวก (Positive Correlation) เราสามารถทำนายด้วย Linear Regression ได้

กรณีที่ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางตรงกันข้าม (เมื่อตัวหนึ่งเพิ่ม อีกตัวหนึ่งลด) หรือเราเรียกว่ามีความสัมพันธ์ต่อกันในเชิงลบ (Negative Correlation) ก็สามารถทำนายด้วย Linear Regression ได้เช่นกัน

กรณีที่ข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามกันอย่างชัดเจน (เมื่อตัวหนึ่งเพิ่มหรือลด อีกตัวหนึ่งอาจเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หรือมีแนวโน้มที่ไม่แน่นอน) ซึ่งอาจ เรียกว่า ไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน ดังนั้นจึงไม่ควรทำนายด้วย Linear Regression มิฉะนั้นอาจขาดความแม่นยำ

2. Simple Linear Regression ใช้ในการทำนายผลสำหรับกรณีที่ข้อมูลตัวอย่างประกอบด้วยคอลัมน์ที่เป็น Feature หรือตัวแปรอิสระ (x: Independence Variable) เพียงอันเดียว และคอลัมน์ที่เป็น Target หรือผลลัพธ์ หรือตัวแปรตาม (y: Dependence Variable) มีค่าเป็นตัวเลข โดยทั้งตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม มีความสัมพันธ์ กันแบบ Positive หรือ Negative อย่างใดอย่างหนึ่งตามหลักการของโมเดลแบบ Linear Regression

แม้ข้อมูลจะมีความสัมพันธ์กันแบบ Positive แต่จุดต่าง ๆ ไม่ได้จัดเรียงอยู่ ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ดังนั้นจึงยังไม่สามารถใช้สมการเส้นตรงคือ y = mx + c เพื่อทำนายผลได้ ทั้งนี้หากเราลากเส้นตรงผ่านระหว่างแนวของจุดต่าง ๆ ในกราฟความสัมพันธ์ ก็จะได้เส้นที่แสดงแนวโน้มของข้อมูล ชุดดังกล่าวหรือเรียกว่า Regression Line หรือสมการสำหรับทำนายผล ซึ่งเขียนสมการแทนเส้นตรงดังกล่าวในรูปแบบดังนี้

$$y = \beta_0 + \beta_1 x$$

ซึ่งก็เทียบได้สมการ y = mx + c = c + mx

โดยที่

β_0 คือ จุดตัดแกน Y (หรือ y-intercept)

β_1 คือ ความชัน (slope) ของกราฟ ในกรณีนี้เรานิยมเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ (coefficient)

2. การออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานสำหรับโรงเรือนและการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริด

2.1 รูปแบบการผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์

เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าด้วย โซล่าเซลล์ มีวิธีการผลิต การใช้งาน วัตถุประสงค์ การเชื่อมต่อ ฯลฯ ที่ค่อนข้างหลากหลาย จึงอาจทำให้เกิดความสับสนให้กับผู้ที่เริ่มศึกษา ดังนั้น จึงขออธิบายในภาพรวม การผลิตไฟฟ้าด้วย โซล่าเซลล์ เป็น 3 ประเภทหลัก และแบ่งเป็นประเภทการนำไปใช้งานเป็นข้อย่อย ๆ ตามเนื้อหาด้านล่างนี้ (https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-format/310-solarcell-overview)

2.1.1 ระบบออฟกริด (Off Grid) หรือ แบบอิสระ (Stand Alone)

คือระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ แล้วไม่ได้เชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่าย ของการไฟฟ้านครหลวง หรือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระบบนี้เหมาะกับสถานที่ไม่มีไฟฟ้า หรือที่ไฟเข้าไม่ถึง ไม่คุ้มที่จะเดินลากสายไฟยาวๆเข้ามาใช้เนื่องจากต้นทุนสูง

2.1.1.1 แบบต่อใช้งานโดยไม่ใช้แบตเตอรี่

กล่าวคือเมื่อได้กระแสไฟฟ้าจากแผง Solar Cell หรือ PhotoVoltaic (PV) แล้ว ก็ต่อไปยังอุปกรณ์เพื่อใช้งานเลย ดังนั้นก็จะใช้ได้เฉพาะเวลาที่มีแสงอาทิตย์เท่านั้น และไม่มีการเก็บประจุไฟฟ้ามาใช้งาน ทั้งนี้การนำมาต่อใช้งานก็อาจแยกตามอุปกรณ์ที่ใช้งาน ได้เป็น 2 ชนิด

1) อุปกรณ์ที่ใช้งาน (Load) ใช้ไฟ AC

เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานภายในบ้านเราเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ AC (Alternating Current) แต่ไฟฟ้าที่ได้จากแผง Solar Cell หรือ PhotoVoltaic (PV) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง DC (Direct Current) ดังนั้น ก่อนนำไปใช้งานจึงต้องนำมาแปลงมาเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเสียก่อน โดยนำมาต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่เรียกว่า อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ได้ก็จะมีการสูญเสียจากการแปลงฯ ทำให้ลดทอนประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าลงไป

2) อุปกรณ์ที่ใช้งาน (Load) ใช้ไฟ DC

นำกระแสไฟฟ้า DC ที่ได้จาก แผง Solar Cell หรือ PhotoVoltaic (PV) มาต่อใช้งานกับอุปกรณ์ของเราใช้งานเลย โดยไม่ต้อง ต่อผ่าน Inverter ซึ่งวิธีการนี้ข้อดีคือการนำไฟฟ้าที่ได้มาใช้งานได้อย่างคุ้มค่าที่สุด เนื่องจากมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าต่ำมาก แต่ข้อเสียคือ อุปกรณ์ ที่ใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ไฟ AC ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้งานอุปกรณ์ให้เหมะสม เช่น มอเตอร์ปั๊มน้ำที่ใช้ไฟ DC , มอเตอร์บำบัดน้ำเสียที่ใช้ไฟ DC เป็นต้น ซึ่งระบบนี้ก็จะได้ต้นทุนที่ต่ำและประหยัดสุด (เพราะไม่ต้องใช้ อินเวอร์เตอร์ (Inverter) และ แบตเตอรี่ ที่ราคาค่อนข้างสูง และอายุการใช้งานสั้น หากบำรุงรักษาไม่ดี)

ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ไฟ DC บางอย่าง ก็ไม่สามารถต่อกับไฟ DC ที่ได้จากแผง Solar Cell ได้โดยตรง ต้องต่อผ่าน Inverterก่อน เนื่องจากต้องปรับแรงดัน หรือค่าแฟคเตอร์อื่นๆให้เหมาะสมกับอุปกรณ์นั้นๆ ก่อน

2.1.1.2 แบบต่อใช้งานโดยใช้แบตเตอรี่

วิธีนี้คือการนำกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ มาชาร์จเข้าแบตเตอรี่ แล้วจึงนำไฟฟ้าที่ได้มาใช้งาน ซึ่งก็สามารถเลือกว่าจะนำจ่ายไฟ ให้กับอุปกรณ์ ที่ใช้ไฟ AC หรือ อุปกรณ์ที่ใช้ไฟ DC ทั้งนี้ข้อดีของการที่มีแบตเตอรี่คือสามารถเก็บประจุไฟฟ้าไว้ใช้งานได้กรณีที่ไม่มีแสงอาทิตย์ หรือสามารถใช้ไฟฟ้าในเวลากลางคืนได้ โดยอาจแยกตามอุปกรณ์ที่ใช้งาน ได้เป็น 2 ชนิด

1) นำกระแสไฟที่ได้จากแผง Solar Cell หรือ PhotoVoltaic (PV) มาชาร์จแบตเตอรี่ แล้วนำไฟจากแบตเตอรี่ แปลงเป็นไฟ AC ต่อไปยังอุปกรณ์ที่ใช้งาน (Load) ใช้ไฟ AC เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานภายในบ้านเราเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ AC (Alternating Current) แต่ไฟฟ้าที่ได้จากแผง Solar Cell หรือ PhotoVoltaic (PV) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง DC (Direct Current) ดังนั้น ก่อนนำไปใช้งานจึงต้องนำมาแปลงมาเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเสียก่อน โดยนำมาต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่เรียกว่า อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ได้ก็จะมีการสูญเสียจากการแปลง ฯ ทำให้ลดทอนประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าลงไป

2) นำกระแสไฟที่ได้จากแผง Solar Cell หรือ PhotoVoltaic (PV) มาชาร์จแบตเตอรี่ แล้วนำไฟจากแบตเตอรี่ ต่อไปยังอุปกรณ์ที่ใช้งาน (Load) ใช้ไฟ DC ซึ่งวิธีการนี้ข้อดี การนำไฟฟ้าที่ได้มาใช้งานได้อย่างคุ้มค่าที่สุด เนื่องจากมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าต่ำมาก แต่ข้อเสียคืออุปกรณ์ ที่ใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ไฟ AC ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้งานอุปกรณ์ให้เหมะสม เช่น หลอดไฟ LED แบบ DC, มอเตอร์, ปั๊มน้ำ เป็นต้น

2.1.2 ระบบ ออนกริด (On Grid) หรือ แบบเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Grid Connected) เป็นระบบการผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์ แล้วเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยอุปกรณ์ Inverter แล้วไปเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายไฟของ การไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยข้อดีคือสามารถนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ขายให้กับการไฟฟ้าฯ (ทั้งนี้ต้องได้รับอนุญาตจากหน่วยงานราชการก่อน) หรือนำไฟฟ้าที่ได้มาใช้งานเองเพื่อลดค่าไฟฟ้า หากผลิตไม่พอใช้อุปกรณ์ควบคุมก็จะนำไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้ามาใช้งานทดแทน

2.1.2.1 แบบผลิตเพื่อจำหน่ายไฟ ให้การไฟฟ้าฯ

การติดตั้งแบบนี้ก็เพื่อผลิตไฟฟ้าจำหน่ายให้กับ การไฟฟ้านครหลวง หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยต้องมีการติดตั้งมิเตอร์แยกจาก มิเตอร์ที่เราใช้ไฟจากการไฟฟ้าฯ ทั้งนี้การรับซื้อไฟต้อง

ขึ้นอยู่กับนโยบายของภาครัฐว่าจะเปิดให้ลงทะเบียนจำหน่ายไฟเมื่อใดและมีค่าสมทบค่าไฟฟ้าอีกเท่าใด (เรียกว่าค่าแอดเดอร์)

2.1.2.2 แบบผลิตเพื่อใช้เองและลดค่าไฟฟ้า

การติดตั้งแบบนั้น เพื่อลดค่าไฟฟ้า โดยเมื่อมีการใช้ไฟ มากกว่าที่ผลิตเองจากโซล่าเซลล์ ตัวอุปกรณ์ Grid Tie Inverter ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ ก็จะทำหน้าที่ดึงกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาใช้งานโดยอัตโนมัติ ดังนั้นก็จะทำให้ลดค่าไฟฟ้าลงได้และไม่มีข้อจำกัดเรื่องกำลังไฟไม่พอ เพราะดึงจากการไฟฟ้ามาชดเชย แต่การติดตั้งแบบนี้ต้องได้รับการอนุญาตจากการไฟฟ้าฯก่อน แต่ข้อเสียของระบบนี้คือช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์หรือเวลากลางคืน ก็จะไม่มีการผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาซึ่งช่วงนี้ก็จะต้องดึงพลังงานไฟฟ้ามาจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฯ

2.1.2.3 ระบบออนกริด (On Grid) แบบ เน็ตมิเตอร์ริ่ง (Net Metering)

ระบบนี้น่าจะเวิร์คสุดแล้ว เนื่องจากเพราะว่า หากเราติดตั้งระบบออนกริด แล้วช่วงตอนกลางวันเราไม่ได้อยู่บ้าน ไม่มีการใช้ไฟฟ้า ก็ทำให้เราติดตั้งระบบโซล่าเซลล์เสียเปล่า ไม่ได้ประโยชน์ เหมือนผลิตไฟฟ้าได้แล้วทิ้งไป

หากเป็นระบบเน็ตมิเตอริ่ง ช่วงเวลากลางวันเราไม่อยู่บ้านเมื่อระบบโซล่าเซลล์ผลิตไฟฟ้าได้ก็จะไหลเข้าระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้า โดยตัวมิเตอร์ก็จะเก็บข้อมูลไว้ว่าเราผลิตได้กี่หน่วย แล้วพอตอนกลางคืนเรากลับบ้าน มาใช้ไฟฟ้ามิเตอร์ ก็จะหักลบกับที่เราผลิตได้เมื่อตอนกลางวัน และสุดท้ายก็สรุปในแต่ละเดือนเราจะต้องจ่ายค่าไฟฟ้าเท่าไหร่

2.1.3 ระบบ ไฮบริดส์ (Hybrid) หรือแบบผสม

ระบบทำงานได้ทั้ง Off Grid และ On Grid โดยจะเปลี่ยนสถานะเป็นแหล่งจ่ายไฟได้เองอัตโนมัติ และสามารถใช้ไฟได้หาก มีการดับไฟจากระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้าฯ ซึ่งแบบไฮบริดส์ นี้ก็จะมาแก้ไขจุดด้อยของ ข้อ 2.2 กล่าวคือ ก็จะมีการเพิ่ม Hybrid Inverter และอุปกรณ์แบตเตอรี่เข้ามาด้วยเพื่อทำการเก็บประจุไว้ใช้งานในกรณ์ที่ไม่มีแสงอาทิตย์

2.2 ระบบไมโครกริด

ระบบไมโครกริด (Microgrid) คือระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage) หรือแรงดันระดับกลาง (Medium Voltage) ที่มีขนาดเล็กซึ่งได้มีการรวมระบบผลิตไฟฟ้า โหลดไฟฟ้า ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ระบบกักเก็บพลังงาน และระบบควบคุมอัตโนมัติเข้าไว้ด้วยกัน ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่กล่าวมาในข้างต้นจะสามารถทำงานสอดประสานกันเปรียบเสมือนเป็นระบบเดียว โดยทั่วไปแล้วระบบไมโครกริดจะเชื่อมต่ออยู่กับระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลัก (Main Grid) ในกรณีปกติระบบไมโครกริดจะทำหน้าที่บริหารจัดการการผลิตและการใช้ไฟฟ้าในระบบไมโครกริดให้เป็นไปอย่างเหมาะสม โดยเน้นการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้งานเองภายในระบบไมโครกริดเป็นหลักและใช้ระบบ

โครงข่ายไฟฟ้าหลักเพื่อเสริมความมั่นคง นั่นคือ มีการแลกเปลี่ยนไฟฟ้าส่วนเกินหรือส่วนขาดกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลัก อย่างไรก็ตามระบบไมโครกริดสามารถแยกตัวเป็นอิสระ (Islanding) จากระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลักได้ในสภาวะที่จำเป็น

กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าที่เป็นเป้าหมายที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบไมโครกริดมีอยู่ด้วยกันหลายกลุ่ม เช่น สถาบันการศึกษา สถาบันวิจัย โรงพยาบาล มหาวิทยาลัย กลุ่มอุตสาหกรรมและการพาณิชย์ ชุมชนที่อยู่นอกโครงข่ายไฟฟ้าหลัก ฐานทัพทางการทหาร ศูนย์ข้อมูล เทศบาล ชุมชน ต่าง ๆ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาระบบไมโครกริดได้ถูกศึกษาและพัฒนาเพื่อนำไปใช้งานร่วมกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลักในประเทศที่พัฒนาแล้วหลาย ๆ ประเทศ เช่น ประเทศในทวีปยุโรป สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และออสเตรเลีย เป็นต้น

โดยทั่วไประบบไมโครกริดประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ 4 ส่วน ได้แก่

1) ระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก

ระบบผลิตไฟฟ้าทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าขึ้นภายในระบบไมโครกริดเองเพื่อจ่ายให้กับโหลดไฟฟ้าภายในระบบไมโครกริด โดยทั่วไปแล้วจะเป็นระบบผลิตพลังงานที่มีขนาดเล็กและกระจายตัวอยู่ทั่วไป (Distributed Generation: DG) สำหรับระบบสมาร์ทไมโครกริดสมัยใหม่จะเน้นการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนเป็นหลัก เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลม โรงไฟฟ้าชีวมวลหรือก๊าซชีวภาพ โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก เป็นต้น โดยจะใช้ระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นระบบเสริมเพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบในกรณีที่การผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนไม่เพียงพอ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล เป็นต้น ทั้งนี้โดยนิยามแล้วระบบไมโครกริดไม่จำเป็นจะต้องมีระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนเป็นส่วนประกอบก็ได้

2) ระบบควบคุมไมโครกริด

ระบบควบคุมไมโครกริด (Microgrid Controller) คือระบบบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management System) ในรูปแบบหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่บริหารจัดการการผลิตไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าภายในระบบ นอกจากนี้ในระบบไมโครกริดที่มีระบบกักเก็บพลังงานเป็นส่วนประกอบ ระบบควบคุมไมโครกริดจะทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จและการจ่ายไฟจากระบบกักเก็บพลังงานให้เป็นไปอย่างเหมาะสมด้วย โดยหน้าที่หลักของระบบควบคุมไมโครกริดคือการรวบรวมข้อมูลจากส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบไมโครกริด จากนั้นจึงประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Point) ในการทำงานของระบบไมโครกริดนั้น ๆ ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ได้ถูกกำหนดและตั้งค่าไว้ จากนั้นจึงสั่งการและควบคุมการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในระบบเพื่อให้มีการทำงานประสานกันได้เสมือนว่าเป็นระบบเดียว โดยหน้าที่หลักของระบบควบคุมไมโครกริดคือการบริหารจัดการให้เกิดสมดุลระหว่างการผลิตไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าภายในระบบไมโครกริด

ภายในระบบไมโครกริดเท่าที่จะสามารถทำได้ โดยจะเน้นให้มีการใช้งานพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นภายในระบบให้ได้มากที่สุดและทำหน้าที่ควบคุมการแลกเปลี่ยนไฟฟ้าระหว่างระบบไมโครกริดกับโครงข่ายไฟฟ้าหลักในการแลกเปลี่ยนไฟฟ้าส่วนเกินหรือส่วนขาด

ระบบควบคุมไมโครกริดจะทำงานในลักษณะอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติอย่างสอดคล้องกับเงื่อนไขที่ได้ถูกกำหนดไว้ก่อนหน้า รวมถึงการวิเคราะห์และประมวลผลหาแนวทางในการควบคุมระบบให้เกิดการปฏิบัติงานอย่างเหมาะสมมากที่สุดทั้งในเชิงเทคนิคความปลอดภัย รวมไปถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ นอกจากนี้ระบบควบคุมของไมโครกริดที่ทันสมัยจะสามารถทำงานร่วมกับระบบพยากรณ์ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียนและใช้ผลของการพยากรณ์ดังกล่าวในการบริหารจัดการการผลิตและการใช้ไฟฟ้าภายในระบบไมโครกริด

3) ส่วนต่อเชื่อมกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลัก

ส่วนเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลักเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมสั่งการการเชื่อมต่อหรือการตัดการเชื่อมต่อระหว่างระบบไมโครกริดกับระบบโครงข่าย ไฟฟ้าหลัก โดยทั่วไปแล้วส่วนเชื่อมต่อฯ จะรับคำสั่งมาจากระบบควบคุมไมโครกริดโดยตรง อย่างไรก็ตามในภาวะฉุกเฉินส่วนเชื่อมต่อฯ จะสามารถตัดการเชื่อมต่อได้ด้วยตัวเองอย่างอัตโนมัติตามข้อกำหนดการควบคุมที่ถูกตั้งไว้ก่อนหน้า

4) โหลดไฟฟ้า

โหลดไฟฟ้า ได้แก่ ผู้ใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในระบบไมโครกริด ซึ่งอาจจำแนกได้เป็น ผู้ใช้ไฟฟ้าในภาคบ้านเรือน ภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจอาคารพาณิชย์ ส่วนราชการ ฯลฯ โหลดไฟฟ้าเหล่านี้จะถูกจัดลำดับความสำคัญ (Priority) จากมากไปหาน้อย เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการการตัดสินใจของระบบควบคุมไมโครกริด ในกรณีที่ระบบไมโครกริดจำเป็นต้องแยกตัวอิสระออกมาจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลักและแหล่งผลิตไฟฟ้าภายในระบบไมโครกริดไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดไฟฟ้าทั้งหมดภายในระบบไมโครกริดได้ โหลดไฟฟ้าซึ่งถูกจัดให้มีลำดับความสำคัญต่ำจะถูกตัดการจ่ายไฟฟ้าก่อน หลังจากนั้นโหลดซึ่งมีความสำคัญมากขึ้นในลำดับถัด ๆ ไปก็จะถูกตัดออกจากระบบตามลำดับ ทั้งนี้โหลดที่มีลำดับที่มีความสำคัญมากที่สุดจะได้รับการจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องในทุกสภาวะ เช่น โรงพยาบาล ท่าอากาศยาน ฐานทัพที่ตั้งทางการทหาร เป็นต้น

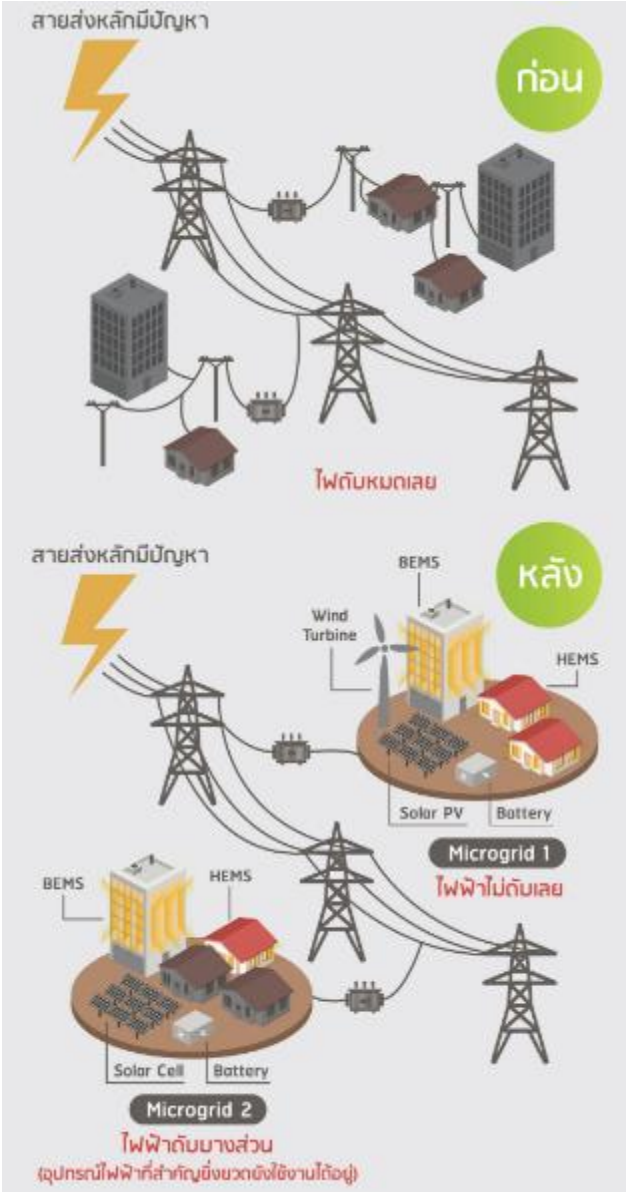
ระบบไมโครกริดแต่ละระบบจะมีลักษณะเฉพาะเป็นของตนเองขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในระบบ นอกจากนี้ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้ารูปแบบการใช้ไฟฟ้าประเภทและจำนวนของแหล่งผลิตไฟฟ้าที่มีในระบบก็มีผลให้ระบบไมโครกริดมีลักษณะและความสามารถในการทำงานในระดับที่แตกต่างกันออกไป เช่น ระบบไมโครกริดที่มีระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจำนวนมากและมีระบบกักเก็บพลังงานเป็นส่วนประกอบ เมื่อจำเป็นต้องแยกตัวอิสระจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลักจะยังสามารถคงการจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดส่วนมากได้ในระบบ ในทางตรงกันข้ามระบบไมโครกริดที่มีระบบผลิตไฟฟ้า

จำกัดและไม่มีระบบกักเก็บพลังงานเป็นส่วนประกอบ จะต้องอาศัยการพึ่งพาระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลักเป็นอย่างมาก ดังนั้นเมื่อระบบไมโครกริดดังกล่าวจำเป็นต้องแยกตัวอิสระจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลักจะสามารถคงการจ่ายไฟฟ้าให้กับบางโหลดที่มีความสำคัญสูงเท่านั้น เป็นต้น
ทั้งนี้เนื่องจากระบบไมโครกริดประกอบไปด้วย ผู้ใช้ไฟฟ้าและระบบผลิตไฟฟ้าที่กระจายตัวอยู่ทั่วไปในระบบ ดังนั้นระบบจำหน่ายในระบบไมโครกริดนั้น จึงต้องถูกออกแบบให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ใน 2 ทิศทาง ซึ่งตรงกันข้ามกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าแบบดั้งเดิมซึ่งเป็นการไหลของไฟฟ้าในทิศทางเดียวเท่านั้น คือจากโรงไฟฟ้าไปสู่โหลดไฟฟ้าต่าง ๆ ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าระบบไมโครกริดในภาพรวมอาจทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าหรือโหลดไฟฟ้าก็ได้ขึ้นอยู่กับสถานะการทำงานของระบบไมโครกริดและการควบคุมระบบในช่วงเวลาดังกล่าว

ในส่วนประโยชน์ที่เด่นชัดของการนำระบบไมโครกริดมาใช้งาน คือจะสามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือได้ (Reliability) ทางไฟฟ้าภายในระบบไมโครกริดนั้น ๆ โดยเมื่อเกิดปัญหาขัดข้องขึ้นกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลัก เช่น ฟ้าผ่าสายส่งไฟฟ้า ต้นไม้ล้มพาด เสาไฟฟ้า ฯลฯ ระบบไมโครกริดจะรับรู้ถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลัก ระบบควบคุมไมโครกริดจะสั่งการอย่างอัตโนมัติให้ระบบไมโครกริดทำการแยกตัวเองอิสระออกมาจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลักและเนื่องจากระบบไมโครกริดมีระบบผลิตไฟฟ้าเป็นของตนเอง บางระบบอาจจะมีระบบกักเก็บพลังงานเป็นส่วนประกอบด้วย หลังจากที่ระบบไมโครกริดแยกตัวอิสระออกมาจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลัก จึงยังสามารถบริหารจัดการให้แหล่งผลิตไฟฟ้าหรือระบบกักเก็บพลังงานภายในจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดที่มีความสำคัญสูงภายในระบบไมโครกริดนั้น เช่น สถานพยาบาล สัญญาณไฟจราจร ฯลฯ ได้อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ ปริมาณและจำนวนโหลดที่ยังคงได้รับการจ่ายไฟในขณะที่ระบบไมโครกริดแยกตัวอิสระออกมานั้น จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะเฉพาะตัวของระบบไมโครกริดนั้น ๆ เช่น มีแหล่งผลิตไฟฟ้าภายในระบบมากน้อยเพียงใด เป็นต้น ในขณะเดียวกันระบบควบคุมไมโครกริดยังสามารถดำเนินการตอบสนองด้านโหลดภายในระบบไมโครกริดอย่างอัตโนมัติควบคู่ไปด้วย เพื่อให้ลดหรือเปลี่ยนช่วงเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าบางส่วนในช่วงเวลาดังกล่าวและรักษาความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในระบบไมโครกริดให้อยู่ในระดับที่ระบบผลิตไฟฟ้าภายในระบบไมโครกริดหรือระบบกักเก็บพลังงานยังสามารถจ่ายไฟฟ้ารองรับได้อย่างเพียงพอ

หากเปรียบเทียบระบบไฟฟ้าแบบดั้งเดิมกับระบบไฟฟ้าในอนาคตที่ประกอบด้วย ระบบสมาร์ทไมโครกริดจำนวนหนึ่ง เมื่อเกิดความขัดข้องขึ้นในระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลัก หากเป็นระบบไฟฟ้าแบบดั้งเดิมจะไม่สามารถจ่ายไฟให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่นั้นได้จนกว่าจะสามารถแก้ไขความขัดข้องที่เกิดขึ้นได้เสียก่อน อย่างไรก็ตามในกรณีที่มีการนำระบบไมโครกริดมาใช้ระบบไมโครกริดนั้นจะแยกตัวอิสระออกมาจากโครงข่ายไฟฟ้าหลัก จากนั้นจึงใช้ระบบผลิตไฟฟ้าหรือระบบกักเก็บพลังงานที่มีอยู่ทำการ

จ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดที่มีความสำคัญสูงในระบบไมโครกริดนั้น ๆ ดังนั้น ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในระบบไมโครกริดจะได้รับความน่าเชื่อถือทางไฟฟ้าสูงกว่าผู้ใช้ไฟฟ้าที่ไม่ได้อยู่ในระบบไมโครกริด



ภาพที่ 2.4 ประโยชน์ของไมโครกริด

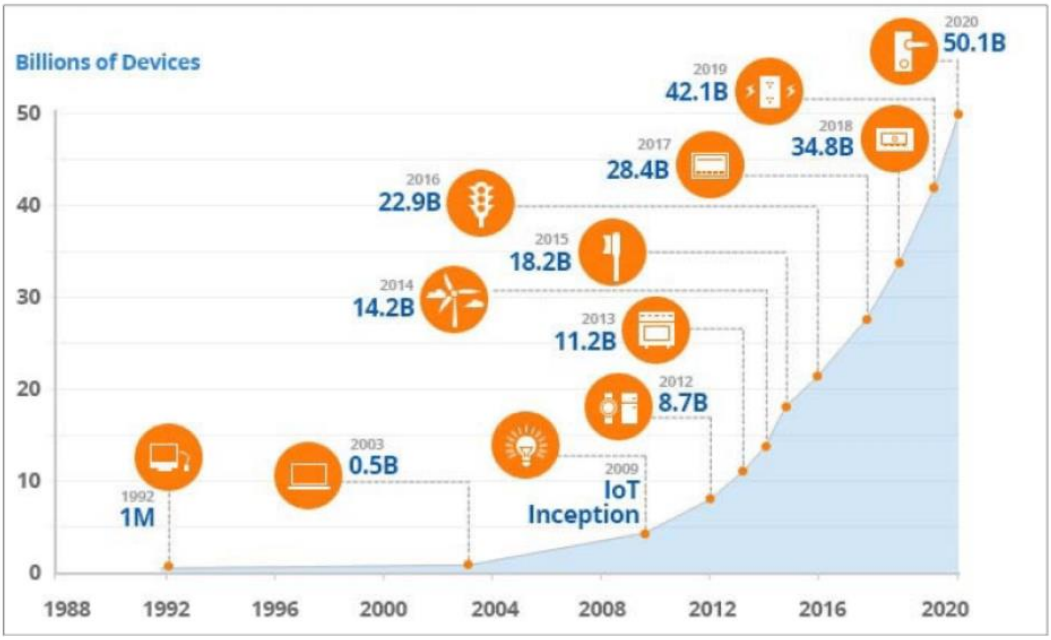
(ที่มา: https://thai-smartgrid.com/tech-basic-related-smartgrid/microgrid/)

ประโยชน์ที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการนำระบบไมโครกริดมาใช้งานคือ การลดการสูญเสียไฟฟ้าในระบบส่งและระบบจำหน่าย แต่เดิมนั้นไฟฟ้าจะถูกผลิตขึ้นมาโดยโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะอยู่ห่างจากผู้ใช้ไฟฟ้ามาก ดังนั้นไฟฟ้าจะต้องถูกส่งผ่านระบบส่งและระบบจำหน่ายเป็นระยะทางไกลทำให้มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า (Loss) ส่วนหนึ่งไป ซึ่งในกรณีของระบบไมโคร

กริดนั้นจะมีระบบผลิตไฟฟ้าอยู่ภายในระบบนั่นคือ ระบบผลิตไฟฟ้าตั้งอยู่ใกล้กับผู้ใช้ไฟฟ้าจึงทำให้ระยะทางของการส่งไฟฟ้าลดน้อยลงมาก ซึ่งส่งผลให้ความสูญเสียในการส่งไฟฟ้าลดลงตามไปด้วย นอกจากนี้การใช้งานระบบไมโครกริดที่มากขึ้นจะลดการพึ่งพาและใช้งานระบบส่งและระบบจำหน่ายไฟฟ้าลงทำให้สามารถชะลอการสร้างหรือขยายระบบส่งและระบบจำหน่ายใหม่ได้ ทั้งนี้ยังรวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุงระบบโครงข่ายไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นตามมาอีกด้วย ทั้งนี้การที่โหลดไฟฟ้าอยู่ใกล้กับระบบผลิตไฟฟ้าทำให้มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานทางหนึ่งนั่นคือมีความเป็นไปได้ในการนำความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไฟฟ้ามาจ่ายให้กับโหลดความร้อนในบริเวณใกล้เคียงได้ เช่น จากระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Cogeneration) เป็นต้น นอกจากนี้ระบบสมาร์ทไมโครกริดยังมีส่วนในการสนับสนุนการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle: EV) ในระบบอีกด้วย

2.3 ระบบไอโอที

Internet of Things (IoT) พัฒนามาจากเทคโนโลยีการระบุตัวตนด้วยคลื่นวิทยุ หรือ Radio-frequency Identification (RFID) โดยพัฒนาเป็นเทคโนโลยีที่เชื่อมต่อระหว่างวัตถุสิ่งของ หรือโครงสร้างทางกายภาพ เข้ากับโครงสร้างด้านดิจิทัล หรือระบบอินเทอร์เน็ตผ่านเซ็นเซอร์ เพื่อให้เกิดการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานและวัตถุในเครือข่าย กล่าวคือ ผู้ใช้งานสามารถสั่งการควบคุมการใช้งานวัตถุสิ่งของในเครือข่ายผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ เช่น การเปิด-ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าผ่าน Smart Phone โดยในปัจจุบัน วัตถุสิ่งของที่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้นั้น ไม่ได้จำกัดเฉพาะ Smart Phone, Tablet หรือคอมพิวเตอร์ แต่ยังรวมถึงอุปกรณ์ไฮเทคที่ได้รับการติดตั้งสมองกล เช่น Smart Watch, Smart Glass หรืออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน เช่น เครื่องปรับอากาศ ระบบไฟส่องสว่าง เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยี IoT ถูกนำมาประยุกต์ใช้เข้ากับวิถีชีวิตประจำวันของมนุษย์จนถึงกระบวนการทำงานในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น Smart Home หรือการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในบ้านเข้าด้วยกัน และสั่งการจากส่วนกลาง และ Industrial Internet หรือการเชื่อมต่อระบบการผลิตในโรงงานเข้าด้วยกัน และควบคุมสั่งการจากส่วนกลาง โดยการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี IoT มีแนวโน้มในเชิงจำนวนและความหลากหลายมากขึ้น มีการคาดการณ์จากบริษัทด้านเทคโนโลยีสารสนเทศว่า จำนวนวัตถุที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบ IoT มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นจำนวนถึง 50,000 ล้านชิ้นภายในปี 2020 ดังแสดงในแผนภาพ



ภาพที่ 2.5 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของวัตถุที่สามารถเชื่อมต่อระบบ IoT

(ที่มา: https://www.depa.or.th/th/article-view/tech-series-internet-things-iots)

ทั้งนี้ ส่วนประกอบของเทคโนโลยี IoT แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

ส่วนรับข้อมูล คือ ส่วนที่ช่วยให้อุปกรณ์ IoT รับรู้ข้อมูลจากสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น เซ็นเซอร์ และ แอคทิเวเตอร์ (Activator)

ส่วนสื่อสาร คือ ส่วนที่ช่วยให้อุปกรณ์ IoT มีความสามารถในการสื่อสาร เป็นส่วนที่มีการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต โดยเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมคือสมองกลฝังตัวที่ติดไว้กับวัตถุ ซึ่งเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต มีหน้าที่รับข้อมูลความเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องจากเซ็นเซอร์แล้วส่งข้อมูลนี้ผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อเชื่อมต่อเข้ากับระบบควบคุมและประเมินผลส่วนกลาง ทั้งนี้ จุดเด่นของสมองกลฝังตัว คือการส่งข้อมูลแบบ Real Time อย่างแม่นยำ

ส่วนประมวลผลข้อมูล คือ ส่วนที่ช่วยให้อุปกรณ์ IoT มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับ นับเป็นส่วนที่ทำให้เกิดกระบวนการทำงานในเทคโนโลยี IoT เช่น เทคโนโลยีการประมวลผลแบบคลาวด์ (Cloud Computing)

ทั้งนี้ การที่เทคโนโลยี IoT ได้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้เกิดการรวบรวมข้อมูลเหล่านี้แล้วจัดเก็บเป็นคลังข้อมูลส่วนกลางขนาดใหญ่ของระบบ (Big Data) หรือนำไปผนวกกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำข้อมูลจากคลังส่วนกลางไปใช้วิเคราะห์และทำนายผลการทำงานของบุคคล สิ่งของ หรือองค์กรต่างๆ ที่อยู่ในระบบได้ต่อไป

3. ระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟน เพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน

3.1 ความหมายของพลังงาน

พลังงาน คือ ความสามารถที่จะทำงานได้ ความสามารถดังกล่าวนี้เป็นความสามารถของวัตถุใดมีพลังงานวัตถุนั้นก็สามารถทำงานได้และคำว่างานในที่นี้เป็นผลของการกระทำของแรง ซึ่งทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปในแนวของแรงสิ่งใดก็ตามที่สามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนตำแหน่งหรือเคลื่อนที่ไปจากที่เดิมได้สิ่งนั้นย่อมมีพลังงานอยู่ภายใน

พลังงาน คือ ความสามารถที่จะทำงานได้โดยอาศัยแรงงานที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติโดยตรงและที่มนุษย์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีดัดแปลงใช้จากพลังงานตามธรรมชาติ ตามคำนิยามของนักวิทยาศาสตร์ พลังงาน (Energy) คือ ความสามารถในการทำงาน (Ability to do work) โดยการทำงานนี้อาจจะอยู่ในรูปของการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนรูปของวัตถุก็ได้

พลังงาน คือ ความสามารถของสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่จะทำงานได้ ซึ่งงานเป็นผลจากการกระทำของแรงเป็นเหตุให้สิ่งนั้นเคลื่อนที่ซึ่งคุณสมบัติโดยทั่วไปของพลังงานมีอยู่ 2 ประการ คือ ทำงานได้และเปลี่ยนรูปได้ (ที่มา: บ้านจอมยุทธhttps://www.baanjomyut.com/library_2/energy_and_quality_of_life/12.html)

3.2 ประเภทของพลังงาน

เนื่องจากความหลากหลายของพลังงานที่มีอยู่เป็นส่วนหนึ่งที่ ทำให้ผู้ศึกษาอาจเกิดความเข้าใจสับสนจึงได้มีนักวิชาการพยายามที่จะจำแนกอธิบายพลังงานเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษามากยิ่งขึ้น พลังงานสามารถจำแนกได้ ดังนี้

จำแนกตามแหล่งที่ได้มา แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. พลังงานต้นกำเนิด (Primary energy) หมายถึง แหล่งพลังงานที่เกิดขึ้นหรือมีอยู่แล้วตามธรรมชาติสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ได้แก่ น้ำ แสงแดด ลม เชื้อเพลิงตามธรรมชาติ เช่น น้ำมันดิบ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ พลังงานความร้อนใต้พิภพ แร่นิวเคลียร์ ไม้ฟืน แกลบ ชานอ้อย เป็นต้น

2. พลังงานแปรรูป (Secondary energy) หมายถึง สภาวะของพลังงานซึ่งได้มาโดยการนำพลังงานต้นกำเนิดดังกล่าวแล้วข้างต้นมาแปรรูป ปรับปรุง ปรุงแต่ง ให้อยู่ในภาพที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในลักษณะต่าง ๆ กันได้ตามความต้องการ เช่น พลังงานไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ถ่านไม้ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว เป็นต้น

3.3 พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) คือ

พลังงานไฟฟ้า คือ พลังงานรูปแบบหนึ่งที่เกิดจากการแยกตัว หรือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน หรือโปรตอน ซึ่งการเดินทางของพลังงานดังกล่าวผ่านวัสดุนำไฟฟ้า ทำให้เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่เราใช้กันอยู่ในทุกวันนี้ ปัจจุบัน พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากทั้งในแง่การดำรงชีวิต คุณภาพชีวิต และการอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิต เช่น การเชื่อมต่อแหล่งพลังงานไฟฟ้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ เช่น พัดลม โทรทัศน์ วิทยุ เตารีด เป็นต้น นอกจากนี้ พลังงานไฟฟ้ายังเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศทั้งทางด้านคมนาคม เศรษฐกิจ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม และบริการ จึงส่งผลให้ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ประเภทของพลังงานไฟฟ้า

ประเภทของพลังงานไฟฟ้าสามารถแบ่งตามแหล่งกำเนิดได้ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและพลังงานไฟฟ้าที่มนุษย์สร้างขึ้น

ไฟฟ้าสถิต (Static Electricity หรือ Electrostatic Charges)
เป็นพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการนำวัตถุสองชนิดมาขัดสีหรือถูกัน ซึ่งวัตถุแต่ละชนิดจะมีประจุไฟฟ้าบวก (+) และประจุไฟฟ้าลบ (-) อยู่ในตัวเท่า ๆ กัน การขัดสีจึงทำให้ประจุไฟฟ้าที่อยู่ในวัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนที่ และแสดงปรากฏการณ์พลังงานไฟฟ้าในรูปการดึงดูด การผลักกัน หรือการเกิดประกายไฟ ส่วนปรากฏการณ์การเกิดไฟฟ้าสถิตในธรรมชาตินั้นรวมถึงฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า เป็นต้น

ไฟฟ้ากระแส (Current Electricity)
เป็นพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current: D.C.) เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าไปทางเดียวกันตลอดเวลากล่าวคือจะไหลจากขั้วบวกไปขั้วลบ เช่น กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย ไดนาโม เซลล์สุริยะ เป็นต้น
ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current: A.C.) เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าไหลกลับไปกลับมาระหว่างขั้วบวกกับขั้วลบอย่างรวดเร็วตลอดเวลา ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสไฟฟ้าที่เราใช้ตามอาคารบ้านเรือน เกิดจากการหมุนของไดนาโมกระแสสลับจากเครื่องจักรหรือแหล่งพลังงานอื่น ๆ เช่น พลังน้ำจากเขื่อน พลังงานลม เป็นต้น

พลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญอย่างไร

ปัจจุบัน พลังงานไฟฟ้า คือ ปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่งในการดำรงชีวิตประจำวัน นอกจากการให้แสงสว่างในยามค่ำคืน ให้ความร้อนในการหุงต้มและรีดผ้า ให้พลังงานที่ใช้ในการหมุนมอเตอร์ เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องปั่น เครื่องทำความเย็น และเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทอื่น ๆ แล้ว พลังงานไฟฟ้ายังมีความจำเป็นต่อการสื่อสาร การคมนาคม เศรษฐกิจ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม

ฯลฯ โดย “ไฟฟ้า”เป็นตัวแปรสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร รวมถึงการยกระดับอุตสาหกรรมให้ทัดเทียมอารยประเทศ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการกระจายรายได้ การสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันในด้านการผลิต และการขายสินค้า ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ

ประโยชน์ของพลังงานไฟฟ้าต่ออุตสาหกรรม

พลังงานไฟฟ้าถือเป็นตัวแปรสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจผ่านการเพิ่มขีดความสามารถในการยกระดับอุตสาหกรรมให้มีความทันสมัยและมั่นคง ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจ ซึ่งจากสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามสาขาเศรษฐกิจ ในปี พ.ศ. 2554-2563 พบว่า สาขาอุตสาหกรรมเป็นสาขาที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด เนื่องจากเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมโลหะ อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมอาหารล้วนจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยหลักในกระบวนการผลิตทั้งสิ้น หากเกิดกรณีไฟฟ้าขัดข้องหรือไฟดับอาจทำให้กระบวนการผลิตหยุดชะงัก ขาดความต่อเนื่อง และทำให้สินค้าเกิดความเสียหาย ส่งผลให้ความเชื่อมั่นของนักลงทุนต่างประเทศลดลง และยังเสี่ยงทำให้เครื่องจักรชำรุด เนื่องจากเกิดการกระชากของกระแสไฟฟ้า จึงปฏิเสธไม่ได้ว่าพลังงานไฟฟ้านั้นมีความจำเป็นต่ออุตสาหกรรมมากเลยทีเดียว (ที่มา: https://www.npsplc.com/th/updates/blog/-nps)

3.4 ระบบไอโอที (IoT)

IoT ย่อมาจากคำว่า Internet of Things เกิดจากคำสองคำรวมกันได้แก่คำว่า Things ที่แปลว่าสิ่งของหลากหลายประเภท รวมกับคำว่า Internet ซึ่งก็คือเทคโนโลยีที่เชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อรวมคำเข้าด้วยกันก็เกิดเป็นความหมายว่าการที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเราเชื่อมต่อเข้าด้วยกันด้วยกันผ่านระบบ Internet นั่นเอง เช่น อุปกรณ์ IoT บนสมาร์ทโฟนจะสามารถสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านให้เปิดปิดเมื่อเรากลับมาถึงบ้าน หรือสมาร์ทโฟนแจ้งว่าอากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะสื่อสารกับเครื่องปรับอากาศให้เปิดใช้งาน ซึ่งที่กล่าวมาเป็นแค่ส่วนหนึ่งของประโยชน์ IoT ที่จะมาช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตเรา

องค์ประกอบหลักของเทคโนโลยี IoT

องค์ประกอบของ IoT จะแบ่งออกได้เป็น 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

1. อุปกรณ์ IoT อุปกรณ์ IoT เป็นองค์ประกอบหลักของระบบเลย ซึ่งหากปราศจากตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ระบบ IoT จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้เลย ซึ่งตัวอุปกรณ์จะสามารถเป็นได้อุปกรณ์สั่งการโดยจะมีคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กไว้ประมวลผลข้อมูล หลังจากได้ผลลัพธ์ออกมาก็จะมีระบบสั่ง

การซึ่งจะสั่งการไปยังอุปกรณ์ IoT อีกตัวซึ่งมีระบบที่สามารถรับคำสั่งได้ก็จะทำงานตามที่ได้รับคำสั่งมา

2. อุปกรณ์เกตเวย์ จะเป็นอุปกรณ์อีกประเภทที่จะเป็นตัวกลางในการส่งผ่านคำสั่งการจากอุปกรณ์ IoT ไปยังอุปกรณ์เป้าหมายที่ต้องรับคำสั่งเพื่อทำตาม

3. เครื่องบริการ Server หรือ Broker เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นจุดศูนย์กลางในการประมวลผล เนื่องจากอุปกรณ์มักจะใช้หน่วยประมวลผลขนาดเล็กทำให้บางครั้งไม่สามารถคำนวณคำสั่งที่ซับซ้อนได้จึงจำเป็นที่จะต้องมีหน่วยประมวลผลกลางที่รับคำสั่งจากอุปกรณ์ IoT ประเภทนึงหลังจากนั้นก็จะใช้การประมวลเพื่อให้ได้คำสั่งอย่างง่ายส่งไปยังอุปกรณ์ IoT ที่เป็นผู้รับอีกทอด

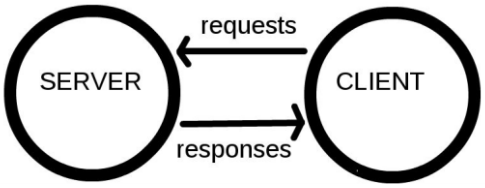
4. อุปกรณ์ฝั่งผู้ใช้งาน (User Device) เป็นส่วนของอุปกรณ์ที่จะใช้แสดงผลสถานะจากอุปกรณ์ IoT ทั้งหมดที่อยู่ในเครือข่าย เนื่องจากโดยปกติระบบ IoT จะเป็นการเชื่อมต่อเพื่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมนุษย์จำเป็นต้องมีอุปกรณ์อีกหนึ่งชิ้นเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับระบบเพื่อดูสถานะการทำงาน

3.5 แอปพลิเคชันบลิงค์ (Blynk Application)

Blynk คือ Application สำเร็จรูปสำหรับงาน IOT มีความน่าสนใจคือการเขียนโปรแกรมที่ง่าย ไม่ต้องเขียน App เองสามารถใช้งานได้อย่าง Real time สามารถเชื่อมต่อ Device ต่างๆเข้ากับ Internet ได้อย่างง่ายดาย ไม่ว่าจะเป็น Arduino, Esp8266, Esp32, Nodemcu, Rasberry pi นำมาแสดงบน Application ได้อย่างง่ายดาย แล้วที่สำคัญ Application Blynk ยังฟรี และ รองรับในระบบ IOS และ Android

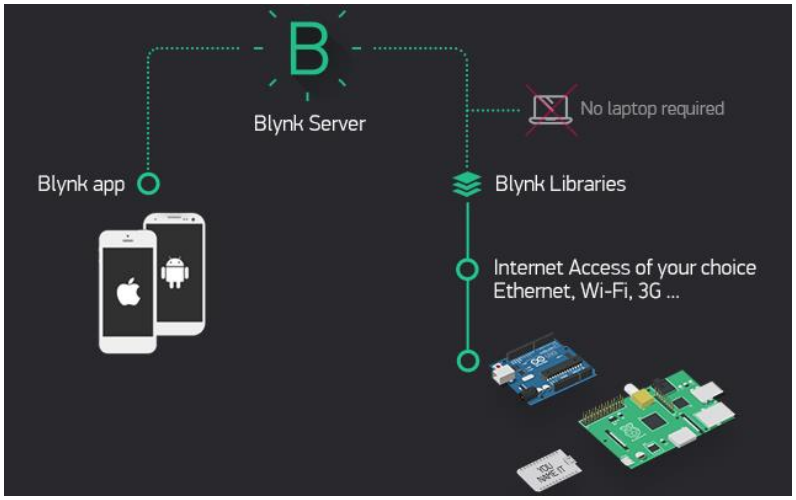
ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างของแอปพลิเคชันบลิงค์ (Blynk Application)
(ที่มา : ab.in.th)

การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกันระหว่าง อุปกรณ์ 2 ชิ้นเข้าด้วยกันมักจะใช้งานในลักษณะของ Server กับ Client ทำให้เกิดข้อจำกัดต่างๆมากมาย เช่น เราต้องการเปิดปิดไฟ ผ่านหน้าเว็บ เราก็จะให้ Arduino เป็น Server และ เครื่องคอมพิวเตอร์ (Client) เป็นเครื่องลูก ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นคือ ทรัพยากร เช่น CPU RAM ROM อาจรองรับไม่ได้เพียงพอ อุปกรณ์ไม่ตอบสนองการทำงาน ทำให้การเขียนโปรแกรมทำได้จำกัดต้องประหยัดทรัพยากรให้ได้มากที่สุดเพื่อทำให้สามารถทำงานได้ การกำหนดตั้งค่าเครือข่ายทำได้จำกัดผ่าน Lan ถ้าต้องการ ควบคุมผ่าน Wan .ใช้ Forward Set ระบบ Network มีผลเป็นปัญหา



ภาพที่ 2.7 การเชื่อมต่อแบบ Server to Client ของแอปพลิเคชันบลิงค์
(ที่มา : ab.in.th)

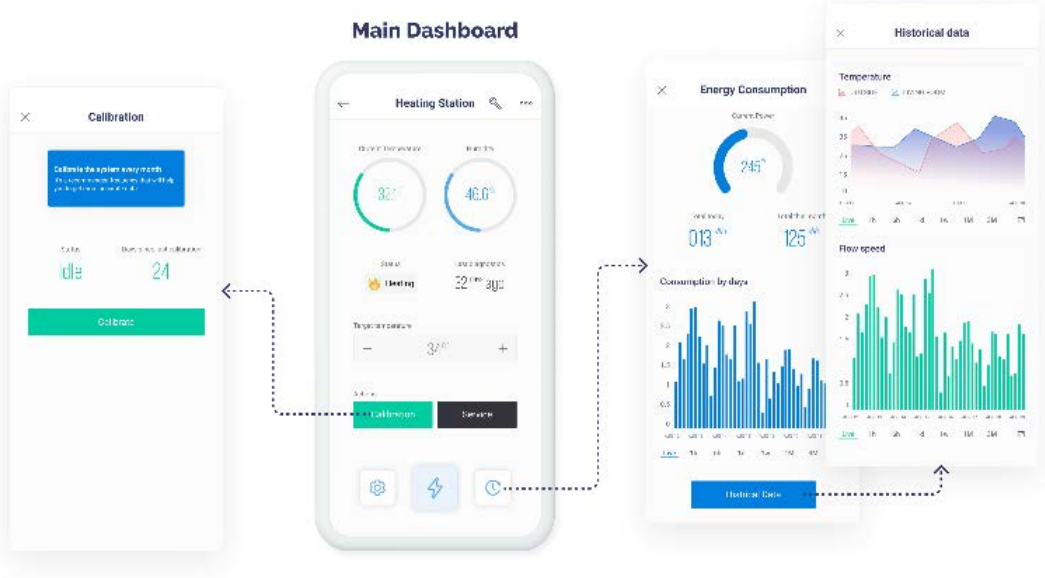
การใช้ระบบ Cloud ทำให้ Chip Wifi Esp8266 ผลิตขึ้นใช้ใน Server แล้วให้ Device เรียกเข้าไปแก้ไข อ่านข้อมูลโดยตรง ทำให้ตัวอุปกรณ์มีการพัฒนา Device กลายเป็นแค่ตัวรับข้อมูลและส่งข้อมูลเพียงภาพแสดงผล ทำให้ Chip Esp82665 ถูกนำมาใช้ร่วมกันได้



ภาพที่ที่ 2.8 ระบบ Network ของแอปพลิเคชันบลิงค์
(ที่มา : ab.in.th)

วิธีการทำงานของแอปพลิเคชันบลิงค์ (Blynk Application) อุปกรณ์ Arduino, Esp8266, Esp32, Rasberry Pi เชื่อมต่อไปยัง Server Blynk สามารถรับส่งข้อมูลได้ คอมพิวเตอร์, สมาร์ทโฟน จะเชื่อมต่อกับ Blynk Server ทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้เชื่อมต่อ เพื่อลดปัญหาข้อจัดกัดให้อุปกรณ์ทำงานได้ง่าย สามารถเลือกฟังก์ชันได้หลายแบบ สามารถออกแบบใช้งานตามความต้องการ

ภาพที่ 2.9 หน้าจออกแบบของแอปพลิเคชันบลิงค์ (Blynk Application)
(ที่มา : ab.in.th)



ภาพที่ 2.10 หน้าจอสร้างของแอปพลิเคชันบลิงค์ (Blynk Application)
(ที่มา : ab.in.th)

ระบบบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS)

ระบบบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS) หมายถึง ระบบอัตโนมัติที่นำเข้ามาใช้ในการควบคุมให้การผลิต การส่ง พลังงาน รวมถึงให้การใช้พลังงานนั้นเป็นไปอย่างเหมาะสมที่สุด ความหมายของระบบบริหารจัดการพลังงานนั้นค่อนข้างกว้างโดยมิได้หมายถึงเฉพาะเพียงพลังงานไฟฟ้าเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงพลังงานในรูปแบบอื่นด้วย เช่น พลังงานความร้อน เป็นต้น ในบริบทของระบบสมาร์ทกริดนั้น ระบบบริหารจัดการพลังงานจะหมายความถึงการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าเท่านั้น ซึ่งอ้างอิงระบบบริหารจัดการพลังงานตามแผนแม่บทการพัฒนาระบบโครงข่ายไฟฟ้าสมาร์ทกริด พ.ศ. 2558 – 2579 ซึ่งเน้นระบบบริหารจัดการพลังงานด้านผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก ซึ่งการบริหารจัดการพลังงานในด้านของผู้ใช้ไฟฟ้าจะกล่าวถึงระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านเรือน ระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคาร และระบบบริหารจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม (ที่มา: https://thai-smartgrid.com/tech-basic-related-smartgrid/ems)

ระบบบริหารจัดการพลังงานควบคุมการทำงานประสานกันระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) สมาร์ทมิเตอร์ (Smart Meter) และระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ (Actuator หรือ Controller) บนโครงสร้างของระบบเทคโนโลยีและสารสนเทศ (Information Technology: IT) รวมถึงยังสามารถควบคุมเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่จะเข้ามามีส่วนในระบบไฟฟ้ามากขึ้น เช่น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนและระบบกักเก็บพลังงาน เป็นต้น

ระบบบริหารจัดการพลังงานจะรับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดต่าง ๆ ที่กระจายตัวอยู่ทั่วไป เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์หรือระบบต่าง ๆ ในช่วงเวลานั้นได้ ระบบที่มีขีดความสามารถในระดับที่สูงขึ้นจะสามารถเชื่อมโยงข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพอากาศ ราคาค่าไฟฟ้าในช่วงเวลาต่าง ๆ จากหน่วยงานด้านการไฟฟ้า เป็นต้น โดยข้อมูลที่ได้จะถูกนำมารวมศูนย์ในส่วนกลางเพื่อการแสดงผลอย่างเป็นระบบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้ามีความเข้าใจพฤติกรรมการใช้พลังงานของตนเองมากขึ้น ซึ่งอาจจะทำให้สามารถระบุแนวทางหรือศักยภาพที่เป็นไปได้ในการปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานให้เหมาะสมมากขึ้น

นอกจากนี้ ระบบจะใช้ข้อมูลที่รวบรวมมาในการประมวลและวิเคราะห์ผลเพื่อหาแนวทางการบริหารจัดการพลังงานที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) โดยการวิเคราะห์หาจุดที่เหมาะสมที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งอาจจะเป็นจุดที่เหมาะสมที่สุดในเชิงเศรษฐศาสตร์ กล่าวคือ บริหารจัดการพลังงานให้เกิดผลการประหยัดในเชิงการเงินมากที่สุด หรือจุดที่เหมาะสมที่สุดในเชิงพลังงาน กล่าวคือบริหารจัดการพลังงานให้เกิดผลประหยัดหน่วยการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด ในบางกรณีอาจจะรวมถึงการงดใช้พลังงานหรือการลดการใช้พลังงานให้เหลือน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามจะต้องไม่ทำให้ความสามารถในการทำงานหรือผลิตภาพ (Productivity) ลดลง รวมถึงต้องไม่ก่อให้เกิดผลเสียทางสุขภาพใด ๆ กับผู้ที่อาศัยหรือทำงานอยู่ในพื้นที่นั้น ๆ

นอกจากนั้น ระบบบริหารจัดการพลังงานยังสามารถทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยตรงแม้จะไม่ได้อยู่ในสถานที่นั้น ๆ โดยผ่านทางอุปกรณ์เคลื่อนที่และอินเตอร์เน็ต เช่น สามารถกำหนดการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า ผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่

ประโยชน์ระบบบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS)

แต่เดิมนั้นผู้ใช้ไฟฟ้าโดยเฉพาะในภาคบ้านเรือน ทราบเพียงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของตนเองย้อนหลังในภาพรวมจากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าเท่านั้น การนำระบบบริหารจัดการพลังงานเข้ามาใช้สามารถทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นในภาคบ้านเรือน อาคาร หรือโรงงานอุตสาหกรรมทราบ ลักษณะรูปแบบการใช้ไฟฟ้าของตนเองได้ในแต่ละช่วงเวลา โดยละเอียดผ่านทางระบบแสดงผลในรูปแบบต่าง ๆ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะรับทราบข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากขึ้น รวมถึงทราบพฤติกรรมและรูปแบบการใช้ไฟฟ้าของ ตนเองอย่างชัดเจนมากขึ้น เช่น ทราบว่าการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด มีการใช้พลังงานไฟฟ้าไปกับอุปกรณ์ต่าง ๆ มากน้อยเพียงใด เป็นต้น การรับรู้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของตนเองในรายละเอียดมากขึ้นสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้า

ระบบบริหารจัดการพลังงานช่วยให้ผู้ใช้ไฟฟ้ามีความสะดวกสบายมากขึ้นในการควบคุมสั่งการอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 3 ถึงตัวอย่างของประโยชน์ที่ได้ เมื่อนำ HEMS มาติดตั้งในบ้านเรือน แต่เดิมนั้นในกรณีไม่มีการติดตั้ง HEMS ผู้ใช้ไฟฟ้าจำเป็นต้องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในแต่ละพื้นที่ด้วยตนเอง เช่น การไปเปิดหรือสวิตช์ไฟส่องสว่างในแต่ละจุดโดยตรง สั่งการเพิ่มลดอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศผ่านทางรีโมตหรือสวิตช์ควบคุมโดยตรงในแต่ละห้อง เป็นต้น

เมื่อมี HEMS มาติดตั้งในบ้าน ผู้ใช้ไฟฟ้าจะสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ผ่านทางอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ เช่น สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต เป็นต้น จากที่ใดในบ้านก็ได้ โดยที่ไม่ต้องไปควบคุมอุปกรณ์เหล่านั้นในแต่ละบริเวณโดยตรง ความสะดวกในการควบคุมที่มากขึ้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตนเองลงโดยลดการไฟฟ้าในส่วนที่ไม่จำเป็นลง อันจะมีส่วนช่วยในการประหยัดไฟฟ้าและลดค่าไฟฟ้าลงได้ นอกจากนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะทราบถึงสถานะการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ผ่านทางอุปกรณ์เคลื่อนที่ ตลอดเวลาจึงทราบได้หากลืมเปิดอุปกรณ์บางอย่างทิ้งไว้โดยมิได้ตั้งใจ เป็นต้น อุปกรณ์อัตโนมัติบางชนิดสามารถทำงานร่วมกับ HEMS ได้ เช่น เซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหวเพื่อเป็นส่วนในการควบคุมปิดไฟส่องสว่างในบริเวณบ้านที่ไม่มีคนอยู่ เป็นต้น จึงสามารถลดภาระของผู้ใช้ไฟฟ้าในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดลงได้

4. การส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสู่มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านอาหารแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์

4.1 ประวัติการเลี้ยงไก่พื้นเมือง

ไก่พื้นเมืองมีต้นกำเนิดมาจากไก่ป่าในทวีปเอเชีย โดยเฉพาะในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ไทย มาเลเซีย และตอนใต้ ซึ่งมนุษย์ได้นำไก่มาเลี้ยงเพื่อบริโภคภายในครัวเรือนโดยเนื้อไก่และไข่จัดเป็นแหล่งอาหารประเภท โปรตีน ไก่พื้นเมืองมีการปรับปรุงพันธุ์ตามธรรมชาติ จึงทำให้ไก่พื้นเมืองมีความหลากหลายสายพัน แต่ละพันธุ์ก็มีจุดเด่นและคุณสมบัติเฉพาะตัว เช่น ความต้านทานโรคและแมลง สามารถเติบ ใตและขยายพันธุ์ภายใด้สภาพแวดล้อมในประเทศไทย ปัจจุบันการบริโภคเนื้อจากไก่พื้นเมืองเพิ่มขึ้นเพราะผู้บริโภคให้การยอมรับว่าเป็นเนื้อที่อร่อย รสชาติดี และมีลักษณะเนื้อที่แน่นกว่าไก่เนื้อ (เกรียงไกร โชประการ และคณะ, 2543)

กรมปศุสัตว์ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ดำเนินการสร้างฝูงไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ขึ้น 4 ฝูง ได้แก่ ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่, ไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี, ไก่แดงสุราษฎร์และไก่ชีท่าพระ ซึ่งมีสมรรถภาการเจริญเติบโตสูงกว่าไก่พื้นเมืองทั่วไปและสามารถปรับตัวเข้ากับระบบการเลี้ยงปล่อยอิสระหาอาหารกินตามธรรมชาติได้เก่ง (เจนรงค์ คำมงคุณ และคณะ, 2559)

ตารางที่ 2.1 ลักษณะทางเศรษฐกิจของไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ต่างๆ

ลักษณะทางเศรษฐกิจ	ประดู่หางดำ เชียงใหม่	เหลืองหางขาว กบินทร์บุรี	แดง ศสุ ราษฎร์	ชี ท่าพระ
อายุเมื่อให้ไข่ฟองแรก (วัน)	183	189	192	224
น้ำหนักตัวเมื่อให้ไข่ฟองแรก (กรัม)	2,037	1,937	1,843	1,706
น้ำหนักไข่ฟองแรก (กรัม)	36	36	36	39
น้ำหนักตัวแรกเกิด (กรัม)	32	31	28	29
น้ำหนักตัวอายุ 12 สัปดาห์ (กรัม)	1,235	1,133	1,099	1,157
น้ำหนักตัวอายุ 16 สัปดาห์ (กรัม)	1,621	1,530	1,504	1,507
อัตราแลกเนื้อ (0 – 12 สัปดาห์)	3.3	3.6	3.7	3.3
อัตราแลกเนื้อ (0 – 16 สัปดาห์)	3.8	4.0	4.0	3.8

4.2 สายพันธุ์ไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์

สายพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทย ได้แก่ พันธุ์ไก่อู ไก่ตะเภา ไก่แจ้ (ไทย) ไก่กลายพันธุ์ และไก่ดำ ซึ่งสายพันธุ์ประเภทนี้ไม่มีกรผสมและคัดเลือกพันธุ์อย่างเข้มงวดอย่างไก่ชน โดยมีการบรรยายลักษณะสายพันธุ์อย่างกว้าง ๆ ดังนี้ (อภิชัย วัฒนวราหะ, 2534)

ไก่อู: เป็นไก่พันธุ์หนัก ตัวเมียมีขนสีดำปกคลุมทั้งตัว ตัวผู้มีลักษณะเป็นไก่ชน มีนิสัยชอบจิกตีหรือชนมีสีขนแตกต่างกันออกไป เช่น มีสีแดงสลับสีเขียว สีดำ สีเทา สีเหลืองออกขาว หางสีตำหรือสีลายอื่น ๆ ตำราการเลี้ยงไก่ชนทั่วไปกล่าวว่าเป็นต้นตระกูลของ "ไก่ชน"

ไก่ตะเภา : เป็นไก่ขนาดใหญ่ สีสวย สีน้ำตาลออกเหลือง มีขนอ่อนนุ่มละเอียด มีขนที่หน้าแข้ง เนื้อนุ่มมีรสชาติอร่อย สันนิษฐานว่าเป็นไก่ที่มีถิ่นฐานกำเนิดจากประเทศจีน นำเข้ามาประเทศไทยในช่วงที่มีการติดต่อค้าขายระหว่างประเทศไทยและประเทศจีน โดยการนำไก่มากับเรือสำเภา จึงเรียกไก่พันธุ์นี้ว่าไก่ตะเภา ปัจจุบันไก่ตะเภาสายพันธุ์แท้ ๆ เกือบไม่มีแล้ว เพราะปล่อยให้มีการผสมพันธุ์กับสายพันธุ์อื่น ๆ จนสายพันธุ์ปะปนกันไปหมด

ไก่ดำ : มีรูปร่างคล้ายไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงกันโดยทั่วไป มีสีดำตลอดทั้งตัว เช่น ปาก แข้ง ขา ขน ฯลฯ เนื้อไก่ดำปัจจุบันเป็นที่นิยมบริโภค มีราคาแพง เพราะมีความเชื่อว่าการรับประทานเนื้อไก่ตำทำให้ร่างกายแข็งแรงและมีอายุยืน

ไก่ประดู่หางดำ : ไก่ชนพันธุ์ประดู่หางดำมีลักษณะเด่น ๆ พอที่จะสังเกตได้ดังนี้ ปากเป็นสายพันธุ์ไก่ชนที่มีปากสีดำ อูมใหญ่ โดยปากจะคล้ายปากนกแก้ว ปากบนมีร่องน้ำทั้งสองข้าง ระหว่างร่องน้ำจะเป็นสันราง ตา ตาสีประดู่ หรือแดงอมม่วง หรือตาออกสีดำ หรือสีแดง หงอน หงอนหินไม่มีจักเลย สร้อยคอ สร้อยคอสีประดู่ยาวประบ่า ปีกใหญ่ยาว สร้อยปีกสีเดียวกับสร้อยคอ สร้อยหลังสีประดู่ยาว ระย้าประกัน ขน ขนลำตัวขนปีกและหางสีดำ กะลวยหางดำ โคนขาใหญ่ หน้าอก หน้าอกกว้าง และยาวเนื้อเต็มแน่น ชาแข้ง เล็บและเดือย สีดำ เพศเมียสีเดียวกับเพศผู้แต่ไม่มีสร้อย

4.3 การจัดการอาหารไก่พื้นมือง

ไก่พ่อแม่พันธุ์

ไก่พ่อแม่พันธุ์ต้องการโภชนะเพื่อดำรงชีพ การให้ไข่ การสร้างภูมิคุ้มกันและจะต้องสะสมโภชนะไว้ในฟองไข่เพื่อส่งต่อไปยังลูก ไก่พ่อแม่พันธุ์ต้องการโปรตีนประมาณ 15-16 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารจะต้องมีไวตามินและแร่ธาตุเพียงพอต่อความต้องการ สำหรับการเลี้ยงไก่แบบปล่อยอิสระต้องการอาหารประมาณ 90-120 กรัม/ตัว/วัน สูตรอาหารสำหรับไก่พ่อแม่พันธุ์ อาจแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบที่มีในแต่พื้นที่รวมทั้งราคาวัตถุดิบด้วย (ประภากร ธาราฉาย, 2560)

ไก่ขุน

การเลี้ยงไก่พื้นเมืองแบบปล่อยอิสระเพื่อขุนจำหน่ายนั้นจะแบ่งการให้อาหารออกเป็น 4 ช่วง (ประภากร ธาราฉาย, 2560) ได้แก่

1. อายุ 0-3 สัปดาห์ ควรให้อาหารสำเร็จรูปสำหรับไก่พื้นเมือง (โปรตีน 17-19 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 2,900-3,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม) หรืออาหารสำหรับลูกไก่เนื้อ (โปรตีน 21 เปอร์เซ็นต์) จะทำให้ไก่โตเร็วและแข็งแรง เนื่องจากเป็นช่วงที่ไก่ต้องการสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโต และระบบทางเดินอาหารของลูกไก่ยังไม่สมบูรณ์จึงย่อยอาหารที่มีเยื่อใยสูงได้ไม่ดี

2. อายุ 4-6 สัปดาห์ ควรให้อาหารสำเร็จภาพที่มีโปรตีน 17-19 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับวัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่นเช่น ปลายข้าว รำละเอียด ข้าวโพดบด โดยใช้อาหารสำเร็จรูป 90 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับวัตถุดิบในท้องถิ่น 10 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยลดค่าอาหารลงได้เล็กน้อย

3. อายุ 7-14 สัปดาห์ ควรให้อาหารที่มีโปรตีน 14-15 เปอร์เซ็นต์ ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อย เกษตรกรอาจจะให้อาหารที่มีโปรตีนต่ำกว่านี้ก็ได้ เนื่องจากไก่สามารถหาอาหารจำพวกโปรตีนจากธรรมชาติ เช่น หนอนแมลง ไส้เดือนได้เอง

โภชนะที่สำคัญ (ประภากร ธาราฉาย, 2560)

1. โปรตีน เพื่อนำไปสร้างกล้ามเนื้อ ขน เลือดและภูมิคุ้มกัน วัตถุดิบจากพืชได้แก่ กากถั่วเหลือง ใบกระถิน ฯลฯ วัตถุดิบจากสัตว์ได้แก่ ปลาป่น หอยเชอรี่ ไส้เดือน หนอน แมลง ฯลฯ

2. แป้ง เพื่อนำไปสร้างพลังงานในร่างกายสำหรับการเคลื่อนไหวของร่างกาย เดิน วิ่งหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ในแต่ละวัน วัตถุดิบได้จากพืชเป็นส่วนใหญ่ เช่น ปลายข้าว ข้าวโพด ข้าวเปลือก มันสำปะหลัง เป็นต้น

3. ไขมัน เพื่อนำไปสร้างความอบอุ่นให้แก่ร่างกาย วัตถุดิบจากพืชได้แก่ น้ำมันจากถั่ว มะพร้าวหรือกากมะพร้าว วัตถุดิบจากสัตว์ได้แก่ น้ำมันหมู ไขสัตว์ เป็นต้น

4. แร่ธาตุ จำเป็นสำหรับการสร้างกระดูก เป็นส่วนประกอบของเลือดและเปลือกไข่ วัตถุดิบได้แก่ เปลือกหอยป่น กระดูกป่น หินเกล็ด หินฝุ่น และได้แคลเซียมฟอสเฟส เป็นต้น

5. ไวตามิน จำเป็นสำหรับการสร้างความแข็งแรงและช่วยสร้างภูมิต้านทานโรคและบำรุงระบบประสาท ส่วนใหญ่ได้จากพืชสด หญ้าสด ใบกระถิน ข้าวโพด รำข้าว เป็นต้น

วัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับเลี้ยงไก่พื้นเมือง (นพวรรณ ไชยานุกูลกิตติ และ เสาวคนธ์ โรจนสถิตย์, ม.ป.ป.)

1. วัตถุดิบอาหารประเภทแป้ง เป็นพวกที่ให้สารอาหารโปรตีนค่อนข้างต่ำน้อยกว่าความต้องการของไก่ แต่จะให้สารอาหารพวกแป้งและน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ ใช้เป็นแหล่งในการให้พลังงานแก่ร่างกายวัตถุดิบประเภทนี้ ได้แก่

- ปลายข้าว ให้โปรตีนประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 3,500 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ใช้เลี้ยงไก่ได้ทั้งปลายข้าวเจ้า ปลายข้าวเหนียว และปลายข้าวนึ่ง

- รำข้าว เป็นผลพลอย ได้จากการสีข้าว ซึ่งจะมีทั้งรำหยาบและรำละเอียด รำหยาบมีส่วนของแกลบปนมาก่อนข้างสูง มีคุณค่าทางอาหารต่ำ มีโปรตีนประมาณ 6-7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนรำละเอียดมีคุณค่าทางอาหารดีกว่า ให้โปรตีนประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 2,710 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม เหมาะที่จะใช้เป็นอาหารไก่มากกว่ารำหยาบ

- ข้าวเปลือก มีคุณค่าทางอาหารต่ำกว่าปลายข้าวประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากส่วนของแกลบที่หุ้มเมล็ดข้าวอยู่นั้นไม่มีคุณค่าทางอาหารต่อไก่ ข้าวเปลือก มีโปรตีนประมาณ 64 พลังงาน 2,660 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ก่อนที่จะนำมาใช้ผสมอาหารเลี้ยงไก่ ควรทำการบดให้ละเอียดก่อน

- ข้าวโพด มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับปลายข้าว มีโปรตีน 8 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 3,370 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม การนำข้าวโพดมาใช้เลี้ยงไก่นั้น ควรระวังปัญหาเรื่องเชื้อรา ซึ่งสามารถสร้างสารพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ไก่ได้ ดังนั้นจึงควรเลือกข้าวโพดเมล็ดที่สะอาดและไม่มีสิ่งปลอมปนอื่นมาใช้ โดยทำการบดให้ละเอียดก่อนนำมาผสมกับวัตถุดิบอื่น

- ข้าวฟ่าง มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับปลายข้าว ให้โปรตีนสูงกว่าเล็กน้อย คือประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ และให้พลังงาน 3,250 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ข้าวฟ้างบางสายพันธุ์อาจมีสารพิษอยู่ด้วย ซึ่งทำให้สัตว์ไม่ชอบกินและโตช้า ควรเลือกใช้ข้าวฟ้างเมล็ดขาวและเหลืองจะปลอดภัยกว่า ก่อนที่จะนำมาใช้ควรทำการบดให้ละเอียดก่อนเช่นเดียวกับข้าวโพด

- มันสำปะหลัง ใช้เป็นอาหารไก่ได้ในรูปของมันเส้นหรือมันหมัก ซึ่งผ่านกรรมวิธีที่ทำให้สารพิษลดลงแล้ว โดยวิธีการผึ้งแดดหรือหมัก มีคุณค่าทางอาหารต่ำกว่าปลายข้าวมาก ให้โปรตีนประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 3.500 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ดังนั้นควรเลือกใช้เมื่อมีราคาถูกกว่าปลายข้าวหรือข้าวโพดมาก ก่อนที่จะนำมาใช้ ควรทำการบดให้ละเอียดก่อนเช่นกัน

- ต้นสาคู เป็นพืชที่ขึ้นเองตามธรรมชาติมีมากในภาคใต้ของประเทศไทย มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับมันสำปะหลัง ให้โปรตีนประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ การนำมาใช้เป็นอาหารไก่ทำได้โดยการนำต้นสาคูมาตัดเป็นท่อนๆ ผ่าซีก แล้วนำไปขูดเอาเนื้อเยื่อในลำต้นผึ่งแดดให้แห้งเก็บไว้ใช้ผสมกับอาหารอื่น

2. วัตถุดิบอาหารประเภทโปรตีน โดยทั่วไปแล้วมักจะเป็นพวกที่ให้โปรตีนค่อนข้างสูงกว่าความต้องการของสัตว์ และมักจะให้พลังงานต่ำ ได้แก่

- ปลาป่น ทำมาจากปลาเป็ด ให้โปรตีนค่อนข้างสูงเฉลี่ย 50-60 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของปลาเป็ดและวิธีการผลิต โดยทั่วไปแล้วปลาป่นมีราคาแพง และมักจะมีการปลอมปนด้วยวัตถุดิบอื่น จึงควรระมัดระวังในการเลือกซื้อมาใช้พอสมควร

- กากถั่วเหลือง เป็นผลพลอยได้จากการนำเมล็ดถั่วเหลืองไปสกัดเอาน้ำมันออกให้โปรตีนสูงประมาณ 44 เปอร์เซ็นต์ ในบางท้องที่ซึ่งมีการปลูกถั่วเหลืองมาก เมล็ดถั่วเหลืองอาจมีราคาถูกในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวเกษตรกรสามารถนำเมล็ดถั่วเหลืองมาใช้เลี้ยงไก่ได้เช่นกัน โดยนำไปผ่านความร้อนโดยวิธีการต้ม, นึ่ง, ถั่ว ให้สุกก่อนเพื่อเป็นการลดปริมาณสารพิษที่มีในเมล็ดถั่วเหลืองดิบ คุณค่าทางอาหารของเมล็ดถั่วเหลืองจะมีโปรตีนต่ำกว่ากากถั่วเหลืองเล็กน้อย คือ มีโปรตีนประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ แต่จะให้พลังงานค่อนข้างสูงถึง 3,300 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

- ใบกระถิน ควรนำมาผึ่งแดดให้อยู่ในรูปของใบกระถินแห้งเพื่อเป็นการลดสารพิษลงก่อนที่จะนำมาใช้เป็นอาหารไก่ ใบกระถินแห้งมีโปรตีนเฉลี่ย 14-23 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับว่ามีก้านปนมามากน้อยแค่ไหน ถ้าเป็นใบกระถินล้วนๆ จะมีโปรตีนประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ นอกจากจะใช้เป็นแหล่งให้สารอาหารโปรตีนแล้ว ใบกระถินยังเป็นแหล่งของวิตามินเอ และสารเซนโทฟิลล์ ซึ่งเป็นสารให้สีทำให้ไข่แดง และทำให้ขาและผิวหนังไก่มีสีเหลืองอีกด้วย

- ใบมันสำปะหลัง มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับใบกระถินก่อนนำมาใช้ต้องนำไปผึ่งแดดให้แห้ง เพื่อเป็นการลดสารพิษเช่นเดียวกับการทำมันเส้น ใบมันสำปะหลังล้วนๆ มีโปรตีนสูงถึงประมาณ 25-27 เปอร์เซ็นต์

- กากเมล็ดยางพารา เป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดยางพาราซึ่งมีทั้งชนิดกระเทาะเปลือก และไม่กระเทาะเปลือกก่อนสกัดน้ำมัน กากเมล็ดยางพาราที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแบบไม่กระเทาะเปลือก มีคุณค่าทางอาหารต่ำ ให้โปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใยสูงมาก ประมาณ 41 เปอร์เซ็นต์

- กากปาล์มน้ำมัน เป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันปาล์มมีทั้งชนิดหีบน้ำมันทั้งผลซึ่งมีคุณค่าต่ำมากและมีเยื่อใยสูง ไม่หมาะที่จะนำมาใช้เป็นอาหารไก่ และชนิดที่ได้จากการสกัดน้ำมันจากเมล็ดปาล์มซึ่งมีทั้งชนิดกระเทาะเปลือก และไม่กระเทาะเปลือก กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม ชนิดกระเทาะเปลือก มีคุณค่าทางอาหารดีที่สุด ให้โปรตีนประมาณ 16-18 เปอร์เซ็นต์ เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นอาหารไก่มากกว่าชนิดอื่น

3. วัตถุดิบอาหารประเภทพลังงานสูง ใช้เป็นแหล่งให้พลังงานแต่เพียงอย่างเดียว โดยเสริมลงในสูตรอาหารเมื่อสูตรนั้นขาดพลังงานมาก ได้แก่ น้ำมันพืช ไขมันสัตว์ น้ำตาลทราย และกากน้ำตาล สูตรอาหารที่มีการเสริมวัตถุดิบประเภทนี้ควรระวังไม่เก็บไว้นานเกินสัปดาห์ เพราะอาหารจะหื่นและเสียได้ง่าย

4. วัตถุดิบอาหารประเภทไวตามินและแร่ธาตุ ใช้เป็นแหล่งให้ไวตามินและแร่ธาตุปลีกย่อย ซึ่งส่วนใหญ่แล้วสัตว์จะต้องการในปริมาณที่น้อยมาก สามารถให้ในรูปของ ไวตามินและแร่ธาตุพรีมิกซ์ซึ่งมีส่วนผสมของสารอาหารเหล่านี้พอกับความต้องการของสัตว์ ยกเว้นแร่ธาตุบางตัว ซึ่งไก่ต้องการในปริมาณมาก เช่น แคลเซียมและฟอสฟอรัสต้องให้เสริมต่างหากในสูตรอาหาร ในรูปของ

กระดูกป่น หรือไดแคลเซียมฟอสเฟต หรือเปลือกหอยป่นในกรณีที่ขาดแคลเซียมเพียงอย่างเดียว ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยจะได้รับไวตามินแร่ธาตุบางส่วนจากแสงแดด หญ้า และผักสด

5. วัตถุดิบอาหารประเภทกรดอะมิโนสังเคราะห์ เป็นสารเคมีที่มีคุณค่าทางอาหารเท่ากับกรดอะมิโนชนิดนั้น ๆ มักจะเสริมลงในสูตรอาหารในกรณีที่ขาดเฉพาะกรดอะมิโน เพียง 1 หรือ 2 ชนิด เท่านั้นซึ่งกรดอะมิโนสังเคราะห์ที่มีใช้กันอยู่ ได้แก่ แอล-ไลซีน และ ดีแอล-เมทไธโอนีน

4.4 การผสมพันธุ์และการเลี้ยงไก่พื้นเมือง (ประภากร ธาราฉาย, 2560)

ลักษณะพ่อพันธุ์ที่ดีจะต้องมีรูปร่างสมบูรณ์ แข็งแรง มีน้ำหนักตัวตั้งแต่ 2.5 กิโลกรัม ขึ้นไป มีอายุตั้งแต่ 9 เดือนขึ้นไปแต่ไม่ควรเกิน 3 ปี

ลักษณะแม่พันธุ์ที่ดี จะต้องมีรูปร่างสมบูรณ์ แข็งแรง ไข่ดก มีน้ำหนักตัวตั้งแต่ 1.5 กิโลกรัม ขึ้นไป มีอายุตั้งแต่ 7 เดือนขึ้นไปแต่ไม่ควรเกิน 3 ปี และจะต้องมีความสามารถเฉพาะตัว ได้แก่ ให้ไข่อย่างน้อยปีละไม่น้อยกว่า 4 ครอก ให้ไข่อย่างน้อยครอกละไม่น้อยกว่า 12 ฟอง เลี้ยงลูกเก่ง ไม่มีนิสัยดุร้ายและไม่จิกตีลูกของแม่ไก่ตัวอื่น

สัดส่วนตัวผู้ต่อตัวเมีย การเลี้ยงแบบปล่อยนั้นจะต้องใช้ไก่ตัวผู้คุมฝูงในอัตราส่วนตัวผู้ 1 ตัวต่อไก่ตัวเมีย 5-8 ตัว ถ้ามีไก่ตัวผู้ในอัตราส่วนที่มากกว่านี้อาจจะทำให้ไก่ตัวเมียไม่ได้รับการผสมพันธุ์ได้ เนื่องจากมีการแก่งแย่งไก่ตัวเมีย

รังไข่ ผู้เลี้ยงจะต้องจัดหารังไข่ไว้ให้ไก่ก่อนที่ไก่จะเริ่มวางไข่ ถ้าหากต้องการให้แม่ไก่ฟักไข่เองจะต้องจัดหารังให้มีจำนวนครบตามจำนวนหรือมากกว่าแม่ไก่ที่เลี้ยงเพื่อให้แม่ไก่เลือกรังที่เหมาะสม มิฉะนั้นจะเกิดปัญหาแม่ไก่แย่งรังไข่กัน

- วัสดุทำรัง มักจะนำมาดัดแปลงจาก กล่องกระดาษ เข่งหรือตะกร้า ที่มีขนาดเหมาะสมกับตัวไก่

- ตำแหน่งที่ตั้งของรังไข่ ควรอยู่ในที่มิดชิด ไม่ร้อน ไม่อับชื้น ไม่มืดจนเกินไป ไม่สว่างจนเกินไป และไม่มีสิ่งรบกวน นอกจากนี้ จะต้องไม่วางรังไข่ไว้ในบริเวณที่ไก่ตัวอื่นใช้เป็นที่นอน เนื่องจากจะถูกไก่ตัวอื่นมารบกวนในขณะแม่ไก่กำลังกไข่ได้ เมื่อฟักไข่ออกแล้วจะต้องเปลี่ยนวัสดุรองและนำไข่เก่าออกไปทิ้งหรือเผาไฟเพื่อทำลายแมลง เหและไร จากนั้นทำความสะอาดรังไข่เพื่อเตรียมไว้สำหรับให้แม่ไก่วางไข่ต่อไป

การส่องไข่ การส่องไข่ฟักว่าไข่ฟองนั้นมีเชื้อหรือไม่สามารถทำได้ง่ายโดยใช้ไฟฉายเพื่อคัดไข่ฟักที่ไม่มีเชื้อออกไป จะช่วยให้แม่ไก่สามารถกไข่ที่มีเชื้อได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การส่องไข่ฟักสามารถทำได้ที่อายุ 7, 14 และ 18 วัน ถ้าไข่มีเชื้อ

- อายุฟัก 7 วัน จะพบเห็นเส้นเลือดเป็นร่างแห
- อายุฟัก 14 วันจะเห็นบางส่วนทึบและเห็นเส้นเลือดบางส่วน

- อายุฟัก 18 วัน ฟองไข่ส่วนใหญ่จะทึบแสง อาจจะมองเห็นตัวอ่อนลูกไก่เคลื่อนที่บ้าง

-ไข่ฟักที่ไม่มีเชื้อจะเห็นเป็นลักษณะโปร่งแสง

- ไข่เชื้อตายจะปรากฏเป็นจุดสีดำภายในฟองไข่ให้เห็น

การเลี้ยงและการดูแลลูกไก่พื้นเมือง แบ่งออกได้ 2 วิธี (ประภากร ธาราฉาย, 2560) ได้แก่

1. การให้แม่ไก่เลี้ยงลูกเอง เมื่อลูกไก่ออกจากไข่หมดแล้วให้ย้ายแม่ไก่และลูกไก่ลงมาขังในสุ่มหรือในกรง เพื่อให้แม่ไก่ได้ทำหน้าที่กกให้ความอบอุ่นกับแก่ลูกไก่โดยไม่จำเป็นต้องใช้ไฟกก จัดให้ไก่ได้กินอาหารและน้ำเต็มที่จะช่วยให้ลูกไก่แข็งแรง ลดอัตราการตายและทำให้แม่ใก่ฟื้นตัวได้เร็วขึ้น เมื่อลูกไก่แข็งแรงดีแล้ว (อายุ 1-2 สัปดาห์) จึงเปิดสุ่มหรือกรงให้ลูกไก่ออกไปหากินกับแม่ไก่ได้ ปล่อยให้แม่ไก่เลี้ยงลูกต่อไปอีกประมาณ 2 สัปดาห์ จึงแยกลูกไก่ออกจากแม่ไก่ นำไปเลี้ยงในกรงหรือเลี้ยงแยกเลี้ยงต่างหากเพื่อให้แมไก่ได้พักตัวและเตรียมตัวสำหรับการให้ไข่ในรุ่นต่อไป

ลูกไก่ที่แยกออกจากแม่ไก่ใหม่ๆ ยังหาอาหารไม่เก่งและยังป้องกันตัวเองไม่ได้ ผู้เลี้ยงจึงต้องดูแลเป็นพิเศษเพื่อให้ลูกไก่แข็งแรงและเมื่ออายุได้ 1.5-2 เดือนจึงปล่อยเลี้ยงตามธรรมชาติในระยะนี้เป็นระยะที่ลูกไก่จะมีอัตราการตายมากที่สุด เนื่องจากลูกไก่จะต้องมีการปรับตัวหลายอย่าง โดยเฉพาะเรื่องการหาอาหารกินเอง ดังนั้น ผู้เลี้ยงจึงต้องเอาใจใส่ดูแลอย่างใกล้ชิดในเรื่องการให้อาหาร น้ำและการป้องกันโรค เป็นต้น

2. การเลี้ยงดูลูกไก่แทนแม่ ลูกไก่แรกเกิดจะไม่สามารถรักษาอุณหภูมิร่างกายให้อบอุ่นได้และยังหาอาหารกินเองไม่เก่ง ดังนั้น หลังจากที่ลูกไก่ฟักออกมาจะต้องนำไปเลี้ยงในกรงกกที่ให้ความอบอุ่น จัดให้มีน้ำและอาหารกินอย่างเต็มที่เพื่อให้ลูกไก่แข็งแรงและเจริญเติบโตปกติจะใช้เวลาประมาณ 34 สัปดาห์ขึ้นกับฤดูกาลและสภาพอากาศอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการกกโดยจะเริ่มต้นที่ 35 องศาเซลเซียส (95 องศาฟาเรนไฮต์) จากนั้นจะลดอุณหภูมิกกลงมาทุกสัปดาห์ๆ ละประมาณ 3 องศาเซลเซียส (ประมาณ 5 องศาฟาเรนไฮต์) จนกระทั่งอยู่ที่อุณหภูมิอากาศปกติ อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิที่แนะนำนี้เป็นเพียงแนวทางปฏิบัติเท่านั้น ผู้เลี้ยงจะต้องสังเกตพฤติกรรมของลูกไก่ควบคู่ไปด้วย เช่น ถ้าหากอุณหภูมิต่ำเกินไปลูกไก่จะนอนสุมรวมกัน ถ้าลูกไก่พยายามหนีห่างจากเครื่องกกแสดงว่าอุณหภูมิสูงเกินไป เป็นต้น

4.5 การจัดการสุขภาพไก่พื้นเมือง

1. ต้องดูแลทำความสะอาดโรงเรือนและภาชนะให้น้ำและอาหารให้สะอาดอยู่เสมอและอย่าปล่อยให้โรงเรือนชื้นแฉะและสกปรก

2. กำจัดแหล่งน้ำสกปรกรอบๆ บริเวณโรงเรือนและบริเวณใกล้เคียงเพื่อไม่ให้ไก่กินน้ำสกปรกนั้น

3. ถ้าหากพบไก่ป่วยให้คัดแยกไก่ป่วยนั้นออกมาทันทีแล้วกำจัดด้วยการเผาหรือฝังเพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อโรคระบาดได้

4. อย่าทิ้งซากไก่ตายให้สัตว์อื่นกินหรือทิ้งลงแหล่งน้ำเป็นอันขาดเพราะจะทำให้เชื้อโรคจะแพร่ระบาดได้

5. หากซื้อไก่มาใหม่จากแหล่งอื่นก่อนที่จะนำเข้ามาเลี้ยงในฝูง ควรแยกเลี้ยงไว้ต่างหากเพื่อกักโรคอย่างน้อย 15 วัน หากไก่ไม่แสดงอาการผิดปกติใดๆ จึงนำมาเลี้ยงในบริเวณเดียวกันได้

6. ถ้าหากพบว่าไก่ที่กำลังเลี้ยงอยู่ป่วย ผู้เลี้ยงจะต้องรีบปรึกษาสัตวแพทย์หรือผู้รู้ทันทีเพื่อหาทางรักษาและป้องกันไม่ให้โรคระบาดต่อไป (ประภากร ธาราฉาย, 2560)

การให้วัคซีนป้องกันโรค

ถึงแม้ว่าจะมีการสุขาภิบาลที่ดีแล้วก็ตาม แต่ไก่ที่เลี้ยงอาจจะเกิดโรคขึ้นได้ตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงแบบปล่อยให้หาอาหารกินเองตามธรรมชาติดังนั้น ผู้เลี้ยงจึงต้องสร้างความต้านทานโรคโดยการให้วัคซีนป้องกันโรค หลักในการให้วัคซีนแก่ไก่มีดังนี้

1. จะต้องทำวัคซีนกับไก่ที่มีสุขภาพแข็งแรง ไม่ป่วยเป็นโรค
2. วัคซีนที่ใช้จะต้องมีคุณภาพดี (เก็บในที่เย็นและไม่ถูกแสงแดด
3.เครื่องมือที่ใช้ทำวัคซีนต้องสะอาดและผ่านการต้มมาฆ่าเชื้อโรคที่ถูกวิธี
4. จะต้องให้วัคซีนครบตามขนาดที่กำหนดและตามโปรแกรมที่กำหนด

พยาธิภายนอกจัดว่ามีความสำคัญในการเลี้ยงไก่ซึ่งได้ก่อให้เกิดปัญหาทั้งไก่ฟาร์มและไก่พื้นเมืองที่สำคัญทางด้านสุขภาพและเศรษฐกิจ และยังมีผลต่อไก่โดยตรงทำให้เกิดความรำคาญระคายเคืองผิวหนังอักเสบ ไข่ลดลง เติบโตช้า สุขภาพอ่อนแอและผลที่เกิดขึ้นโดยอ้อมเป็นตัวนำโรคต่างๆ อาทิเช่น อหิวาต์เป็ด -ไก่ นิวคาสเซิล สมองและไขสันหลังอักเสบ ฝีดาษไก่

พยาธิภายนอกในไก่ หมายถึง สิ่งมีชีวิตหมัด (leas) และอื่น ๆ บริเวณที่อาจพบพยาธิชนิดใดชนิดหนึ่งที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยการภายนอกดังกล่าว เช่นบริเวณผิวหนัง หรือขนชั่วคราว มิได้อยู่บนตัวดลอดเวลา (periodic) ของไก่และอาจพบอาศัยนอกตัวไก่ คือตามบริเวณโรงเรือน ตามเล้าไก่ และสิ่งปูรองในเล้าไก่อาศัยบนตัวไก่อย่างถาวร (Permanent) หรืออยู่parasite) เช่น ไร (mites) เหา (lipes) เห็บ (ticks) (สุทธิศักดิ์ นพวิญญวงศ์ และ วราภรณ์ ศุกลพงศ์, 2537)

การป้องกันและกำจัดพยาธิภายนอก

พยาธิภายนอกที่พบเห็นได้บ่อยสำหรับไก่พื้นเมืองได้แก่ เหา ไร หมัดและเห็บ การเกิดพยาธิภายนอกจะไม่ทำให้ไก่ตายทันทีแต่จะทำให้การให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตลดลง เนื่องจากไก่จะใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการไซ้ขน แต่ถ้ารุนแรงมากอาจทำให้ตายได้เนื่องจากเกิดโรคโลหิตจาง การกำจัดพยาธิภายนอกทำได้โดยการจุ่มไก่ลงในน้ำผสมยาฆ่าแมลงหรือน้ำสมุนไพร เช่น น้อยหน่า หางไหลหรือโล่ติ๊น หนอนตายหยาก สะเดา ยาเส้นหรือยาฉุน เป็นต้น นอกจากนี้จะต้องฉีดพ่นยาฆ่าแมลงหรือน้ำผสมสมุนไพรกำจัดแมลงตามโรงเรือน รังไข่ ทุก ๆ 3 เดือน หรืออาจใช้แป้งโรยตัวสำหรับกำจัดเห็บหมัดสำหรับสุนัขโรยบนตัวไก่หรือรังไข่ก็ได้

การป้องกันและกำจัดพยาธิภายใน

การเลี้ยงไก่พื้นเมืองแบบปล่อยมักจะพบปัญหาการเกิดพยาธิภายในเนื่องจากไก่จะไปคุ้ยเขี่ยหากินอาหารตามธรรมชาติบนพื้นดิน พยาธิภายในที่พบบ่อย ได้แก่ พยาธิตัวตืด และพยาธิตัวกลม การป้องกันและกำจัดจะต้องให้ไก่กินยาถ่ายพยาธิภายในเป็นระยะ ๆ หรืออาจจะใช้พืชสมุนไพร เช่น หมาก บอระเพ็ด ป้อนให้กินก็ได้

4.6 ผลของความเครียดต่อสรีรวิทยา และการตอบสนองต่อพฤติกรรมไก่พื้นเมือง

ความเครียด (ชัยยุทธ ดวงเดือน และคณะ, 2550)

ความเครียด (Stress) คือ สภาวะที่ร่างกายถูกกดดันหรือถูกคุกคามโดยปัจจัยหรือสิ่งกระตุ้นทั้งทางด้านกายภาพ ทางด้านจิตใจ หรือการรบกวนสภาวะปกติของร่างกาย ทำให้ร่างกายจำเป็นต้องมีการปรับตัวเพื่อรักษาการทรงสภาพปกติในร่างกาย เมื่อเกิดความเครียดร่างกายจะตอบสนองโดยการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา และการเปลี่ยนแปลงทางค้านพฤติกรรม สภาวะที่สัตว์เกิดความเครียดทางสรีรวิทยามักส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการสืบพันธุ์

สาเหตุของความเครียด

สาเหตุที่ก่อให้เกิดความเครียด (Stressor หรือ Stress Factor) ได้แก่ สิ่งกระตุ้นที่รบกวนต่อการทรงสภาพปกติของร่างกาย ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 สาเหตุหลัก ๆ คือ

1. สาเหตุที่ก่อความเครียดจากภายนอกร่างกาย (Extemal Suressor) สาเหตุที่ก่อให้เกิดความเครียดจากกายนอกร่างกาย ได้แค่ ปัจจัยกดดันทางสังคม เช่น ปฏิกิริยาระหว่างสัตว์ต่อสัตว์ในกลุ่มเดียวกันหรือต่างฝูง หรือสภาพความเป็นอยู่อย่างโคดเดี่ยวของสัตว์ เป็นต้น ปัจจัยกดดันทางสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ อากาศ ความชื้น และสภาพที่อยู่อาศัย เป็นต้น และปัจจัยกดดันจากคน เช่น การจัดการระบบการเลี้ยงที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการตามธรรมชาติของสัตว์ และการเคลื่อนย้ายขนส่งสัตว์

2. สาเหตุที่ก่อความเครียดจากภายในร่างกาย (Internal Stressor) สาเหตุที่ก่อให้เกิดความเครียดจากภายในร่างกาย ได้แก่ ปัจจัยกดดันทางด้านชีวภาพ เช่น การบาดเจ็บ การเป็นโรค หรือการติดเชื้อ เป็นต้น และปัจจัยทางโภชนาการ เช่น การขาดอาหารหรือน้ำ การขาดสมดุลอาหาร

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเครียดของสัตว์

ระดับความเครียดในสัตว์จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดสัตว์ พันธุ์สัตว์ อายุเพศ หรือสภาพทางสรีระของสัตว์ เช่น สัตว์อยู่ในช่วงการเจริญเติบโต สืบพันธ์ ตั้งท้อง ให้นม เป็นต้น ซึ่งในช่วงเวลาหล่านี้สัตว์ต้องการใช้พลังงานมาก ส่งผลให้สัตว์เกิดสภาวะเครียดได้ง่าย นอกจากนี้ความแตกต่างระหว่างสัตว์แต่ละตัว และประสบการณ์การเรียนรู้ของสัตว์แต่ละตัวยังส่งผลต่อความเครียดอีกด้วย ภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน (Ewing *et al*., 1999)

ในการเลี้ยงไก่ของประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากการเลี้ยงในปัจจุบันส่วนใหญ่จำเป็นต้องนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ เพื่อลดปัญหาดังกล่าวแต่ละปีคิดเป็นมูลค่ามหาศาล เกษตรกรรายย่อยที่ไม่สามารถซื้อเทคโนโลยีเหล่านี้ได้ส่วนใหญ่มักจะประสบปัญหาผลผลิตต่ำ และอัตราการตายสูงบางรายประสบกับการขาดทุนและล้มเลิกกิจการไป ความรู้ทางด้านสรีรวิทยาของการเกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อน ซึ่งเป็นความรู้ที่ทำให้ทราบกลไกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับร่างกายเมื่อไก่อยู่ในภาวะอุณหภูมิสูงนั้น จะเป็นแนวทางที่สำคัญในการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง โดยสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนที่สำคัญ ได้แก่ การทำงานของร่างกายในระบบประสาทและต่อมไร้ท่อ ฮอร์โมน โลหิตวิทยา ชีวเคมี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะส่งผลออกมาในรูปของพฤติกรรมและการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม องค์ความรู้พื้นฐานทั้งหมดนี้หากสามารถนำมาประยุกต์ใช้แล้ว อาจทำให้เราสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้

4.7 ฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะ (Good Faming Management)

“GFM” Good Farming Management หรือ ระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม โดยมีเป้าหมายหลัก 3 อย่าง (กรมปศุสัตว์, 2561) คือ

1. ลดปัญหาโรคระบาด ลดปัญหาเชื้อดื้อยา ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญมากต่อการผลิตสัตว์ โดยการทำระบบการป้องกันโรค การจัดการสุขภาพสัตว์ (เช่น การเฝ้าระวังโรค การสร้างภูมิคุ้มกันโรค การถ่ายพยาธิ)

2. ความเชื่อมั่นในความปลอดภัยทางอาหาร สามารถตรวจสอบย้อยกลับได้ถึงที่มาของสัตว์ที่บริโภคว่าปลอดภัยถูกต้อง ตั้งแต่กระบวนการเลี้ยงจนถึงโต๊ะอาหาร โดยการมีการบันทึก ทะเบียนฟาร์ม ข้อมูลสัตว์ และสุขภาพสัตว์บุคคลและยานพาหนะเข้า-ออกสถานที่ ฯลฯ

3. ปริมาณและคุณภาพเพิ่มขึ้น เมื่อเราสามารถลดปัญหาในการผลิตสัตว์ และสร้างความมั่นใจต่อตลาดผู้บริโภคได้ก็จะทำให้สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตและคุณภาพของ สัตว์ที่ผลิตออกมา

ให้ดีมากขึ้นได้โดย การจัดการสวัสดิภาพสัตว์พัฒนาพันธุ์และอาหารสัตว์ ดูแลสุขอนามัยการจัดการผลผลิตปัจจุบันฟาร์มเป้าหมายของ GFM คือฟาร์มเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรรายย่อย ได้แก่ - สัตว์ปีกพื้นเมือง/เป็ดเนื้อ

การดำเนินการขอและออกใบรับรองฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรค และการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม Good Farming Management (GFM) (กรมปศุสัตว์, 2561)

1. ฟาร์มสัตว์เลี้ยงที่มีการรับรองฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม

ปัจจุบันกรมปศุสัตว์มีการรับรองฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม ในสัตว์ 10 ชนิด ได้แก่ ไก่พื้นเมือง/ไก่ชน ไก่ไข่ เป็ดเนื้อ เป็ดไข่ โคนม โคเนื้อ กระบือ แพะ แกะ และสุกร

2. การดำเนินการขอรับและออกใบรับรอง

ดำเนินการตามระเบียบกรมปศุสัตว์ว่าด้วยการขอรับและออกใบรับรองฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม Good Farming Management (GFM) พ.ศ. 2561 (แนบท้าย)

3. เกษตรกรหรือพื้นที่เป้าหมายในการดำเนินงานรับรอง

- เกษตรกรรายย่อยในพื้นที่ทั่วไปที่มีความประสงค์จะยกระดับการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์

- เกษตรกรในโครงการตามนโยบายของรัฐบาล แหล่งเรียนรู้/กลุ่มเกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนกับกองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรในโครงการพระราชดำริ

- เกษตรกรที่ยังไม่พร้อมดำเนินการขอรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีด้านปศุสัตว์ (GAP)

สำหรับสัตว์ปีก ขนาดฟาร์มเป้าหมายในการดำเนินการ ซึ่งมีจำนวนสัตว์ดังนี้

ฟาร์มสัตว์ปีกพื้นเมือง จำนวนน้อยกว่า 3,000 ตัว
ฟาร์มไก่ไข่ จำนวนน้อยกว่า 1,000 ตัว
ฟาร์มเป็ดเนื้อ จำนวนน้อยกว่า 3,000 ตัว
ฟาร์มเป็ดไข่ จำนวนน้อยกว่า 1,000 ตัว

หมายเหตุ ฟาร์มที่มีจำนวนสัตว์มากกว่าฟาร์มเป้าหมาย และยังไม่พร้อมในการดำเนินการขอรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีด้านปศุสัตว์ (GAP) สามารถเข้าร่วมโครงการได้

4. การยื่นขอรับการรับรอง และการให้การรับรอง

ผู้ขอรับการรับรองที่มีความพร้อมในการรับการตรวจประเมินฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม Good Farming Management (GFM) และคุณสมบัติตาม

หลักเกณฑ์และเงื่อนไขการรับรองฯ ยื่นคำขอต่อเจ้าหน้าที่สำนักงานปศุสัตว์อำเภอ ณ ท้องที่ที่สถานที่เลี้ยงสัตว์ตั้งอยู่

5. สิทธิประโยชน์ที่เกษตรกรได้รับ

เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ปีกพื้นเมือง/ไก่ชน

- ได้รับสิทธิประโยชน์ในการเคลื่อนย้าย โดยสามารถใช้ใบรับรองเป็นหลักฐานการเคลื่อนย้ายภายในจังหวัดแทนหนังสืออนุญาติฯ (แบบ ร.3) ได้โดยอนุโลม แต่กรณีเคลื่อนย้ายไปยังท้องที่ต่างจังหวัดจะต้องนำใบรับรองไปแสดงต่อปศุสัตว์อำเภอเพื่อขอรับหนังสืออนุญาติฯ(แบบ ร.4) เคลื่อนย้ายต่อไป ทั้งนี้ไม่ต้องเก็บตัวอย่างตรวจโรคไข้หวัดนก หากมีประวัติการเก็บตัวอย่างตามที่กำหนดอย่างต่อเนื่อง(โครงการx-ray) ตามสมุดรับรองสถานที่เลี้ยงไก่พื้นเมือง/ไก่ชน

เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ไก่ไข่ เป็ด

- เป็ดเนื้อสามารถส่งเนื้อสัตว์จำหน่ายในสถานที่จำหน่ายเนื้อสัตว์ที่เข้าร่วมโครงการเนื้อสัตว์ปลอดภัยใส่ใจผู้บริโภค(ปศุสัตว์ok) ตามเงื่อนไขที่กำหนดในหนังสือที่ กษ0615/10474

- ได้รับสิทธิประโยชน์ในการเคลื่อนย้าย โดยสามารถใช้ใบรับรองเป็นหลักฐานการเคลื่อนย้ายภายในจังหวัดแทนหนังสืออนุญาติฯ (แบบ ร.3) ได้โดยอนุโลม แต่กรณีเคลื่อนย้ายไปยังท้องที่ต่างจังหวัดจะต้องนำใบรับรองไปแสดงต่อปศุสัตว์อำเภอเพื่อขอรับหนังสืออนุญาติฯ (แบบ ร.4) เคลื่อนย้ายต่อไป ทั้งนี้ไม่ต้องเก็บตัวอย่างตรวจโรคไข้หวัดนก หากมีประวัติการเก็บตัวอย่างตามที่กำหนดอย่างต่อเนื่อง (โครงการx-ray)

4.8 การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมือง (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2560ก)

ไก่พื้นเมือง เช่น ไก่พันธุ์ประดู่หางดำ ไก่พันธุ์เหลืองหางขาว ไก่พันธุ์แดง และไก่พันธุ์ชีเป็นแหล่งอาหาร และสร้างความมั่นคงทางอาหารให้แก่คนไทยมาโดยตลอด และเป็นทางเลือกในการสร้างอาชีพให้แก่เกษตรกรรายย่อย ซึ่งยังคงเป็นที่ต้องการของตลาดและมีราคาแพง ในการสร้างความเชื่อมั่นต่อผู้บริโภค รวมถึงเป็นการเพิ่มคุณค่าและขยายตลาดที่สูงกว่า โดยการพัฒนาและสร้างระบบมาตรฐานการผลิตเพื่อให้ได้มาตรฐานโดยเริ่มจากระดับฟาร์ม คณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตรจึงเห็นสมควรกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมืองแบบเลี้ยงปล่อย มาตรฐานสินค้าเกษตรนี้กำหนดขึ้นโดยใช้เอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

1) สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2558. มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พันธุ์. มกษ. 6903-2558.

2) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 2557. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการระบบการสร้างอาชีพการเลี้ยงไก่ประดู่หางดำอย่างยั่งยืน.

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานสินค้าเกษตรนี้ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2560ข) มีดังต่อไปนี้

1) ไก่พื้นเมือง (indigenous chicken/native chicken) หมายถึง ไก่ที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Gallus gallus หรือ Gallus domesticus ครอบคลุมไก่พื้นเมืองไทยหรือไก่พื้นเมืองลูกผสม เป็นสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อม สามารถเลี้ยงแบบปล่อยได้เช่น ไก่พันธุ์ประดู่หางดำ ไก่พันธุ์เหลืองหางขาว ไก่พันธุ์แดงและไก่พันธุ์ชี

2) การเลี้ยงไก่แบบปล่อย (free range chicken farming) หมายถึง การจัดการเลี้ยงไก่ซึ่งมีช่วงเวลาในแต่ละวันที่ปล่อยให้ไก่ได้ออกมาภายนอกโรงเรือนซึ่งเป็นพื้นดินที่มีหญ้าหรือพืชที่เป็นอาหารได้อย่างอิสระ ไก่ได้แสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติ เช่น การไซร้ขน คุ้ยเขี่ย จิกกินพืช ผัก ทำให้ไก่อารมณ์ดีและมีความสุข

3) ฟาร์มไก่พื้นเมืองแบบเลี้ยงปล่อย (free range indigenous chicken farm) หมายถึงสถานที่เลี้ยงไก่พื้นเมืองเพื่อการค้า ซึ่งครอบคลุมถึง โรงเรือน และพื้นที่เลี้ยงปล่อย สถานที่เก็บและเตรียมอาหารสัตว์บริเวณสำหรับทำลายซาก จุดรวบรวมขยะ เป็นต้น

ข้อกำหนด

รายการที่ 1 องค์ประกอบฟาร์ม

1.1 สถานที่ตั้ง

1.1.1 ต้องได้รับการยินยอมจากหน่วยราชการส่วนท้องถิ่น

1.1.2 ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่เหมาะสม ไม่ส่งผลกระทบต่อชุมชน และมีแหล่งน้ำสะอาดเพียงพอต่อการเลี้ยงสัตว์

1.1.3 ตั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากอันตรายทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ เว้นแต่มีมาตรการป้องกันอันตรายที่มีประสิทธิภาพ

1.2 ผังและลักษณะฟาร์ม

1.2.1 พื้นที่ฟาร์มมีขนาดเพียงพอเหมาะสมในการเลี้ยงสัตว์ ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพสัตว์และสิ่งแวดล้อม มีรั้วรอบพื้นที่การเลี้ยง

1.2.2 มีการวางผังฟาร์มที่ดี และจัดพื้นที่เป็นสัดส่วนอย่างชัดเจน เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ เช่น บริเวณเลี้ยงสัตว์ เก็บอาหารสัตว์ เก็บอุปกรณ์ ทำลายซากสัตว์ รวบรวมขยะและสิ่งปฏิกูล และที่พักอาศัย

1.3 โรงเรือน

1.3.1 สร้างด้วยวัสดุที่คงทน แข็งแรง ง่ายต่อการทำความสะอาดและบำรุงรักษา มีการระบายอากาศที่ดีและไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อคนและไก่สามารถป้องกันนกไม่ให้เข้าสู่บริเวณโรงเรือนได้

1.3.2 มีพื้นที่เพียงพอในการเลี้ยงไก่ ให้ไก่สามารถแสดงพฤติกรรมตามธรรมชาติได้

1.3.3 ในกรณีที่ใช้วัสดุรองพื้นภายในโรงเรือน วัสดุที่ใช้ต้องใหม่ สะอาด แห้ง และมีการฆ่าเชื้อก่อนนำมาใช้

1.3.4 พื้นที่เลี้ยงปล่อย มีพื้นที่เลี้ยงปล่อยภายนอกโรงเรือนอย่างเพียงพอให้ไก่มีความเป็นอยู่ตามธรรมชาติ เป็นพื้นที่มีหญ้าหรือพืชที่เป็นอาหาร

รายการที่ 2 อาหารสำหรับไก่พื้นเมือง

2.1 กรณีที่ใช้อาหารสำเร็จรูป ต้องมีคุณภาพและมาตรฐานตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ และให้ตรวจสอบคุณภาพอาหารไก่ทางกายภาพในเบื้องต้น และเก็บตัวอย่างอาหารในแต่ละรุ่นเพื่อใช้วิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการหากเกิดกรณีมีปัญหาหรือข้อสงสัย

2.2. ในกรณีที่ผสมอาหารเองในฟาร์ม วัตถุดิบที่ใช้หรือสิ่งที่เติมในอาหาร ต้องมีคุณภาพ ปลอดภัย และห้ามใช้สารต้องห้ามตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์

2.3 ใช้ภาชนะให้อาหารที่สะอาดและเหมาะสมกับจำนวนและอายุของไก่ และจัดวางในโรงเรือนเท่านั้น และอยู่ในตำแหน่งที่ไก่ทุกตัวเข้าถึงอาหารสัตว์ได้

2.4 การผสมสารเคมีหรือยาในอาหารเพื่อรักษาโรค ต้องอยู่ภายใต้ การดูแลรับผิดชอบของสัตวแพทย์ผู้ควบคุมฟาร์ม รวมถึงมีสถานที่เก็บอาหารสัตว์ผสมยาแยกออกจากการเก็บอาหารทั่วไปและมีป้ายบ่งชี้

2.5 มีสถานที่เก็บอาหารไก่ที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมสภาพของอาหารสัตว์ได้

รายการที่ 3 น้ำสำหรับไก่พื้นเมือง

3.1 แหล่งน้ำที่ใช้ในฟาร์มต้องสะอาด เพียงพอ และอยู่ในบริเวณที่ไม่เสี่ยง ต่อการปนเปื้อนจากสิ่งที่เป็นอันตราย

3.2 ใช้ภาชนะให้น้ำที่สะอาด เพียงพอ

3.3 อยู่ในตำแหน่งที่ไก่ทุกตัวเข้าถึงภาชนะให้น้ำได้สะดวก

3.4 การผสมสารเคมีหรือยาในน้ำเพื่อรักษาโรค ต้องอยู่ภายใต้การดูแล รับผิดชอบของสัตวแพทย์ผู้ควบคุมฟาร์ม

รายการที่ 4 การจัดการฟาร์ม

4.1 มีคู่มือการจัดการฟาร์มที่แสดงรายละเอียดการปฏิบัติงานที่สำคัญ ภายในฟาร์ม ได้แก่ ระบบการเลี้ยง การจัดการอาหารและน้ำสำหรับไก่การทำความสะอาดและบำรุงรักษา การจัดการด้านสุขภาพไก่ การจัดการด้านสวัสดิภาพสัตว์ปีก การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม และแบบบันทึกข้อมูล

4.2 บุคลากร

4.2.1 มีการจัดการแรงงานที่เหมาะสม ดังนี้

- มีหนังสือสัญญาการจ้างงาน
- จ้างแรงงานที่มีอายุไม่น้อยกว่า 18 ปีบริบูรณ์
- กรณีเป็นแรงงานต่างด้าวต้องมีหนังสือเดินทางที่ถูกต้องตาม กฎหมาย และมีใบอนุญาตทำงาน
- จัดสวัสดิการแก่ผู้ใช้แรงงานอย่างเหมาะสมและพอเพียง
- จัดหาอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน
- ปฏิบัติต่อลูกจ้างชายและหญิงโดยเท่าเทียมกันในการจ้างงาน

4.2.2 มีจำนวนบุคลากรพอเหมาะกับจำนวนไก่ที่เลี้ยง มีการจัดแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบอย่างชัดเจน

4.2.3 บุคลากรที่ทำหน้าที่เลี้ยงไก่ต้องมีความรู้และได้รับการฝึกอบรม หรือได้รับการถ่ายทอดความรู้เพื่อให้เลี้ยงไก่ได้อย่างถูกต้อง

4.2.4 มีสัตวแพทย์ที่มีใบรับรองเป็นผู้ควบคุมฟาร์มสัตว์ปีกกำกับดูแลด้านสุขภาพไก่

4.2.5 บุคลากรต้องมีสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ดีและต้องได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี

4.3 การทำความสะอาดและบำรุงรักษา

4.3.1 โรงเรือน และอุปกรณ์ต้องสะอาด ถูกสุขลักษณะ

4.3.2 บำรุงรักษาโรงเรือนและอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพดี มีความปลอดภัยต่อไก่และผู้ปฏิบัติงาน

4.3.3 ทำความสะอาด ฆ่าเชื้อโรงเรือนและอุปกรณ์หลังจากย้ายไก่รุ่นเก่าออกและก่อนนำไก่รุ่นใหม่เข้าเลี้ยง

4.3.4 หลังจากย้ายไก่รุ่นเก่าออก ให้ปิดพักโรงเรือนก่อนนำไก่รุ่นใหม่เข้าเลี้ยงหรือปฏิบัติตามที่กรมปศุสัตว์กำหนด

4.3.5 พื้นที่เลี้ยงแบบปล่อยต้องมีการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อหลังจากย้ายไก่รุ่นเก่าออก และก่อนนำไก่รุ่นใหม่เข้ามาเลี้ยง

4.3.6 สารเคมี ยาฆ่าเชื้อ หรือวัตถุอันตรายที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ ให้ใช้ตามคำแนะนำของฉลากผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นทะเบียนกับกรมปศุสัตว์ หรือตามคำแนะนำของสัตวแพทย์ผู้ควบคุมฟาร์มสัตว์ปีก

4.4 การจัดการพื้นที่เลี้ยงปล่อย

4.4.1 พื้นที่เลี้ยงปล่อยภายนอกโรงเรือน หญ้าหรือพืชที่เป็นอาหารต้องมีการหมุนเวียนหรือพักแปลง หรือกรณีหญ้าหรือพืชที่เป็นอาหารไก่ไม่เพียงพอ ต้องมีการเสริมหญ้าหรือพืชจากภายนอก

รายการที่ 5 สุขภาพสัตว์

5.1 การป้องกันและควบคุมโรค

5.1.1 การจัดการสุขภาพสัตว์ การใช้ยา และโปรแกรมวัคซีน อยู่ภายใต้ความดูแลของสัตวแพทย์ผู้ควบคุมฟาร์ม หรือผู้ที่ได้รับมอบหมายจากสัตวแพทย์ผู้ควบคุมฟาร์ม

5.1.2 มีการป้องกันและฆ่าเชื้อโรค ยานพาหนะ อุปกรณ์ และบุคคลก่อนเข้า-ออกฟาร์ม รวมถึงมีการจดบันทึกการผ่านเข้า-ออกฟาร์มของบุคคลภายนอกที่สามารถตรวจสอบได้

5.1.3 มีมาตรการควบคุมสัตว์พาหะนำเชื้อ

5.1.4 กรณีเกิดโรคระบาดหรือสงสัยว่าเกิดโรคระบาด ให้ปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยโรคระบาดสัตว์และคำแนะนำของกรมปศุสัตว์

5.1.5 การจัดการซากไก่ให้อยู่ในดุลยพินิจของสัตวแพทย์ผู้ควบคุมฟาร์มด้วยวิธีเหมาะสม

5.2 การบำบัดโรคสัตว์ อยู่ภายใต้การดูแลของสัตวแพทย์ผู้ควบคุมฟาร์มโดยปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพการสัตวแพทย์ และฉบับแก้ไขเพิ่มเติมและตามข้อกำหนดในมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9032 เรื่อง ข้อปฏิบัติการควบคุมการใช้ยาสัตว์ และห้ามใช้ฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต

รายการที่ 6 สวัสดิภาพสัตว์ ดูแลไก่ให้มีความเป็นอยู่ที่สบาย หากไก่ ป่วย บาดเจ็บ พิการ หรือคัดทิ้งควรได้รับการปฏิบัติที่เหมาะสม เพื่อมิให้เกิดความทุกข์ทรมาน

รายการที่ 7 สิ่งแวดล้อม

7.1 กำจัดหรือจัดการขยะมูลฝอย ของเสีย และมูลไก่ ด้วยวิธีการที่เหมาะสมและถูกสุขลักษณะ เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

7.2 กรณีปล่อยน้ำที่ใช้ในฟาร์มออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะให้บำบัดน้ำเสียอย่างถูกต้องจากฟาร์มก่อน

7.3 ก่อนเคลื่อนย้ายวัสดุรองพื้นหลังการปลดไก่ ต้องป้องกันการฟุ้งกระจายของวัสดุรองพื้น

7.4 ในกรณีเป็นขยะติดเชื้อ ให้แยกทำลายและกำจัดด้วยวิธีที่ถูกต้อง ตามดุลยพินิจของสัตวแพทย์ผู้ควบคุมฟาร์ม

รายการที่ 8 การบันทึกข้อมูล

8.1 ให้บันทึกข้อมูลผลการปฏิบัติงานในขั้นตอนที่สำคัญในการจัดการฟาร์มที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ ผลผลิต และการควบคุมโรค ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับการการจัดการด้านบุคลากร การจัดการด้านการผลิต และการควบคุมป้องกันและบำบัดโรค

8.2 ให้เก็บรักษาบันทึกเป็นเวลาอย่างน้อย 3 ปี

4.9 การจัดการอาหารและน้ำที่ใช้เลี้ยงไก่ตามแนวปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมือง

อาหารไก่เนื้อต้องมีคุณภาพและมาตรฐานตามพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ พ.ศ.2558 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม เพื่อให้มั่นใจว่าได้อาหารไก่เนื้อที่มีคุณภาพ มีความปลอดภัย ไม่หมดอายุ ไม่มีการผสมยาสัตว์หรือสารเคมีต้องห้ามลงในอาหารไก่เนื้อ อาหารไก่เนื้อสำเร็จรูปต้องซื้อจากผู้ที่ได้รับใบอนุญาตตามพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ พ.ศ.2558 และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม หรือหากผสมอาหารไก่เนื้อใช้เอง ต้องมีคุณภาพเทียบเท่ามาตรฐาน เดียวกัน และห้ามใช้สารต้องห้ามตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ โดยอาหารไก่เนื้อที่ใช้ ควรเหมาะสมกับความต้องการทางโภชนาการในแต่ละช่วงอายุและพันธุ์ไก่ ในการตรวจรับอาหารสัตว์ควรมีการตรวจสอบอาหารสัตว์ทางกายภาพเบื้องต้นอย่างสม่ำเสมอ เช่น ตรวจภาชนะบรรจุว่าไม่ฉีกขาด แตกชำรุด และมีฉลากถูกต้อง ควรสุ่มตรวจอาหารสัตว์ว่าไม่มีลักษณะ สี กลิ่นที่ผิดปกติ หรือรวมตัวเป็นก้อน กรณีที่ขนส่งอาหารสัตว์ด้วยรถบรรทุก ส่วนที่ใช้บรรทุกควรแห้ง และสะอาด เหมาะต่อการขนส่งอาหารสัตว์ ควรเก็บตัวอย่างอาหารสัตว์ทุกรุ่นการผลิตที่มีการนำมาใช้ในฟาร์มเอาไว้อย่างน้อย 3 เดือน เพื่อเป็น ตัวอย่างสำหรับการส่งตรวจยืนยันทางห้องปฏิบัติการกรณีเกิดปัญหาสุขภาพที่สงสัยว่าอาจมีสาเหตุ จากอาหารขึ้นภายหลัง นอกจากนี้ควรมีการตรวจสอบคุณภาพอาหารไก่เนื้อ โดยการสุ่มตัวอย่างส่งห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจ วิเคราะห์คุณภาพและสารตกค้าง ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ โดยกรมปศุสัตว์ฟาร์มไก่เนื้อต้องจัดให้มีสถานที่เฉพาะในการเก็บรักษาวัตถุดิบและอาหารไก่เนื้อที่ผสมแล้ว ที่สะอาด แห้ง ปลอดจากแมลงและสัตว์พาหะนำโรคต่าง ๆ ระบายอากาศได้ดีและสามารถป้องกันการปนเปื้อนและรักษา คุณภาพของอาหารไม่ให้เสื่อมสภาพ นอกจากนี้ต้องมีวัสดุรองด้านล่าง เช่น พาเลทรองถุงที่บรรจุอาหารไก่เนื้อ เพื่อให้อากาศถ่ายเทและป้องกันความชื้นได้ ภาชนะบรรจุอาหารสัตว์ควรสะอาด แห้ง กันความชื้นได้ ไม่เคยใช้บรรจุวัตถุมีพิษ ปุ๋ย หรือวัตถุอื่นใดที่อาจ เป็นอันตรายต่อสัตว์ ไม่มีสารที่อาจปนเปื้อนกับอาหารสัตว์ และถ้าถูกเคลือบด้วยสารอื่น สารดังกล่าว ต้องไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์ การให้อาหารควรใช้ภาชนะที่เหมาะสม และวางไว้อย่างเพียงพอในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อให้ไก่ได้รับ อาหารอย่างทั่วถึง น้ำที่ให้ไก่เนื้อกินมีปริมาณเพียงพอ เป็นน้ำสะอาดและปริมาณโลหะหนักและจุลินทรีย์เป็นไปตามเกณฑ์ ในรายการดังต่อไปนี้

(1) โลหะหนัก

- สารหนู (As) ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร
- แคดเมียม (Cd) ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ตะกั่ว (Pb) ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร
- ปรอท (Hg) ไม่เกิน 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร

(2) จุลินทรีย์

- จุลินทรีย์ที่ตรวจพบโดยวิธีStandard plate count ไม่เกิน 500 CFU ต่อมิลลิลิตร
- โคลิฟอร์ม (Coliform) น้อยกว่า 2.2 MPN ต่อ 100 มิลลิลิตร
- อีโคไล (E. coli) ไม่พบ
- แซลโมเนลลา (Salmonella spp.) ไม่พบ โดยมีผลตรวจตัวอย่างคุณภาพนำในรายการข้างต้น เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการตรวจประเมินครั้งแรก และ ตรวจตัวอย่างคุณภาพนำอย่างน้อย 1 ครั้งต่อรอบการต่ออายุใบรับรองมาตรฐานฟาร์ม ทั้งนี้ ในช่วงที่มีสภาพแวดล้อมเสี่ยงต่อการนำไปใช้ในการผลิตหรือมีความสงสัยในคุณภาพน้ำควรมีการตรวจ คุณภาพนำบางรายการตามความเสี่ยงของการปนเปื้อนอันตรายที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพสัตว์และผู้บริโภค เพื่อวิเคราะห์การปนเปื้อนจากวัตถุหรือสิ่งที่เป็นอันตราย จำนวนและขนาดของอุปกรณ์ให้นำ เช่น รางน้ำนิปเปิล (nipple) กระติกนำ ควรเหมาะสมและวางไว้ อย่างเพียงพอในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อให้ไก่เนื้อได้รับนำอย่างทั่วถึง

การใช้ยาผสมในอาหารไก่

ยาที่ผสมในอาหารสัตว์อาจก่อให้เกิดปัญหาการตกค้างในผลผลิตจากสัตว์ และก่อให้เกิดผลต่อสุขภาพทั้งคนและสัตว์ ดังนั้นในกรณีที่จำเป็นต้องผสมยาลงในอาหารสัตว์ ต้องอยู่ภายใต้การดูแลรับผิดชอบของสัตวแพทย์ผู้ควบคุมฟาร์ม เพื่อควบคุมและจำกัดการใช้เท่าที่จำเป็นและหลีกเลี่ยงอันตรายจากการตกค้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการดื้อยาของจุลชีพหากมีความจำเป็นต้องใช้ยาผสมในอาหาร ต้องอยู่ภายใต้การดูแลรับผิดชอบของสัตวแพทย์ผู้ควบคุมฟาร์ม โดยไม่ผสมยาหรือสารเคมีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ลงในอาหารสัตว์ เช่น ไนโตรฟูแรน คลอแรมเฟนิคอล สารเหล่านี้เป็นกลุ่มที่หากตกค้างจะก่อให้เกิดการสะสมในร่างกายและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ฟาร์มต้องมีบริเวณเก็บอาหารสัตว์ผสมยา แยกออกจากการเก็บอาหารทั่วไปและมีป้ายบ่งชี้

4.10 ความปลอดภัยด้านอาหารและประเภทของอันตรายของอาหาร

4.10.1 ความหมายของความปลอดภัยด้านอาหาร

ตามพระราชบัญญัติคณะกรรมการอาหารแห่งชาติ พ.ศ. 2551 ได้กำหนดไว้ว่า “ความปลอดภัยด้านอาหาร” หมายความว่า การจัดการให้อาหาร และสินค้าเกษตรที่นำมาเป็นอาหารบริโภคสำหรับมนุษย์มีความปลอดภัย โดยไม่มีลักษณะเป็นอาหารไม่บริสุทธิ์ตามกฎหมายว่าด้วยอาหาร และตามกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอาหารที่มีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

1) อาหารที่มีจุลินทรีย์ก่อโรคหรือสิ่งที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพเจือปนอยู่

2) อาหารที่มีสารหรือวัตถุเคมีเจือปนอยู่ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องในปริมาณที่อาจเป็นเหตุให้เกิดอันตราย หรือสามารถสะสมในร่างกายที่ก่อให้เกิดโรค หรือผลกระทบต่อสุขภาพ

3) อาหารที่ได้ผลิต ปรุง ประกอบ บรรจุ ขนส่งหรือมีการเก็บรักษาไว้โดยไม่ถูกสุขลักษณะ

4) อาหารที่ผลิตจากสัตว์หรือผลผลิตจากสัตว์ที่เป็นโรคอันอาจติดต่อถึงคนได้

5) อาหารที่ผลิต ปรุง ประกอบจากสัตว์และพืช หรือผลผลิตจากสัตว์และพืชที่มีสารเคมีอันตราย เภสัชเคมีภัณฑ์หรือยาปฏิชีวนะตกค้างในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

6) อาหารที่มีภาชนะบรรจุประกอบด้วยวัตถุที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ (สาคร ศรีมุข, 2564)

4. 10.2 ประเภทของอันตรายของอาหาร

สถานการณ์ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากความไม่ปลอดภัยด้านอาหารในประเทศไทย อาจจำแนกได้ตามการปนเปื้อนของอาหารจากเชื้อโรคและพยาธิการปนเปื้อนจากสารเคมีชนิดต่าง ๆ และการปนเปื้อนจากสภาพที่ไม่ถูกสุขลักษณะของแหล่งผลิตอาหาร (สำนักงานคณะกรรมการอาหารแห่งชาติ, ออนไลน์) ทั้งนี้อันตรายที่มีในอาหารและส่งผลต่อความไม่ปลอดภัยต่อผูบริโภคมีอยู่ 3 ประเภท (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ม.ป.ป.) ได้แก่

1) อันตรายทางชีวภาพ (biological hazard) หมายถึง อันตรายในอาหาร (food hazard) ที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตที่เป็นจุลินทรีย์ก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยต่อระบบทางเดินอาหารและระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น เชื้อแบคทีเรีย หนอนพยาธิ เชื้อไวรัส เป็นต้น

2) อันตรายทางเคมี (chemical hazard) หมายถึง อันตรายที่เกิดจากสารเคมี ที่มีอยู่ในธรรมชาติในวัตถุดิบที่ใช้แปรรูปอาหารหรือเกิดการปนเปื้อน (contamination) ในระหว่างการผลิตวัตถุดิบ การแปรรูปอาหาร การบรรจุ และการเก็บรักษาก่อนที่จะถึงมือผู้บริโภค อันตรายทางเคมีที่มีโอกาสพบในอาหาร มีทั้งสารเคมีที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ สารเคมีที่เติมลงในอาหารโดยเจตนา สารเคมีที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบโดยไม่เจตนา สารเคมีที่ใช้ในโรงงาน สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการผลิต และสารเคมีจากวัสดุหรือภาชนะที่สัมผัสอาหาร

3) อันตรายทางกายภาพ (physical hazard) เป็นอันตรายในอาหารที่เกิดจากสิ่งแปลกปลอม ซึ่งอาจปนเปื้อนมากับอาหาร และเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เช่น โลหะ แก้ว เศษไม้ แมลง เส้นผม กรวดหิน ขนสัตว์ โดยที่มาของอันตรายทางกายภาพมาได้จากหลายแหล่ง เช่น ปนมากับวัตถุดิบ เครื่องจักรอุปกรณ์แปรรูปอาหาร กระบวนการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน ระบบสุขาภิบาลที่บกพร่อง เป็นต้น

อันตรายประเภทต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้บริโภคได้ในหลายระดับ ตั้งแต่การเจ็บป่วยเล็กน้อยไม่รุนแรงไปจนถึงการเจ็บป่วยขั้นรุนแรงจนถึงแก่ชีวิต รวมไปถึงความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ

5. การเสริมเมล็ดธัญพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง

5.1 สายพันธุ์ไก่พื้นเมือง

ไก่ถูกจัดอยู่ในสัตว์ปีกจำพวกนก แต่เดิมนั้นเป็นไก่ป่าสีแดง (Red jungle fowl) ไก่พื้นเมืองเป็นไก่ในท้องถิ่นของประเทศไทย อยู่ใน Family Phasianidae Order Galliformes Class AVes มีชื่อทาง วิทยาศาสตร์ว่า Gallus gallus (Gallus domesticus) มีหลายวงศ์ บินได้ในระยะสั้น หากินตามพื้นดิน ตกไข่ก่อนแล้วจึงฟักเป็นตัว ตัวผู้หงอนใหญ่และเดือยยาว ไก่พื้นเมืองเป็นสัตว์ที่อยู่คู่สังคมไทยมาเป็น เวลานาน และมีการเลี้ยงกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ ในปัจจุบันไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงในประเทศไทยมีอยู่หลายพันธุ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ สายพันธุ์ไก่ชน และสายพันธุ์ที่ไม่ใช่ไก่ชน (สุพจน์ รอดดำเนิน, 2542) พันธุ์ที่ไม่ใช่ไก่ชน เช่น ไก่แจ้ ไก่อู ไก่ตะเภา ไก่เบตง ไก่พันธุ์ลูกผสม โดยทั่วไปแล้วไก่พื้นเมืองในหมู่บ้านต่างๆ จะเป็นสายพันธุ์ไก่ชน สังเกตได้จากแม่ไก่จะมีขนสีดำ หน้าดำ และแข้งดำ หงอนหิน แต่จะมีพันธุ์บางส่วนที่มีสีเทา สีทอง แต่หงอนก็ยังเป็นหงอนหิน ซึ่งเป็นลักษณะหงอนของไก่ชน ไก่พื้นเมืองที่มีสายพันธุ์มาจากไก่ชน ได้แก่ เหลืองหางขาว ประดู่หางดำ เขียวหางดำหรือเขียวอีกา เทาหางขาว เป็นต้น สาเหตุที่เกษตรกรนิยมเลี้ยงไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ไก่ชน เพราะว่าไก่ชนจะมีรูปร่างใหญ่และยาว เจริญเติบโตดีและแม่พันธุ์ไข่ดก เป็นผลมาจากนักผสมพันธุ์ไก่ชนได้ คัดเลือกลักษณะดีเด่นไว้อย่างเข้มงวดมาหลายชั่วอายุแล้ว มีสีขนมากมายหลายสี ซึ่งไก่พื้นเมืองที่เป็นสายพันธุ์ไก่ชน ได้แก่ สายพันธุ์เหลืองหางขาว สายพันธุ์ประดู่หางดำ สายพันธุ์เขียวหางดำหรือเขียวกา (สุพจน์ รอดดำเนิน, 2542; กรมปศุสัตว์, 2559)

กรมปศุสัตว์ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ดำเนินการสร้างฝูงไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ขึ้น 4 ฝูง ได้แก่ ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่, ไก่เหลืองหางขาวกบินทร์บุรี, ไก่แดงสุราษฎร์และไก่

ชีท่าพระ ซึ่งมีสมรรถภาการเจริญเติบโตสูงกว่าไก่พื้นเมืองทั่วไปและสามารถปรับตัวเข้ากับระบบการเลี้ยงปล่อยอิสระหาอาหารกินตามธรรมชาติได้เก่ง

ตารางที่ 2.2 ลักษณะทางเศรษฐกิจของไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ 4 สายพันธุ์

ลักษณะทางเศรษฐกิจ	ประดู่หางดำ เชียงใหม่	เหลืองหางขาว กบินทร์บุรี	แดงสุราษฎร์	ชีท่าพระ
อายุเมื่อให้ไข่ฟองแรก (วัน)	183	189	192	224
น้ำหนักตัวเมื่อให้ไข่ฟองแรก	2,037	1,937	1,843	1,706
น้ำหนักไข่ฟองแรก (กรัม)	36	36	36	39
น้ำหนักตัวแรกเกิด (กรัม)	32	31	28	29
น้ำหนักตัวอายุ 12 สัปดาห์ (กรัม)	1,235	1,133	1,099	1,157
น้ำหนักตัวอายุ 16 สัปดาห์ (กรัม)	1,621	1,530	1,504	1,507
อัตราแลกเนื้อ (0 – 12 สัปดาห์)	3.3	3.6	3.7	3.3
อัตราแลกเนื้อ (0 – 16 สัปดาห์)	3.8	4.0	4.0	3.8

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2559)

ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ 1

ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ เป็นพันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์แท้ที่กรมปศุสัตว์และสำนักงาน กองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ร่วมกันพัฒนาพันธุ์ขึ้นมาให้เป็นไก่พื้นเมืองที่มีความสามารถในการเลี้ยงดู และการจัดการในชนบทได้ แต่มีสมรรถภาพการผลิตเมื่อเลี้ยงในเชิงเศรษฐกิจที่สูงกว่า ไก่พื้นเมืองทั่วไป นอกจากนี้ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ ยังเป็นไก่ที่มีขนลำตัวสีดำ ปากสีดำ และแข้งสีดำ ซึ่งเป็นลักษณะภายนอกของไก่พื้นเมืองที่ตลาดส่วนใหญ่ของประเทศต้องการ เพราะแม้ชำแหละไก่แล้ว สีของขนและปากจะหายไป แต่แข้งของไก่สดที่วางจำหน่ายยังคงเป็นสีดำทำให้ มั่นใจว่าเป็นไก่พื้นเมืองจริง จากลักษณะที่ดีของไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ ซึ่งเหมาะสมที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงเพื่อเป็นอาชีพเสริมให้เกิดความยั่งยืนในชนบท โดยอาศัยหลักเศรษฐกิจพอเพียงที่เกษตรกรสามารถผลิตพันธุ์เองได้ รวมถึงวิธีการเลี้ยงที่ใช้องค์ความรู้ และภูมิปัญญาแบบท้องถิ่นบูรณาการกับเทคโนโลยี วิชาการ การเลี้ยงไก่ที่ทันสมัยในปัจจุบัน ตลอดจนการปรับลักษณะการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรที่เดิมเลี้ยงแบบปล่อยให้หากินเองตามธรรมชาติ ให้เป็นการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย ให้อาหารที่เกษตรกรสามารถหาได้ในท้องถิ่นร่วมกับอาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงไก่เพื่อลด

ต้นทุนการผลิต เพื่อให้ไก่มีการเจริญเติบโตเร็ว เกษตรกรก็จะได้ผลตอบแทนที่ดีขึ้น (พรพิมล ใจไหว และคณะ, 2556)

ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ 1 มีลักษณะภายนอกประจำพันธุ์ ดังนี้

- เพศผู้ มีสร้อยคอ-หลัง สีแดงประดู่ ขนหาง ขนลำตัว แข้ง ปากสีดำ, ใบหน้าสีแดง, ตาสีเหลืองอมน้ำตาล, ผิวหนังสีขาวอมเหลือง, หงอนถั่ว

- เพศมีย ลักษณะเหมือนเพศผู้ ยกเว้นที่ไม่มีขนสร้อยคอที่คอ-หลังสำหรับลักษณะทางเศรษฐกิจ เมื่อเลี้ยงในระบบฟาร์ม พบว่าที่อายุ 12 และ 16 สัปดาห์ เพศผู้ มีน้ำหนักตัว เท่ากับ 1,357+ 108 กรัม และ 1,902+151 กรัม ตามลำดับ เพศเมียมีน้ำหนักตัวเท่ากับ1,091:84 กรัม และ 1,436±117 กรัม ตามลำดับ มีสมรรนะการสืบพันธุ์ ดังนี้ อัตราการให้ไข่147:34 ฟอง/แม่ปี อายุเมื่อให้ไข่ฟองแรก 188+17 วัน เมื่อเลี้ยงในหมู่บ้าน มีสมรรถนะการสืบพันธุ์ ดังนี้ อัตราการให้ไข่ 42+16 ฟอง/แม่ปี้ ให้ลูกไก่ 29+14 ตัว/แม่ปี อายุการให้ไข่ฟองแรก225+23 วัน ซึ่งข้อดีของไก่พันธุ์แท้ (Pure breed) ขนลำตัว ปากแข้งสีดำ เมื่อเลี้ยงในระบบฟาร์มมีน้ำหนักตัวสูงกว่าไก่พื้นเมืองทั่วไป 33-36 เปอร์เซ็นต์ ให้ไข่มากกว่าไก่พื้นเมืองทั่วไป 40 เปอร์เซ็นต์ (แสนศักดิ์ นาคะวิสุทธิ์, และคณะ 2564)

เพศผู้ เพศเมีย

ภาพที่ 2.11 ลักษณะภายนอกประจำพันธุ์ของไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ 1

(**ที่มา**: อำนวย เลี้ยวธารากุล และคณะ, 2553)

5.2 รูปแบบการเลี้ยงไก่พื้นเมือง

การเลี้ยงไก่พื้นเมืองในประเทศไทยโดยทั่วไปมี 3 รูปแบบ (อุษา กลิ่นหอม และคณะ, 2548)

1) การเลี้ยงแบบปล่อย การเลี้ยงแบบนี้มีปริมาณของไก่พื้นเมืองไม่มากนัก ใช้พื้นที่ในการเลี้ยงมากกว่าแบบอื่น วิธีการเลี้ยงโดยการปล่อยให้หากินตามธรรมชาติ ไม่มีคอกหรือเล้าที่ชัดเจน อาศัยตามต้นไม้หรือที่อื่นๆ ในบริเวณบ้าน การจัดการด้านต่างๆ ทำได้ค่อนข้างยาก มีการให้อาหารเสริมประเภทข้าวเปลือก เมล็ดธัญพืชต่างๆ บ้าง ในบางช่วงที่อาหารตามธรรมชาติลดน้อยลง การเลี้ยงแบบนี้จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย และมีอัตราการรอดน้อยเช่นกัน ส่วนใหญ่จะเลี้ยงเพื่อบริโภคในครัวเรือน หากมีปริมาณไก่จำนวนมากขึ้นจึงแบ่งขายจะไม่คำนึงถึงต้นทุนหรือกำไรมากนัก

2) การเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย การเลี้ยงแบบนี้จะมีจำนวนไก่มากพอสมควร ใช้พื้นที่ในการเลี้ยงขนาดปานกลาง มีการสร้างคอกหรือเล้าตามปริมาณไก่ วิธีการเลี้ยงจะปล่อยให้หาอาหารกินเองตอนกลางวัน มีการเสริมข้าวเปลือก ปลายข้าวหรือข้าวโพด และอาหารอื่นๆ ในช่วงเช้าหรือบ่าย ช่วงกลางคืนขังคอกเพื่อป้องกันศัตรูของไก่ เล้าไก่จะเป็นที่หลับนอน วางไข่ และเป็นที่เลี้ยงลูกไก่ในระยะเล็ก การเลี้ยงรูปแบบนี้จะทำให้ลดการสูญเสียไก่พื้นเมืองลงได้บ้าง ให้ผลตอบแทนพอสมควร

3) การเลี้ยงแบบขังตลอดในโรงเรือน ส่วนใหญ่เลี้ยงแบบการค้า การเลี้ยงรูปแบบนี้จะมีปริมาณของไก่พื้นเมืองที่เหมาะสมกับขนาดคอกไก่ คอกไก่จะมีลักษณะเป็นโรงเรือนที่ถาวร การเข้า–ออกของไก่จะเป็นชุดตามระยะเวลาที่กำหนด มีการจัดการและการสุขาภิบาลสัตว์ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ อาหารที่ใช้เลี้ยงเป็นอาหารผสมสำเร็จรูป มีการสูญเสียไก่น้อยมาก การเลี้ยงแบบนี้มีต้นทุนสูงกว่ารูปแบบอื่นๆ และให้ผลตอบแทนดี การจัดการเลี้ยงดูไก่พื้นเมือง เกษตรกรทั่วไปจะเลี้ยงลูกไก่พื้นเมืองโดยให้แม่ไก่พื้นเมืองฟักลูกไก่เอง เมื่อลูกไก่พื้นเมืองออกจากไข่หมดแล้ว ควรให้แม่ไก่เลี้ยงลูกเอง โดยการย้ายแม่ไก่และลูกลงมาขังในสุ่มหรือในคอก ในระยะนี้ควรมีถาดอาหารสำหรับใส่รำ ปลายข้าวหรือเศษข้าวสุกให้ลูกไก่พื้นเมืองกินและมีถ้วยหรืออ่างน้ำตื้นๆ ใส่น้ำให้กินตลอดเวลา เมื่อลูกไก่พื้นเมืองอายุประมาณ 2 สัปดาห์ ก็จะแข็งแรงดีแล้ว จึงเปิดสุ่มหรือกรงให้ลูกไก่ไปหากินกับแม่ไก่ได้ โดยธรรมชาติแม่ไก่พื้นเมืองจะเลี้ยงลูกประมาณ 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นให้แยกลูกออกจากแม่ไก่ โดยนำไปเลี้ยงในกรงหรือแยกเลี้ยงต่างหาก เพื่อให้แม่ไก่พื้นเมืองพักตัวเตรียมให้ไข่ในรุ่นต่อไป ลูกไก่พื้นเมืองอายุ 2 สัปดาห์ ที่แยกออกจากแม่ไก่ใหม่ๆ ยังหาอาหารไม่เก่งและยังป้องกันตัวเองไม่ได้ ดังนั้นจึงต้องเลี้ยงต่างหากในกรงเพื่อให้แข็งแรงปราดเปรียวและเมื่ออายุได้ 1–2 เดือน จึงปล่อยเลี้ยงตามธรรมชาติ ในระยะนี้ลูกไก่พื้นเมืองจะมีการตายมากที่สุด อย่างไรก็ตามถ้าเกษตรกรมีการลงทุนและให้ความเอาใจใส่เพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยก็จะสามารถลดความสูญเสียดังกล่าวได้มากพอสมควร ซึ่งวิธีการแก้ไขทำได้โดยการแยกลูกไก่จากแม่ไก่มากกด้วยหลอดไฟฟ้าเพื่อให้ความอบอุ่นเองภายในคอกไก่

5.3 ถั่วเขียว (Mungbean)

ถั่วเขียว *Vigna radiata* (L.) Wilczek เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญเนื่องจากถั่วเขียวเป็นพืชอายุสั้น ใช้น้ำน้อย ทนแล้งได้ดี ใช้ในระบบปลูกพืช เช่นทดแทนข้าวนาปรัง ปลูกก่อนข้าวโพดในพื้นที่ประสบภัยแล้ง เพราะสามารถใช้ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินภายหลังเก็บเกี่ยวพืชหลักได้โดยไม่กระทบต่อผลผลิตมากนักปลูกก่อนหรือหลังการทำนาหรือพืชไร่ เพื่อตัดวงจรการระบาดของแมลงศัตรูพืชและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน นอกจากนี้ถั่วเขียวยังเป็นพืชที่ช่วยบำรุงดินและรักษาความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน เพราะสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ดี โดยทำงานร่วมกับไรโซเบียมทำให้เกิดปมที่ราก สามารถตรึงไนโตรเจนได้ 10-56 กก.N/ไร่/ปี และต้นถั่วเขียวสามารถทำเป็นปุ๋ยพืชสดได้ดีซึ่งให้ปริมาณไนโตรเจนสูงถึง 5-6 กก.N/ไร่ ถั่วเขียวอยู่ในกลุ่มพืชที่ผลิตเพื่อใช้ประโยชน์ภายในประเทศด้วยการบริโภคโดยตรง หรือการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทั้งในอุตสาหกรรมเพาะถั่วงอก อุตสาหกรรมวุ้นเส้น การผลิตแป้งถั่วเขียว ถั่วซีก และขนมต่างๆ โดยมีปริมาณความต้องการใช้ภายในประเทศเพิ่มขึ้นทุกปี จัดเป็นพืชที่มีศักยภาพในอนาคต เนื่องจากมีความต้องการทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ เป็นพืชตระกูลถั่วที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี (อารดา มาสริ, 2558)

ถั่วเขียว มีองค์ประกอบที่สำคัญคือแป้งร้อยละ 62.7 ความชื้นร้อยละ 10.2 (อารดา มาสริ, 2558) ถั่วเขียวทั้งเมล็ดประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 23-26 ไขมันร้อยละ 0.7-1.0 และมีสารต้านโภชนะในปริมาณนอยกวาถั่วชนิดอื่น องคประกอบของกรดอะมิโนเทียบไดกับถั่วเหลือง ถั่วเขียวมีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอรเปนองคประกอบในระดับต่ำ ได้แก เมทไธโอนีน และซีสเตอีน ถั่วเขียวมีวิตามินสูง ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินบี 1วิตามินบี 2 และไนอะซิน (ณัฐชนก อมรเทวภัทร และคณะ, 2551) เยื่อใยของถั่วเขียวแบงเป็นเยื่อใยที่ไละลายน้ำร้อยละ 98 และเยื่อใยที่ละลายน้ำร้อยละ 2 (ภัทราพรรณ รุงเจริญ และคณะ, 2553) คุณประโยชน์ของโปรตีนยังขาดกรดอะมิโนซึ่งมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ เมทไธโอนิน และซีสติน กรดอะมินที่จำเป็นต่อร่างกายที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่สูง จะทำให้โปรตีนจากถั่วเขียวกลายเป็นโปรตีนเช่นเดียวกับโปรตีนที่สมบูรณ์ที่ได้จากสัตว์ ถั่วเขียวเป็นพืชที่มีปริมาณไขมันต่ำเมื่อเทียบกับถั่วชนิดอื่นจึงไม่สามารถใช้เป็นแหล่งน้ำมันจากพืชได้ แต่ส่วนที่มากของถั่วเขียวคือคาร์โบไฮเดรต ทำให้เราใช้ถั่วเขียวเป็นแหล่งของแป้งและแป้งสตาร์ชได้เป็นอย่างดี องค์ประกอบทางด้านโภชนาการอื่นๆ ของถั่วเขียวประกอบไปด้วยแร่ธาตุต่างๆ เป็นปริมาณมาก เช่นเดียวกับถั่วเหลือง ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ร่างกาย ได้แก่ โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม ร่างกายของคนเราต้องการโพแทสเซียมในการเสริมสร้างกล้ามเนื้อต่างๆ และทำให้กล้ามเนื้อเข็งแรง ธาตุฟอสฟอรัสช่วยให้การบำรุงประสาทและสมอง ส่วนธาตุแคลเซียมนั้นสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของกระดูกในร่างกาย ในแง่ของวิตามินต่างๆ ถั่วเขียวอุดมสมบูณ์ไปด้วยวิตามิน เอ บี1 บี2 ไนอาซิน และวิตามินซี (จินตนา อุปดิสสกุล และคณะ, 2538)

คุณสมบัติการเป็นสารด้านโภชนะของถั่วเขียว

สารต้านโภชนะ (anti-nutritional factors; ANFs) เป็นสารประกอบของโปรตีนที่พบในพืช ซึ่งเป็นตัวจำกัดการใช้ประโยชน์ของโภชนะที่อยู่ในพืชนั้น ANFs ทำหน้าที่เป็นระบบป้องกันตัวเองจากการถูกทำลายจากแมลงและเชื้อราต่างๆ ชนิดของ ANFs ที่พบในถั่วเขียวทั้งเมล็ด ได้แก่ (ณัฐชนก อมรเทวภัทร และคณะ 2551)

1. Trypsin inhibitor (TI) สามารถจับกับทริปซินได้ 1 หรือ 2 โมเลกุลของทริปซิน โดย TI มีโครงสร้างแบบ double-headed inhibitor แล้วเกิดเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อน ทำให้ทริปซินอยู่ในภาพที่ไม่สามารถทำหน้าที่ช่อยโปรตีนได้ แต่ทั้งนี้ T! ถูกทำลายได้โดยกระบวนการให้ความร้อน

2. Chymotrysin inhibitor ขับยั้งการทำงานของเอมไซม์ chymotrypsin ส่งผลต่อการย่อยได้ของโปรตีน แต่ทั้งนี้ chymotrysin inhibitor ถูกทำลายได้โดยกระบวนการให้ความร้อน

3. Lectin มีผลขัดขวางการทำงานของเอนไซม์และลดการใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหาร ขัดขวางการขนส่งโภชนะของชั้นเยื่อบุผนังเซลล์เข้าสู่เซลล์ โครงสร้างของ lectin เป็น tetrameric protein ที่สามารถจับได้อย่างเฉพาะเจาะจงกับเอนไซม์ intrinsic o-galactosidase นอกจากนี้ lectin สามารถจับกับเซลล์เม็ดเลือดแดงทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ เรียกปฏิกิริยานี้ว่า heamagglutination

4. Phytic acid ทำให้การย่อยได้ของโปรตีนลดลง เนื่องจากมีโครงสร้างการเกาะกันของ phytic acid และโปรตีน ทำให้ proteolyic enxyme ไม่สามารถย่อยโปรตีนนั้นได้

5. Tannin เป็นโมเลกุลของ phenolic hydroxy! group ที่สามารถจับกับโปรตีนหรือ macromolccule อื่นๆ ทำให้ไม่สามารถใช้ประ โยชน์ได้จากสารอาหารตัวนั้น tannin ไม่สามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อน

6. Oligosaccharide ได้แก่ raffinose, stachose, และ verbascose ซึ่งสัตว์ไม่มีเอนไซม์ที่สามารถข่อยสลายโมเลกุลดังกล่าวได้ ทั้งนี้สามารถถูกทำลายได้โดยกระบวนการแช่น้ำ การเพาะเมล็ด (gcmination) การทำให้สุก และการหมัก (fermentation)

ชนิดของเยื่อใยที่พบในวัตถุดิบพืชอาหารสัตว์กลุ่มเยื่อใย

การศึกษาของ Gooneratne และคณะ (1994) เกี่ยวกับองค์ประกอบชนิดของเยื่อใยที่อยู่ในเมล็ดถั่วเขียวพบว่า ส่วนของเปลือกถั่วเขียวคิดเป็น 59 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งทั้งหมดของเมล็ด เนื้อเยื่อของเปลือกประกอบไปด้วยเยื่อใย 430.5 มิลลิกรัมต่อกรัมโดย 98 เปอร์เซ็นต์เป็นเยื่อใยที่ไม่ละลายน้ำและมีเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ที่เป็นเยื่อใยที่ละลายน้ำได้ ปริมาณองค์ประกอบของน้ำตาลใน

โครงสร้างเยื่อใยที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ arabinose 9.3 มิลลิกรัมต่อกรัม xylose 130.3 มิลลิกรัมต่อกรัม mannose 1.9 มิลลิกรัมต่อกรัม galactose 9.5 มิลลิกรัมต่อกรัม glucose 88.9 มิลลิกรัมต่อกรัม และ uronic acid 157.5 มิลลิกรัมต่อกรัม และปริมาณปริมาณองค์ประกอบของน้ำตาลในโครงสร้างเยื่อใยที่ละลายน้ำ ได้แก่ arabinose 5.7 มิลลิกรัมต่อกรัม xylose 1.9 มิลลิกรัมต่อกรัม mannose 98.8 มิลลิกรัมต่อกรัม galactose 20.2 มิลลิกรัมต่อกรัม glucose 33.1 มิลลิกรัมต่อกรัม และ uronic acid 18.3 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ **(**ณัฐชนก อมรเทวภัทร และคณะ 2551)

5.4 ถั่วเหลือง (Soybean)

ถั่วเหลืองเป็นพืชในตระกูล Leguminisae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max* (L.) Merrill และรู้จักกันดีในชื่อ Glycine soja และ Soja max เป็นพืชตระกูลถั่วที่รู้จักกันดีในประเทศแถบเอเชีย เช่น จีน เกาหลี และญี่ปุ่น ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นถั่วพันธุ์ป่าที่พบในลุ่มแม่น้ำแยงซีเกียง บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของจีน ในแถบประเทศรัสเซียและเกาหลี ตลอดจนในบางพื้นที่ของญี่ปุ่น ส่วนในประเทศไทยมีการเพาะปลูกและนำมาใช้บริโภคเป็นอาหารนานาชนิด และปลูกในเกือบทุกภูมิภาคของประเทศ

ถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ให้คุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายและราคาถูก จัดเป็นแหล่งวัตถุดิบของโปรตีนและไขมันที่มีคุณภาพ (Poysa and Woodrow, 2002) โดยโปรตีนจากถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่จำเป็นสำคัญถึง 8 ชนิด ได้แก่ ไอโซลิวซีน สิวซีน ไลน เมไทโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน และวาลีน ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับโปรตีนจากสัตว์ ถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบค่อนข้างต่ำ ได้แก่ เมทไทโอนิน และซิสทิน (Saidu, 2005) เมล็ดถั่วเหลืองมีโปรตีนประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 16-21 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อสกัดเอาน้ำมันออกแล้วจะมีโปรตีนเฉลี่ย 44 เปอร์เซ็นต์ และอาจถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับวิธีสกัดน้ำมันและขนาดของเมล็ด ในทางการค้าได้แบ่งออกเป็น 2 เกรด คือ กากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์ และ 48 เปอร์เซ็นต์ โดยกากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์ เป็นกากถั่วเหลืองที่มีเปลือกผสมอยู่ด้วย ส่วนกากถั่วเหลือง 48 เปอร์เซ็นต์ คือกากถั่วเหลืองที่กะเทาะเอาเปลือกออก ไม่มีส่วนของเปลือกปนมาเลย ส่วนไขมันในถั่วเหลืองเป็นไลปิดร้อยละ 90 ฟอสโฟไลปิด ร้อยละ 7 และไกลโคไลปิด ร้อยละ 3 โดยร้อยละ 80 ของกรดไขมันเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เนื่องจากเป็นกรดไขมันจำเป็นที่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้เองต้องได้รับจากอาหาร (Penalvo et al, 2004)

เมล็ดถั่วเหลืองมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับกากถั่วเหลือง แต่เม็ดถั่วเหลืองมีราคาถูกกว่าดังนั้น การนำเมล็ดถั่วเหลืองมาเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารทดแทนปลาป่นจะช่วยในการลดต้นทุนอาหารให้ต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กากถั่วเหลือง อย่างไรก็ตามเนื่องจากเมล็ดถั่วเหลืองดิบมีสารยับยั้งทริปซินก่อนข้างมาก จึงควรมาทำลายสารขับยั้งทริปซิน โดยการต้มหรือนึ่ง หรืออาจคั่วให้สุกก่อนนำมาใช้ การนำเมล็ดถั่วเหลืองมาต้ม หรือนึ่งให้สุกที่อุณหภูมิ 100 องศาสเซลเซียส นาน 30 นาที จะช่วยลดสารชับยั้งทริปซินได้เกือบทั้งหมด จึงเป็นที่นิยมมากกว่าการคั่วให้สุก สำหรับเมล็ดถั่วเหลืองที่ต้มหรือนึ่งแล้ว การนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแล้วจึงนำไปใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ต่อไปโดยปกติ (อุทัย คันโธ, 2529)

การนำถั่วเหลืองจากเกษตรกรผู้ปลูกไปใชเป็นอาหารสัตวโดยตรง โดยมิตองนำไปสกัดน้ำมันออกกอน นับได้วาเป็นแนวทางหนึ่งที่จะลดกลุมบุคคลที่เขามาเกี่ยวของ เพียงแต่ผู้เลี้ยงสัตวมีเครื่องมือสำหรับแปรรูปจากถั่วดิบใหเป็นถั่วสุกเพื่อใหสารพิษที่มีในเมล็ดถั่วถูกทำลายไปไมเป็นอันตรายตอสัตว์ กรณีเชนนี้ผู้เลี้ยงสัตวก็สามารถรับซื้อเมล็ดถั่วเหลืองจากเกษตรกรได้โดยตรง การนำถั่วแปรรูปดังกลาวซึ่งเรียกวา ถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Full Fat Soybean, FFSB) ไปใชเป็นอาหารสัตวปีกมีมากมาย หลายรายงานที่บ่งวามีทั้งใชได้ผลดีและยังไม่ดีนัก ทั้งนี้ขึ้นอยูกับกรรมวิธีการแปรรูป เช่น การใหความรอนแหง (อบ, คั่ว) หรือความรอนเปยก (ตม, นึ่ง) รวมทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใหความรอนดวย หากใหความรอนต่ำหรือเป็นระยะเวลาน้อยไป จะคงเหลือสารพิษโดยเฉพาะชนิดสารยับยั้งทริพซิน (Trypsin inhibitor; TI) มาก แต่ถาใหความร้อนสูงหรือเปนเวลานานเกินไป การใชประโยชนได้ของสารอาหาร เชน ไลซีน (Lysine) จะลดลง แมวาปริมาณ TI จะลดลงก็ตาม (อย่างไรก็ดีหากใชกรรมวิธีรวมทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใหความร้อนอยางพอเหมาะ สัตวจะสามารถนำสารอาหารไม่วาจะเป็นโปรตีนหรือกรดอะมิโนที่จำเป็นตางๆ ไปใชประโยชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Herkelman et al., 1992; สุชน ตั้งทวีวิพัฒน และคณะ, 2541)

คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองที่ใช้เลี้ยงสัตว์ใช้ได้ทั้งในรูปของเมล็ดถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง เมล็ดถั่วเหลืองมีโปรตีนร้อยละ 38 - 40 และมีไขมันร้อยละ 16 - 21 โดยไขมันส่วนใหญ่ในถั่วเหลืองประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรคไลโนเลอิก (linoleic acid) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อตัวสัตว์ แต่ในเมล็ดถั่วเหลืองดิบมีสารพิษ (toxic factor) หรือสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ (antinutritional factors) เช่น สารยับยั้งทริปซิน สารที่ทำให้เกิดอาการแพ้บวม (Allergens) สารกระตุ้นการจับตัวเป็นก้อนของเม็ดเลือดแดง (lectins) สารซาโปนิน (saponins) ไฟโตเอสโตรเจน (phytoesterogens) และไฟติน (phytin) ซึ่งสารพิษเหล่านี้จะทำให้คุณค่าทางโภชนะของอาหารลดลง โดยจะมีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ หรือกระบวนการเมทตาบอลิซึมของสารอาหารในสัตว์

อย่างไรก็ตามการใช้ความร้อนหรือทำให้สุกในกระบวนการผลิตสามารถทำลายสารพิษได้ (Thomason, 1998) โดยเฉพาะสารยับยั้งทริปซิน ซึ่งเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญที่สุดในถั่วเหลืองที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซินในการย่อยโปรตีน โดยจะรวมตัวกับทริปซิโนเจน (trypsinogens) จากตับอ่อน ทำให้เอนไซม์เอนเทอโรไคเนส (enterokynase) จากลำไส้เล็กไม่สามารถเปลี่ยนทริปซิโนเจนไปเป็นทริปซินได้ มีผลทำให้การย่อยโปรตีนไม่สมบูรณ์ และนอกจากนี้ยังมีผลทำให้ตับอ่อนผลิตและหลั่งเอนไซม์ออกมามากเกินไป ส่วนเอนไซม์ที่เหลือใช้จะถูกขับออกนอกร่างกายมากกว่าปกติ ทำให้ตับอ่อนต้องทำงานหนักและมีผลต่อเนื่องทำให้ตับอ่อนขยายใหญ่ ส่งผลให้ร่างกายขาดเมทไธโอนีน เนื่องจากสัตว์ต้องใช้ในการผลิตเอนไซม์มากขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตของสัตว์ลดลงหรือหยุดชะงัก แต่อย่างไรก็ตามสารยับยั้งทริปซินสามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อน จากการศึกษาพบว่าการให้ความร้อนแก่เมล็ดถั่วเหลืองดิบ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สามารถทำลายสารยับยั้งทริปซินได้เกือบหมดการให้ความร้อนขึ้น เช่น การต้มหรือนึ่งจะทำลายได้ดีกว่าการให้ความร้อนแห้ง (จารุรัตน์ เศรษฐภักดี, 2528; นิติญา โพธิ์เหลือง, 2552)

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางอาหารของถั่วเหลือง (เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง)

ชนิดของถั่วเหลือง	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรท	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
เมล็ดถั่วเหลืองดิบ	10.00	31.00	17.70	4.90	9.90	33.50	0.23	0.55
กากถั่วเหลืองชนิดมีเปลือก	9.80	47.60	3.20	6.60	7.60	35.10	0.38	0.66
กากถั่วเหลืองชนิดไม่มีเปลือก	9.87	51.50	1.20	4.90	7.30	35.10	0.36	0.70
กากถั่วเหลืองเอ็กซ์ทรูด	5.80	52.00	20.10	4.30	5.40	31.30	0.34	0.58

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย (2530)

ถึงแม้ว่าถั่วเหลืองจะเป็นแหล่งของอาหารโปรตีนจากพืชที่อุดมไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด แต่มีซิสทีนและเมทไธโอนีนต่ำ โดยเฉพาะเมทไธโอนีน ซึ่งจะมีค่อนข้างน้อยในถั่วเหลือง ดังนั้นเมทไธโอนีนจึงจัดเป็น Fist limiting amino acid โดยเมล็ดถั่วเหลืองประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 38 - 40 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 18 – 21 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อสกัดเอาน้ำมันออกแล้วจะมีปริมาณ

โปรตีนเฉลี่ย44 – 47 เปอร์เซ็นต์ และอาจจะสูงถึง 50เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นกับวิธีการสกัดน้ำมันและขนาดของเมล็ด ในทางการค้าจะแบ่งคุณภาพกากถั่วเหลืองออกเป็น 2 เกรด คือ กากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์ และ 49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการแบ่งดังกล่าว นอกจากจะได้ทราบถึงระดับปริมาณโปรตีนแล้ว ยังทราบถึงคุณสมบัติของกากถั่วเหลืองนั้น ๆ เช่นถ้าเป็นชนิด 44 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน หมายถึง กากถั่วเหลืองที่มีเปลือกผสมอยู่ด้วย เปอร์เซ็นต์โปรตีนไม่สูงหรือต่ำกว่านี้เล็กน้อย 49เปอร์เซ็นต์ โปรตีน หมายถึง กากถั่วเหลืองที่กะเทาะเปลือกไม่มีส่วนของเปลือกปนมาเลย เป็นเนื้อของถั่วเหลืองแท้ๆ บางครั้งโปรตีนอาจสูงถึง 51 – 52 เปอร์เซ็นต์ (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2547)

สารพิษและสารต้านการใช้ประโยชน์ที่ได้ทางโภชนะในเมล็ดถั่วเหลือง

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

1. สารอะฟลาทอกซิน (aftlatoxin) จัดเป็นสารที่ทำให้เกิดพิษจากการบริโภคเข้าไปของคนและสัตว์ และเป็นสารที่เรียกว่าปนเปื้อนเข้าไปอยู่ในถั่วโดยไม่ได้เป็นส่วนประกอบที่มีในถั่วเหลือง แต่สารอะฟลาทอกซินเกิดมาจากเชื้อราที่เจริญเติบโตได้บนเมล็ดถั่วเหลืองหรือเมล็ดถั่วต่าง ๆ ที่มีไขมันสูง

2. สารต้านโภชนะ (Anti-nutritional factor) ซึ่งสารต้านโภชนะเป็นสารที่สามารถพบได้ในวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ บางชนิดมีความสามารถในการรบกวนหรือขัดขวางระบบการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหาร โดยจะมีกลไกแตกต่างกันตามแต่ละชนิด ได้แก่ สารยับยั้งทริปซิน (Trypsin inhibitor), Hemagelutinins, สารซาโปนิน (Saponins), คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยไม่ได้ (Indigestible carbohydrates), ไฟเตท (Phytate)

การกำจัดสารพิษจากถั่วเหลือง

เมล็ดถั่วเหลืองดิบมีสารพิษหรือสารยับยั้งการใช้โภชนะ เช่น สารยับยั้งทริปซิน สารที่ทำให้เกิดอาการแพ้บวม สารซาโปนิน ไฟโตเอสโตรเจน และไฟติน สารพิษเหล่านี้จะทำให้คุณค่าของอาหารลดลง โดยจะมีผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือกระบวนการเมตาบอลิซึมของสารอาหารในสัตว์ดังนั้นการนำเมล็ดถั่วเหลืองมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องลดปริมาณสารต้านโภชนะในถั่วเหลืองให้น้อยลง การกำจัดสารต่อต้านโภชนะในวัตถุดิบอาหารสัตว์มีด้วยกันหลายวิธี

เช่น การให้ความร้อน (Barrows et al, 2007) และการหมักด้วยจุลินทรีย์ (fermentation) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถลดปริมาณสารต้านโภชนะจากเมล็ดถั่วเหลืองได้ (Francis et al., 2001)

5.5 อัตราการเปลี่ยนอาหาร

ในการเลี้ยงไก่เนื้อนั้นต้นทุนส่วนใหญ่เป็นค่าอาหาร คือ ประมาณ 80เปอร์เซ็นต์ ของค่าใช้จ่ายในการเลี้ยง ไก่แต่ละรุ่น การเพิ่มน้ำหนักตัวของไก่เนื้อจะสัมพันธ์กับปริมาณอาหารที่กินมากที่สุด ดังนั้น การวัดประสิทธิภาพการเลี้ยง และค่าตอบแทนทางเศรษฐกิจจึงมักจะมีการวัดค่าออกมาเป็นค่าอัตราการเปลี่ยนอาหาร (Feed Conversion Ratio ; FCR) ซึ่งคำนวณได้โดยใช้ค่าของน้ำหนักอาหารที่ไก่กินเข้าไปในแต่ละช่วงอายุหารด้วยน้ำหนักตัวไก่ที่เพิ่มขึ้นในช่วงอายุนั้นๆ ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารหรือ FCR ที่ได้นี้ยิ่งมีค่าน้อยยิ่งดี คือ ใช้อาหารในปริมาณน้อยก็สามารถเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัวไก่ได้มาก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ใช้อาหารที่มีราคาต่ำในปริมาณน้อยเปลี่ยนไปเป็นเนื้อไก่ที่มีราคาสูงได้มากนั่นเอง อัตราการเปลี่ยนอาหารจะเป็นดัชนีบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการเลี้ยงและการจัดการไก่เนื้อในแต่ละฝูงได้ ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของสูตรอาหาร สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน รูปแบบโรงเรือน และประสิทธิภาพของการจัดการด้านต่างๆ ได้ (ประภากร ธาราฉาย, 2552) อัตราการเปลี่ยนอาหารขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พันธุ์ไก่เนื้อ อุณหภูมิ อายุอาหาร ฯลฯ

6. อาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นเพื่อเลี้ยงปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา

6.1 อาหารสัตว์น้ำ

อาหารถือเป็นแหล่งรวมโภชนะหรือสารอาหาร (nutrients) ต่างๆ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ และน้ำต่างๆ ที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการสร้างภูมิคุ้มกันเพื่อต้านทานโรค ซึ่งสัตว์น้ำจะมีความต้องการโภชนะที่แตกต่างกันไปตามชนิด ช่วงอายุ และขนาดของสัตว์น้ำ (อรพินท์ จินตสถาพร, 2553) และโปรตีนเป็นโภชนะหลักที่สำคัญที่สุดสำหรับสัตว์น้ำ โดยความต้องการโปรตีนของสัตว์น้ำนั้น คือ เป็นโครงสร้างสำคัญในเนื้อเยื่อและอวัยวะของสัตว์น้ำ ในร่างกายของสัตว์ต้องการโปรตีนตลอดช่วงชีวิตในระดับที่ต่างกันไปตามขนาด ช่วงอายุ และชนิดของสัตว์น้ำ โดยสัตว์น้ำวัยอ่อนจะมีความต้องการโปรตีนในระดับปริมาณที่สูงกว่าสัตว์น้ำที่เติบโตเจริญวัยแล้ว สัตว์น้ำมีความต้องการโปรตีนเช่นเดียวกับสัตว์บกทั่วๆไป เพื่อซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย เป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการสร้างฮอร์โมน สร้างเอนไซม์ในระบบต่างๆ ของร่างกายตลอดจนสร้างองค์ประกอบที่เกี่ยวกับการสืบพันธุ์ โดยสารอาหารโปรตีนนั้น สัตว์น้ำจะได้รับจากอาหาร ทั้งอาหารธรรมชาติ และอาหารสำเร็จรูป ซึ่งวัตถุดิบที่เป็น

แหล่งโปรตีนของอาหารสำเร็จรูปนั้นมาจากหลายแหล่งที่มา เช่น แหล่งโปรตีนจากพืชมาจาก กากถั่วเหลือง แหล่งโปรตีนจากสัตว์มาจาก ปลาป่น แกลบกุ้ง ขนไก่ป่น เป็นต้น (ศรีสกุล วรจันทรา และรณชัย สิทธิไกรพงษ์, 2539)

อาหารนับเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากต้นทุนการเลี้ยงปลาดุกประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์เป็นค่าอาหาร อาหารที่ใช้เลี้ยงหากมีสารอาหารต่างๆ ครบถ้วนและมีปริมาณเพียงพอ จะส่งผลให้ปลามีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง ปราศจากโรคต่างๆ อาหารที่ใช้เลี้ยงต้องมีสารอาหารครบถ้วนปริมาณเพียงพอ และจะต้องมีความสมดุลกันระหว่างสารอาหารแต่ละชนิดด้วย (อรพินท์ จินตสถาพร, 2553)

สัตว์น้ำต้องการอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เพื่อดำรงชีพและการเจริญเติบโตตลอดจนการใช้พลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ อาหารสัตว์น้ำโดยทั่วไปอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

6.1.1 อาหารธรรมชาติ

อาหารธรรมชาติ หมายถึง อาหารที่เกิดขึ้นเองในแหล่งน้ำ ตามกระบวนการธรรมชาติและสัตว์น้ำที่อาศัยในแหล่งน้ำมีมากมายหลายชนิด ปริมาณอาหารขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์เฉพาะแหล่ง การเกิดอาหารธรรมชาติมีความสลับซับซ้อนเป็นไปตามวงจรชีววิทยา

6.1.2 อาหารสมทบ

อาหารสมทบ หมายถึง อาหารที่มนุษย์เพิ่มลงไปในแหล่งน้ำ เพื่อให้สัตว์น้ำได้รับและใช้ประโยชน์ซึ่งอาจจำแนกได้ตามแหล่งน้ำที่มาของอาหาร ดังนี้

1.2.1 อาหารสมทบประเภทพืช ได้แก่ ลำต้น ใบ หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของพืช อาจจำแนกได้ ตามแหล่งที่มาของพืชต่างๆ

1.2.2 อาหารสมทบประเภทเนื้อสัตว์ได้แก่ พวกอาหารสด ซึ่งเป็นอาหารที่มีกลิ่นในการกระตุ้นการกินอาหารของสัตว์น้ำได้ดี ได้แก่ กระดูกไก่ เนื้อกุ้ง หมึก ปลาเป็ด หรือปลาสด ฯลฯ แต่การให้อาหารสดอย่างเดียวเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นเวลานานๆ จนจับขายอาจทำให้ปลาแสดงอาการขาดวิตามินเนื่องจากอาการสดส่วนใหญ่มีสารต่อต้านการทำงานของวิตามินหลายชนิด ดังนั้นจึงไม่ควรใช้อาหารสดอย่างเดียวเลี้ยงสัตว์น้ำ ควรให้อาหารเม็ดบ้างเป็นบางครั้ง อาหารสดมีข้อดีที่มีกลิ่นช่วยกระตุ้นให้ปลากินอาหารมากขึ้นและยังช่วยให้สัตว์น้ำที่เลี้ยงมีสีเข้มสดใส แต่อย่างไรก็ตามการใช้อาหารสดจะต้องระมัดระวัง เพราะการให้อาหารสดมีแนวโน้มทำให้คุณภาพน้ำในบ่อเน่าเสียได้ง่าย โดยเฉพาะในกรณีให้อาหารสดมากไปหรือให้อาหารสดผิดวิธี

1.2.3 อาหารสมทบประเภทผลิตภัณฑ์แปรรูป ได้แก่ อาหารสำเร็จรูป ซึ่งเป็นอาหารที่จัดทำให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมจะนำไปเลี้ยงสัตว์น้ำน้ำได้ทันที รวมทั้งสะดวกในการเก็บรักษาและลำเลียงขนส่ง (Nbdcthailand, 2562)

6.2 ขนไก่ป่น

ขนไก่ป่น (feather meal) เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้จากการนำขนไก่สด ซึ่งเป็นผลพลอยได้หรือเศษเหลือทิ้งจากโรงเชือดและชำแหละสัตว์ปีกไปผ่านกระบวนการย่อยในหม้อต้ม หม้ออบภายใต้อุณหภูมิ และความดันสูง ประมาณ 130-150 องศาเซลเซียส และความดัน 30-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 - 150 นาที ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทโปรตีน ที่มีราคาแพงได้ เช่น กากถั่วเหลือง ปลาป่น เป็นต้น เพื่อลดต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์น้ำลงได้ ขนไก่ป่นเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณโปรตีนสูง (Baker *et al*., 1981) แต่เป็นโปรตีนคุณภาพค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็น (Essential amino acid) ได้แก่ เมทไทโอนีน ไลซีน ฮีสทีดีน และทริปโตเฟน อยู่ในระดับต่ำ (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2539) และเป็นโปรตีนย่อยยาก เนื่องจากเป็นโปรตีนชนิดเคราติน (Keratin) ที่มีโครงสร้างเกาะกันแข็งแรง (Harrap and Woods, 1964) ดังนั้นการนำขนไก่ป่นไปใช้ในสูตรอาหารสัตว์จึงจำเป็นต้องจำกัดปริมาณการใช้ในสูตรอาหารสัตว์น้ำ คือ ไม่เกิน ร้อยละ 5 – 10 (Bureau D.P., *et al*., 2000)

6.3 แกนสับปะรด

แกนสับปะรด หรือไส้กลางสับปะรด คือ แหล่งสะสมสารอาหารของสับปะรด โดยเฉพาะเอนไซม์บรอมีเลน (Bromelain) แต่โดยทั่วไปแล้วเอนไซม์บรอมีเลนมีอยู่ในทุกส่วนของสับปะรดแต่จะพบในส่วนแกนมากที่สุด โดยเอนไซม์นี้มีสรรพคุณในการย่อยสลายโปรตีน

แกนสับปะรด คือ ส่วนที่อยู่กลางผลต่อจากก้าน มักเป็นเศษเหลือทิ้ง (by product) จากกระบวนการแปรรูปอุตสาหกรรมสับปะรด และอุตสาหกรรมผลไม้กระป๋อง ปกติไม่นิยมนำมารับประทานสด เพราะเนื้อสัมผัสแข็งกระด้าง จึงได้นำมาแปรรูปเป็นแกนสับปะรดอบแห้ง แกนสับปะรดหยี ซึ่งแกนสับปะรดมีเส้นใยสูงมาก และยังมีเอนไซม์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

6.3.1 เอนไซม์ในแกนสับปะรด (จารุพันธ์ ทองแถม, 2536)

เนื้อและแกนสับปะรดประกอบด้วยเอนไซม์บรอมีเลน ซึ่งเป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีนธรรมชาติ มีฤทธิ์ช่วยระบบการย่อยอาหาร มีคุณสมบัติสามารถย่อยโปรตีนให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง จึงมีการใส่น้ำสับปะรดในการหมักเนื้อ เพื่อทำให้เนื้อนุ่ม

6.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ (Plook Creator, 2565)

เอนไซม์ เป็นสารประกอบประเภทโปรตีนก้อนกลมชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพ โดยสามารถลดพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์มีดังนี้

6.3.2.1 ความเข้มข้นของเอนไซม์

หากมีสารตั้งต้นเพียงพอ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ ความเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วน และเมื่อถึงจุดหนึ่งที่สารตั้งต้นเริ่มหมดไป ความเร็วของปฏิกิริยาจะเริ่มคงที่ แม้จะมีการเพิ่มเอนไซม์ต่อไปเรื่อย ๆ

6.3.2.2 ความเข้มข้นของสารตั้งต้น

เมื่อเอนไซม์คงที่ หากเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่ง แล้วจึงเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ เนื่องจากไม่มีเอนไซม์เหลือพอที่จะทำปฏิกิริยาต่อไป

6.3.2.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

เอนไซม์ส่วนใหญ่จะทำงานได้ดีเมื่อ pH อยู่ในช่วงระหว่าง 6 ถึง 7.5 อย่างไรก็ตามมีเอนไซม์บางชนิดที่ทำงานได้ดีใน pH ที่ต่างออกไป เช่น เพปซิน เร่งปฏิกิริยาย่อยโปรตีนได้ดีที่ pH 1.5 - 2.5 ขณะที่การเปลี่ยนแปลงไปสู่ค่า pH ที่สูงมากหรือต่ำมาก อาจไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ รวมถึงทำให้โครงสร้างเอนไซม์เสียรูปร่างจนทำงานไม่ได้อย่างถาวร

6.3.2.4 อุณหภูมิ

ที่อุณหภูมิ 25 - 40 องศาเซลเซียส เอนไซม์ส่วนใหญ่จะทำงานได้ดี อย่างไรก็ตาม การเพิ่มอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย จะทำให้สารตั้งต้นได้รับพลังงานจลน์มากขึ้น ช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาให้เพิ่มขึ้นได้ แต่หากอุณหภูมิที่ให้สูงเกินไป อาจทำลายพันธะและโครงสร้างของเอนไซม์จนไม่สามารถทำงานได้อย่างถาวร ขณะที่การลดอุณหภูมิให้ต่ำลงจะลดการเกิดปฏิกิริยา แต่ไม่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของเอนไซม์อย่างถาวร

6.4 เปลือกมะละกอดิบ (พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ, 2529)

ส่วนนอกสุดของผลมะละกอ มีสีเขียว เป็นส่วนหนึ่งที่นำมาใช้ประโยชน์ในการทำเป็นยารักษาโรคได้ ซึ่งสามารถใช้ได้จากหลายส่วนของมะละกอ คือ ยางจากใบ ผล ยอดอ่อนล าต้น ผลดิบ ผลสุก เหง้า เมล็ดแก่ ซึ่งสารสำคัญที่พบในส่วนต่าง ๆ ของมะละกอมีอยู่หลายกลุ่ม เช่น ยางจากใบหรือผล มีเอนไซม์ปาเปน (papain) หรือเรียกปาปะโยทิน (papayotin) สำหรับ papain เป็นชื่อรวมสำหรับเรียกเอนไซม์จากน้ำยางมะละกอ ซึ่งประกอบด้วย papain 10 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในกลุ่ม cysteine protease, chymopapain 45 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในกลุ่ม cysteine protease เช่นกัน และ lysozyme 20 เปอร์เซ็นต์หรือ muramidase ทำหน้าที่ย่อย peptidoglycan จัดอยู่ในกลุ่ม glycoside hydrolase มีคุณสมบัติเป็นสารต้านจุลชีพ (antimicrobial) ยางมะละกอมีสรรพคุณย่อยโปรตีนได้เป็นเอนไซม์โปรติโอไลติก (proteolytic enzyme) จึงนำมาทำเป็นยาแผนปัจจุบันช่วยเรื่องการย่อย ในระบบย่อยอาหาร

6.5 ปลาตะเพียนขาว

ปลาตะเพียนขาว (*Barbonymus gonionotus*) เป็นปลาน้ำจืดอยู่ในวงศ์ Cyprinidae (วงศ์ตะเพียน ซิว สร้อย) เป็นปลาที่มีถิ่นอาศัยอยู่ในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาค เหนือของประเทศไทย (Akkataweewat, 2002) ปลาตะเพียนขาวเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว แพร่พันธุ์ง่าย ให้ลูกดก มีรสชาติดีเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ปลาตะเพียนขาวจึงเป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ (Pongthana, 2004) ปลาตะเพียนขาวถือเป็นปลากินพืช โดยกินได้ทั้งพืชชั้นต่ำ พวกพืชเซลล์เดียว สาหร่ายน้ำเงินเขียว สาหร่ายเขียว พวกไดอะตอม ฯลฯ พืชชั้นสูง เช่น แหนแดง แหนเป็ด สาหร่ายพุงชะโด ผักบุ้ง ฯลฯ พืชบนบก เช่น ใบมันเทศ ใบมันสำปะหลัง พวกผักกินใบต่าง ๆ ใบกระถิน ใบแค หญ้า ฯลฯ

6.5.1 ลักษณะโดยทั่วไป (ไทยเกษตรศาสตร์, 2556)

ลำตัวแบนข้าง หัวเล็ก ปากเล็ก ริมฝีปากบาง ขอบส่วนหลังโค้งยกสูงขึ้น ความยาวจากสุดหัวจรดปลายหาง 2.5 เท่าของความสูง จะงอยปากแหลม มีหนวดเส้นเล็ก ๆ 2 คู่ ต้นของครีบหลังอยู่ตรงกันข้ามกับเกล็ดที่สิบของเส้นข้างตัว เกล็ดตามแนวเส้นข้างตัวมี 29-31 เกล็ด ลำตัวมีสีเงิน ส่วนหลังมีสีคล้ำ ส่วนท้องสีขาว ที่โคนของเกล็ดมีสีเทาจนเกือบดำ ปลาตะเพียนขาวขนาดโตเต็มที่มีลำตัวยาวสูงสุดถึง 50 เซนติเมตร ขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทยมีความยาวกว่า 32.5 เซนติเมตร มีฟันในลำคอ (Pharyngeal teeth) เป็นชนิดกัดบดแบบสามแถว มีซี่เหงือกสั้น ๆ อยู่ห่างกันพอประมาณ ท่อทางเดินอาหารกระเพาะอาหารไม่มีลักษณะแตกต่างจากลำไส้ ลำไส้มีผนังบาง ๆ ยาวขดเป็นม้วนยาว 2.02-2.73 เท่าของความยาวสุดของลำตัว

6.5.2 ลักษณะเพศและการสืบพันธุ์วางไข่ (ไทยเกษตรศาสตร์, 2556) การตรวจลักษณะความแตกต่างระหว่างตัวผู้และตัวเมียจากลักษณะภายนอก มี 3 วิธี คือ

1. ดูจากครีบท้องของตัวผู้ เมื่อจับครีบท้องให้แนบขนานไปกับท้องไปทางครีบทวารแล้วจะยาวจรดถึงโคนฐาน ครีบทวารด้านหน้าหรือเลยฐานครีบทวารเล็กน้อย ส่วนตัวเมียครีบท้องจะยาวไม่ไม่ถึง โคนครีบทวาร

2. โดยใช้มือสัมผัสเกล็ดที่ลำตัวหรือส่วนแก้มจะรู้สึกสากมือสำหรับตัวผู้และถ้าเป็นตัวเมียจะรู้สึกมีเมือกลื่นเช่นเดียวกับพวกปลาไน ปลากระแห ปลาจีน

3. ลักษณะแม่ปลาที่พร้อมจะวางไข่นั้น ส่วนท้องจะอูม ส่วนท้องจะมีสีเหลืองเรื่อ ๆ และกว้างกว่าตัวผู้ เมื่อเอามือจับจะนิ่ม ช่องเพศมีสีแดงเรื่อๆ และรูก้นกว้างกว่าปกติ มองจากส่วนหลังของปลาจะเห็นท้องยื่นออกมาทางด้านข้างทั้งสองข้าง ส่วนตัวผู้ส่วนท้องจะแข็งเมื่อเอามือลูบส่วนท้องเบาๆ จะมีน้ำเชื้อสีขาวข้นไหลออกมา

การสืบพันธุ์และการวางไข่ ได้มีรายงานว่า ปลาตะเพียนขาววางไข่ในฤดูฝน และพอจะสรุปได้ว่าประมาณเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม

1. นิสัยในการวางไข่และผสมพันธุ์ในธรรมชาติ ปลาตะเพียนขาวจะว่ายทวนน้ำขึ้นไปวางไข่ต้นน้ำลำธาร ชอบวางไข่บริเวณฝั่งของลำธารเล็ก ๆ ที่ไหลรวมกับลำธารใหญ่ซึ่งมีสภาพเป็นโคลน การผสมพันธุ์วางไข่นั้น พ่อแม่ปลาจะรวมกันเป็นฝูงใหญ่ พ่อแม่ปลาจะวางไข่ในระยะเวลาฝนเริ่มตกและหลังจากฝนตก 2-3 ครั้ง ปลาก็จะวางไข่หมด จากการสังเกตการผสมพันธุ์วางไข่ของพ่อแม่ปลาตะเพียนขาวที่เร่งให้รังไข่สุกด้วยฮอร์โมน พบว่า ปลาตัวผู้จะมีการแข่งขันแย่งปลาตัวเมีย ตัวผู้ที่แข็งแรงหรือโตกว่าจะขับตัวผู้อื่น ๆ ให้หนีห่างจากตัวเมีย ดังนั้น ตัวผู้ที่แข็งแรงที่สุดจึงมีโอกาสที่จะผสมพันธุ์ได้ก่อนตัวผู้อื่น ๆ

2. พฤติกรรมของการผสมพันธุ์และวางไข่ของปลาตะเพียนขาวที่แม่โจ้ ว่าปลาจะเริ่มผสมพันธุ์และวางไข่กันประมาณ 18.00 น. เศษ แต่ส่วนมากจะพบในเวลา 4 ทุ่มเศษขึ้นไป ตามธรรมชาติเมื่อถึงเวลาที่ปลาจะผสมพันธุ์ ปลาจะมารวมตรงน้ำไหล และเริ่มส่งเสียงฮือๆ (humming noise) ประมาณ 30 นาที แล้วหยุดประมาณ 1 นาที แล้วส่งเสียงอีกสลับกันไปมาเช่นนี้ประมาณ 30-45 นาที จากนี้ก็จะร้องถี่เข้าและดังขึ้นอีก 2-3 นาที แล้วการผสมพันธุ์ก็จะเริ่มขึ้น ขณะผสมพันธุ์ปลาจะร้องฮือๆ ควบคู่กันไปจนสิ้นสุดการผสมพันธุ์พฤติกรรมส่งเสียงร้องในเวลาผสมพันธุ์ได้กล่าวในเอกสารคู่มือการเลี้ยงปลาในองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติเช่นกัน การส่งเสียงฮือ ๆ ของปลาตะเพียนขาวนี้ได้สันนิษฐานว่าปลาปล่อยลมออกจากกระเพาะลมให้ผ่านหลอดคออย่างเร็วจนเกิดเสียงขึ้นได้ เพราะกระเพาะลมตอนหน้ามี pneumatic duct ไปเปิดที่หลอดคอ

3. ลักษณะของไข่ ได้มีผู้กล่าวถึงลักษณะขนาด สีของไข่ปลาตะเพียนขาวพอจะสรุปได้ คือ เป็นไข่มีลักษณะกลมเล็กเมื่อออกมาใหม่ๆ ก่อนพองน้ำจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.5-0.8 มิลลิเมตร และเมื่อพองน้ำเต็มที่แล้ว ไข่จะมีขนาด 2.5-3.5 มิลลิเมตร สีของไข่มีสีเขียวครามอ่อน บ้างก็ว่าเป็นสีเทา และบ้างก็ว่ามีเหลืองแกมเขียวอ่อน ไข่ปลาตะเพียนขาวเป็นไข่ไม่ติด เมื่อพองน้ำแล้วเป็นไข่ประเภทครึ่งลอยครึ่งจม กล่าวคือ ถ้าน้ำนิ่งไข่จะจม ถ้ามีกระแสน้ำช่วยพยุงไข่ก็จะลอยตัว

4. ความดกของไข่ ความดกของไข่ปลาตะเพียนขาวมีความแตกต่างกันมากซึ่งอาจขึ้นอยู่กับอายุ ขนาดและวิธีการเลี้ยงแม่ปลา

5. การฟักไข่ ระยะเวลาการฟักออกเป็นตัวและระยะถุงอาหารยุบหมดนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ฟักไข่ ถ้าอุณหภูมิต่ำก็จะฟักออกเป็นตัวช้า และถ้าอุณหภูมิสูงก็จะฟักเป็นตัวเร็วขึ้น เช่น ไข่ปลาจะฟักออกเป็นตัวภายหลังจากได้รับการผสมแล้ว 12 ชั่วโมง 25 นาที และถุงอาหารจะเหลือน้อยเป็นส่วนสุดท้ายใช้เวลา 18 ชั่วโมง 25 นาที ที่อุณหภูมิของน้ำ 25 องศาเซลเซียส และถ้าที่อุณหภูมิของน้ำ 26-31 องศาเซลเซียส ไข่ปลาจะฟักออกเป็นตัว 8.30-11.50 ชั่วโมง ลูกปลาจะเริ่มกินอาหารเมื่ออายุได้ 2 วัน ตามหลักฐานและข้อมูลทั่ว ๆ ไป พบว่า ไข่ปลาจะฟักออกเป็นตัวตั้งแต่ 8-

12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 26-30 องศาเซลเซียส และเมื่ออายุครบ 2 วัน ถุงอาหารจะยุบและเริ่มกินอาหาร

การทำให้แห้งและเย็น เป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยการนำเม็ดอาหารที่ผ่านเครื่องอัดอาหารแล้ว มาผึ่งลมในที่ร่ม หรืออบให้แห้ง เพื่อไล่ความชื้น ป้องกันการเกิดเชื้อรา ยืดอายุการเก็บรักษา ทำให้เก็บรักษาได้ง่ายขึ้นด้วย

6.6 อาหารและการกินอาหารของปลาตะเพียนขาว (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง, 2549)

ลักษณะนิสัยการกินอาหารของปลาตะเพียนขาว พบว่า หากินในเวลากลางวันมากกว่าในเวลากลางคืน ปลาตะเพียนขาววัยอ่อนกินสาหร่ายเซลล์เดียวและแพลงก์ตอนขนาดเล็ก ส่วนปลาขนาด 3-5 นิ้ว กินพืชน้ำ จำพวก แหนเป็ด สาหร่ายพุงชะโด ผักบุ้ง สำหรับปลาขนาดใหญ่สามารถกินใบพืชบกได้ เช่น ใบมันเทศ ใบมันสำปะหลัง หญ้าขน เป็นต้น เมื่อตรวจสอบระบบการกินอาหารของปลาตะเพียนขาวขนาด 12.5 – 25.5 เซนติเมตร พบว่า มีฟันในลำคอ เป็นชนิดกัดบดแบบสามแถว มีซี่เหงือกสั้น ๆ อยู่ห่างกันพอประมาณ ท่อทางเดินอาหาร กระเพาะอาหาร ไม่มีลักษณะแตกต่างจากลำไส้ ลำไส้มีผนังบาง ยาวขดเป็นม้วน มีความยาว 2 – 2.7 เท่าของความยาวสุดของลำตัว

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

โครงการที่ 1 การออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

1. ศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลวิธีการเลี้ยงไก่พื้นเมือง

1.1 ศึกษาปัญหาและเก็บรวบรวมข้อมูล

จากเดิมใช้แรงงานคนในการเฝ้าติดตามดูแลและคัดแยกขนาดแล้วทำการสุ่มชั่งน้ำหนักและวัดความยาวลำตัวไก่เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักเฉลี่ย และใช้วิธีการจดบันทึก ก่อนส่งออกจำหน่ายตามระยะเวลาการเลี้ยงและขนาดที่เหมาะสมตามที่ท้องตลาดต้องการ

ภาพที่ 3.1 การศึกษาปัญหาและเก็บรวบรวมข้อมูลการเลี้ยงไก่พื้นเมือง

ภาพที่ 3.2 การชั่งน้ำหนักและจดบันทึกเพื่อติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง

1.2 ศึกษาปัญหาและเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต โดยการสุ่มชั่งน้ำหนักไก่ การรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายและภาพเคลื่อนไหวเพื่อนำมาใช้เป็นชุดข้อมูลภาพ (data set) สำหรับสร้างโมเดลการประมวลผลภาพโดยกำหนดระยะห่างระหว่างกล้องตรวจจับภาพกับไก่บนเครื่องชั่งน้ำหนัก 90 เซนติเมตร ระยะสูงจากพื้น 102 เซนติเมตร โดยทำการบันทึกภาพและน้ำหนักทุก ๆ วันศุกร์ของแต่ละสัปดาห์ เริ่มตั้งแต่เมื่อไก่มีอายุ 3 สัปดาห์ถึง 6 สัปดาห์

ภาพที่ 3.3 การรวบรวมชุดข้อมูลภาพ โดยการบันทึกภาพและชั่งน้ำหนักไก่

ภาพที่ 3.4 การรวบรวมชุดข้อมูลภาพ โดยการบันทึกภาพและวัดส่วนสูงของไก่ขนาดต่างๆ

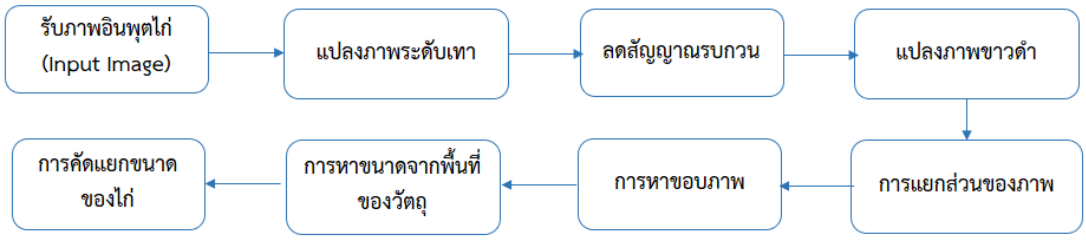
2. การออกแบบระบบ

นวัตกรรมที่นำมาใช้ในการวิจัยโดยการออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ระบบถูกพัฒนาขึ้นด้วยการนำเทคนิคการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้ในส่วนการวัดการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง ซึ่งการจำแนกขนาดของไก่ด้วยการถ่ายภาพไก่พื้นเมืองในแต่ละระยะของการเลี้ยงในการทดสอบระบบเพื่อประมวลผลและใช้คอมพิวเตอร์คำนวณหาขนาดให้ได้ค่าที่แม่นยำ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลวิธีการเลี้ยงไก่พื้นเมือง และการคัดแยกขนาดด้วยวิธีดั้งเดิมของเกษตร ในการติดตามการเจริญเติบโตของไก่จะมีการสุ่มชั่งน้ำหนักเทียบกับค่าน้ำหนักมาตรฐานขึ้นอยู่กับสายพันธุ์โดยเริ่มเมื่ออายุ 3 สัปดาห์และทำการสุ่มชั่งทุก ๆ สัปดาห์แบบรายตัว โดยเกษตรกรควรทำการสุ่มไก่ที่เป็นตัวแทนที่ดีของไก่ในฝูง การใช้เครื่องชั่งที่ได้มาตรฐานและเหมาะสมกับขนาดตัวของไก่ โดยผู้สุ่มอาจกำหนดจุดการสุ่มจับไก่ให้กระจายทั่วบริเวณโรงเรือน เวลาทำการชั่งควรกำหนดช่วงในวันและเวลาเดียวกันในสัปดาห์ เพื่อหาความสม่ำเสมอของน้ำหนักตัวของไก่ในฝูงและการเทียบกับ

ค่าน้ำหนักมาตรฐานซึ่งค่าน้ำหนักตัวจะส่งผลต่อคุณภาพของไก่ในอนาคต ซึ่งผู้วิจัยมีแนวคิดในการนำเทคนิคการประมวลผลภาพซึ่งประกอบด้วยกล้องถ่ายภาพทั้งแบบวิดีโอเรียลไทม์เพื่อเป็นภาพอินพุตเพื่อเข้าสู่โปรแกรมประมวลผลภาพในการคำนวนหาขนาดและทำการคัดแยกขนาดของไก่ตามประเภทของขนาดที่เกษตรกรต้องการ

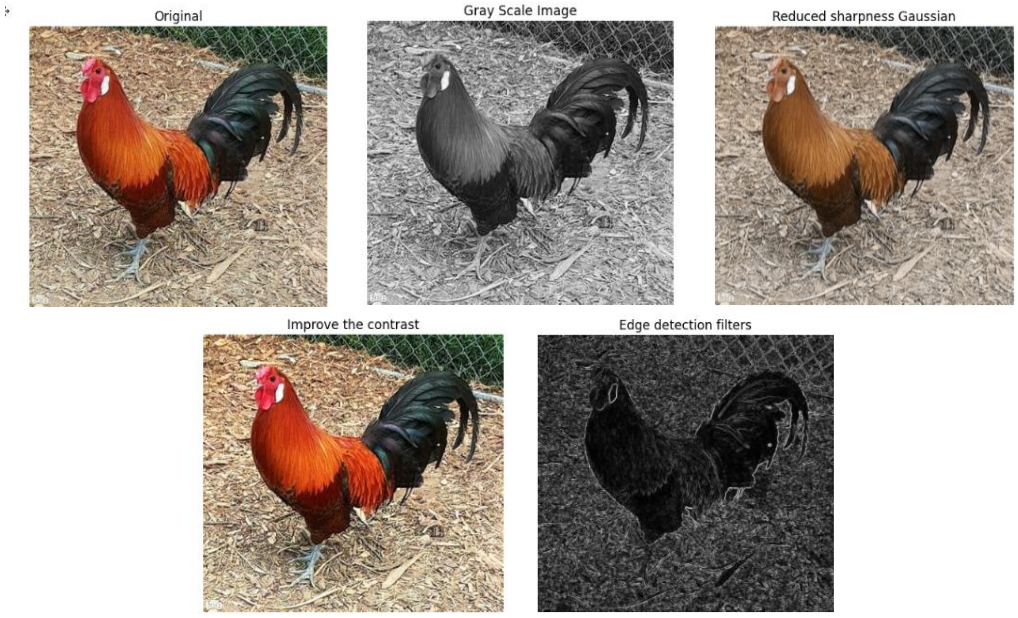
2. ออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพการดำเนินขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมสำหรับประมวลผลภาพเพื่อจำแนกขนาดของไก่พื้นเมือง ผู้วิจัยได้ระบุขั้นตอนแสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมของการคัดแยกขนาดของไก่พื้นเมืองด้วยการประมวลผลภาพ

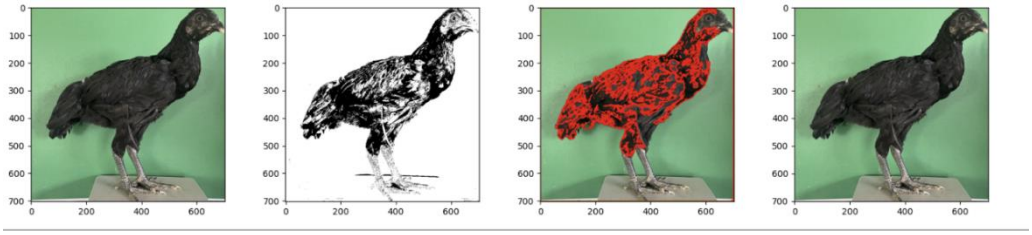
อธิบายขั้นตอนจากไดอะแกรม คือ ขั้นแรกเป็นการนำเข้าภาพอินพุตในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสามารถใช้ภาพอินพุตแบบภาพนิ่ง หรือภาพอินพุตวิดีโอมาประมวลผลเบื้องต้นบน Google Colab ซึ่งเป็นบริการ Software as a Service (Saas) โฮสต์โปรแกรม Jupyter Notebook บนคลาวด์ สามารถรองรับการเขียนโปรแกรมประมวลผลด้วยภาษาไพทอนได้ ขั้นตอนที่ 2 ทำการแปลงภาพให้เป็นระดับสีเทาค่าระดับสีเทาในจุดพิกเซลนั้นที่ถูกแปลงมีค่า 0 – 255 ขั้นตอนที่ 3 ทำการลดสัญญาณรบกวนในภาพ ซึ่งเป็นการปรับปรุงคุณภาพของภาพก่อนนำไปประมวลผลขั้นต่อไป ขั้นตอนที่ 4 ทำการแปลงภาพให้เป็นไบนารี่ ขั้นตอนที่ 5 นำภาพอินพุตเข้าสู่กระบวนการแยกส่วน (Segmentation) ขั้นตอนที่ 6 ทำการตรวจหาขอบภาพของวัตถุซึ่งเป็นภาพบริเวณขอบรอบ. ๆ ลำตัวไก่ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนที่สนใจ ขั้นตอนที่ 7 ทำการประมวลผลเพื่อหาพื้นที่ของวัตถุซึ่งอยู่ภายในขอบของภาพที่ตรวจวัดได้จากขั้นตอนก่อนหน้า และขั้นตอนที่ 8 นำค่าที่คำนวนได้มาทำการเปรียบเทียบคุณภาพตามขนาดของไก่ในแต่ละระดับที่เกษตรกรต้องการแล้วคัดแยกตามประเภทพร้อมแสดงผลเอาต์พุต

ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลภาพไก่ การแปลงระดับสีเทา การปรับปรุงคุณภาพ และการหาขอบของวัตถุในภาพเพื่อนำไปประมวลผลในการหาพื้นที่ของวัตถุแสดงดังรูป

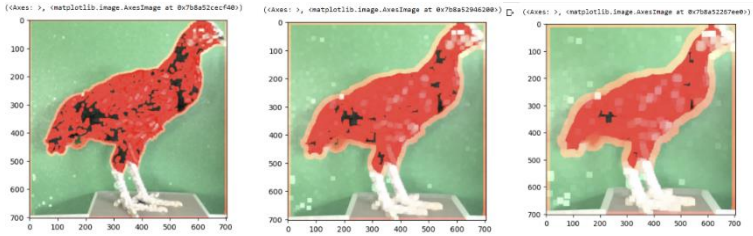


ภาพที่ 3.6 การเตรียมข้อมูลภาพไก่และการปรับปรุงภาพก่อนนำไปประมวลผล

ขั้นตอนการประมวลผลเพื่อหาขอบของวัตถุในภาพ และตัด(crop) เฉพาะส่วนขอบเขตที่สนใจ (Region of Interest : ROI) เพื่อนำไปทำการคำนวณหาพื้นที่ของวัตถุในขอบเขตที่สนใจในขั้นต่อไป



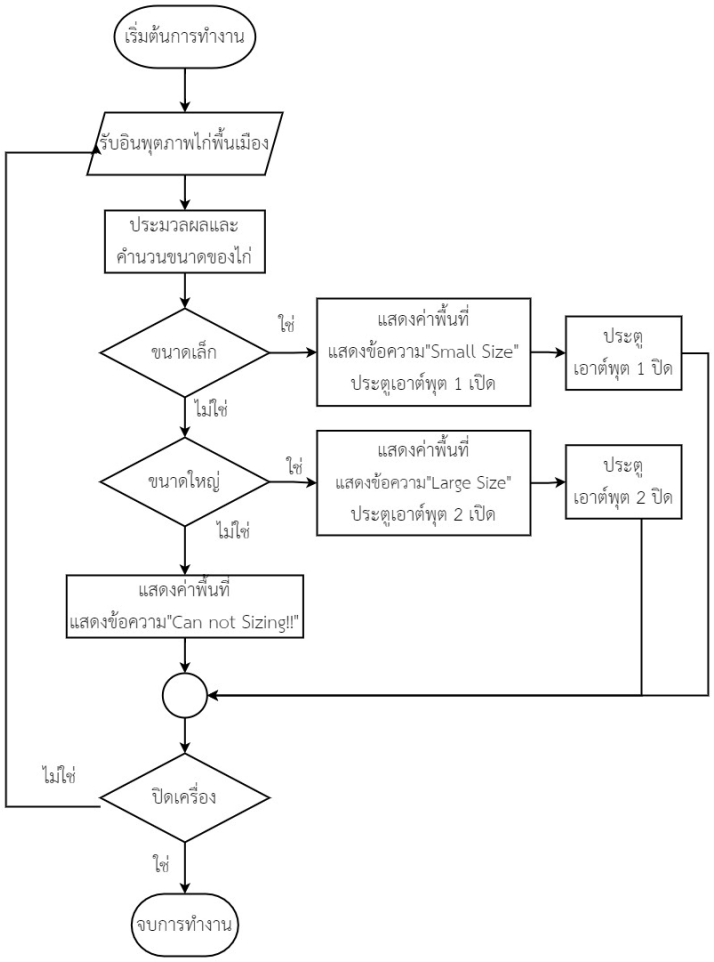
ภาพที่ 3.7 การประมวลผลภาพไก่พื้นเมืองเพื่อหาขอบภาพ



ภาพที่ 3.8 การใช้ Morphological transformations ปรับปรุงภาพถ่ายไก่พื้นเมือง

3. การออกแบบการทำงานของระบบ

ผู้วิจัยได้ออกแบบการทำงานของระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพด้วยผังงาน (flowchart) แสดงขั้นตอนการทำงานดังนี้



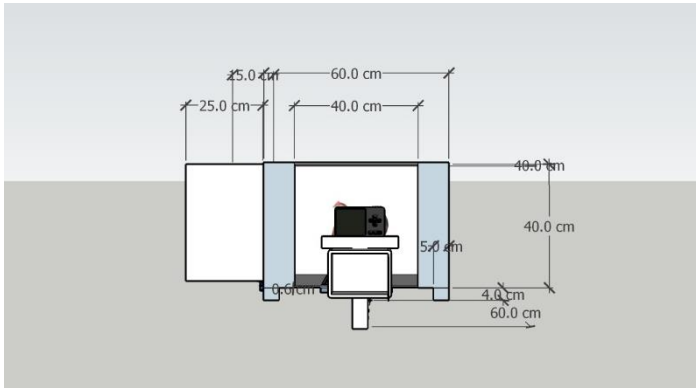
ภาพที่ 3.9 ผังงานของระบบ

จากผังงานสามารถอธิบายกระบวนการทำงานของระบบดังนี้ ระบบเริ่มต้นการทำงานโดยทำการรับภาพอินพุตไก่พื้นเมืองเข้ามาด้วยกล้องตรวจจับภาพ นำไปทำการประมวลผลผ่านโปรแกรมการประมวลผลภาพเพื่อแสดงขนาดของไก่พื้นเมืองจากภาพที่ตรวจจับได้ เมื่อทำการเปรียบเทียบเงื่อนไขในระบบประมวลผลเมื่อไก่ถูกคัดแยกเป็นขนาดเล็ก ระบบจะแสดงข้อความบอกขนาดพร้อมสั่งงานเซอร์โวมอเตอร์ที่ควบคุมประตูเปิดฝั่งเอาต์พุต 1 ให้เปิดแล้วปิดกลับยังตำแหน่งเดิม หากไม่ตรงเงื่อนไขแรกเมื่อไก่ถูกคัดแยกประมวลผลเป็นขนาดใหญ่ ระบบจะแสดงข้อความบอกขนาดพร้อมสั่งงานเซอร์โวมอเตอร์ที่ควบคุมประตูเปิดฝั่งเอาต์พุต 2 ให้เปิดแล้วปิดกลับยังตำแหน่งเดิม หากไม่ตรง

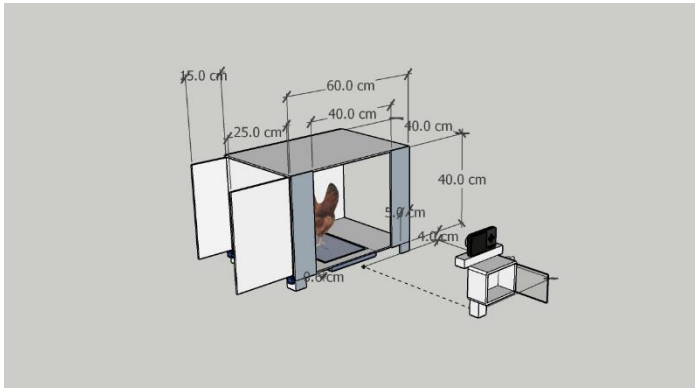
ตามเงื่อนไขที่กล่าวมาข้างต้นหรือไม่อาจตรวจวัดค่าและประมวลผลขนาดได้ ระบบจะแสดงข้อความไม่สามารถคัดแยกขนาดได้และจบโปรแกรม

4. การออกแบบส่วนประกอบด้านฮาร์ดแวร์ของระบบ

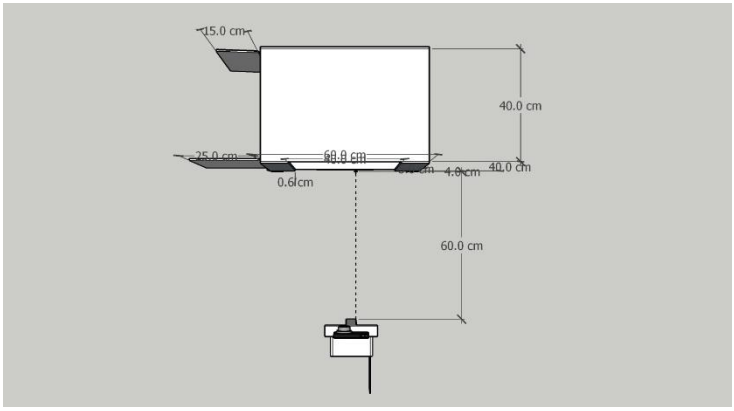
การออกแบบฮาร์ดแวร์ของระบบประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ไมโครคอมพิวเตอร์ราสเบอร์รี่พาย เป็นส่วนประมวลผล เชื่อมต่อกับกล้องตรวจจับภาพอินพุตหรือวิดีโอ และเชื่อมต่อวงจรเพื่อสั่งงานควบคุมการเปิด-ปิดของเซอร์โวมอเตอร์ที่ติดตั้งบนประตูฝั่งเอาต์พุต ภายหลังการประมวลผลภาพและแสดงผลลัพธ์ของการคัดแยกขนาดของไก่พื้นเมือง



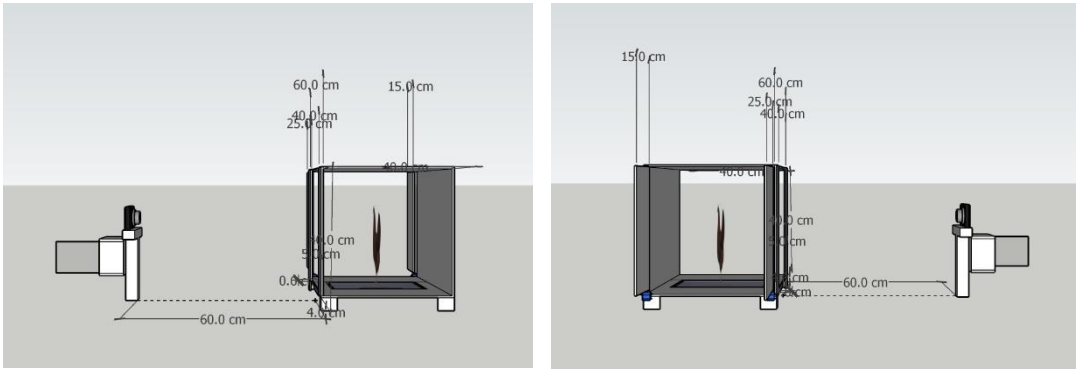
ภาพที่ 3.10 การออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์มุมมองด้านหน้า (front view)



ภาพที่ 3.11 การออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์มุมมอง 45 องศา



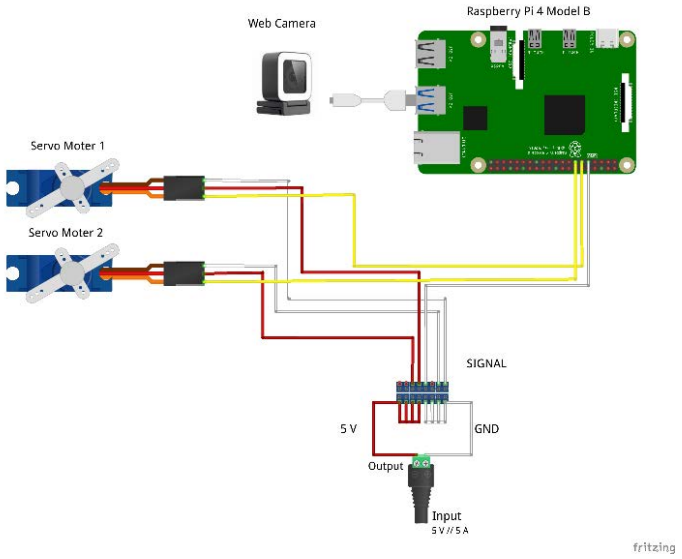
ภาพที่ 3.12 การออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์มุมมองด้านบน (top view)



ภาพที่ 3.13 การออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์มุมมองด้านข้าง (side view)

5. การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของระบบ

วงจรควบคุมการทำงานประกอบด้วยกล้องตรวจจับภาพเชื่อมต่อผ่านพอร์ต USB ไปยังพอร์ต USB ในบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ส่วนการเชื่อมต่อของเซอร์โวมอเตอร์ต่อผ่านเทอร์มินอล ซึ่งต่อขา GND เข้ากับขา GND ตัวแปลงแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 5 โวลต์, ขา VCC ต่อเข้ากับขา VCC ของตัวแปลงแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 5 โวลต์, และขา GND ต่อเข้ากับ GND ของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย, ขาสัญญานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ต่อเข้ากับขา GPIO 17 ของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย เพื่อสั่งงานการเปิด-ปิดประตูส่วนเอาต์พุต 1 และขาสัญญานเซอร์โวมอเตอร์ที่ 2 ต่อเข้ากับขา GPIO 27 ของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย เพื่อสั่งงานการเปิด-ปิดประตูส่วนเอาต์พุต 2 ของชุดอุปกรณ์

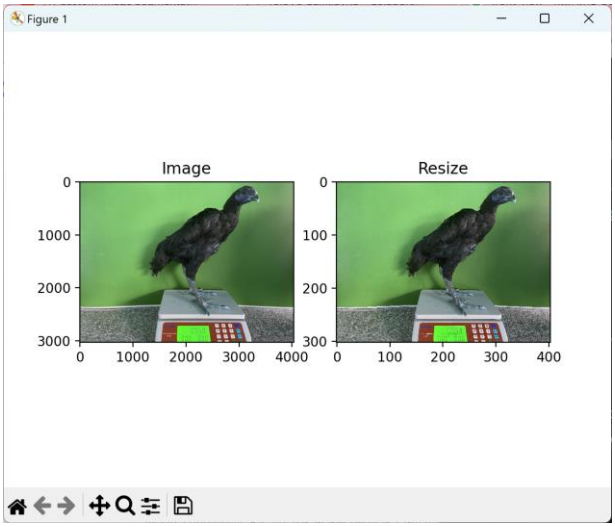


ภาพที่ 3.14 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของระบบ

6. การพัฒนาโมเดลสำหรับการจำแนกขนาดไก่พื้นเมืองด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

การสร้างโมเดลส่วนประมวลผลของระบบ

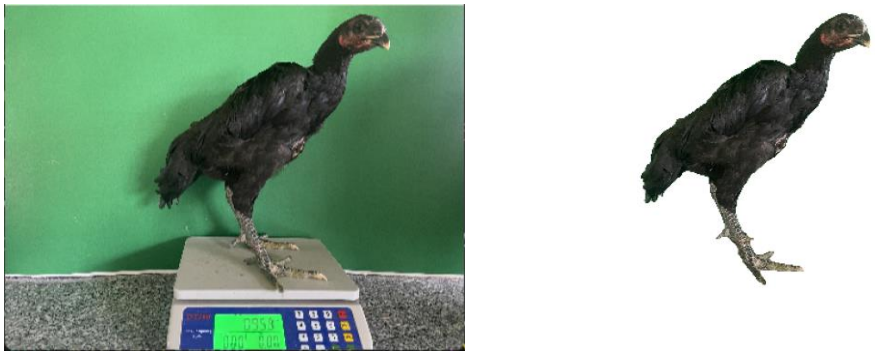
1. ขั้นตอนการอ่านภาพอินพุตที่รวบรวมเพื่อใช้เป็นชุดข้อมูลโดยถ่ายภาพจากกล้องสมาร์ทโฟนขนาดภาพ 4032x3024 พิกเซล เข้ามาทำการปรับขนาดของภาพโดยใช้ฟังก์ชันการ resize () เพื่อลดขนาดภาพด้วยไลบรารี OpenCv ด้วย Scale factor=0.1 ในแกน x และ y ให้ภาพมีขนาด 403x302 พิกเซล



ภาพที่ 3.15 การปรับลดขนาดภาพ (resize)

2. นำภาพจากขั้นตอนที่ 1 ไปทำการประมวลผลเพื่อตรวจหาวัตถุในภาพส่วนตัวไก่พื้นเมือง และตีกรอบครอบคลุมเฉพาะส่วนวัตถุไก่ หลังจากนั้นทำการแยกส่วนต่าง ๆ ของวัตถุในภาพ (image segmentation) โดยใช้อัลกอริทึม YOLOv8-SAM เป็นสถาปัตยกรรมแบบ Ultralytics ซึ่งถูกพัฒนามาเพื่อใช้สำหรับแบ่งส่วนของวัตถุในภาพโดยสร้างกรอบสี่เหลี่ยมรอบวัตถุที่เป็นส่วนภาพที่กำหนด เอาต์พุตที่ได้คือภาพส่วนตัวไก่พื้นเมืองแยกส่วนออกจากวัตถุอื่น ๆ ในภาพ

ภาพที่ 3.16 การแยกส่วนของวัตถุในภาพ (segmentation)



(ก) (ข)

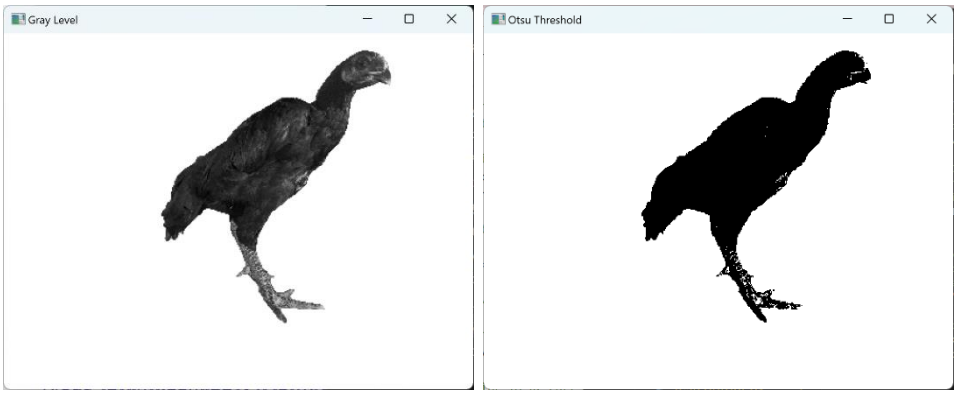
ภาพที่ 3.17 (ก) ภาพก่อนการแยกส่วนของวัตถุ (ข) ภาพหลังการแยกส่วนของวัตถุ

3. ภาพวัตถุที่แยกออกจากพื้นหลังนำเข้าไปทำการประมวลผล โดยการแปลงภาพระดับเทา (gray level) การใช้เกณฑ์กำหนดค่าเทรชโฮลด์แบบโอตสึ (Otsu) กับรูปภาพในการแยกวัตถุออกจาก

พื้นหลังจากนั้นสร้างเส้นขอบของวัตถุ เรียกว่าการ Contouring เพื่อกำหนดขอบเขตวัตถุหลังจากนั้นคำนวนพื้นที่ค่าพิกเซล (Calculate area of object) ภายในบริเวณขอบภาพของวัตถุที่ได้แล้วแสดงค่าเอาต์พุตตัวเลขออกมาดังภาพที่ 3-18 ถึง 3-21

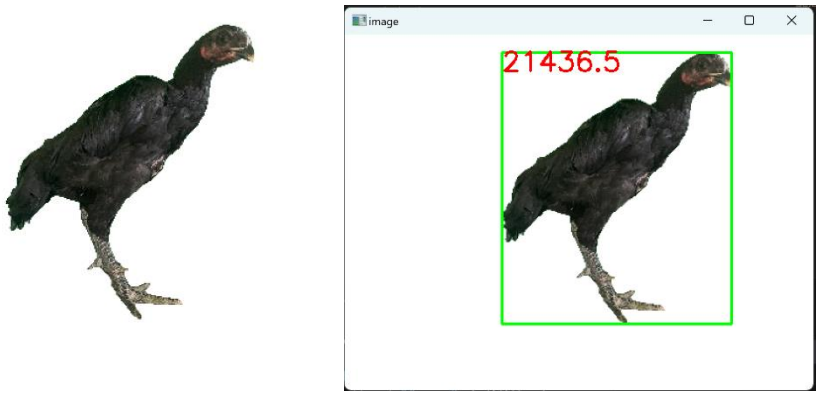
(ก) (ข)

ภาพที่ 3.18 (ก) ภาพก่อนการแปลงระดับเทา (ข) ภาพหลังการแปลงภาพระดับเทา (gray level)



ภาพที่ 3.19 การแยกวัตถุออกจากพื้นหลังด้วยการทำเทรชโฮลด์แบบโอตสึ (Otsu)

ภาพที่ 3.20 การกำหนดขอบของวัตถุในภาพ (Contouring)



ภาพที่ 3.21 การคำนวณพื้นที่ของวัตถุในภาพ (Calculate area of object)

7. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดสอบประสิทธิภาพระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ดังนี้

1. การทดสอบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

1.1 ทำการเก็บข้อมูลภาพเพื่อนำมาใช้เป็นชุดข้อมูลในการเปรียบเทียบน้ำหนักจากภาพ โดยในแต่ละสัปดาห์ทำการบันทึกภาพจากไก่จำนวน 10 ตัวอย่าง เมื่อมีอายุ 3 ถึง 7 สัปดาห์ ประกอบกับการชั่งน้ำหนักจริง เพื่อนำมาประมวลผลพื้นที่ของไก่แต่ละตัวจากการคำนวณขนาดของภาพไก่เทียบการชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึกผลลงในตาราง

1.2 ทำการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยนำข้อมูลค่าเฉลี่ยของพื้นที่ของภาพไก่พื้นเมืองและน้ำหนักไก่พื้นเมือง มาหาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลและแสดงกราฟความสัมพันธ์เพื่อสร้างโมเดลการทำนายค่าน้ำหนักของไก่เพื่อใช้ในการตัดสินใจในการจำแนกขนาดจากภาพถ่าย

1.3 การสร้างสมการทำนายผลด้วยโมเดลแบบ Linear Regression ด้วยการเรียกใช้งานโมดูลของ sklearn.linear_model แสดงค่าสมการและการประเมินความแม่นยำของชุดข้อมูลด้วยค่าความแตกต่างโดยเฉลี่ยระหว่างข้อมูลจริงกับผลการทำนาย (MSE), ค่าความคลาดเคลื่อนของการทำนายผล (RMSE) ค่าระดับความใกล้เคียงของผลการทำนายกับข้อมูลจริง (R-Squared) และ ค่าระดับความแม่นยำโดยประมาณ (Approx Accuracy)

1.4 การทดสอบทำนายผลการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองเทียบกับน้ำหนักจริง

2. การทดสอบการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

ในการประมวลผลภาพด้วยโมเดล linear regression เพื่ออ่านค่าภาพอินพุตแล้วทำการประมวลผลน้ำหนักตามโมเดลที่สร้างขึ้น แล้วทำการเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักเฉลี่ยของไก่ที่ชั่งด้วยเครื่องชั่งจริงของไก่พื้นเมืองที่อายุได้ 6 สัปดาห์ เพื่อตัดสินใจในการคัดแยกขนาดของไก่ โดยการคัดแยกขนาดด้วยการนำภาพไก่พื้นเมืองมาทดสอบจำนวน 20 ภาพ แล้วบันทึกผลลงในตาราง

3. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัยมีการประเมินผลทางสถิติและสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย (Mean)

หมายถึง ค่ากลางชนิดหนึ่งซึ่งมาจากการนำผลรวมของสมาชิกทุกตัวมาหารด้วยจำนวนสมาชิกในชุดข้อมูลค่าเฉลี่ยเลขคณิตและคำนวณได้โดยการบวกตัวเลข ในกลุ่มหนึ่งเข้าด้วยกัน จากนั้นหารด้วยจำนวนนับของตัวเลขในกลุ่มนั้น สำหรับข้อมูล ใช้สูตร
(อ้างถึงใน กัลยา วานิชย์บัญชา, 2542 : 35-36)

การหาค่าเฉลี่ยหาได้จากสมการ

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

โดยที่ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ค่าของตัวอย่าง

n แทน จำนวนของตัวอย่าง

2. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

เป็นค่าสถิติหนึ่งที่สามารถนำมาวัดการกระจายของข้อมูลได้ โดยใช้อธิบายคู่กับค่าเฉลี่ยเลขคณิต จะช่วยให้อธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง สัญลักษณ์ที่ใช้แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ S หรือ S.D.

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หาได้จากสมการ

$$S.D._{=} \frac{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}{n-1}$$

โดยที่	$S.D.$	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	x_i	แทน	ค่าของตัวอย่าง
	n	แทน	จำนวนตัวอย่าง
	$\sum x$	แทน	ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง
	$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ย

3. Root Mean Square Error: RMSE

เป็นวิธีการวัดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าของโมเดล โดย RMSE คำนวณจากข้อมูลที่มีค่าจริงและค่าที่โมเดลทำนาย โดยการหาความแตกต่างระหว่างค่าจริงและค่าที่ทำนาย จากนั้นยกกำลังสอง หาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างที่ได้ และหลังจากนั้นกำหนดให้เป็นรากที่สองของค่าเฉลี่ยนั้น นั่นคือ ถ้ามี n เป็นจำนวนข้อมูล ค่า RMSE จะถูกคำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}$$

โดยที่ y_i คือ ค่าจริง

และ $y\hat{}_i{}^2$ คือ ค่าที่โมเดลทำนายสำหรับข้อมูลที่ i

การวัดค่า RMSE เพื่อวัดความถูกต้องของการทำนายโดยรวมของโมเดล โดยค่า RMSE ที่น้อยลงแสดงถึงการทำนายที่ดีขึ้น สำหรับ RMSE ที่มากขึ้น นั้นหมายความว่ามีความคลาดเคลื่อนในการทำนายมากขึ้น

4. ค่า R-squared: R^2

ค่า R-squared (หรือเรียกว่า coefficient of determination) เป็นวิธีการวัดความเหมาะสมของโมเดลการประมาณค่ากับข้อมูลจริงๆ โดย R-squared มักถูกใช้ในการอธิบายว่าโมเดลมีความสามารถในการอธิบายการแปรผันต่างของข้อมูลเพียงใด R-squared มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 โดย:

ค่า 0 หมายถึงโมเดลไม่สามารถอธิบายการแปรผันของข้อมูลได้เลย

ค่า 1 หมายถึงโมเดลสามารถอธิบายการแปรผันของข้อมูลได้เป็นอย่างดี

ค่าระหว่าง 0 และ 1 หมายถึงความเหมาะสมในการอธิบายการแปรผันของข้อมูลที่อยู่ระหว่างนั้นสำหรับโมเดลการประมาณค่าเชิงเส้น, R-squared สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรดังนี้

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}$$

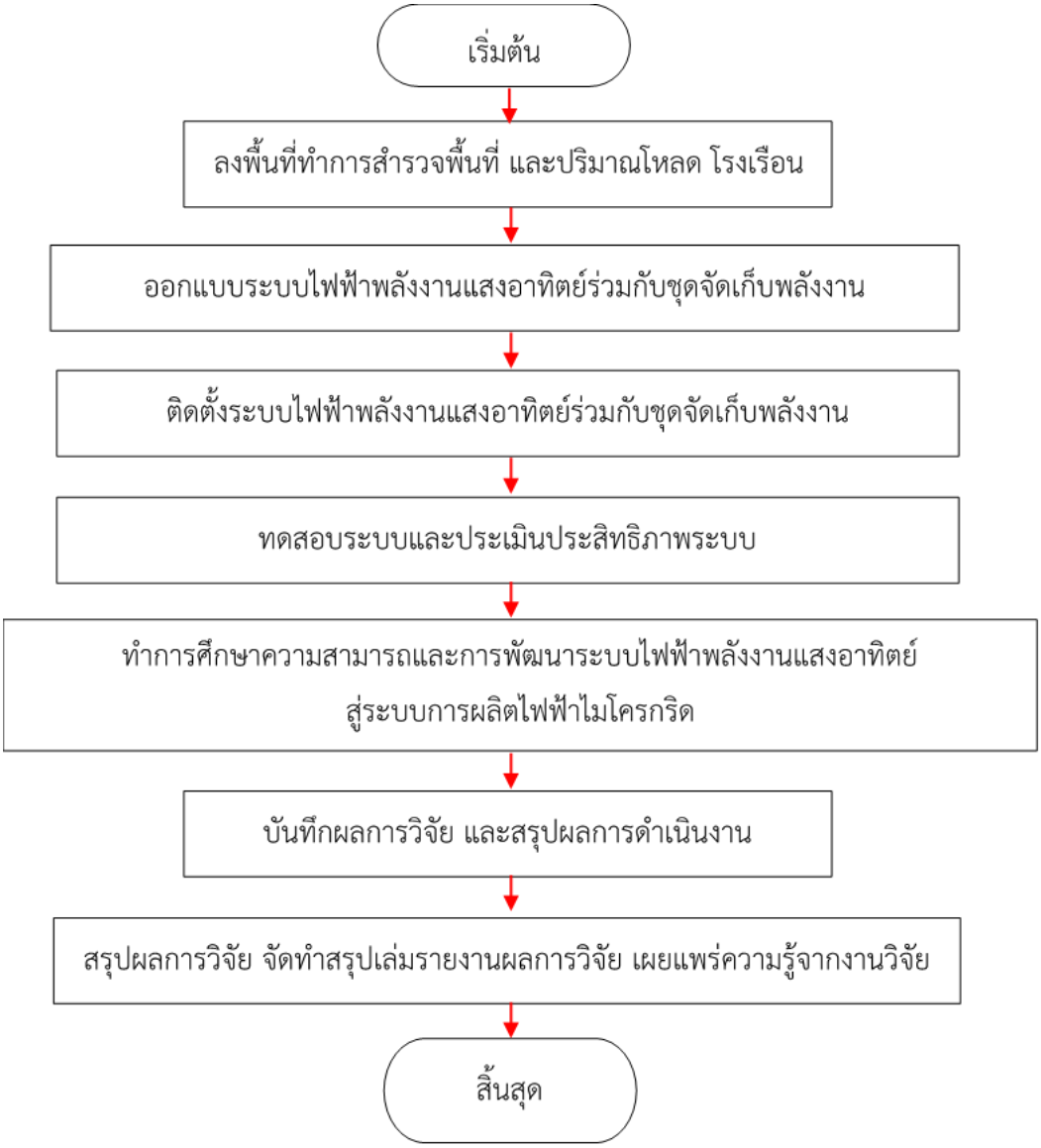
โดยที่ y_i คือ ค่าจริง

$\hat{y}_i$ คือ ค่าที่โมเดลทำนาย และ

$\bar{y}$ (“y”) คือ ค่าเฉลี่ยของ y ในชุดข้อมูลทั้งหมด

โครงการที่ 2 การออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่และการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริดเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานของชุมชน

การศึกษาวิจัย การออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่และการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริดเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานของชุมชน โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยนั้นได้กำหนดขั้นตอนออกเป็น 7 ขั้นตอนหลักโดยวิธีดำเนินงานวิจัยนั้นสามารถแสดงได้ดังแผนผังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.22 แผนผังการศึกษาวิจัยการพัฒนาระบบควบคุมโหลดไฟฟ้า

1. การลงพื้นที่ทำการสำรวจพื้นที่ และปริมาณโหลด โรงเรือน

การลงพื้นที่ทำการสำรวจพื้นที่ และปริมาณโหลด โรงเรือนนี้จะเป็นการศึกษาและเก็บข้อมูลรูปแบบการเปลี่ยนแปลงและปริมาณความต้องการทางไฟฟ้าโดยในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้า ชนิดโหลด และรูปแบบการใช้งานของโหลดนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งต้องศึกษาขนาดฟาร์ม ชนิดโหลดที่ใช้ เวลาในการใช้งานในแต่ละโหลดโดยในการศึกษานั้นได้มุ่งเน้นไปที่ระบบส่องสว่างให้ความอบอุ่นแก่ลูกไก่

2. การออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงาน

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงาน เป็นการศึกษารูปแบบขบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขบวนการทำงานชุดกักเก็บพลังงานและชนิดตัวกักเก็บพลังงานเพื่อหาระบบที่เหมาะสม โดยรูปแบบในการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วไปนั้นประกอบด้วย 3 รูปแบบคือ ระบบที่เชื่อมต่อกับกริด (On-Grid System) ระบบอิสระ (Stand Alone System) และระบบไฮบริด (Hybrid System) โดยเฉพาะระบบอิสระนั้นจะประกอบไปด้วย 3 ระบบดังต่อไปนี้ คือ ระบบ Off-grid ที่ไม่มีแบตเตอรี่แต่มีโหลด DC ระบบ Off-grid ที่มีแบตเตอรี่และโหลด DC และระบบ Off-grid ที่มีโหลด AC

3. ทดสอบระบบและประเมินประสิทธิภาพระบบ

ขั้นตอนนี้เป็นสิ่งสำคัญในการทำงานของระบบซึ่งบ่งบอกถึงความถูกต้องและแม่นยำในการทำงานโดยในการประเมินนั้นได้มุ่งเน้นการประเมินความแม่นยำในการอ่านค่าเพื่อรายงานผลของค่ากำลังไฟฟ้าโดยการประเมินในส่วนนี้จะทำการสอบเทียบกับอุปกรณ์ที่ได้รับมาตรฐานในการวัดโดนผลการวัดหรือการประเมินนั้นจะออกมาในรูปแบบค่าความผิดพลาด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดการบริหารข้อมูลในการผลิตไฟฟ้าหากมีการเชื่อมต่อกันเป็นระบบไมโครกริดเกิดขึ้น ซึ่งการคำนวณค่าความผิดพลาดนั้น สามารถแสดงได้ในสมการที่ 3.1 โดยจะเป็นการประเมินค่าในห้องปฏิบัติการ

$$\%Error = \left| \frac{M.Value_{(\text{Pototype})} - M.Value_{(\text{Standard})}}{M.Value_{(\text{Standard})}} \right| \times 100\% \qquad (3.1)$$

โดยที่

$\%Error$ คือ ค่าความผิดพลาด,

$M.Value_{(\text{Pototype})}$ คือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดต้นแบบ,

$M.Value_{(\text{Standard})}$ คือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดมาตรฐาน

ในการจัดทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำจะมีการนำค่าสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ในเบื้องต้น คือ

ค่าเฉลี่ย (Mean) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ต้องการศึกษาซึ่งคำนวณได้จากการนำเอาค่าข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมได้มารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนของข้อมูล ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3.2)

$$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{n} \tag{3.2}$$

โดยกำหนดให้

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)

n คือ จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

x_i คือ ค่าของข้อมูล

ค่าร้อยละ หมายถึง การเปรียบเทียบจำนวนที่ต้องการหากับจำนวนทั้งหมด โดยกำหนดให้จำนวนทั้งหมดเป็น 100 หรืออธิบายสั้นๆก็ คือ การเปรียบเทียบของปริมาณใดปริมาณหนึ่ง ต่อหนึ่งร้อย ถ้าเขียนเป็นเศษส่วนก็คือเศษส่วนที่มีส่วนเป็น 100 เสมอนั่นเอง และใช้ตัวสัญลักษณ์ % หรือเรียกอีกอย่างว่า “เปอร์เซ็นต์” ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3.3)

$$\%x_i = \frac{y_i}{n} \times 100 \tag{3.3}$$

โดยกำหนดให้

$\%X_i$ คือ ค่าร้อยละ (Percentage)

n คือ จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

Y_i คือ ค่าของข้อมูล

4. การติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงาน

ในขบวนการนี้เป็นการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานให้เหมาะสมกับปริมาณความต้องการของโหลดในฟาร์ม โดยได้วางแผนการติดตั้งเพื่อให้ความอบอุ่นสำหรับลูกไก่ โดยพื้นที่ในการติดตั้งระบบนั้นจะเป็นพื้นที่ฟาร์มเลี้ยงไก่ของกลุ่มเกษตรกร

5. การศึกษาความสามารถและการพัฒนาระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สู่ระบบการผลิตไฟฟ้าไมโครกริด

เป็นการสำรวจพื้นที่ชุมชนเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สู่ระบบการผลิตไฟฟ้าไมโครกริดชุมชน

6. บันทึกผลการวิจัย และสรุปผลการดำเนินงาน

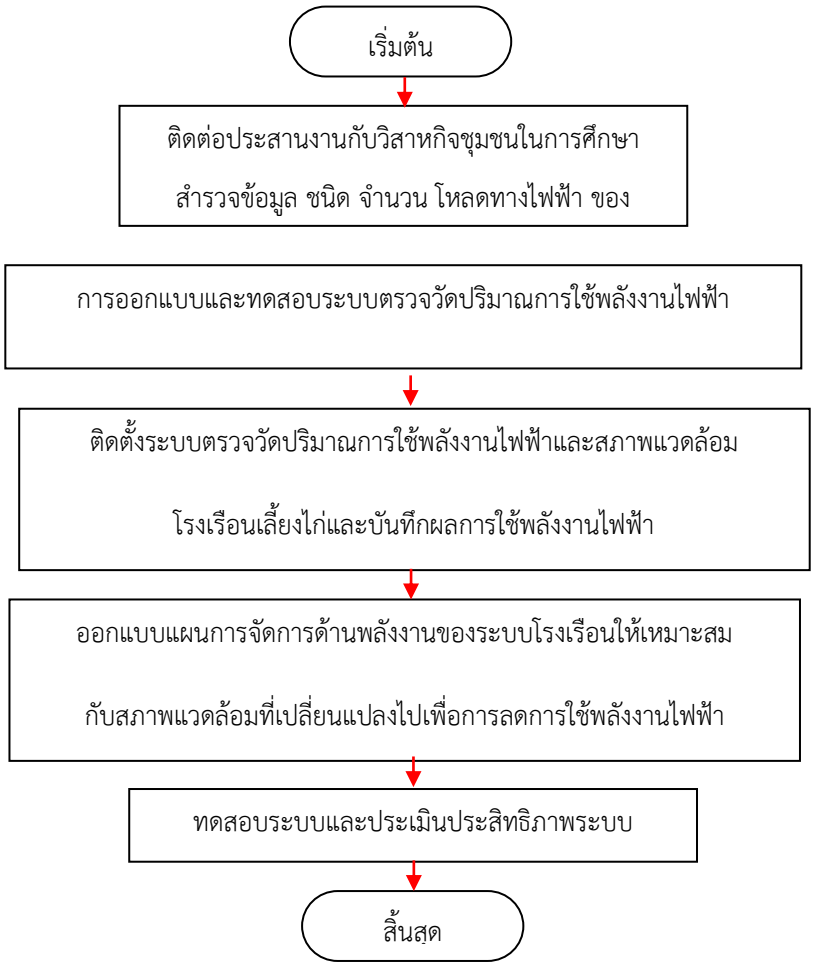
เป็นการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการปรับปรุงข้อมูลและพัฒนาระบบ พร้อมใช้เป็นนข้อมูลในการเผยแพร่องค์ความรู้สู่ชุมชน

7. สรุปผลการวิจัย จัดทำสรุปเล่มรายงานผลการวิจัย

ขั้นตอนนี้เป็นการสรุปผลการวิจัย จัดทำสรุปเล่มรายงานผลการวิจัย เผยแพร่ความรู้จากงานวิจัย ในขั้นตอนเป็นการรวบรวมข้อมูลในการศึกษาวิจัยเพื่อสรุปผลการทำงานและการศึกษาวิจัย รวมถึงข้อเสนอแนะเพื่อนำเผยแพร่องค์ความรู้

โครงการที่ 3 ระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน

การศึกษาวิจัยระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน นั้นมีวิธีดำเนินการวิจัยโดยได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 5 ขั้นตอนหลักดังแสดงในแผนผังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.23 แผนผังระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน

จากภาพที่ 3.1 ได้แสดงแผนผังระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน นั้นสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ดังนี้

1. ติดต่อประสานงานกับวิสาหกิจชุมชนในการศึกษา สำรวจข้อมูล ชนิด จำนวน โหลดทางไฟฟ้าของโรงเรือนเพาะเลี้ยงไก่

ทางทีมวิจัยนั้นได้ลงพื้นที่ในการปรึกษาหารือกับทางกลุ่มวิสาหกิจในการติดต่อประสานงานกับวิสาหกิจชุมชนในการศึกษา สำรวจข้อมูล ชนิด จำนวน โหลดทางไฟฟ้า ของโรงเรือนเพาะเลี้ยงไก่ โดยรูปในการลงพื้นที่และประชุมและสำรวจข้อมูลโรงเรือนเลี้ยงไก่ดังแสดงในภาพที่ 3.24

(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 3.24 ฟาร์มไก่ (ก) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวฟาร์มไก่ร่วมกับกลุ่มผู้เลี้ยงไก่ (ข) ลักษณะโรงเรือนไก่ และ (ค) โหลดไฟฟ้าในโรงเรือนอนุบาลลูกไก่

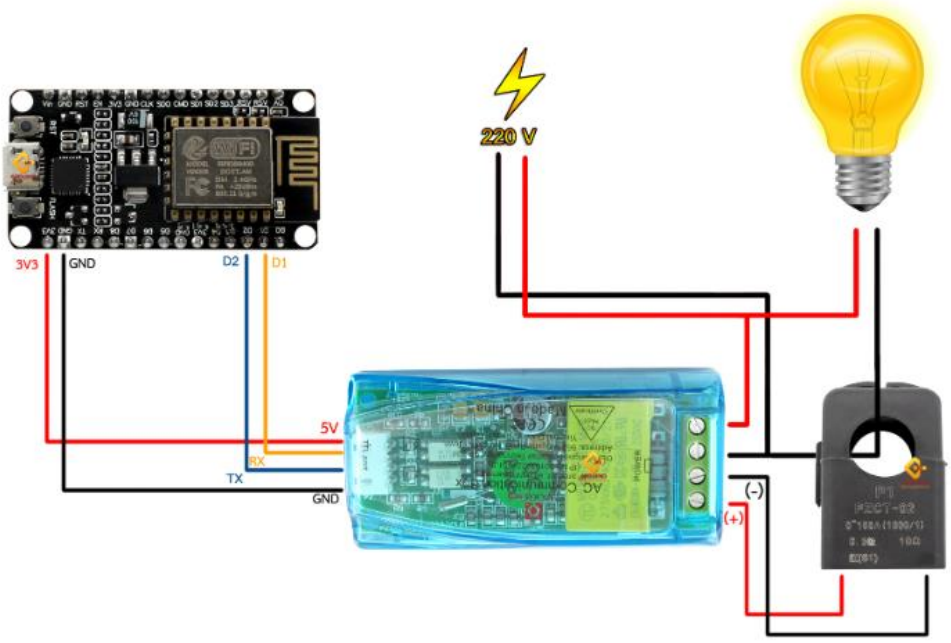
จากภาพที่ 3.2 แสดงการลงพื้นที่ในการลงพื้นที่และประชุมและสำรวจข้อมูลโรงเรือนเลี้ยงไก่เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน

2. การออกแบบและทดสอบระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟน

การออกแบบระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ โดยในการศึกษานั้นได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.1 การออกแบบระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ในการออกแบบได้ใช้อุปกรณ์ตรวจจับแรงดันไฟฟ้าและกรแสไฟฟ้า (VZEM004T) เป็นเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดโดยใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ประมวลผล ESP8266 micro controller โดยลักษณะการต่อกับอุปกรณ์สามารถแสดงได้ภาพที่ 3.25



ภาพที่ 3.25 ลักษณะการต่อกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ VZEM004T และตัวประมวลผล ESP8266
(ที่มา : https://www.cybertice.com/article/-esp8266-pzem-004t)

โดยคุณสมบัติในการทำงานของ VZEM004T นั้นสามารถแสดงได้ดังนี้

1. ใช้วัดแรงดันไฟฟ้าของไฟบ้าน วัดค่ากระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ วัดค่ากำลังไฟฟ้าและวัดค่ากำลังไฟฟ้าต่อชั่วโมง (Wh)

2. วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ 80 - 260VAC และวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ 0 - 100A ทำงานได้ที่ความถี่ 45 - 65Hz

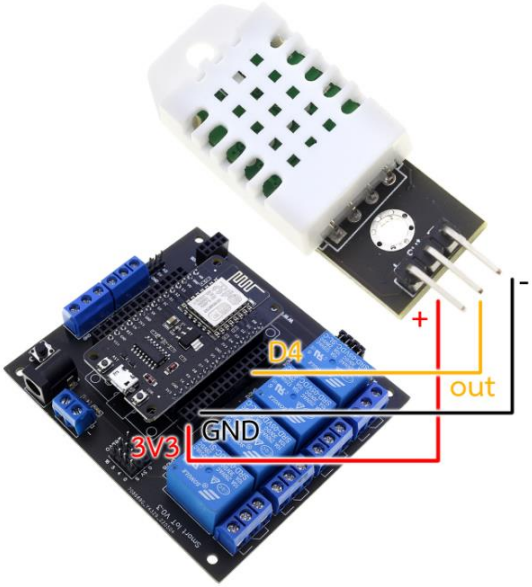
3. แยกไฟสูงออกจากไฟต่ำด้วยออปโต้

4. วัดค่ากระแสไฟฟ้าด้วย CT Current Transformer

5. สื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย UART (หรือ Serial)

2.2 การออกแบบระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมโรงเรือน

ในการออกแบบได้ใช้อุปกรณ์ตรวจจับสภาพแวดล้อมโดยได้ใช้ DHT22 เป็นเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือน โดยใช่งานร่วมกับอุปกรณ์ประมวลผล ESP8266 micro controller เช่นเดียวกันโดยลักษณะการต่อกับอุปกรณ์สามารถแสดงได้ภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 ลักษณะการต่อกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ VZEM004T และตัวประมวลผล ESP8266 (ที่มา : https://www.cybertice.com)

โดยความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิและความชื้นของ DHT22 นั้นสามารถแสดงดังข้อมูลดังนี้

1. Accuracy humidity +-2%RH (Max +-5%RH); temperature +-0.2Celsius
2. Resolution or sensitivity humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
3. Repeatability humidity +-1%RH; Temperature +-0.2Celsius
4. Humidity hysteresis +-0.3%RH
5. Long-term Stability +-0.5%RH/year
6. Sensing period Average: 2s

3. ติดตั้งระบบ และปรับปรุงระบบ

ขั้นตอนการติดตั้งระบบและปรับปรุงระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน จะทำการติดตั้งระบบในสถานที่จริงของเกษตรกรเพื่อทำการทดสอบและติดตามผลเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาระบบต่อไปโดยจะทำการทดสอบเครื่องวัดให้พร้อมใช้งานโดยภาพการทดสอบเครื่องนั้นสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3.27

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.27 เครื่องวัด (ก) และ การทดสอบการทำงานเครื่องมือวัด (ข)

4. ออกแบบแผนการจัดการด้านพลังงานของระบบโรงเรือนให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบโรงเรือน

ในขั้นตอนนี้จะทำการทดสอบการตรวจพลังงานเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อออกแบบแผนการจัดการพลังงานของระบบโรงเรือยให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมยิ่งขึ้น

5. สรุปและรวบรวมผลการศึกษาวิจัย

ในส่วนของการสรุปและรวบรวมผลการศึกษาวิจัยจะทำการรวบรวมข้อมูลในการศึกษาออกแบบระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงานเพื่อเผยแพร่องค์ความรู้สู่ชุมชน

6. การประเมินประสิทธิภาพของระบบ

ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบนั้นจะพิจารณาจากค่าความแม่นยำในการอ่านของระบบและการประเมินจากการทำงานในการสั่งการ โดยค่าความผิดพลาดสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.1)

$$\%Error = \frac{Value_{(\text{Pototype})} - Value_{(\text{Standard})}}{Value_{(\text{Standard})}} \times 100\% \qquad (3.1)$$

โดยที่ $\%Error$ คือ เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด

$Value_{(\text{Pototype})}$ คือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องต้นแบบ

$Value_{(\text{Standard})}$ คือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดมาตรฐาน

7. สถิติที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

ในการจัดทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำจะมีการนำค่าสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ในเบื้องต้น คือ

7.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ต้องการศึกษาซึ่งคำนวณได้จากการนำเอาค่าข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมได้มารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนของข้อมูล ดังสมการที่ (3.2)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n} \qquad (3.2)$$

โดยกำหนดให้

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)

n คือ จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

x คือ ค่าของข้อมูล

7.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) คือ ค่าที่ใช้แสดงความแม่นย าของการทดลองซ้ำหลายๆครั้ง (ค่าที่ บอกถึงค่าที่วัดได้อยู่ห่างไกลจากค่าเฉลี่ยมากเท่าใดซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3.3)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \overline{x})^2}{n-1}} \qquad (3.3)$$

โดยกำหนดให้

SD คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)

x_i คือ ค่าของข้อมูล

n คือ จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

7.3 ค่าร้อยละ หมายถึง การเปรียบเทียบจำนวนที่ต้องการหากับจำนวนทั้งหมด โดยกำหนดให้จำนวนทั้งหมดเป็น 100 กล่าวคือ การเปรียบเทียบของปริมาณใดปริมาณหนึ่ง ต่อหนึ่งร้อย ถ้าเขียนเป็นเศษส่วนก็คือเศษส่วนที่มีส่วนเป็น 100 เสมอนั่นเอง และใช้ตัวสัญลักษณ์ % หรือเรียกอีกอย่างว่า “เปอร์เซ็นต์” ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3.4)

$$\%x = \frac{y}{n} \times 100 \qquad (3.4)$$

โดยกำหนดให้

$\%X$ คือ ค่าร้อยละ (Percentage)

n คือ จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

Y คือ ค่าของข้อมูล

โครงการที่ 4 การส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสู่มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านอาหารแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์

ส่วนที่ 1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อออกแบบเครื่องมือ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณ ซึ่งใช้แบบสอบถาม เพื่อสอบถามข้อมูลและวัดลักษณะต่างๆ ของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายปิด (Close – Ended Question) และคำถามแบบปลายเปิด (Open – Ended Question) และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งใช้แบบสอบถาม เพื่อสอบถามข้อมูลและวัดลักษณะต่างๆ ของกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่เข้าร่วมการจัดสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) โดยใช้คำถามแบบปลายเปิด (Open – Ended Question) ในประเด็นเกี่ยวกับปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล, ปัจจัยทางเศรษฐกิจ, ปัจจัยทางสังคม, ปัจจัยสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองที่มีผลต่อความสำเร็จของเกษตรกรในโครงการฯ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้แสดงความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่ โดยประชากรเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ เกษตรกรที่มีอาชีพเลี้ยงไก่พื้นเมืองในอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ และสรุปผลการวิจัยส่วนที่ 1 โดยรายละเอียดการดำเนินการวิจัยส่วนที่ 1 มีดังนี้

1. พื้นที่ที่ทำการศึกษา/เก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลเกษตรกรที่มีอาชีพเลี้ยงไก่พื้นเมืองในอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์

2. ประชากรและและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาเป็นเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) จากเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองจำนวนทั้งสิ้น 100 ราย

3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือแบบสอบถาม (Questionnaire) แบบมีโครงสร้าง (Structured questionnaire) ลักษณะคำถามที่ใช้เป็นแบบคำถามปลายปิด (Closed-ended question) และแบบปลายเปิด (Open-ended question) ในการเก็บข้อมูลเป็นรายบุคคล ประกอบด้วยคำถาม 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร
ส่วนที่ 2 ข้อมูลสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมือง
ส่วนที่ 3 ข้อมูลด้านการผลิต พันธุกรรม อาหาร และการจัดการการผลิต
ส่วนที่ 4 ข้อมูลการสุขาภิบาลและการให้วัคซีน

ส่วนที่ 5 ข้อมูลด้านปัญหาและอุปสรรค

ทำการสร้างแบบสอบถามแล้วนำไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบสอบถามเพื่อตรวจสอบ แก้ไขแบบสอบถาม หลังจากการแก้ไขแล้วนำไปทดสอบกับประชากรที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 ราย เพื่อให้แบบสอบถามมีค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) เท่ากับ 0.94

4. การวิเคราะห์ข้อมูลและการแปรผล

ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ได้ แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป โดยใช้ค่าสถิติในการวิเคราะห์ ดังนี้

1. ค่าร้อยละ (Percentage) ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานทั่วไป และข้อมูลส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ค่าเฉลี่ย (Means) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้านปัญหาและอุปสรรค และข้อมูลส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยการออกแบบสอบถามจะแบ่งระดับปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้ (สุชาติ, 2546)

ไม่มีปัญหา / ไม่มีอุปสรรค ให้คะแนนเท่ากับ 1
มีปัญหาน้อย / มีอุปสรรคน้อย ให้คะแนนเท่ากับ 2
มีปัญหามาก / มีอุปสรรคมาก ให้คะแนนเท่ากับ 3

การแปรผลเกี่ยวกับระดับปัญหาและอุปสรรคของเกษตรกรต่อสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ใช้วิธีนำค่าเฉลี่ยของแต่ละประเด็นมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปรความหมายหรืออัตรภาคชั้น โดยกำหนดระดับค่าคะแนนเฉลี่ย ดังนี้ (สุชาติ, 2546)

ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00-1.66 ไม่มีปัญหา / ไม่มีอุปสรรค
ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.67-2.33 มีปัญหาน้อย / มีอุปสรรคน้อย
ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.34-3.00 มีปัญหามาก / มีอุปสรรคมาก

3. ค่าสูงสุด (Maximun) และค่าต่ำสุด (Minimum)

4. วิเคราะห์ข้อมูล แปรผล และสรุปผลการวิจัย

นำข้อมูลที่ได้จากการออกพื้นที่เก็บข้อมูลมาตรวจสอบความสมบูรณ์ของการบันทึกแบบสอบถาม วิเคราะห์ผลและแปรผลในแต่ละส่วน ทำการวิจารณ์ และสรุปผลการวิจัยในส่วนที่ 1

<u>ส่วนที่ 2</u> นำข้อมูลจากการสรุปผลการวิจัยส่วนที่ 1 มาสังเคราะห์และสรุปเป็นองค์ความรู้จากการวิจัย และจัดทำเป็นเอกสารเผยแพร่ เพื่อใช้ในการดำเนินโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อดำเนินการจัดกิจกรรมโครงการภายใต้โครงการวิจัยเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่

พื้นเมือง และเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสมัยใหม่ จัดกิจกรรมส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง โดยการถ่ายทอดองค์ความรู้ให้เกษตรกรมีความพร้อมในการปรับปรุงฟาร์มให้เป็นฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม (GFM) เพื่อให้ได้มาตรฐานตามข้อบังคับและกฎระเบียบของกรมปศุสัตว์ และสนับสนุนผลักดันฟาร์มเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการให้ได้มาตรฐาน GAP และการสร้างความร่วมมือในกลุ่ม/เครือข่าย เพื่อสร้างความสามารถในการแข่งขัน

โครงการที่ 5 การเสริมเมล็ดธัญพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง

1. การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Designs) โดยแบ่งไก่พื้นเมืองออกเป็น 3 ปัจจัย (Treatment) แต่ละปัจจัยจะทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ (Replications) ซ้ำละ 10 ตัว ไก่ทดลองเป็นไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำเชียงใหม่อายุ 2 สัปดาห์ ระยะเวลาที่ทำการทดลองทั้งหมด 8 สัปดาห์ โดยเลี้ยงลูกไก่พื้นเมืองทั้งหมดด้วยอาหารสำเร็จภาพที่มีระดับโปรตีน 19 เปอร์เซ็นต์และเสริมด้วยถั่วเขียว และถั่วเหลือง มีกลุ่มทดลอง ดังต่อไปนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มควบคุม (เลี้ยงโดยอาหารพื้นฐาน)
กลุ่มทดลองที่ 2 กลุ่มที่เสริมด้วยเมล็ดถั่วเขียวบดหยาบ 4 เปอร์เซ็นต์
กลุ่มทดลองที่ 3 กลุ่มที่เสริมด้วยเมล็ดถั่วเหลืองบดหยาบ 4 เปอร์เซ็นต์

2. การเก็บและบันทึกข้อมูล

ทำการชั่งน้ำหนักลูกไก่เริ่มทดลอง และชั่งน้ำหนักไก่ทุกสัปดาห์ตลอดการทดลอง ทำการชั่งน้ำหนักอาหารที่ให้ไก่กินทุกสัปดาห์ตลอดการทดลอง ทำการเลี้ยงไก่พื้นเมืองอายุ 2 - 10 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วจะทำการสุ่มไก่ทดลองกลุ่มละ 2 ตัว มาทำการฆ่าและชำแหละซาก โดยจะทำการชั่งน้ำหนักซากและน้ำหนักชิ้นส่วนซากเพื่อนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ซากและเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซาก ประกอบด้วย น้ำหนักมีชีวิต, น้ำหนักซากหลังถอนขน, น้ำหนักซากตัดแต่ง, น้ำหนักไขมันช่องท้อง, น้ำหนักชิ้นส่วนตัดแต่ง ประกอบด้วย อก, ปีก, น่องสะโพกรวม, สะโพก, น่อง, หัว, โครง, เครื่องในรวม, หัวใจ, ตับ, ม้าม, กระเพาะบด

นำข้อมูลต่าง ๆ ที่บันทึก มาคำนวณหาน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง และเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของไก่แต่ละสัปดาห์ หาได้จากสูตร ดังนี้

น้ำหนักสิ้นสุดของสัปดาห์ – น้ำหนักเริ่มต้นของสัปดาห์

2. อัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อวัน) (Average Daily Grain; ADG) หาได้จากสูตร

น้ำหนักสุดท้าย – น้ำหนักเริ่มต้น / จำนวนวันที่เลี้ยง

3. ปริมาณอาหารที่กินต่อตัว หาได้จากสูตร

ปริมาณอาหารที่ให้ - ปริมาณอาหารที่เหลือ / จำนวนไก่ทั้งหมด

4. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio; FCR) หาได้จากสูตร

ปริมาณอาหารทั้งหมดที่กิน / น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

5. เปอร์เซ็นต์ซาก (Carcass Percentage (เปอร์เซ็นต์)) หาได้จากสูตร ดังนี้

น้ำหนักซากหลังฆ่า x100/น้ำหนักเมื่อมีชีวิต

6. เปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง (เปอร์เซ็นต์) หาได้จากสูตร ดังนี้

น้ำหนักซากหลังฆ่าและเอาเครื่องในออก x 100/น้ำหนักเมื่อมีชีวิต

7. เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง (เปอร์เซ็นต์) หาได้จากสูตร ดังนี้

น้ำหนักชิ้นส่วน x 100/น้ำหนักซากตัดแต่ง

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Least Significant Different, (LSD) และคิดคำนวณต้นทุนค่าอาหารในแต่ละสูตรเพื่อรายงานผลในเล่มรายงานสรุปผลการทดลองต่อไป

3. การวัดองค์ประกอบของกรดไขมันในเลือด

ในวันสุดท้ายการทดลอง ทำการอดอาหารไก่เนื้อประมาณ 12 ชั่วโมงแล้วสุ่มไกเนื้อจากแต่ละหน่วยทดลอง หน่วยทดลองละ 4 ตัว เพื่อเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณปีก (Wing vein) ตัวละประมาณ 2 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์คอเลสเตอรอลรวม (Total cholesterol), High density lipoprotein (HDL),Low density lipoprotein (LDL) และไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) โดยใช้เครื่องตรวจเลือดอัตโนมัติ (Advia 120, Bayer, Tarrytown, NY) ด้วยวิธี Enzymatic colorimetric medthod (CHOD-PAP method)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Different, (LSD) โดยใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

โครงการที่ 6 อาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นเพื่อเลี้ยงปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา

1. อุปกรณ์

1.1 การทดลองปรับปรุงคุณลักษณะของขนไก่ป่น

1.1.1 ขนไก่พื้นเมือง

1.1.2 แกนสับปะรด

1.1.3 เปลือกมะละกอดิบ

1.1.4 เอนไซม์สกัดจากสับปะรด

1.1.5 เอนไซม์สกัดจากยางมะละกอ

1.1.6 หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave)

1.1.7 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

1.2 การพัฒนาอาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นในการเลี้ยงปลากินพืชแบบกึ่งพัฒนา

1.2.1 ปลาป่น

1.2.2 กากถั่วเหลือง

1.2.3 รำละเอียด

1.2.4 ปลายข้าว

1.2.5 น้ำมันพืช

1.2.6 วิตามินพรีมิกซ์

1.2.7 ขนไก่ป่นที่หมักด้วยแกนสับปะรด

1.2.8 ขนไก่ป่นที่หมักด้วยยางมะละกอจากเปลือกของผลดิบ

1.2.9 ถังพลาสติก PE ขนาด 700 ลิตร

1.2.10 ลูกพันธุ์ปลาตะเพียนขาว จากฟาร์มจำหน่ายลูกพันธุ์สัตว์น้ำเอกชน

1.2.11 อาหารอนุบาลลูกพันธุ์ปลา

1.2.12 หัวทราย ท่อลม อุปกรณ์ให้อากาศ

1.2.13 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

2. การดำเนินการวิจัย

เพื่อศึกษาโภชนะที่เป็นองค์ประกอบในขนไก่พื้นเมืองป่นที่ผ่านการไฮโดรไลซ์โปรตีนด้วยเอนไซม์ โดยการนำขนไก่ดิบมาผ่านกระบวนการไฮโดรไลซ์โปรตีน ด้วยวิธีการดังนี้คือ หมักด้วยแกนสับปะรด, หมักด้วยเอนไซม์บรอมิเลนสกัดจากสับปะรด, หมักด้วยยางมะละกอจากเปลือกมะละกอดิบ

และหมักด้วยเอนไซม์ปาเปนสกัดจากยางมะละกอ ทั้ง 4 กรรมวิธีจะหมักไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้น นำไปเข้าหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) เป็นเวลา 45 นาที นำมาทำให้แห้งโดยการอบผ่านตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงหรือจนกว่าจะแห้งดี แล้วนำมาบดป่นให้ละเอียดเป็นผง หลังจากนั้นนำไปตรวจวิเคราะห์ข้อมูลทางโภชนาการที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (proximate analysis) ในขนไก่ป่นแต่ละรูปแบบ ได้แก่ค่า ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย แคลเซียม และฟอสฟอรัส ตามวิธีของ A.O.A.C (2000) นำไปสู่การทดลองพัฒนารูปแบบการเลี้ยงปลากินพืชแบบพื้นบ้าน ให้เป็นรูปแบบกึ่งพัฒนา ด้วยการทำอาหารสมทบแหล่งโปรตีนจากขนไก่พื้นเมืองป่นเพื่อเลี้ยงปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลของการทดลองเลี้ยงปลากินพืชแบบพื้นบ้านดั้งเดิม กับการเลี้ยงปลากินพืชที่ให้อาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นที่ผ่านการไฮโดรไลซิสโปรตีนด้วยความร้อนและเอนไซม์จากพืชธรรมชาติ และเพื่อศึกษาผลของการพัฒนาสูตรอาหารปลากินพืชจากขนไก่พื้นเมืองป่นต่อการเจริญเติบโตของปลา ทั้งนี้อาหารผสมสำเร็จที่ใช้เป็นอาหารสมทบในชุดการทดลองที่ 4 และ 5 มีโปรตีนรวมในสูตรอาหารเท่ากับ 28% โปรตีน และศึกษาต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำที่มีส่วนผสมของขนไก่พื้นเมืองป่น โดยทำการเลี้ยงปลานิลในถังพลาสติกขนาด 700 ลิตร อัตราปล่อย 30 ตัวต่อถัง ให้อาหารสมทบในทุกรูปแบบให้สมทบในปริมาณ 5% ของน้ำหนักตัวต่อวัน จำนวน 2 มื้อต่อวัน ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักเพื่อปรับปริมาณอาหารและเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ อัตรารอด รวมถึงข้อมูลคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาด้วย ได้แก่ค่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ปริมาณแอมโมเนีย และอุณหภูมิของน้ำ ทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติสำเร็จรูป และคิดคำนวณต้นทุนค่าค่าอาหารสัตว์น้ำที่มีส่วนผสมของขนไก่พื้นเมืองป่น ซึ่งถือเป็นต้นแบบที่ใช้วิธีการที่สามารถดำเนินการได้อย่างง่าย เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้และดำเนินการได้เอง เกิดการพึ่งพาตนเองมากขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มอาหารสมทบแหล่งโปรตีนให้กับปลากินพืช ทำให้ปลาเจริญเติบโตดีขึ้น ให้ผลผลิตได้เร็วกว่าการเลี้ยงในรูปแบบเดิม แต่ต้นทุนการผลิตเทียบเท่าเดิม

3. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 5 ชุดทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ได้แก่

ชุดการทดลองที่ 1: เลี้ยงปลานิลแบบธรรมชาติ ไม่ให้อาหารสมทบ

ชุดการทดลองที่ 2: เลี้ยงปลานิลแบบให้ขนไก่ป่นที่หมักด้วยแกนสับปะรดเป็นอาหารสมทบ

ชุดการทดลองที่ 3: เลี้ยงปลานิลแบบให้ขนไก่ป่นที่หมักด้วยยางมะละกอจากเปลือกมะละกอดิบเป็นอาหารสมทบ

ชุดการทดลองที่ 4: เลี้ยงปลานิลแบบให้อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรดทดแทนปลาป่นเป็นอาหารสมทบ

ชุดการทดลองที่ 5: เลี้ยงปลานิลแบบให้อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักด้วยยางมะละกอจากเปลือกมะละกอดิบทดแทนปลาป่นเป็นอาหารสมทบ

4. สูตรอาหารทดลอง

สูตรอาหารสมทบจากการใช้ขนไก่ป่นทดแทนปริมาณปลาป่น สำหรับใช้ทดลองเลี้ยงปลาตะเพียนขาวในชุดการทดลองที่ 4 อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรดทดแทนปลาป่นเป็นอาหารสมทบ และ ชุดการทดลองที่ 5 อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักด้วยยางมะละกอจากเปลือกมะละกอดิบทดแทนปลาป่นเป็นอาหารสมทบ โดยมีโปรตีนรวมเท่ากับ 28 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ประกอบด้วยวัตถุดิบดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรอาหารทดลอง

วัตถุดิบ (กิโลกรัม)	**อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักแกนสับปะรด**	**อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักเปลือกมะละกอดิบ**
กากถั่วเหลือง 44%	27.0	31.0
ขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรด	15.0	0.0
ขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือกมะละกอดิบ	0.0	15.0
รำละเอียด	27.0	25.0
ปลายข้าว	27.0	25.0
น้ำมันพืช	4.0	4.0
รวม (กิโลกรัม)	100.0	100.0

5. การเก็บผลข้อมูล

ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักเพื่อปรับปริมาณอาหารและเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการกินอาหาร อัตราแลกเนื้อ อัตรารอด รวมถึงข้อมูลคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาด้วย ได้แก่ค่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) และอุณหภูมิของน้ำ ทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยมีการคำนวณ ดังนี้

5.1 น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย (weight gain: กรัมต่อตัว)

= น้ำหนักสุดท้าย – น้ำหนักเริ่มต้น

5.2 น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (กรัมต่อตัวต่อวัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มต้นการทดลอง}}{\text{ระยะเวลาในการทดลอง}}$$

5.3 ปริมาณอาหารที่กิน (กรัมต่อตัวต่อวัน) Feed Intake, FI

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด}}{\text{ระยะเวลาที่เลี้ยง}}$$

5.4 อัตราแลกเนื้อ (Feed Conversion Ratio: FCR)

$$= \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่ให้}}{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น}}$$

5.5 อัตราการรอดตาย Survival (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{\text{จำนวนปลาสุดท้าย x 100}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น}}$$

ที่มา : (วิมล จันทรโรทัย และคณะ, 2535)

6. การวิเคราะห์ผลข้อมูล

นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan’s New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

7. สถานที่ทำการวิจัย

โรงเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อาคารปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และอาคารปฏิบัติการทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

โครงการที่ 1 การออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

1. ผลการพัฒนาระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 การพัฒนาชุดอุปกรณ์ของระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

ภาพที่ 4.1 ชุดอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลภาพของระบบ

ภาพที่ 4.2 ส่วนควบคุมการทำงานของระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง

2. ผลการทดสอบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

2.1 การทดสอบประมวลผลเพื่อหาพื้นที่ของภาพไก่ตามอายุแต่ละสัปดาห์

ผลการจากการเก็บข้อมูลภาพเพื่อนำมาใช้เป็นชุดข้อมูลในการเปรียบเทียบน้ำหนักจากภาพ โดยในแต่ละสัปดาห์ทำการบันทึกภาพจากไก่จำนวน 10 ตัวอย่าง เมื่อมีอายุ 3 ถึง 7 สัปดาห์ ประกอบกับการชั่งน้ำหนักจริง เพื่อนำมาประมวลผลพื้นที่ของไก่แต่ละตัวจากการคำนวณขนาดของภาพไก่เทียบการชั่งน้ำหนัก ดังตารางที่ 4-1 ถึง 4-4

ตารางที่ 4.1 ผลการประมวลผลพื้นที่ภาพของไก่พื้นเมืองอายุ 3 สัปดาห์

ภาพที่	ชื่อไฟล์	ขนาดพื้นที่(พิกเซล)	น้ำหนัก(กิโลกรัม)
1	IMG_8838.jpg	14769.500	0.361
2	IMG_8840.jpg	12917.000	0.351
3	IMG_8841.jpg	13956.500	0.350
4	IMG_8842.jpg	13487.500	0.357
5	IMG_8843.jpg	13791.000	0.350
6	IMG_8846.jpg	12838.500	0.306
7	IMG_8847.jpg	12483.500	0.306
8	IMG_8849.jpg	13929.000	0.307
9	IMG_8850.jpg	13735.500	0.307
10	IMG_8851.jpg	12041.500	0.307
ค่าเฉลี่ย		**13394.950**	**0.330**

จากตารางที่ 4.1 จากการประมวลผลภาพไก่พื้นเมืองที่มีอายุ 3 สัปดาห์ จากชุดข้อมูลภาพได้ไก่ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.330 กิโลกรัม ขนาดพื้นที่เฉลี่ย 13394.950 พิกเซล

ตารางที่ 4.2 ผลการประมวลผลพื้นที่ภาพของไก่พื้นเมืองอายุ 4 สัปดาห์

ภาพที่	ชื่อไฟล์	ขนาดพื้นที่(พิกเซล)	น้ำหนัก(กิโลกรัม)
1	IMG_9046.jpg	13828.500	0.483
2	IMG_9047.jpg	13510.000	0.470
3	IMG_9048.jpg	13195.500	0.470
4	IMG_9053.jpg	16931.500	0.448
5	IMG_9054.jpg	17363.000	0.449
6	IMG_9057.jpg	15898.500	0.459
7	IMG_9060.jpg	15627.000	0.386
8	IMG_9061.jpg	15644.000	0.388
9	IMG_9062.jpg	15354.000	0.388
10	IMG_9063.jpg	16613.500	0.387
ค่าเฉลี่ย		**15396.550**	**0.433**

ตารางที่ 4.3 ผลการประมวลผลพื้นที่ภาพของไก่พื้นเมืองอายุ 5 สัปดาห์

ภาพที่	ชื่อไฟล์	ขนาดพื้นที่(พิกเซล)	น้ำหนัก(กิโลกรัม)
1	IMG_9281.jpg	16677.500	0.617
2	IMG_9282.jpg	16769.500	0.617
3	IMG_9297.jpg	14876.500	0.631
4	IMG_9298.jpg	15072.500	0.631
5	IMG_9299.jpg	15653.000	0.631
6	IMG_9300.jpg	15883.500	0.631
7	IMG_9301.jpg	19332.000	0.632
8	IMG_9304.jpg	17519.000	0.634
9	IMG_9305.jpg	18008.500	0.632
10	IMG_9306.jpg	18589.500	0.634
ค่าเฉลี่ย		**16838.150**	**0.629**

จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 การประมวลผลภาพไก่พื้นเมืองที่มีอายุ 4, 5 สัปดาห์ จากชุดข้อมูลภาพไก่ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.433,0.629 กิโลกรัม ขนาดพื้นที่เฉลี่ย 15396.550 และ 16838.150 พิกเซล ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ผลการประมวลผลพื้นที่ภาพของไก่พื้นเมืองอายุ 6 สัปดาห์

ภาพที่	ชื่อไฟล์	ขนาดพื้นที่(พิกเซล)	น้ำหนัก(กิโลกรัม)
1	IMG_9542.jpg	16795.500	0.760
2	IMG_9543.jpg	16941.500	0.760
3	IMG_9544.jpg	19304.500	0.760
4	IMG_9548.jpg	19276.000	0.747
5	IMG_9549.jpg	19963.500	0.754
6	IMG_9555.jpg	15533.000	0.799
7	IMG_9556.jpg	15426.000	0.799
8	IMG_9557.jpg	15319.500	0.794
9	IMG_9558.jpg	18642.000	0.797
10	IMG_9559.jpg	17960.000	0.800
ค่าเฉลี่ย		**17516.150**	**0.777**

ตารางที่ 4.5 ผลการประมวลผลพื้นที่ภาพของไก่พื้นเมืองอายุ 7 สัปดาห์

ภาพที่	ชื่อไฟล์	ขนาดพื้นที่(พิกเซล)	น้ำหนัก(กิโลกรัม)
1	IMG_9739.jpg	20643.500	0.956
2	IMG_9740.jpg	21436.500	0.959
3	IMG_9741.jpg	20350.500	0.955
4	IMG_9742.jpg	19398.500	0.952
5	IMG_9744.jpg	19334.500	0.952
6	IMG_9745.jpg	19334.500	0.955
7	IMG_9747.jpg	28354.000	0.801
8	IMG_9748.jpg	27015.000	0.799
9	IMG_9749.jpg	27193.500	0.800
10	IMG_9750.jpg	29442.000	0.801
ค่าเฉลี่ย		**23250.250**	**0.893**

จากตารางที่ 4.4 และ 4.5 การประมวลผลภาพไก่พื้นเมืองที่มีอายุ 6, 7 สัปดาห์ จากชุดข้อมูลภาพไก่ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.777, 0.893 กิโลกรัม ขนาดพื้นที่เฉลี่ย 17516.150 และ 23250.250 พิกเซล ตามลำดับ

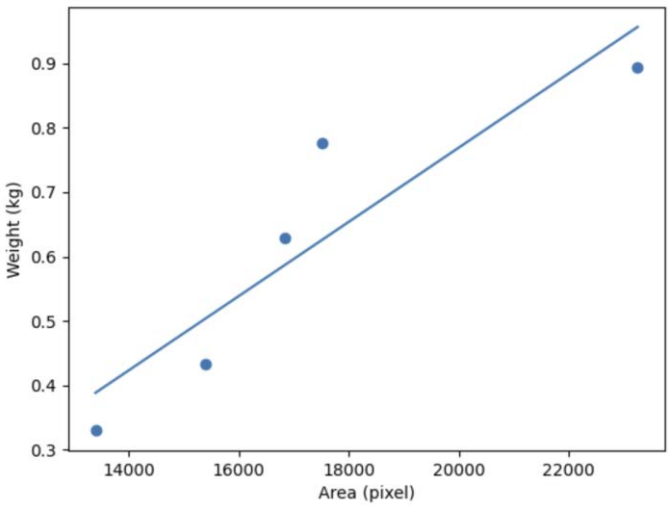
2.2 การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล ทำการนำข้อมูลค่าเฉลี่ยของพื้นที่ของภาพไก่พื้นเมือง และ น้ำหนักไก่พื้นเมืองทั้ง 5 สัปดาห์ มาหาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลและแสดงกราฟความสัมพันธ์ ดังภาพต่อไปนี้

```
from scipy import stats

x=[13394.950,15396.550,16838.150,17516.150,23250.250]
y=[0.330,0.433,0.629,0.777,0.893]

slope, intercept, r, p, std_err = stats.linregress(x, y)
print("relationship between the values of Area & Weight")
print("r=",r)
```

```
relationship between the values of Area & Weight
r= 0.911113353525857
```



ภาพที่ 4.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์และกราฟความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลภาพ

การหาค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ เรียกว่า r โดยค่า r มีตั้งแต่ -1 ถึง 1 โดยที่ 0 หมายถึงไม่มีความสัมพันธ์ และ 1 (และ -1) หมายถึงเกี่ยวข้องกัน 100% เมื่อทำการคำนวณค่าด้วยโปรแกรมภาษา Python และโมดูล Scipy โดยป้อนค่า x และ y

จากภาพที่ 4.3 การคำนวณด้วย scipy แสดงค่า r= 0.911113353525857 หมายความว่าข้อมูลพื้นที่ (Area) และ น้ำหนัก (weight) ของชุดข้อมูลนี้ มีความสัมพันธ์กันสามารถนำมาสร้างโมเดลแบบ Linear Regression เพื่อทำนายค่าน้ำหนักของไก่ในอนาคตได้

2.3 การสร้างสมการทำนายผล การทำนายผลของโมเดลแบบ Linear Regression ด้วยการเรียกใช้งานโมดูลของ sklearn.linear_model แสดงค่าสมการและการประเมินความแม่นยำของชุดข้อมูลด้วย ค่าความแตกต่างโดยเฉลี่ยระหว่างข้อมูลจริงกับผลการทำนาย (MSE), ค่าความคลาด

เคลื่อนของการทำนายผล (RMSE) ค่าระดับความใกล้เคียงของผลการทำนายกับข้อมูลจริง (R-Squared) และ ค่าระดับความแม่นยำโดยประมาณ (Approx Accuracy)

ตารางที่ 4.6 การประเมินความแม่นยำของชุดข้อมูลและสมการทำนายผล

MSE	RMSE	R-Square	Approx Accuracy
0.007	0.086	0.830	83.007%
Prediction equation		y= -0.38293+(0.00006) x	

ตารางที่ 4.7 การทดสอบทำนายผลการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองเทียบกับน้ำหนักจริง

ครั้งที่	**ขนาดพื้นที่ (พิกเซล)**	**ค่าน้ำหนักจริง (กิโลกรัม)**	**ค่าน้ำหนักทำนาย(กิโลกรัม)**	**RSS^2**	**TSS^2**
1	13956.500	0.350	0.421	0.005	0.077
2	13791.000	0.350	0.411	0.004	0.077
3	16931.500	0.448	0.592	0.021	0.032
4	15898.500	0.459	0.533	0.005	0.028
5	16677.500	0.617	0.578	0.002	0.000
6	16769.500	0.617	0.583	0.001	0.000
7	19304.500	0.760	0.729	0.001	0.018
8	19963.500	0.754	0.767	0.000	0.016
9	21436.500	0.959	0.852	0.011	0.110
10	20350.500	0.955	0.789	0.027	0.108
รวม		**6.269**	**-**	**0.078**	**0.466**
เฉลี่ย		**0.627**	**-**	**-**	
R^2 =		**1 - (0.078 / 0.466) =**		**0.833**	

จากตารางที่ 4.7 แสดงค่าผล R-Square หรือ R^2 = 0.833 แสดงได้ว่าโมเดลที่ใช้ทำนายผลชุดข้อมูลนี้มีระดับความแม่นยำประมาณ 83.3 % ซึ่งอยู่ในระดับค่าที่สูง ดังนั้นจึงเป็นการทำนายที่น่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจได้

3. ผลการทดสอบการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

การบันทึกผลการชั่งน้ำหนักไก่พื้นเมืองในช่วงอายุแต่ละสัปดาห์ เพื่อหาค่าเฉลี่ยนำมาตัดสินใจในการคัดแยกขนาดของไก่

ตารางที่ 4.8 ค่าน้ำหนักจริงของไก่พื้นเมืองในแต่ละสัปดาห์

ครั้งที่	น้ำหนักตามอายุไก่พื้นเมือง (กิโลกรัม)				
	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 5	สัปดาห์ 6	สัปดาห์ 7
1	0.276	0.286	0.399	0.562	0.940
2	0.194	0.369	0.424	0.486	0.600
3	0.301	0.389	0.399	0.550	0.753
4	0.245	0.359	0.508	0.819	0.769
5	0.356	0.484	0.624	0.622	0.548
6	0.183	0.399	0.499	0.675	0.676
7	0.299	0.390	0.489	0.647	0.800
8	0.288	0.424	0.486	0.610	0.864
9	0.286	0.467	0.630	0.480	0.836
10	0.353	0.324	0.521	0.776	0.701
ค่าเฉลี่ย	**0.278**	**0.389**	**0.498**	**0.623**	**0.749**
SD	**0.058**	**0.060**	**0.081**	**0.112**	**0.120**

โดยในการทดสอบนี้จะเริ่มคัดแยกขนาดไก่เมื่อสัปดาห์ที่ 6 และ 7 โดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักเฉลี่ยของไก่ในสัปดาห์ที่ 6 คือ 0.623 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.9 การกำหนดการตัดสินใจของการจำแนกขนาด

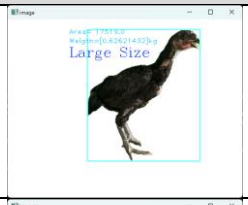
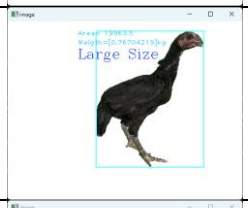
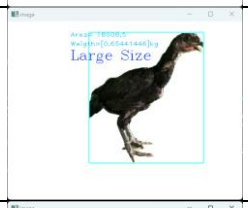
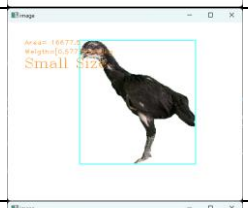
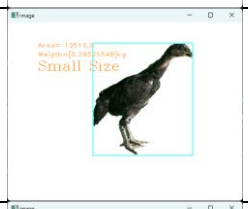
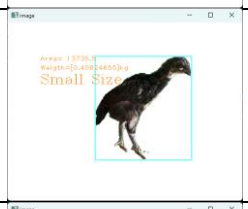
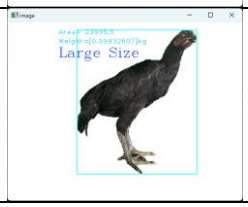
ระดับขนาด	ชื่อระดับ	น้ำหนัก(กิโลกรัม)	เอาต์พุต
ขนาดเล็ก	small	< 0.623	“Small Size” motor1=ON
ขนาดใหญ่	large	>= 0.623	“Large Size” motor2=ON
แยกขนาดไม่ได้	other	0 < หรือ >2.000	“Can not Sizing!”

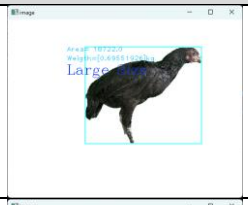
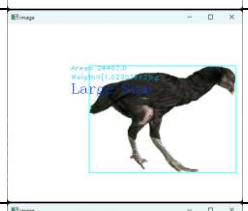
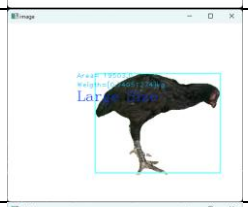
ผลการทดสอบการจำแนกขนาดไก่พื้นเมืองด้วยวิธีประมวลผลภาพ

ในการประมวลผลภาพด้วยโมเดล linear regression เพื่ออ่านค่าภาพอินพุตแล้วทำการประมวลผลน้ำหนักตามโมเดลที่สร้างขึ้น แล้วทำการเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักเฉลี่ยของไก่ที่ชั่งด้วยเครื่องชั่งจริงของไก่พื้นเมืองที่อายุได้ 6 สัปดาห์ เพื่อตัดสินใจในการคัดแยกขนาดของไก่ โดยการคัดแยกขนาดด้วยการนำภาพไก่พื้นเมืองมาทดสอบจำนวน 20 ภาพ

ตารางที่ 4.10 ผลการจำแนกขนาดไก่พื้นเมืองด้วยวิธีประมวลผลภาพ

ครั้งที่	ชื่อไฟล์	ขนาดพื้นที่ (พิกเซล)	น้ำหนักจริง (กก.)	น้ำหนักทำนาย (กก.)	ผลการคัดแยก	ระดับขนาด
1	IMG_9744.jpg	19334.500	0.952	0.731		Large
2	IMG_9745.jpg	19334.500	0.955	0.731		Large
3	IMG_9747.jpg	28354.000	0.801	1.250		Large
4	IMG_9748.jpg	27015.000	0.799	1.173		Large
5	IMG_9749.jpg	27193.500	0.800	1.183		Large
6	IMG_9281.jpg	16677.500	0.617	0.577		Small
7	IMG_9282.jpg	16769.500	0.617	0.583		Small

ครั้งที่	ชื่อไฟล์	ขนาดพื้นที่ (พิกเซล)	น้ำหนักจริง (กก.)	น้ำหนักทำนาย (กก.)	ผลการคัดแยก	ระดับขนาด
8	IMG_9304.jpg	17519.000	0.634	0.626		Large
9	IMG_9548.jpg	19276.000	0.747	0.727		Large
10	IMG_9549.jpg	19963.500	0.754	0.767		Large
11	IMG_9305.jpg	18008.500	0.632	0.654		Large
12	IMG_9281.jpg	16677.500	0.617	0.577		Small
13	IMG_9047.jpg	13510.00	0.470	0.395		Small
14	IMG_8850.jpg	13735.50	0.307	0.408		Small
15	IMG_9846.jpg	23995.50	1.156	0.999		Large

ครั้งที่	ชื่อไฟล์	ขนาดพื้นที่ (พิกเซล)	น้ำหนักจริง (กก.)	น้ำหนักทำนาย (กก.)	ผลการคัดแยก	ระดับขนาด
16	IMG_9855.jpg	18722.00	1.055	0.695		Large
17	IMG_9568B.jpg	24407.0	0.645	1.023		Large
18	IMG_9723B.jpg	19503.0	0.889	0.740		Large
19	IMG_9719B.jpg	21912.0	0.892	0.879		Large
20	IMG_9061.jpg	15644.00	0.388	0.518		Small

จากตารางที่ 4.9 แสดงผลการจำแนกขนาดไก่พื้นเมืองด้วยวิธีประมวลผลภาพ การทดสอบโดยนำภาพอินพุตเข้าสู่โปรแกรมการประมวลผล เพื่อทำนายค่าน้ำหนักจากพื้นที่ในบริเวณภาพลำตัวของไก่พื้นเมือง แล้วนำค่าเปรียบเทียบกับค่าเทรชโฮลด์ของน้ำหนัก เมื่อไก่อายุได้ประมาณ 6 สัปดาห์ ซึ่งจากการชั่งน้ำหนักจริงได้ค่าเทรชโฮลด์ของน้ำหนักคือ 0.623 กิโลกรัม ซึ่งการทดสอบนี้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าเทรชโฮลด์ของน้ำหนักไก่ได้ตามความเหมาะสมของชุดข้อมูลที่ผู้เลี้ยงไก่ การคัดแยกขนาดของไก่พื้นเมืองแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ขนาดเล็ก (Small) และขนาดใหญ่ (Large) ซึ่งระบบสามารถจำแนกขนาดได้ถูกต้องทั้งหมดจากจำนวนทดสอบ 20 ภาพ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบคิดเป็น 100 % แสดงได้ว่าโมเดลการประมวลผลภาพที่สร้างขึ้นนี้สามารถใช้ในการจำแนกขนาดของไก่พื้นเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการที่ 2 การออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่และการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริดเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานของชุมชน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิจัย การออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่และการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริดเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานของชุมชน ซึ่งผลในการศึกษานั้นสามารถแสดงได้ตามขั้นตอนในแต่ละวิธีการวิจัยโดยสามารถกำหนดขั้นตอนออกเป็นดังนี้

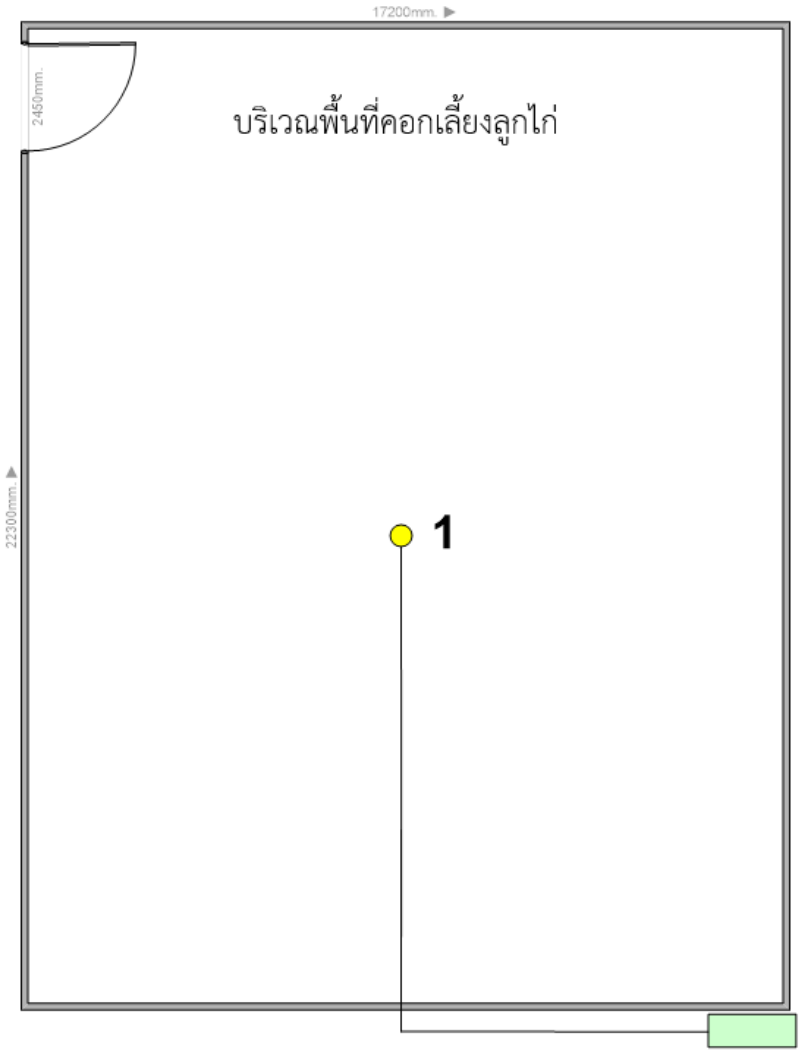
4.1 ผลการลงพื้นที่ทำการสำรวจพื้นที่ และปริมาณโหลด โรงเรือน

จากการประชุมคณะวิจัยและประสานความร่วมมือกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงหไก่ อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ในการทำงานวิจัย และได้ทำการลงพื้นที่ในการศึกษาเก็บข้อมูลรูปแบบการเปลี่ยนแปลงและปริมาณความต้องการทางไฟฟ้า

ภาพที่ 4.4 การลงพื้นที่ร่สมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงไก่ อำเภอเมืองเพชรบูรณ์และการศึกษาสถานที่ปฏิบัติการงานวิจัย

ภาพที่ 4.5 ลักษณะฟาร์มไก่

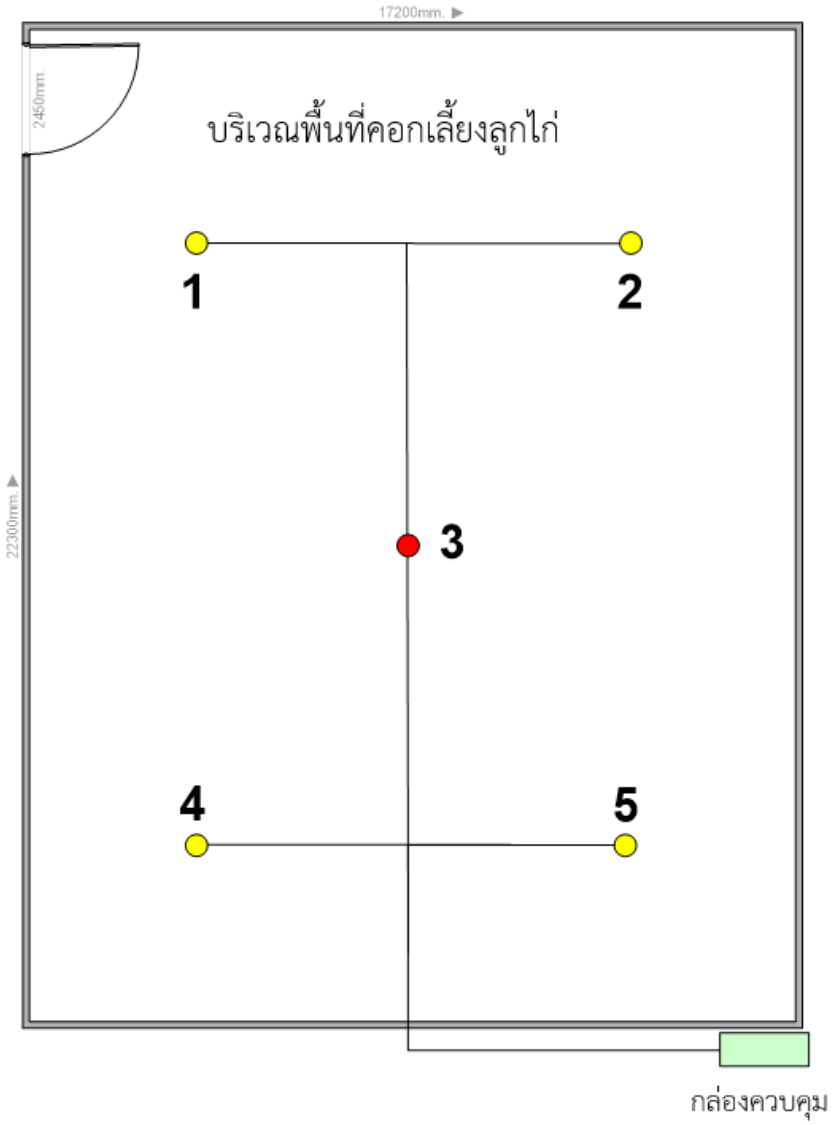
โดยจากการศึกษาชนิดโหลดในฟาร์มไก่นั้นจะพบว่าเป็นโหลดในส่วนของหลอดไฟให้ความอบอุ่นและแสงสว่างซึ่งจะแบ่งเป็นบล็อค โดยเฉพาะสำหรับลูกไก่ดังแสดงในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ตำแหน่งหลอดไฟให้ความสว่างและความอบอุ่นสำหรับลูกไก่

จากภาพที่ 4.6 แสดงตำแหน่งตำแหน่งหลอดไฟให้ความสว่างและความอบอุ่นสำหรับลูกไก่ในบริเวณพื้นที่คอกไก่เดิมโดย ซึ่งประกอบไปด้วยหลอดไฟ 1 จุด ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ซึ่งเป็นหลอดไฟขนาด 100 W

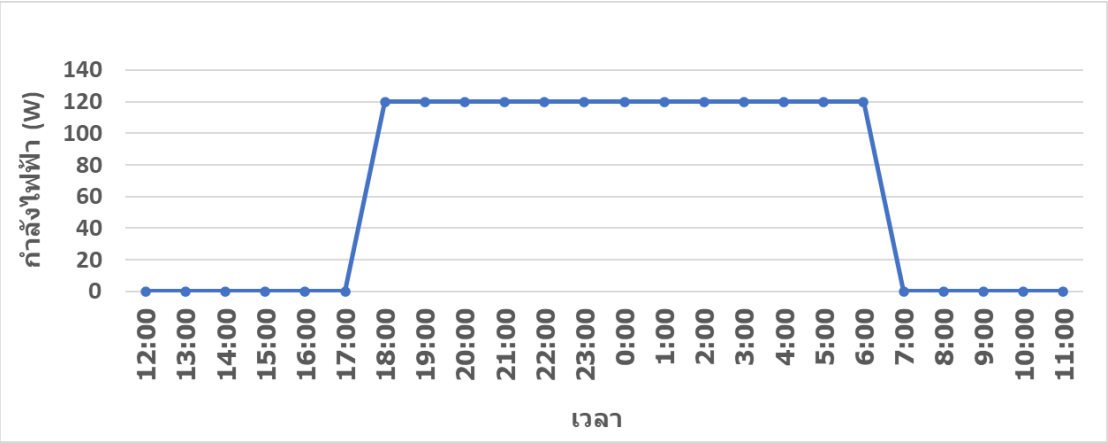
ซึ่งในการออกแบบในการวิจัยนี้ได้ออกแบบระบบส่องสว่างให้ความอบอุ่นและไล่แมลงโดยได้จัดวางหลอดไฟส่องสว่างให้ความอบอุ่น 4 จุด จุดละ 25 W และหลอดไล่แมลงไว้ทั้งหมด 1 จุด จุดละ 20 W ดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ตำแหน่งหลอดไฟให้ความสว่าง ความอบอุ่น และไล่แมลงสำหรับลูกไก่

จากภาพที่ 4.7 แสดงตำแหน่งหลอดไล่แมลงในบริเวณพื้นที่คอกเลี้ยงลูกไก่ใหม่โดยในออกแบบนั้นได้ออกแบบให้ติดตั้งหลอดไฟให้ความสว่าง ความอบอุ่น และไล่แมลงสำหรับลูกไก่ โหลดโดยรวมอยู่ที่ 120W

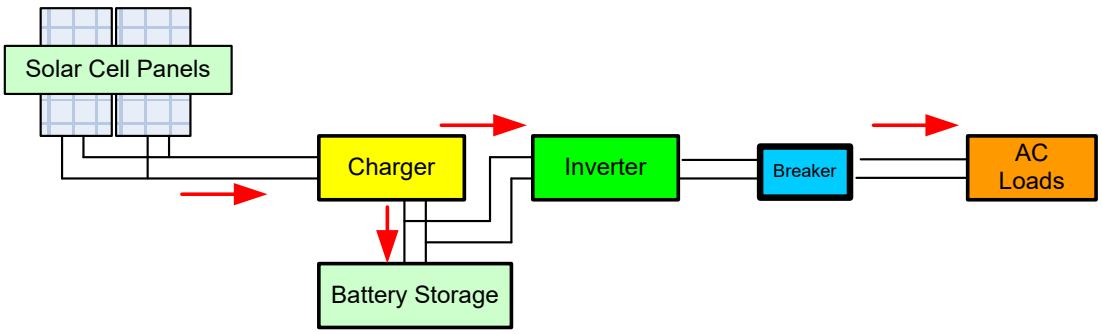
ซึ่งรูปแบบการใช้พลังงานจะอยู่ประมาณ 12 ชั่วโมงต่อวันโดยเกษตรกรจะเริ่มเปิดเวลาประมาณ 18:00 น. จนกระทั่งถึง 06:00 น. โดยกราฟกำลังไฟฟ้าของโหลดที่ใช้ต่อวันสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 กำลังไฟฟ้าของโหลดที่ใช้ต่อวัน

4.2 ผลการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงาน

ในการขั้นตอนจะเป็นการการศึกษารูปแบบขบวนการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และชนิดตัวกักเก็บพลังงานเพื่อหาระบบที่เหมาะสม โดยรูปแบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นี้ได้เลือกใช้เป็นแบบระบบอิสระ (Stand Alone System) ระบบ Off-grid ที่มีแบตเตอรี่และมีโหลด AC โดยสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ระบบ Off-grid ที่มีแบตเตอรี่และมีโหลด AC

จากภาพที่ 4.9 ได้แสดงระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Off-grid โดยระบบนั้นจะรับพลังงานไฟฟ้า (DC power) จากแผงผลิตไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ ซึ่งพลังงานจะถูกักเก็บไว้ที่ตัวเก็บประจุหรือ แบตเตอรี่โดยผ่านอุปกรณ์ชาร์จประจุ (Charger) โดยพลังงานดังกล่าวที่ผ่านชุดชาร์จเจอร์เพื่อรักษาระดับแรงดันให้คงที่ในการชาร์จประจุก็สามารถจ่ายออกไปใช้งานได้หากต้องการใช้พลังงานและบางส่วนก็จะถูกจ่ายไปเก็บสะสมในแบตเตอรี่ โดยในกรณีที่ไม่มีแสดงแดดหรือพลังงานจากแผงโซลาร์

เซลล์ก็สามารถดึงพลังงานที่เก็ยสะสมไว้ผ่านชุดอินเวอร์เตอร์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับโดยควบคุมไว้ที่ 220Vac เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดโดยมีชุดป้องกันกระแสโหลดเกินพิกัดคือตัวเบรคเกอร์

ในขบวนการการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานให้เหมาะสมกับปริมาณความต้องการของโหลดในฟาร์ม

จากรูปแบบและปริมาณโหลดในภาพที่ 4.9 จะพบว่าโหลดที่ได้ออกแบบไว้เป็นโหลดหลอดไฟฟ้าที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 220Vac ขนาด 25W จำนวน 4 หลอด หลอดไล่แมลง 1 หลอด 20 W โหลดโดยรวม 120W ต่อชั่วโมง

ดังนั้น ในการหาขนาดแบตเตอรี่ที่ต้องจ่ายพลังงานให้กับโหลด 120W จะได้

จาก $$P = VxI$$

โดยให้ P คือ กำลังไฟฟ้า, V คือ แรงดันไฟฟ้า, I คือ กระแสไฟฟ้า

หากเลือกใช้ แบตเตอรี่ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 12 Vdc กระแสโหลดที่ต้องจ่ายให้โหลด 140W อยู่ที่ 10A ดังผลการคำนวณด้านล่าง

$$I = \frac{P}{V} = \frac{120}{12} = 10A$$

ดังนั้นหากต้องการจ่ายโหลด 12 ชั่วโมง แบตเตอรี่ต้องสามารถจ่ายกระแสโดยรวมประมาณ 120Ah และที่สำคัญค่าความลึกในการใช้งานของแบตเตอรี่นั้นต้องนำมาพิจารณาเพื่อให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่นั้นสามารถใช้งานได้ยาวนานยิ่งขึ้น โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าความลึกในการใช้งานของแบตเตอรี่ (dept of charge: DOC) อยู่ที่ 70 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น ค่าความจุที่ 70 เปอร์เซ็นต์ที่แบตเตอรี่ที่ต้องจ่ายโดยรวมคือ 120Ah ที่ 12 ชั่วโมง และค่าความจุของแบตเตอรี่โดยรวมที่ 100 เปอร์เซ็นต์อยู่ที่ 171.42 Ah ดังแสดงได้ดังสมการดังนี้

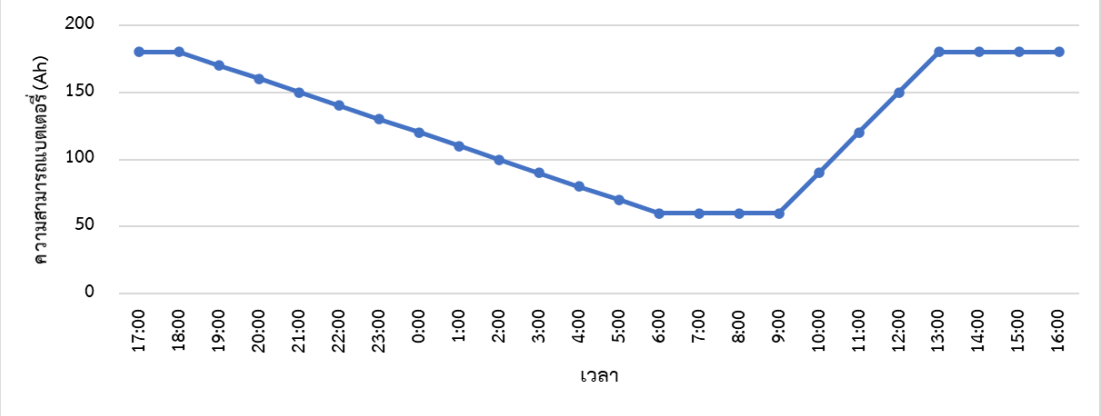
$$Battery\ capacity = \frac{120x100}{70} = 171.42\ Ah$$

ซึ่งในการออกแบบได้เลือกใช้ขนาด 180Ah และหากพิจารณาปริมาณแสงแดดในประเทศไทยที่สามารถผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพจะอยู่ในช่วง 10:00-15:00 น. โดยประมาณ 5 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นในการออกแบบชุดชาร์จแบตเตอรี่ต้องสามารถชาร์จแบตเตอรี่ให้

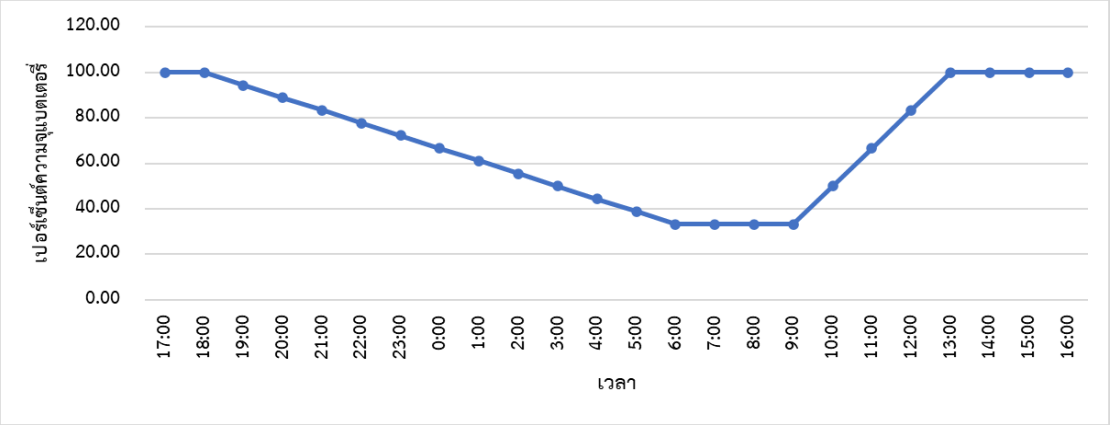
เต็มประจุได้ภายใน 5 ชั่วโมง ดังนั้น ปริมาณโหลดหลอดไฟฟ้าใช้พลังงานไฟฟ้า 12 ชั่วโมง ใช้พลังงานไฟฟ้าของแบตเตอร์รี่ไป 120 Ah เหลือคิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจะเหลืออยู่ 60 Ah คิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นขนาดชาร์จเจอร์สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Battery\ charger = \frac{120Ah}{5h} = 24\ A$$

ดังนั้น ขนาดชุดชาร์จแบตเตอรี่ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ขนาด 30A ที่ระดับ 12 Vdc ตามระดับแรงดันแบตเตอร์รี่ที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งสามารถประจุแบตเตอร์รี่กลับคืนได้ภายใน 5 ชั่วโมง โดยปริมาณการการจ่ายพลังงานและชาร์จประจุสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.10 และ 4.11



ภาพที่ 4.10 ปริมาณการการจ่ายพลังงาน (Ah) และชาร์จประจุ (Ah) ในแต่ละช่วงเวลา



ภาพที่ 4.11 ปริมาณการการจ่ายพลังงาน (%) และชาร์จประจุ (%) ในแต่ละช่วงเวลา

จากภาพที่ 4.10 และ 4.11 ได้แสดงปริมาณการการจ่ายพลังงานและชาร์จประจุในแต่ละช่วงเวลาในหน่วยของแอมแปร์ชั่วโมง (Ah) และเปอร์เซ็นต์ (%) จะเห็ได้ว่าก่อนมีการใช้พลังงานหรือทำการเปิดหลอดไฟโดย ความจุของแบตเตอร์รี่จะอยู่ที่ 100% หรือ 180Ah จากนั้นทำการเปิดหลอดไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าโดยรวม 120W ซึ่งจะกินกระแสในระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ 0.54 A ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 220 Vac และจะกินกระแสในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่ 10 A ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 12 Vdc ซึ่งจำนวนชั่วโมงในการจ่ายโหลดของแบตเตอรี่ขนาด 180Ah หากจ่ายโหลดคงที่ที่ 10 A สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Hours}=\frac{180Ah}{10A}=18\text{h}$$

ดังนั้น แบตเตอร์รี่นี้สามารถจ่ายโหลดได้ประมาณ 18 ชั่วโมง แต่ในการออกแบบนั้นได้ออกแบบให้ใช้งานเพียง 70 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถทั้งหมดของแบตเตอร์รี่คือ

$$70\ \%\ \text{of Batterry Capacity}=\frac{70x180Ah}{100}=126\ \text{Ah}$$

ดังนั้น จำนวนชั่วโมงในการจ่ายโหลดของแบตเตอรี่ที่ขนาด 126Ah หากจ่ายโหลดคงที่ที่ 10 A สามารถจ่ายโหลดได้ประมาณ 12.6 ชั่วโมง ดังแสดงด้านล่างนี้

$$\text{Hours}=\frac{126Ah}{10A}=12.6\text{h}$$

ซึ่งจากรูปจะพบว่าค่าแอมแปร์ชั่วโมงของแบตเตอร์รี่จะลดลงเรื่อย ๆ ในทุก ๆ ชั่วโมง ชั่วโมงละ 10 A จนกระทั่ง 12 ชั่วโมง ที่เวลา 06:00 โดยหากเริ่มเปิดโหลดตอนเวลา 18:00 น. และปิดโหลดตอนเวลา 06:00 น. ตามเวลาใช้งานจริงของเกษตรกร แบตเตอร์รี่จะเหลืออยู่ที่ 30% หรือ 54 Ah

จากนั้น ณ เวลา 10:00 น. ระบบเริ่มชาร์จประจุให้กับแบตเตอร์รี่ ซึ่งในการออกแบบในชาร์จประจุนี้ได้ ออกแบบไว้ที่ 30A ดังนั้น ความจุของแบตเตอร์รี่ก็จะเพิ่มขึ้นมาจาก 54Ah หรือ 30% เป็น 180Ah หรือ 100% โดยใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง ซึ่งแสดงการคำนวณได้ดังสมการข้างล่าง

$$\text{Hours}=\frac{126Ah}{30A}=4.2\text{h}$$

สำหรับในการคำนวณแผงต้องสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่า 30A ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 12 Vdc ดังนั้นขนาดกำลังวัตต์ของแผงโซลาร์จะได้

Solar Power=12x30=360W

ซึ่งจะพบว่า ขนาดของแผงโซล่าร์เซลล์ขนาดกำลังวัตต์ขั้นต่ำอยู่ที่ 360W โดยในงานวิจัยนั้นได้ใช้แผงขนาด 180W จำนวน 2 แผง รวมเป็น 360W ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบขนาดชาร์จเจอร์สำหรับประจุแบตเตอรี่อยู่ที่ 30A และขนาดของอินเวอร์เตอร์อยู่ที่ 1000W เพื่อรองรับโหลดในอนาคต โดยในการออกแบบนั้นได้ทำการทดสอบการชาร์จและคายประจุของแบตเตอรี่ดังแสดงภาพที่ 4.12

ภาพที่ 4.12 การทดสอบการชาร์จและคายประจุของแบตเตอรี่

จากภาพที่ 4.12 ได้ทำการทดสอบการเก็บประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ในช่วงตอนกลางวันและได้นำแบตเตอรี่มาทดสอบการคายประจุโดยได้ต่อเข้ากับโหลดไฟฟ้าทั้งหมด เพื่อทดสอบชั่วโมงการคายประจุโดยกระแสที่คายประจุจะอยู่ประมาน 10 A ซึ่งจากการทดสอบนั้นแบตเตอรี่นั้นสามารถจ่ายโหลดได้ครอบคลุม 12 ชั่วโมง

สำหรับในการติดตั้งระบบนั้นในการศึกษาวิจัยได้ทำการติดตั้งที่ฟาร์มไก่ของกลุ่มเกษตรกรเพื่อทำการเก็บข้อมูลในการทำงานจริงโดยในส่วนการติดตั้งระบบนั้นสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.13-4.17

ภาพที่ 4.13 การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

ภาพที่ 4.14 การติดตั้งหลอดไฟในคอกเลี้ยงลูกไก่

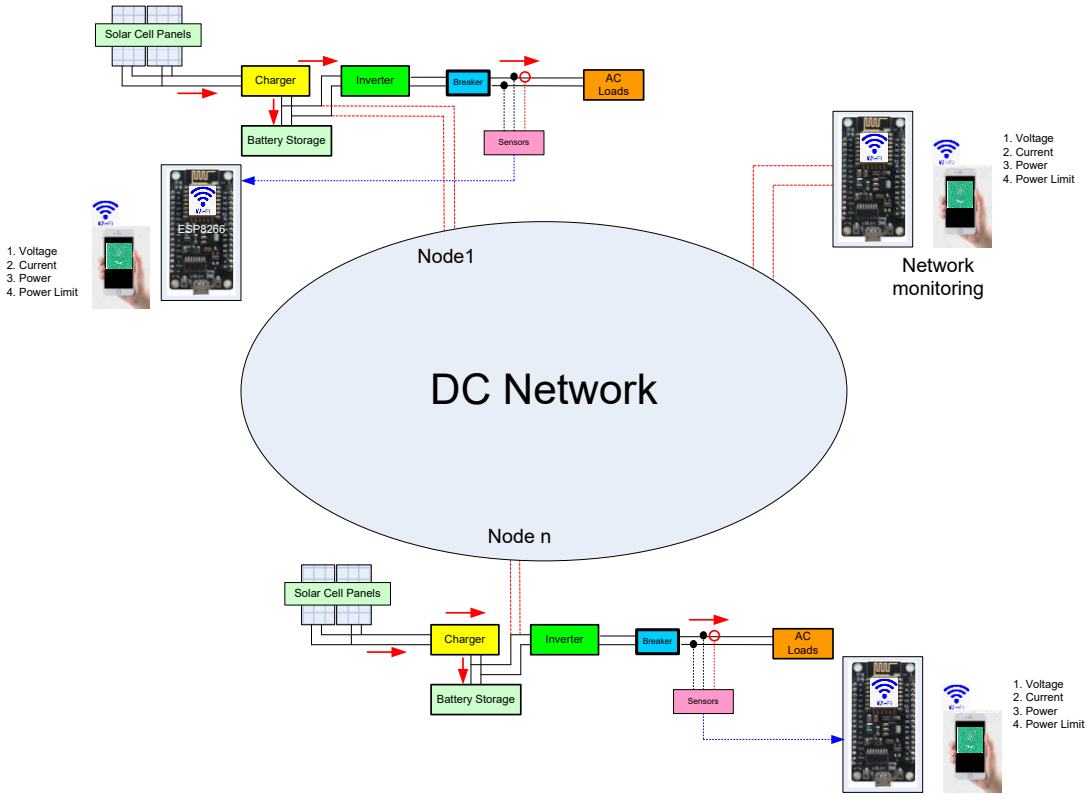
ภาพที่ 4.15 การติดตั้งตู้ควบคุม

ภาพที่ 4.16 ตรวจสอบการทำงานของระบบ

ภาพที่ 4.17 กล่องควบคุมและทดสอบการทำงานของระบบในการจ่ายหลอดไฟ

4.3 ผลการศึกษาและประเมินความสามารถและการพัฒนาระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สู่ระบบการผลิตไฟฟ้าไมโครกริด

ในการศึกษาความสามารถและการพัฒนาระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สู่ระบบการผลิตไฟฟ้าไมโครกริดนั้นได้ทำการศึกษาโดยยกตัวอย่างการคำนวณกำลังไฟฟ้าคงเหลือโดยพิจารณากำลังไฟฟ้าติดตั้ง โดยไมโครกริดที่ได้นำเสนอนั้นเป็นแบบ DC Network ซึ่งจะง่ายในการควบคุม โดยไม่ต้องพิจารณาในส่วนของ ความถี่ และมุมเฟส ซึ่งจะพิจารณาเพียงระดับแรงดันไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว โดยตัวอย่าง DC network (microgrid) นั้นสามารถแสดงได้ดังในภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 DC network (microgrid)

จากภาพที่ 4.18 นั้นได้แสดง DC network (microgrid) ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของแต่ละเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่นั้นจะถูกเชื่อมต่อกับ DC network (microgrid) ซึ่งจะเป็นไปในรูปแบบกระจาย โดยข้อดีของรูปแบบนี้คือจะช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้อีกด้วย โดยสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีเข้ามาใช้ในการติดตามและเฝ้ามองของสมรรถนะของระบบ และกำลังไฟฟ้าคงเหลือในแต่ละสถานีหรือกำลังไฟฟ้าโดยรวมแบบเรียลไทม์ได้ก่อนที่จะร้องขออนุญาตในการใช้กำลังไฟฟ้าเพื่อการบริหารจัดการกำลังไฟฟ้าในระบบ

โดยผลตัวอย่างในการคำนวณกำลังไฟฟ้าคงเหลือนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.1

$$\text{Available capacity power} = \sum_{1}^{n} PV \text{ power} - Load \text{ power} \quad (4.1)$$

โดยที่

Available capacity power	คือ กำลังไฟฟ้าคงเหลือพร้อมใช้งาน
$\sum_{1}^{n} PV$ power	คือ กำลังไฟฟ้าติดตั้งแต่ละสถานี
$Load$ power	คือ กำลังไฟฟ้าโหลด

โดยรูปแบบโครงข่าย DC microgrid ในชุมชนของพื้นที่ฟาร์มเลี้ยงไก่หากบ้านเรือนใกล้เคียงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้นซึ่งสามารถพัฒนาเป็นรูปแบบโครงข่ายได้เพื่อความมั่นคงด้านพลังงานในชุมชนโดยแบบจำลองและรูปแบบในการเชื่อมต่อนั้นได้แสดงดังภาพที่ 4.16 และตารางการคำนวณของตัวอย่างข้อมูลสมมุติได้ยกตัวอย่างดังตารางที่ 4.19

ภาพที่ 4.19 ตัวอย่างรูปแบบ DC work (microgrid) ในการเชื่อมต่อกับบ้านเรือนใกล้เคียง 14 สถานี

ตารางที่ 4.11 ตัวอย่างข้อมูลระบบไมโครกริดจำลอง ระดับแรงดัน 36 Vdc, 14 สถานี

สถานีที่	สถานะการเชื่อมต่อ	ระดับแรงดันระบบ (Vdc)	กำลังไฟฟ้าติดตั้ง (W)	กำลังไฟฟ้าโหลด (W)	กำลังไฟฟ้าคงเหลือ (W)
1	Conneted	36	360	120	210
2	Conneted	36	360	330	0
3	Conneted	36	360	330	0
4	Conneted	36	360	180	150
5	Conneted	36	360	60	270
6	Conneted	36	360	60	270
7	Conneted	36	360	60	270
8	Conneted	36	360	0	330
9	Conneted	36	360	0	330
10	Conneted	36	360	120	210
11	Conneted	36	360	180	150
12	Conneted	36	360	0	330
13	Conneted	36	360	180	150
14	Conneted	36	360	240	90
รวม		36	5,040	1,860	3,180

จากภาพที่ 4.19 นั้นได้แสดงพื้นที่และตำแหน่งของบ้านเรือนในชุมชนที่ใกล้เคียงฟาร์มเลี้ยงไก่ ซึ่งหากบ้านเรือนเหล่านี้ได้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาเซลล์ ก็สามารถสร้างเป็นโครงข่ายไมโครกริดขนาดเล็กได้เพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตไฟฟ้าในกลุ่มของตัวเองพร้อมสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงาน โดยชุมชนในพื้นที่เป้าหมายนั้นลักษณะของบ้านเรือนในชุมชุนจะอยู่ไกล้กัน ซึ่งทำให้สามารถออกแบบระบบกริดได้ง่ายดังภาพที่ได้แสดงซึ่งเป็นการออกแบบ แบบริงบัส (Ring buses) ซึ่งมีความยาวของสายทั้งหมด 321.45 เมตร โดยในการประเมินนี้ได้หยิบยกตัวอย่างหากบ้านเรือนมีการติดตั้งแผงโซลาร์ขนาด 360W ซึ่งมีทั้งหมด 14 ครัวเรือน จะมีกำลังไฟฟ้าติดตั้งทั้งหมดถึง 5,040W ซึ่งนั้นก็หมายความว่าชุมชนในกลุ่มนี้มีกำลังไฟฟ้าใช้ในชุมชนแบบไม่เสียค่าใช้จ่าย (Free energy) ซึ่งจะต้องมีระบบติดตามและระบบการบริหารจัดการที่เหมาะสมและมีระบบร้องขอในการใช้งานอย่าง

เป็นระบบและเข้าใจการทำงานอย่างถูกต้องในทิศทางเดียวกัน โดยข้อมูลสมมุตินั้นได้แสดงดังในตารางที่ 4.11 ซึ่งได้แสดงตัวอย่างข้อมูลของระบบไมโครกริด ระดับแรงดัน 36 Vdc โดยยกตัว 14 สถานี โดยปริมาณโหลดในแต่ละสถานีนั้นได้สมมุติว่ามีปริมาณที่ไม่คงที่และไม่เท่ากันตลอดดังแสดงในตารางซึ่งมีปริมาณโหลด 1,860 W โดยกำลังไฟฟ้าคงเหลืออยู่ที่ 3,180 (W) ซึ่งในกลุ่มสามารถร้องขอใช้กำลังไฟฟ้าได้

โครงการที่ 3 ระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน

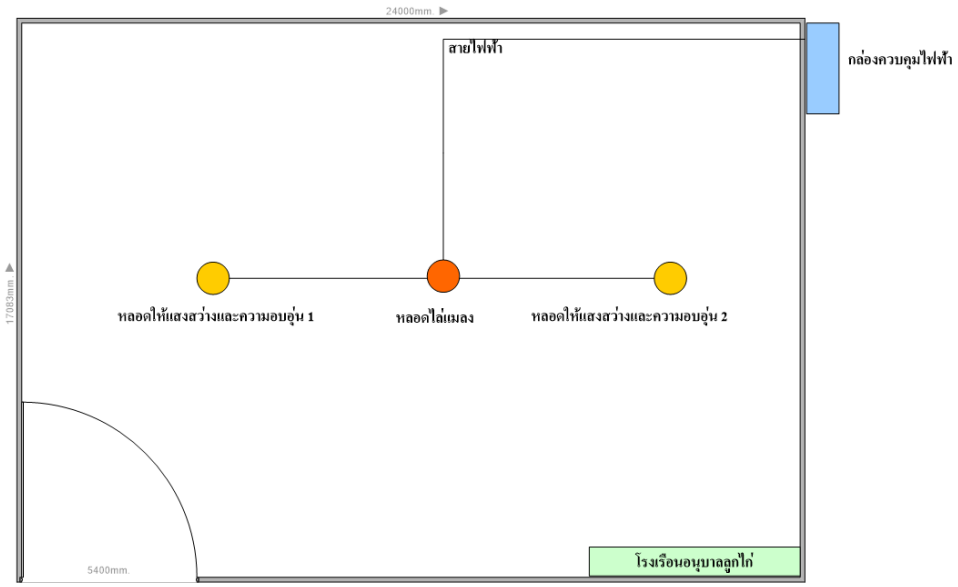
ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิจัยระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน ซึ่งผลในการศึกษานั้นได้จากการดำเนินงานในการติดตั้งในสถานที่จริง โดยสามารถกำหนดขั้นตอนได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาและออกแบบตรวจวัดกำลังไฟฟ้าและสภาพแวดล้อม
2. ผลการทดสอบและประเมินผลประสิทธิภาพชุดตรวจวัด
3. ผลการทดสอบตรวจวัดและบันทึกผล
4. ผลการวิเคราะห์และการจัดการพลังงานในโรงเรือน

ซึ่งผลการศึกษาสามารถแสดงผลได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

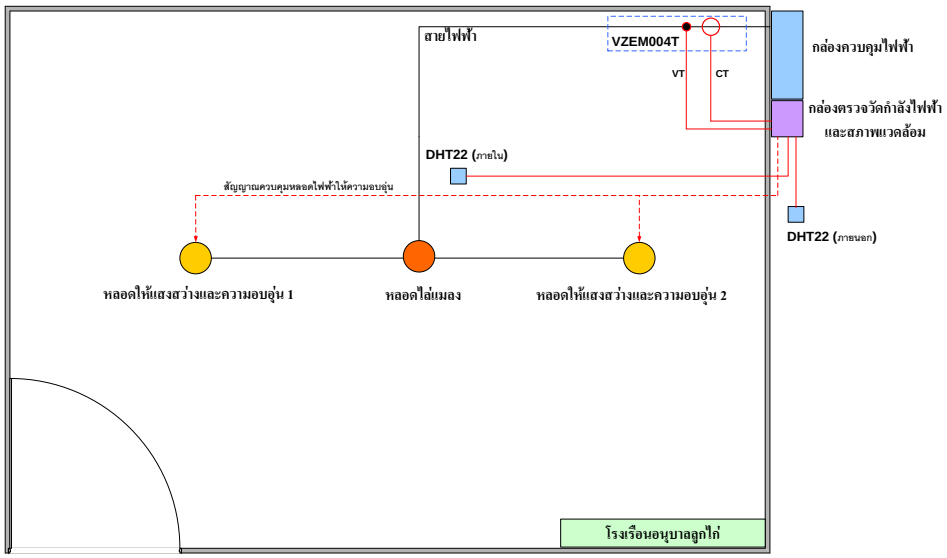
4.1 ผลการศึกษาและออกแบบตรวจวัดกำลังไฟฟ้าและสภาพแวดล้อม

ในการออกแบบนั้นได้เริ่มจากการศึกษาในพื้นที่งานจริงโดยมุ่งเน้นการออกแบบระบบตรวจวัดกำลังไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเลี้ยงไก่ซึ่งเป็นโรงเรือนสำหรับอนุบาลลูกไก่ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าคือหลอดไฟฟ้าสำหรับให้แสงสว่างและความอบอุ่น 4 หลอด โดยมีกำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 25 W ต่อหลอดรวมเป็น 100W และยังมีหลอดไล่แมลง 1 หลอด โดยกำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 20 W ต่อหลอด ดังนั้นกำลังไฟฟ้าโดยรวมอยู่ที่ 120 W โดยรูปแบบนั้นสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.20



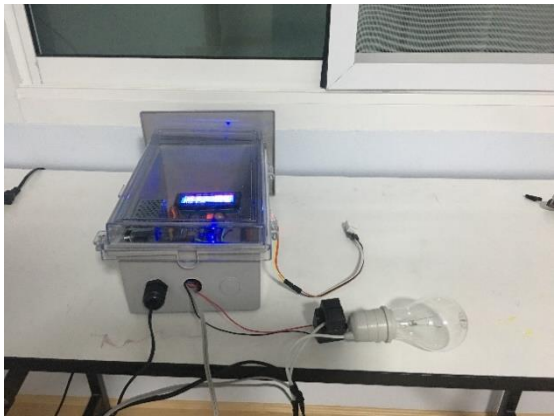
ภาพที่ 4.20 ระบบไฟฟ้าในโรงเรือน

ซึ่งการออกแบบนั้นได้พิจารณาติดตั้งตัวตรวจจับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบหรือในโรงเรือนเพื่อทำการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า รวมถึงได้ออกแบบระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมในโรงเรือนประกอบด้วย ค่าความชื้นและอุณหภูมิอากาศ 2 ชุดเพื่อตรวจวัดระดับความชื้นและอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน ดังแสดงได้ดังภาพที่ 4.21



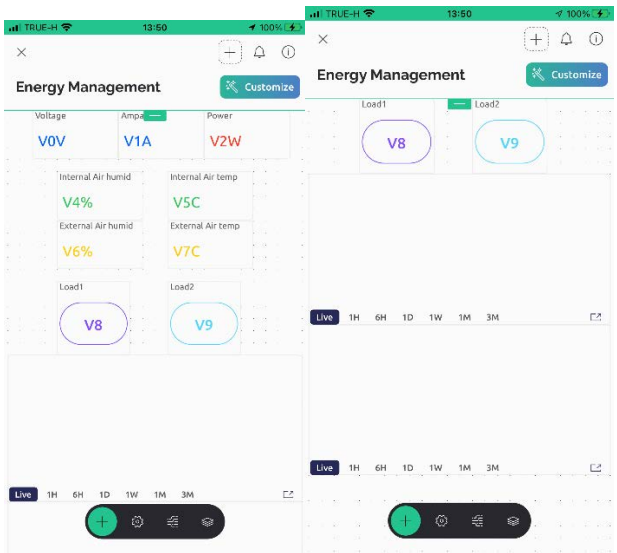
ภาพที่ 4.21 การติดตั้งระบบตรวจวัดกำลังไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมในโรงเรือน

โดยลักษณะกล่องตรวจวัดกำลังไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.22



ภาพที่ 4.22 กล่องตรวจวัดกำลังไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมในโรงเรือน

สำหรับระบบการแสดงผลนั้นได้ประยุกต์ใช้แอพพลิเคชันบลิง (Blynk Application) ในการพัฒนาระบบตรวจวัดให้สามารถแสดงผลบนมือถือและบันทึกผลเพื่อบันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเพื่อให้เห็นสภาพที่แท้จริงในเวลาจริง (Real time) เพื่อใช้ในการควบคุมการเปิดปิดโหลดไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของโรงเรือนเพื่อการจัดการพลังงานที่เหมาะสมโดยหน้าจอที่แสดงบนมือถือที่ได้ออกแบบนั้นสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.4 และลักษณะการติดตั้งในพื้นที่หรือโรงเรือนอนุบาลลูกไก่นั้นสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.23



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.23 หน้าจอที่แสดงบนมือถือ (ก) และหน้าจอแสดงระดับความแตกต่างอุณภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน (ข)

4.2 ผลการทดสอบและประเมินผลประสิทธิภาพชุดตรวจวัด

ในการประเมินผลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องในส่วนแรกจะเป็นการประเมินความเที่ยงตรงหรือการหาค่าความผิดพลาดในการอ่านค่าและแสดงผลผ่านมือถือโดยผลการทดสอบจะแบ่งออกเป็นการทดสอบค่าความผิดพลาดการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า และการทดสอบการอ่านค่าความชื้นและอุณหภูมิอากาศ ซึ่งในการประเมินนั้นได้ทำการเปรียบเทียบกับเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้ารุ่น DT9205A (Digital multimeter) กระแสไฟฟ้า LuZino รุ่น 7000728 และเครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิอากาศรุ่น (HTC-1 Digital Thermometer Hygrometer) โดยผลการประเมินนั้นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1-4.3

ตารางที่ 4.12 ค่าความผิดพลาดการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า

โหลด(W)	เครื่องวัดมาตรฐาน	เครื่องวัดต้นแบบ	%ค่าความผิดพลาด
60	233	232.7	0.13
120	231	230.6	0.17
180	229	228.2	0.35
240	226	225.4	0.27
265	224	224.1	0.04
	ค่าเฉลี่ย		0.19

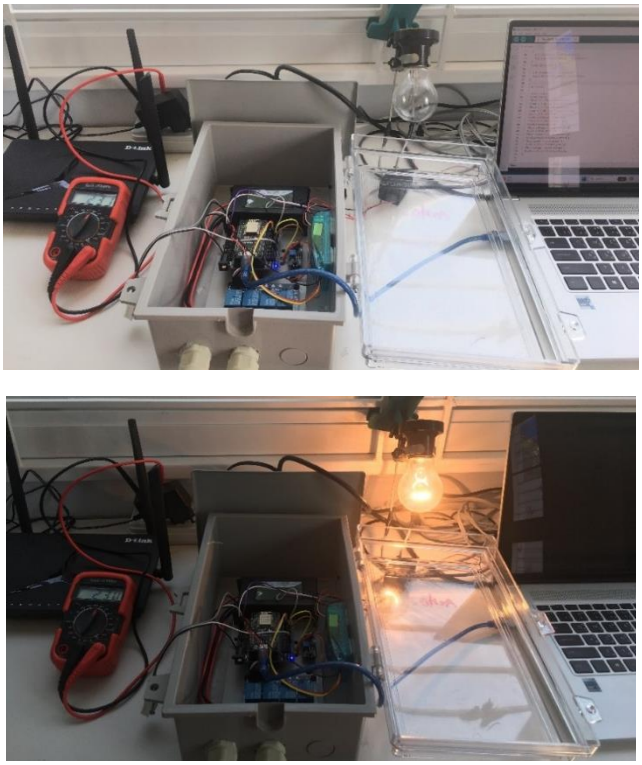
ตารางที่ 4.13 ค่าความผิดพลาดการอ่านค่ากระแสไฟฟ้า

โหลด(W)	เครื่องวัดมาตรฐาน	เครื่องวัดต้นแบบ	%ค่าความผิดพลาด
60	0.25	0.27	4
120	0.51	0.52	1.96
180	0.76	0.78	2.63
240	1.00	1.01	1.00
265	1.11	1.13	1.80
	ค่าเฉลี่ย		2.28

ตารางที่ 4.14 ค่าความผิดพลาดการอ่านค่าความชื้นและอุณหภูมิอากาศ

เครื่องวัดมาตรฐาน		เครื่องวัดต้นแบบ		%ค่าความผิดพลาด	
ค่าความชื้น	ค่าอุณหภูมิ	ค่าความชื้น	ค่าอุณหภูมิ	ค่าความชื้น	ค่าอุณหภูมิ
55.7	23.5	55.4	23.8	0.54	1.28
66.2	34.2	67.1	35.3	1.36	3.22
78.4	76.6	79.2	78.3	1.02	2.22
ค่าเฉลี่ย				0.97	2.24

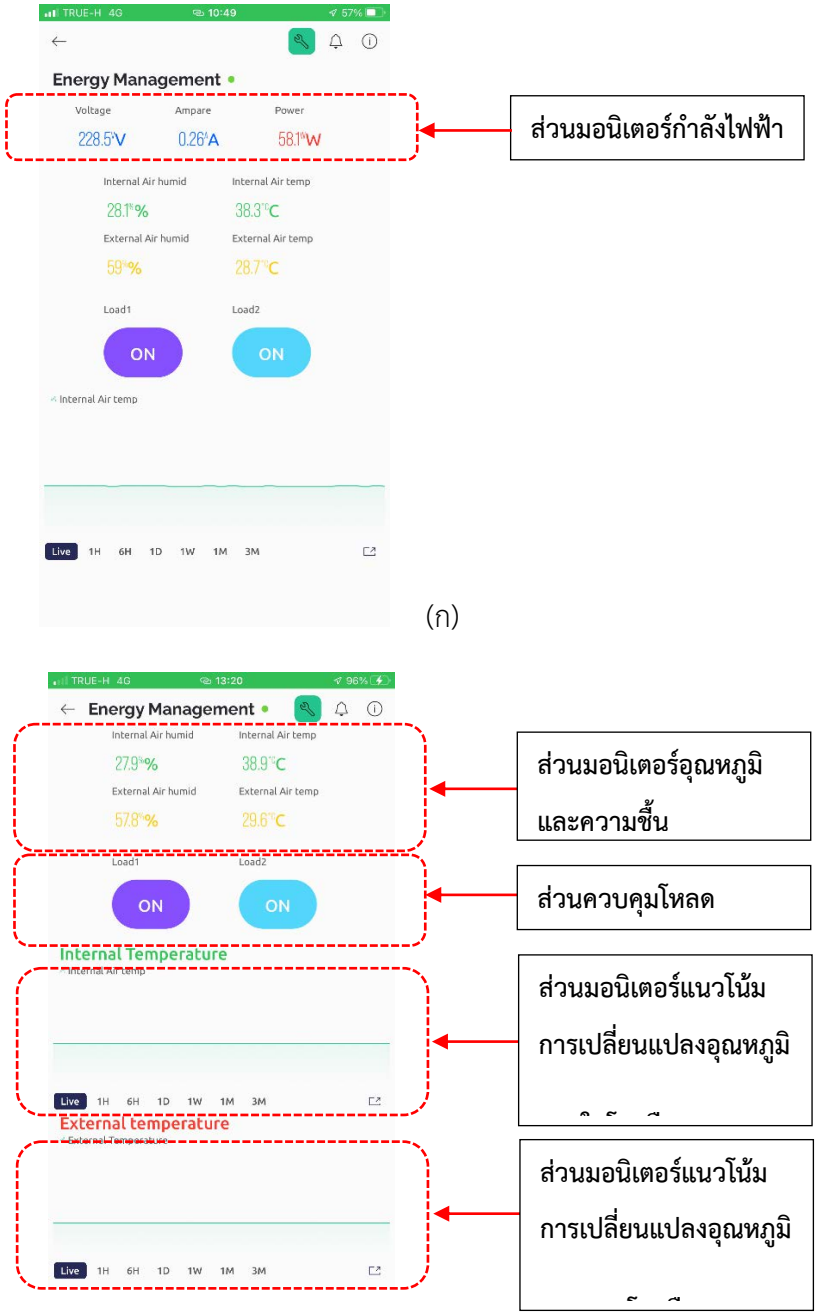
จากตารางที่ 4.14-4.15 จะพบว่าค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ยการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 0.19% ค่ากระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 2.28% ค่าความชื้นอากาศอยู่ที่ 0.97% และอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ 2.24% โดยรูปในการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องนั้นสามารถแสดงได้ในภาพที่ 4.24



ภาพที่ 4.24 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่อง

4.3 ผลการทดสอบตรวจวัดและบันทึกผล

ผลการทดสอบในการตรวจวัดและบันทึกผล ซึ่งในการทดสอบนั้นได้ทดสอบการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนทั้งภายในและภายนอกเพื่อทำการวิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลง โดยผลการทดสอบนั้นได้แสดงในภาพที่ 4.25



ภาพที่ 4.25 ผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า (ก) และสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกโรงเรือน (ข)

4.4 ผลการวิเคราะห์และการจัดการพลังงานในโรงเรือน

จากผลการวิจัยที่ได้แสดงในภาพที่ 4.25 ซึ่งได้แสดงผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกโรงเรือน ของระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องตรวจวัดนั้นสามารถตอบสนองผลการตรวจวัดได้แบบเรียลไทม์ทั้งผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า ความชื้นและอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน โดยจากรูปพบว่ากำลังไฟฟ้าในการตรวจวัดนั้นอยู่ที่ 58.7 W โดยการเปิดโหลดหลอดไฟฟ้า 2 หลอดโดยกำลังไฟฟ้าต่อหลอดคือ 30Wโดยความชื้นและอุณหภูมิภายในโรงเรือนอยู่ที่ 27.9% และ 38.9 °c ส่วนความชื้นและอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนอยู่ที่ 57.8% และ 29.6 °c นอกจากนี้ยังสามารถดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกโรงเรือนได้จากกราฟที่ได้แสดง

ดังนั้นหากทำการพิจารณาถึงสภาวะแวดล้อมเพื่อการอนุบาลลูกไก่ ซึ่งการดูแลอนุบาลลูกไก่นั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมเฉลี่ยลูกไก่แรกเกิด 1-7 วัน 32-34 °c อายุ 8-15 วัน 30-32 °c และอายุ 16-30 วัน 28-30 °c (ใช้ไฟกก หลอด 50W ใส่โคมต่อลูกไก่ 50ตัว) โดยกกไฟตลอดเวลา (ที่มา: สวนชีววิถี https://gdpark.asia/seed/animal) ดังนั้นผู้ดูแลนั้นสามารถสั่งปิดหลอดไฟสำหรับให้ความอบอุ่นแก่ลูกไก่ได้ โดยอาจจะสั่งปิดทีละ 1 หลอดเพื่อสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพื่อการประหยัดพลังงานที่ใช้ในโรงเรือนซึ่งถือได้ว่าเป็นการจัดการบริหารพลังงานเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมโรงเรือนได้

โครงการที่ 4 การส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสู่มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านอาหารแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

หัวข้อ	ประเภท	ความถี่	ร้อยละ
เพศ	เพศชาย	69	69.00
	เพศหญิง	31	31.00
สมาชิกในครัวเรือน (ราย)	1-4 คน	74	74.00
	5 คนขึ้นไป	26	26.00
ช่วงอายุของเกษตรกร (คน)	อายุต่ำกว่า 20 ปี	11	11.00
	อายุ 20-25 ปี	4	4.00
	อายุ 26-30 ปี	6	6.00
	อายุ 31-35 ปี	2	2.00
	อายุ 36-40 ปี	6	6.00
	อายุ 41-45 ปี	7	7.00
	อายุ 46-50 ปี	14	14.00
	อายุ 51-55 ปี	13	13.00
	อายุ 56-60 ปี	6	6.00
	อายุมากกว่า 60 ปี	31	31.00
ระดับการศึกษา (คน)	ประถมศึกษา	64	64.00
	มัธยมศึกษา	23	23.00
	ปวช.	4	4.00
	ปวส.	2	2.00
	ปริญญาตรี	7	7.00
ประสบการณ์	1-5 ปี	61	61.00
	6-10 ปี	18	18.00
	11-15 ปี	9	9.00
	16-20 ปี	1	1.00
	มากกว่า 20 ปีขึ้นไป	11	11.00
พื้นที่การเลี้ยงไก่	น้อยกว่า 100 ตารางวา (< 1 งาน)	6	6.00
	100-200 ตารางวา	49	49.00
	200-300 ตารางวา	21	21.00
	300-400 ตารางวา	5	5.00
	มากกว่า 400 ตารางวา (1 ไร่)	19	19.00

จากตารางที่ 4.15 ผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ จากเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองจำนวนทั้งสิ้น 100 ราย พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 69 และเป็นเพศหญิงร้อยละ 31 เกษตรกรส่วนใหญ่มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 1-4 คน คิดเป็นร้อยละ 74 และมีสมาชิกในครัวเรือน 5 คนขึ้นไป ร้อยละ 26 ช่วงอายุของเกษตรกรที่เลี้ยงไก่พื้นเมืองมากที่สุดคือกลุ่มอายุมากกว่า 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 31 รองลงมาคือกลุ่มอายุ 46-50 ปี คิดเป็นร้อยละ 14, กลุ่มอายุ 51-55 ปี คิดเป็นร้อยละ 13, กลุ่มอายุต่ำกว่า 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 11, กลุ่มอายุ 41-45 ปี คิดเป็นร้อยละ 7, กลุ่มอายุ 26-30 ปี, 36-40 ปี, 56-60 ปี คิดเป็นร้อยละ 6 เท่ากัน กลุ่มอายุ 20-25 ปี คิดเป็นร้อยละ 4และกลุ่มอายุ 31-35 ปี เลี้ยงไก่น้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 2

ด้านระดับการศึกษา พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จบประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 64 รองลงมาคือ จบมัธยมศึกษา ร้อยละ 23 และจบระดับปริญญาตรี ปวช. ปวส ร้อยละ 7, 4 และ 2 ตามลำดับ ด้านประสบการณ์ในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง พบว่า ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ 1-5 ปี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 61 รองลงมาคือมีประสบการณ์ 6-10 ปี คิดเป็นร้อยละ 18 และมีประสบการณ์มากกว่า 20 ปีขึ้นไป ร้อยละ 11, มีประสบการณ์ 11-15 ปี ร้อยละ 9 และมีประสบการณ์ 16-20 ปี คิดเป็นร้อยละ 1

ผลการสำรวจพื้นที่การเลี้ยงไก่ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีพื้นที่ 100-200 ตารางวา ร้อยละ 49 รองลงมามีพื้นที่ 200-300 ตารางวา ร้อยละ 21, มีพื้นที่มากกว่า 400 ตารางวา (1 ไร่) ร้อยละ 19, มีพื้นที่น้อยกว่า 100 ตารางวา (< 1 งาน) ร้อยละ 6 และมีพื้นที่ 300-400 ตารางวา ร้อยละ 5 และ

ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 69) มากกว่าเพศหญิง (ร้อยละ 31) และเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองส่วนใหญ่มีช่วงอายุที่มากกว่า 60 ปี (ร้อยละ 31) และอยู่ในช่วง 46-60 ปี (ร้อยละ 38) จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 64) และมัธยมศึกษา (ร้อยละ 23) ส่วนใหญ่มีประสบการณ์การเลี้ยง 1-5 ปี (ร้อยละ 61) และ 6-10 ปี (ร้อยละ 18) ผลการศึกษาด้านเพศและอายุสอดคล้องกับ สุภาวดี แหยมคง และคณะ (2566) ที่ได้ทำการศึกษาสภาพการเลี้ยงและทัศนคติต่อการรับรองมาตรฐานฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ดำเชิงหวาย จังหวัดพิษณุโลก พบว่าสมาชิกส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 52.38) มีอายุเฉลี่ย 53.48 ปี สอดคล้องกับ จิรวดี บางเพียรดี และคณะ (2563) ที่ได้ทำการศึกษาการเลี้ยงไก่เนื้อตามมมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรจังหวัดกาญจนบุรี พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อในจังหวัดกาญจนบุรีเป็นชาย ร้อยละ 62.9 หญิงร้อยละ 37.1 อายุเฉลี่ย 50.67 ปี และสอดคล้องกับ เฉลิมชัย หอมตา (2563) ที่ศึกษาสภาพการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเครือข่ายเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อโคราช พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 41 – 50 ปี จบ

การศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา และยังสอดคล้องกับ มาริษา จันทอง และคณะ (2559) ที่ได้ศึกษาสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรรายย่อยในอำเภอเมืองและอำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองมีอายุเฉลี่ย 51.57 ± 15.19 ปี ส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาในระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 62.72) แตกต่างกับการศึกษาของ อัมพร ผาสุก และคณะ (2565) ที่ได้ทำการศึกษาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามหลักเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมชัย สาธารณรัฐประชาธิปไทยประชาชนลาว พบว่าเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างส่วนมากเป็นเพศหญิง ร้อยละ 61.1 และกลุ่มเป้าหมายมีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 31.1 ปี ซึ่งเห็นได้ว่าเกษตรกรส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุน้อย

ด้านข้อมูลของสมาชิกในครัวเรือน พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีสมาชิก 1-4 คน (ร้อยละ 74) และด้านประสบการณ์การเลี้ยง โดยส่วนใหญ่มีประสบการณ์ 1-5 ปี (ร้อยละ 61) สอดคล้องกับดนัยศักดิ์ เย็นใจ และศิรพงศ์ มาสำราญ (2563) ที่ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ไก่พื้นเมืองจังหวัดระยอง พบว่ามีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.09 คน เกษตรกรมีประสบการณ์ในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเฉลี่ย 4.76 ปี และสอดคล้องกับ วิจิตร จิตอารี (2562) ที่ได้ศึกษาสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองและความต้องการส่งเสริมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรในจังหวัดลำปาง พบว่า มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.47 คน และเกษตรกรมีประสบการณ์ในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองส่วนใหญ่ 1-5 ปี และพื้นที่ใช้ในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง (ไร่/ครัวเรือน) น้อยกว่า 5 ไร่ (ร้อยละ 86.5)

จากตารางที่ 2 ผลการสำรวจข้อมูลสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมือง และการจัดการการผลิตในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์เลี้ยงเป็นอาชีพเสริม ร้อยละ 96 และเลี้ยงเป็นอาชีพหลัก ร้อยละ 4 ด้านประเภทการเลี้ยงส่วนใหญ่จะเลี้ยงอิสระ ร้อยละ 98 เลี้ยงประกันราคาบริษัท ร้อยละ 2 และรับจ้างเลี้ยงของบริษัท ร้อยละ 1

ด้านรูปแบบการเลี้ยงเกษตรกรมักเลี้ยงเพื่อการบริโภค ร้อยละ 84 และเลี้ยงเพื่อจำหน่ายร้อยละ 16 สายพันธุ์ที่เลี้ยงส่วนใหญ่เป็นไก่พันธุ์พื้นเมือง ร้อยละ 96 ด้านสภาพการเลี้ยงเป็นฟาร์มครบวงจรมีพ่อแม่พันธุ์ ร้อยละ 54 เลี้ยงขุนเป็นไก่เนื้ออย่างเดียว ร้อยละ 44 และฟาร์มพ่อแม่พันธุ์ผลิตลูกจำหน่าย ร้อยละ 2

ด้านลักษณะการเลี้ยง ส่วนใหญ่เลี้ยงปล่อยธรรมชาติ ร้อยละ 59 เลี้ยงขังในโรงเรือน ร้อยละ 23 และเลี้ยงกึ่งขังกึ่งปล่อย ร้อยละ 18 ด้านรูปแบบลักษณะโรงเรือนมักเป็นแบบเพิงหมาแหงน ร้อยละ 66 แบบหน้าจั่วชั้นเดียว ร้อยละ 23 แบบหน้าจั่ว 2 ชั้น ร้อยละ 4 และรูปแบบโรงเรือนอื่นๆ ร้อยละ 7 ด้านลักษณะโครงสร้างโรงเรือน มักใช้โครงสร้างเป็นไม้ ร้อยละ 91 และโครงสร้างเป็นเหล็ก ร้อยละ 9 ส่วนลักษณะวัสดุของฝาผนัง มักล้อมตาข่าย (ลวด, พลาสติก) ร้อยละ 43 ใช้ไม้ (ไผ่, ยูคา

ลิปตัส) ร้อยละ 17 ใช้สังกะสี ร้อยละ 16 ใช้ไม้แผ่น ร้อยละ 15 ก่ออิฐบล็อก ร้อยละ 6 และอื่นๆ ร้อยละ 3

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมือง และการจัดการการผลิต ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

หัวข้อ	ประเภท	ความถี่	ร้อยละ
วัตถุประสงค์ในการเลี้ยง	อาชีพหลัก	4	4.00
	เลี้ยงเป็นอาชีพเสริม	96	96.00
ประเภทการเลี้ยง	เลี้ยงอิสระ	98	98.00
	เลี้ยงประกันราคาบริษัท	2	2.00
	รับจ้างเลี้ยงของบริษัท	1	1.00
รูปแบบการเลี้ยง	เพื่อจำหน่าย	16	16.00
	เพื่อการบริโภค	84	84.00
สายพันธุ์ที่เลี้ยง (ราย)	ไก่พันธุ์พื้นเมือง	96	96.00
	ไก่พันธุ์สวยงาม (ไก่แจ้)	2	2.00
	ไก่พันธุ์อาร์เบอร์เอเคอร์	1	1.00
	ไก่พันธุ์ไข่	1	1.00
สภาพการเลี้ยง	เลี้ยงขุนเป็นไก่เนื้ออย่างเดียว	44	44.00
	ฟาร์มครบวงจรมีพ่อแม่พันธุ์	54	54.00
	ฟาร์มพ่อแม่พันธุ์ผลิตลูกจำหน่าย	2	2.00
ลักษณะการเลี้ยง	เลี้ยงขังในโรงเรือน	23	23.00
	เลี้ยงกึ่งขังกึ่งปล่อย	18	18.00
	เลี้ยงปล่อยธรรมชาติ	59	59.00
รูปแบบลักษณะโรงเรือน	แบบเพิงหมาแหงน	66	66.00
	แบบหน้าจั่วชั้นเดียว	23	23.00
	แบบหน้าจั่ว 2 ชั้น	4	4.00
	รูปแบบโรงเรือนอื่นๆ	7	7.00
ลักษณะโครงสร้างโรงเรือน	โครงสร้างเป็นไม้	91	91.00
	โครงสร้างเป็นเหล็ก	9	9.00
วัสดุของฝาผนัง	ก่ออิฐบล็อก	6	6.00
	ไม้แผ่น	15	15.00
	สังกะสี	16	16.00
	ไม้ (ไผ่, ยูคาลิปตัส)	17	17.00
	ล้อมตาข่าย (ลวด, พลาสติก)	43	43.00
	อื่นๆ	3	3.00

ผลจากการสำรวจส่วนใหญ่ เกษตรกรเลี้ยงไก่พื้นเมืองเป็นอาชีพเสริม (ร้อยละ 96) สอดคล้องกับ เฉลิมชัย หอมตา (2563) และ สุรัตน์ชัย เตียงนิล และคณะ (2549) ที่พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองส่วนใหญ่มีอาชีพทำนา และเกษตรกรจะเลี้ยงเพื่อบริโภคในครัวเรือน (ร้อยละ 84) เช่นเดียวกับรายงานของ วิจิตร จิตอารี (2562) ที่รายงานว่าเกษตรกรในจังหวัดลำปางจะเลี้ยงเพื่อบริโภคในครัวเรือน (ร้อยละ 42.3) รองลงมาคือเลี้ยงไว้ขาย (ร้อยละ 37.1) ขัดแย้งกับ มาริษา จันทองและคณะ (2559) ที่รายงานส่วนใหญ่เกษตรกรทำชีพปศุสัตว์ (ร้อยละ 52.69) และรายงานรูปแบบการเลี้ยงว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย (ร้อยละ 73.41) รองลงมา ได้แก่ เลี้ยงแบบปล่อย (ร้อยละ 16.59) และเลี้ยงแบบขัง (ร้อยละ 10.00) ซึ่งมีความขัดแย้งกับการวิจัยครั้งนี้ ที่พบว่าส่วนใหญ่เกษตรกรในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ส่วนใหญ่จะเลี้ยงปล่อยธรรมชาติ (ร้อยละ 59) รองลงมาคือเลี้ยงขังในโรงเรือน (ร้อยละ 23) และเลี้ยงกึ่งขังกึ่งปล่อย (ร้อยละ 18) ซึ่งยังขัดแย้งกับ สุภาวดี แหยมคง และคณะ (2566) ที่รายงานว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ดำเซิงหวาย จังหวัดพิษณุโลก มีรูปแบบการเลี้ยงกึ่งขังกึ่งปล่อยหรือแบบผสมผสาน (ร้อยละ 68.18) รองลงมา ได้แก่ การเลี้ยงแบบปล่อย (ร้อยละ 18.18) และการเลี้ยงแบบขัง (ร้อยละ13.64) และขัดแย้งกับ วัชระ แลน้อย และคณะ (2559) และวิจิตร จิตอารี (2562) ที่รายงานว่าเกษตรมีการเลี้ยงไก่แบบกึ่งขังกึ่งปล่อย (ร้อยละ 90 และ ร้อยละ 69.5 ตามลำดับ)

ด้านลักษณะโรงเรือนที่ใช้เลี้ยงไก่พื้นเมือง ส่วนใหญ่เป็นโรงเรือนแบบเพิงหมาแหงน (ร้อยละ 66) รองลงมาคือแบบหน้าจั่วชั้นเดียว (ร้อยละ 23) สอดคล้องกับ มาริษา จันทองและคณะ (2559) ที่รายงานลักษณะโรงเรือนเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรรายย่อยในอำเภอเมืองและอำเภอชาติตระการว่ามีรูปแบบโรงเรือนเป็นแบบเพิงหมาแหงนมากที่สุด (ร้อยละ 45.10) รองลงมาแบบหน้าจั่วชั้นเดียว (ร้อยละ 33.76) และใช้ไม้ไผ่เป็นวัสดุในการก่อสร้าง (47.32)

จากตารางที่ 4.17 ผลการสำรวจข้อมูลอาหารและการใช้อาหารในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า สำหรับอาหารไก่เล็ก ส่วนใหญ่เกษตรกรใช้อาหารผสมเอง ร้อยละ 81 และใช้อาหารสำเร็จรูป ร้อยละ 19 ส่วนอาหารไก่รุ่นและอาหารไก่พ่อแม่พันธุ์ เกษตรกรจะใช้อาหารอาหารผสมเอง ร้อยละ 90 และใช้อาหารสำเร็จรูป ร้อยละ 10 ลักษณะการให้น้ำ ไม่มีการให้วิตามินผสมน้ำ ร้อยละ 82 และมีการให้วิตามินผสมน้ำ ร้อยละ 18 ส่วนแหล่งน้ำที่ใช้เป็นน้ำประปา ร้อยละ 53 แหล่งน้ำธรรมชาติ ร้อยละ 28 และน้ำบาดาล ร้อยละ 19

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลอาหารและการใช้อาหารในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

หัวข้อ	ประเภท	ความถี่	ร้อยละ
อาหารไก่เล็ก	อาหารสำเร็จรูป	19	19.00
	อาหารผสมเอง	81	81.00
อาหารไก่รุ่น	อาหารสำเร็จรูป	10	10.00
	อาหารผสมเอง	90	90.00
อาหารไก่พ่อแม่พันธุ์	อาหารสำเร็จรูป	10	10.00
	อาหารผสมเอง	90	90.00
การให้น้ำ	มีการให้วิตามินผสมน้ำ	18	18.00
	ไม่มีการให้วิตามินผสมน้ำ	82	82.00
แหล่งน้ำ	น้ำประปา	53	53.00
	น้ำบาดาล	19	19.00
	แหล่งน้ำธรรมชาติ	28	28.00

เมื่อพิจารณาข้อมูลการใช้อาหารในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ส่วนใหญ่เกษตรกรจะผสมอาหารใช้เอง (ร้อยละ 81-90) เนื่องจากปัญหาในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรพบปัญหาอาหารสัตว์สำเร็จรูปมีราคาแพง คล้ายคลึงกับ สุพล ปานพาน และคณะ (2560) ที่ศึกษาผลการพัฒนาการเลี้ยงไก่ประดู่หางดำสู่การเลี้ยงระบบอินทรีย์ของเกษตรกรรายย่อย จังหวัดเชียงราย พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองประดู่หางดำเลี้ยงไก่ด้วยอาหารสำเร็จรูปทั่วไปร่วมกับวัตถุดิบอาหารที่มีในท้องถิ่น และเลี้ยงไก่ด้วยอาหารอินทรีย์ร่วมกับวัตถุดิบอาหารที่มีในท้องถิ่น นอกจากนี้ วิจิตร จิตอารี (2562) รายงานอาหารที่ให้ไก่พื้นเมืองเป็นวัตถุดิบล้วนๆ ได้แก ข้าวเปลือก และข้าวโพด คิดเป็นร้อยละ 43 และ 65.5 ตามลำดับ คล้ายคลึงกับ วัชระ แลน้อย และคณะ (2559) ที่รายงานการจัดการอาหาร พบว่าร้อยละ 48.49 เกษตรกรใช้อาหารที่เป็นธัญพืช เช่น ข้าวโพด และข้าวเปลือกให้กับไก่โดยตรง มีเพียงร้อยละ 12.50 ที่ผสมอาหารกับหัวอาหาร และสอดคล้องกับ มาริษา จันทอง และคณะ (2559) ที่รายงานว่าเกษตรกรนิยมใช้วัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่น (ร้อยละ 31.89) ปล่อยหากินเองตามธรรมชาติ (ร้อยละ 27.48) มีเพียงร้อยละ 11.91 ที่ใช้อาหารสำเร็จรูป และเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการเสริมวิตามินและแร่ธาติ (ร้อยละ 53.35) เช่นเดียวกับการวิจัยครั้งนี้ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการให้วิตามินผสมน้ำ (ร้อยละ 82) ส่วนน้ำที่ใช้เลี้ยงไก่พื้นเมือง เกษตรกรมักจะใช้น้ำประปา (ร้อยละ 53) เป็นไปในทิศทางเดียวกับ เฉลิมชัย หอมตา (2563) ที่รายงานสภาพการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช พบว่าเกษตรกรใช้น้ำประปา ร้อยละ 46.57

ตารางที่ 4.18 ข้อมูลการสุขาภิบาลและการให้วัคซีนไก่พื้นเมือง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

หัวข้อ	ประเภท	ความถี่	ร้อยละ
การทำวัคซีน	ไม่มีการทำวัคซีน	83	83.00
	มีการทำวัคซีน	17	17.00
	- นิวคาสเซิล	14	14.00
	- อหิวาต์	2	2.00
	- หลอดลมอักเสบ	1	1.00
ระบบฆ่าเชื้อโรค (เข้า-ออก)	- มีระบบฆ่าเชื้อโรค	11	11.00
	- ไม่มีระบบฆ่าเชื้อโรค	89	89.00
การใช้ยารักษาโรค	ไม่มีการใช้ยา	60	60.00
	มีการใช้ยาสมุนไพร	24	24.00
	มีการใช้ยาที่ซื้อจากร้านค้า	13	13.00
	มีการใช้ยาสมุนไพร+ยาจากร้านค้า	3	3.00
สมุนไพรที่เกษตรกรเคยใช้	บอระเพ็ด	8	8.00
	ตะไคร้	4	4.00
	กะเพรา	5	5.00
	ฟ้าทะลายโจร	7	7.00
	กล้วยน้ำว้า	3	3.00
ยาที่ซื้อจากร้านค้า	ยารักษาระบบทางเดินหายใจ	12	12.00
	ยารักษาระบบทางเดินอาหาร	4	4.00
การเกิดโรคระบาด	ไม่เคยการเกิดโรคระบาด	73	73.00
	เคยการเกิดโรคระบาด	27	27.00
วิธีจัดการซากไก่ตาย	ขุดหลุมฝัง	91	91.00
	ก่อไฟเผา	7	7.00
	โยนทิ้งเข้าป่า	2	2.00
ฤดูที่เกิดโรคบ่อยๆ	ฤดูหนาว	17	17.00
	ฤดูร้อน	16	16.00
	ฤดูฝน	67	67.00
คู่มือการจัดการฟาร์ม	มีคู่มือการจัดการฟาร์ม	7	7.00
	ไม่มีคู่มือการจัดการฟาร์ม	93	93.00
รูปแบบการขายไก่พื้นเมือง	ราคาขายคิดตามน้ำหนักตัว (บ./กก.)	76	76.00
	พ่อค้ากำหนดราคาขาย (บ./ตัว)	23	23.00
	ขายในรูปแบบอื่นๆ	1	1.00

หัวข้อ	ประเภท	ความถี่	ร้อยละ
ราคาขาย (บาท/กก)	ราคาน้อยกว่า 80 บาท	7	7.00
	ราคาระหว่าง 80-90 บาท	82	82.00
	ราคา 90 บาทขึ้นไป	11	11.00

ผลการสำรวจข้อมูลการสุขาภิบาลและการให้วัคซีนไก่พื้นเมือง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า ด้านการทำวัคซีน เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการทำวัคซีน คิดเป็นร้อยละ 83 และมีการทำวัคซีน ร้อยละ 17 โดยมีการทำวัคซีนนิวคาสเซิล ร้อยละ 14 อหิวาต์ ร้อยละ 2 และหลอดลมอักเสบ ร้อยละ 1, ด้านระบบฆ่าเชื้อโรค (เข้า-ออก) ส่วนใหญ่ไม่มีระบบฆ่าเชื้อโรค ร้อยละ 89 และมีระบบฆ่าเชื้อโรค ร้อยละ 11

ด้านการใช้ยารักษาโรค พบว่าส่วนใหญ่ไม่มีการใช้ยา ร้อยละ 60 มีการใช้ยาสมุนไพร ร้อยละ 24 มีการใช้ยาที่ซื้อจากร้านค้า ร้อยละ 13 และมีการใช้ยาสมุนไพรและยาจากร้านค้า ร้อยละ 3, กรณีสมุนไพรที่เกษตรกรเคยใช้ แบ่งเป็นบอระเพ็ด ฟ้าทะลายโจร กะเพรา ตะไคร้ และกล้วยน้ำว้า ร้อยละ 8, 7, 5, 4, และ 3 ตามลำดับ กรณียาที่ซื้อจากร้านค้า เป็นยารักษาระบบทางเดินหายใจ ร้อยละ 12 และยารักษาระบบทางเดินอาหาร ร้อยละ 4

ด้านการเกิดโรคระบาด พบว่า ไม่เคยการเกิดโรคระบาด ร้อยละ 73 และเคยการเกิดโรคระบาด ร้อยละ 27 ด้านวิธีจัดการซากไก่ตาย ส่วนใหญ่เกษตรกรจะขุดหลุมฝัง คิดเป็นร้อยละ 91 ก่อไฟเผา ร้อยละ 7 และโยนทิ้งเข้าป่า ร้อยละ 2 ส่วนข้อมูลของฤดูกาลที่เกิดโรคบ่อยๆ พบว่ามักจะเกิดโรคในฤดูฝน ร้อยละ 67 ฤดูหนาวร้อยละ 17 และฤดูร้อนร้อยละ 16

ด้านข้อมูลการทำคู่มือการจัดการฟาร์ม พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีคู่มือการจัดการฟาร์ม คิดเป็นร้อยละ 93 และมีคู่มือการจัดการฟาร์มร้อยละ 7 ด้านรูปแบบการขายไก่พื้นเมือง พบว่า ส่วนใหญ่เกษตรกรจะขายโดยคิดราคาตามน้ำหนักตัว (บ./กก.) ร้อยละ 76 รองลงมาคือพ่อค้ากำหนดราคาขาย (บ./ตัว) ร้อยละ 23 และขายในรูปแบบอื่นๆ ร้อยละ 1 ด้านราคาขาย (บาท/กก.) ส่วนใหญ่จะขายราคาระหว่าง 80-90 บาท ร้อยละ 82, ราคา 90 บาทขึ้นไป ร้อยละ 11 และราคาน้อยกว่า 80 บาท ร้อยละ 7

เมื่อพิจารณาข้อมูลสุขาภิบาลและวัคซีน พบว่าเกษตรกรที่ไม่มีทำวัคซีนมีถึง ร้อยละ 83 สอดคล้องกับ อัมพร ผาสุก และคณะ (2565) ที่รายงานด้านสุขภาพสัตว์ และด้านสวัสดิภาพสัตว์ ว่าด้วยการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรเป็นการเลี้ยงแบบปล่อย ทำให้การดูแลสุขภาพสัตว์และด้านสวัสดิภาพสัตว์ไม่ดีเท่าที่ควร อีกทั้งยาและวัคซีนป้องกัน และรักษาสัตว์ยังมีจำกัด เกษตรกรส่วนมากไม่ได้เอาใจใส่ทำความสะอาดโรงเรือน ไม่มีการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ ไม่มีโปรแกรมการทำวัคซีนให้ไก่ ปละสอดคล้องกับ มาริษา จันทอง และคณะคณะ (2559) ที่รายงานว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ทำวัคซีน

ให้กับไก่พื้นเมือง (58.28 เปอร์เซ็นต์) และไม่เคยเกิดโรคระบาดในไก่พื้นเมือง (37.34 เปอร์เซ็นต์) รองลงมา ได้แก่ เคยเกิดโรคระบาดในไก่พื้นเมือง (31.43 เปอร์เซ็นต์) และเมื่อเกิดโรคเกษตรกรจะนิยมทำการฝัง (64.50 เปอร์เซ็นต์) รองลงมา คือ เผา (29.38 เปอร์เซ็นต์) และทิ้ง (4.74 เปอร์เซ็นต์) แต่ข้อมูลการใช้ยารักษาโรคมีแตกต่างจากการวิจัยครั้งนี้ที่ส่วนใหญ่เกษตรกรไม่มีการใช้ยา (ร้อยละ 60) แต่งานวิจัยของ มาริษา จันทอง และคณะคณะ (2559) พบว่าเกษตรกรมีการรักษาโรค (52.03 เปอร์เซ็นต์) ส่วนข้อมูลด้านการใช้สมุนไพรมีความคล้ายคลึงกัน ได้แก่ มีการใช้บอระเพ็ดมากที่สุด และมีการใช้ ตะไคร้ กระเพรา ฟ้าทะลายโจร และกล้วยน้ำว้า เช่นเดียวกัน และข้อมูลฤดูกาลที่มักเกิดโรค คือฤดูฝนมากที่สุด (62.28 เปอร์เซ็นต์) เช่นเดียวกับการวิจัยครั้งนี้ที่เกษตรกรพบการเกิดโรคในฤดูฝนถึงร้อยละ 67 และจากงานวิจัยเหล่านี้ไม่มีรายงานการมีคู่มือบันทึกการจัดการฟาร์ม อย่างไรก็ตามข้อมูลบางส่วนแตกต่างจากงานวิจัยของ สุวิทย์ คุ้มคงสินธุ์ และคณะ(2556) ที่ศึกษาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกร หมู่ที่ 3 ตำบลวังตะเคียน อำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท พบว่า เกษตรกรทุกรายมีการจัดการด้านการจัดการฟาร์มได้ดี ได้แก่ การทำความสะอาดโรงเรือนและพื้นด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ มีการคัดไก่ที่ป่วยออกจากฝูง การสุขาภิบาล มีการจัดการแหล่งน้ำสกปรกรอบโรงเรือนและบริเวณใกล้เคียง ทำการถ่ายพยาธิให้ไก่ ไม่ทิ้งซากไก่ลงน้ำ และยังแตกต่างจากรายงานของ วิจิตร จิตอารี (2562) ที่รายงานข้อมูลสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรในจังหวัดลำปาง พบว่าเกษตรกรร้อยละ 65.5 มีการป้องกันโรคโดยการทำวัคซีน

ด้านรูปแบบการขายไก่พื้นเมือง เละราคาขายในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ส่วนใหญ่เกษตรกรจะขายโดยคิดราคาตามน้ำหนักตัว (ร้อยละ 76) รองลงมาคือพ่อค้ากำหนดราคาขาย (ร้อยละ 23) โดยราคาขายส่วนใหญ่ ร้อยละ 82 จะอยู่ระหว่าง 80-90 บาท มีเพียงร้อยละ 11 ที่ขายได้ราคา 90 บาทขึ้นไป และร้อยละ 7 ขายได้ราคาน้อยกว่า 80 บาท ซึ่งราคาดังกล่าวจะเป็นราคาไก่พื้นเมืองมีชีวิตที่พ่อค้ามารับซื้อโดยคิดตามน้ำหนักตัว หรือเป็นราคาที่พ่อค้ากำหนด และบางส่วนเกษตรกรชำแหละขายในหมู่บ้าน แต่ราคาขายไก่พื้นเมืองในท้องตลาดของอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ อยู่ที่กิโลกรัมละ 120-140 บาท สอดคล้องกับ วิจิตร จิตอารี (2562) ที่รายงานการขายไก่พื้นเมืองจะขายเป็นไก่มีชีวิตเฉลี่ยกิโลกรัม 93.19 บาท เป็นไปในทิศทางเดียวกับ วัชระ แลน้อย และคณะ (2559) ที่รายงานราคาไก่พื้นเมืองเฉลี่ยในจังหวัดพะเยา คือกิโลกรัมละ 139 บาท ข้อมูลจากผู้เลี้ยงไก่ร้อยละ 48.49 จำหน่ายไก่แบบขายส่งโดยมีพ่อค้ามารับซื้อ และร้อยละ 39.39 จำหน่ายไก่มีชีวิตเองภายในหมู่บ้าน นอกจากนี้ ศศิพนธ์ วงศ์สุทธาวาส และคณะ (2552) รายงานรูปแบบการขายไก่พื้นเมืองหรือลูกผสมพื้นเมืองเชิงพาณิชย์ในระดับชุมชนในจังหวัดสกลนคร ว่าพ่อค้าจะตระเวนรวบรวมไก่มีชีวิตตามหมู่บ้านมาชำแหละขายในตลาดสด

ผลการสำรวจข้อมูลด้านปัญหาและอุปสรรคตามที่เกษตรกรได้ระบุไว้ สามารถแบ่งเป็นประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) ปัญหาสายพันธุ์ไก่พื้นเมือง เกษตรขาดไก่สายพันธุ์ดี ไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงมีอัตราการเจริญเติบโตช้าเนื่องจากมีการผสมพันธุ์ในฝูงเดียวกันมาเป็นเวลาช้านาน จึงมีปัญหาการขยายพันธุ์ได้น้อยลง อัตราการฟักออกของลูกไก่ต่ำ

2) ปัญหาสถานที่เลี้ยง ไม่มีโรงเรือนที่ถูกสุขลักษณะในการเลี้ยง ขาดเงินทุนในการลงทุนโรงเรือน

3) ปัญหาราคาอาหารสัตว์ อาหารสำเร็จรูปและวัตถุดิบราคาแพง และไม่มีความรู้เรื่องการประกอบสูตรอาหาร ไม่มีความรู้เรื่องการใช้วัตถุดิบท้องถิ่นมาเป็นแหล่งอาหาร

4) ปัญหาเรื่องโรคตามฤดูกาล เกิดปัญหาไก่ตายบ่อย ปัญหาไก่เป็นโรคติดต่อตายจำนวนมาก ปัญหากลิ่นเหม็นเมื่อฝนตก

5) ปัญหาด้านการจัดการสุขภาพสัตว์ เกษตรกรไม่มีความรู้เรื่องวัคซีน ไม่มีความรู้เรื่องโปรแกมการทำวัคซีน และขาดการเข้าถึงแหล่งวัคซีน

จากข้อมูลที่ได้จากการวิจัย พบว่าฟาร์มที่มีคู่มือการบันทึกการจัดการฟาร์ม คือฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม หรือฟาร์ม GFM (GOOD FARMING MANAGEMENT) ซึ่งมีสัดส่วนเพียงร้อยละ 7 จากข้อมูลเกษตรกรทั้งหมด ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินกิจกรรมส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ให้เกษตรกรมีความพร้อมในการปรับปรุงฟาร์มให้เป็นฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น เพื่อผลักดันให้ฟาร์มที่มีความพร้อมยกระดับเป็นฟาร์มที่ได้มาตรฐานตามข้อบังคับ และกฎระเบียบของกรมปศุสัตว์ และได้การรับรองเป็นฟาร์มการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมืองต่อไป โดยได้จัดกิจกรรมแบบบูรณาการกับหน่วยงานปศุสัตว์อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ และปศุสัตว์จังหวัดเพชรบูรณ์ ในการอนุเคราะห์วิทยากรที่มีความเชี่ยวชาญงานในแต่ละด้าน และอุปกรณ์ฝึกปฏิบัติการให้แก่เกษตรกรอาสาสมัคร ซึ่งกิจกรรมการถ่ายทอดองค์ความรู้ มีหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1) การจัดการฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงที่เหมาะสม Good farming management (GFM)

2) การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมืองแบบเลี้ยงปล่อย ระบบการเลี้ยงไก่ให้ได้มาตรฐานความปลอดภัย

3) กิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้การทำวัคซีนป้องกันโรคในสัตว์ปีก

4) อบรมเชิงปฏิบัติการการวางแผนเตรียมความพร้อมการตรวจประเมินและการออกใบรับรองฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม (GFM)

5) กิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมือง เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสมัยใหม่

6) กิจกรรมถ่ายทอดองค์ความรู้ระบบการจัดการโรงเรือน วัสดุอุปกรณ์ และอาหารที่เลี้ยงไก่ที่มีคุณภาพในชุมชน

โครงการที่ 5 การเสริมเมล็ดธัญพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง

จากการศึกษาผลการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ ต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่พื้นเมือง ตลอดการทดลอง 8 สัปดาห์ สามารถแสดงผลการทดลองได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหาร

สัปดาห์	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว (กรัมต่อตัว)			P-value
	ไม่เสริม	เสริมถั่วเขียว 4 เปอร์เซ็นต์	เสริมถั่วเหลือง 4 เปอร์เซ็นต์	
เริ่มต้น	145.07±6.84	136.30±5.31	131.50±4.71	0.0672
สัปดาห์ที่ 1	205.57±8.47	197.40±4.85	190.77±12.95	0.2323
สัปดาห์ที่ 2	282.97±6.05	264.97±7.16	270.50±27.40	0.4509
สัปดาห์ที่ 3	376.00±11.59	362.60±23.30	353.17±42.55	0.6428
สัปดาห์ที่ 4	483.50±17.67	469.70±27.81	477.10±44.92	0.8735
สัปดาห์ที่ 5	621.90±22.81	586.53±32.00	588.57±55.33	0.5036
สัปดาห์ที่ 6	761.83±7.57	696.03±46.24	689.03±51.62	0.1258
สัปดาห์ที่ 7	905.73±27.57	853.07±74.62	843.40±65.23	0.3741
สัปดาห์ที่ 8	1,024.23±33.06	952.03±63.22	968.23±73.41	0.3560

ค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มบนบรรทัดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

ผลการทดลองสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของไก่ทดลอง เมื่อเริ่มต้นทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 145.07±6.84, 136.30±5.31 และ 131.50±4.71 กรัมต่อ

ตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของไก่ทดลองในสัปดาห์ที่ 1 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ย 205.57±8.47, 197.40±4.85 และ 190.77±12.95 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของไก่ทดลองในสัปดาห์ที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 282.97±6.05, 264.97±7.16 และ 270.50±27.40 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของไก่ทดลองในสัปดาห์ที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 376.00±11.59, 362.60±23.30 และ 353.17±42.55 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของไก่ทดลองในสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 483.50±17.67, 469.70±27.81 และ 477.10±44.92 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของไก่ทดลองในสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 621.90±22.81, 586.53±32.00 และ 588.57±55.33 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของไก่ทดลองในสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 761.83±7.57, 696.03±46.24 และ 689.03±51.62 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของไก่ทดลองในสัปดาห์ที่ 7 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 905.73±27.57, 853.07±74.62 และ 843.40±65.23 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของไก่ทดลองในสัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,024.23±33.06, 952.03±63.22 และ 968.23±73.41 กรัมต่อตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 4.19)

จากการทดลองเสริมเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในระดับที่แตกต่างกัน 5 ระดับลงในอาหารสำเร็จรูปของไก่พื้นเมือง พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่เริ่มต้นการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) เนื่องจากไก่ที่ทดลองเป็นไก่ที่อายุ 1 วัน น้ำหนักเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นการทดลองจึงมีความแตกต่างกันไม่มากนัก และจากการทดลองในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 8 พบว่าไก่พื้นเมืองกลุ่มที่ไม่มีการเสริมเมล็ดถั่วเขียวและถั่วเหลืองมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวสูงกว่าเกือบทุกกลุ่มอย่างมีไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับ ภัทราพรรณ รุ่งเจริญ และคณะ (2553) ที่ศึกษาการใช้ประโยชน์รำถั่วเขียวในอาหารไก่เนื้อ พบว่า ไก่เนื้อระยะเล็กที่1-17 วัน ที่ได้รับอาหารที่มีการใช้รำถั่วเขียวมีคาน้ำหนักตัวลดลง (P<0.05) และไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไกเนื้อระยะรุ่นที่ 18-35 วัน) และระยะก่อนส่งตลาดที่36-42 วัน (P>0.05) แต่น้ำหนักตัวในกลุ่มที่เสริมรำถั่วเขียวมีแนวโน้มที่ลดลง และสอดคล้องกับ คำพัน ปัญญา (2563) ที่ศึกษาผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ค่าโลหิตวิทยา คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ พบว่าน้ำหนักตัวของไก่เนื้อ พบว่า น้ำหนักตัวเริ่มต้น (อายุ 1 วัน) และน้ำหนักตัวสุดท้ายของไก่เนื้อ (อายุ 49 วัน) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองลงในอาหาร

สัปดาห์	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัมต่อตัว)			P-value
	ไม่เสริม	เสริมถั่วเขียว 4 เปอร์เซ็นต์	เสริมถั่วเหลือง 4 เปอร์เซ็นต์	
สัปดาห์ที่ 1	60.50±11.14	65.90±9.36	59.27±16.54	0.8005
สัปดาห์ที่ 2	77.40±8.56	83.30±11.91	79.73±16.67	0.8714
สัปดาห์ที่ 3	93.03±5.93	93.70±10.28	82.67±17.75	0.5096
สัปดาห์ที่ 4	107.50±8.97	94.67±29.20	123.93±39.50	0.5012
สัปดาห์ที่ 5	138.40±6.32	132.70±62.53	111.47±10.68	0.6597
สัปดาห์ที่ 6	139.93±15.27	118.57±23.10	100.47±4.20	0.0646
สัปดาห์ที่ 7	143.90±24.18	123.27±29.91	145.37±34.66	0.6189
สัปดาห์ที่ 8	118.50±53.34	82.57±49.91	133.83±22.49	0.4015
ตลอดการทดลอง	879.17±36.43	794.67±35.59	836.73±75.57	0.2247

ค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มบนบรรทัดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

ผลการทดลองสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียว และถั่วเหลือง ในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.50±11.14, 65.90±9.36 และ 59.27±16.54 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.40±8.56, 83.30±11.91 และ 79.73±16.67 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 93.03±5.93, 93.70±10.28 และ 82.67±17.75 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 107.50±8.97, 94.67±29.20 และ 123.93±39.50 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 138.40±6.32, 132.70±62.53 และ 111.47±10.68 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 139.93±15.27, 118.57±23.10 และ 100.47±4.20 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 7 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

143.90±24.18, 123.27±29.91 และ 145.37±34.66 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 118.50±53.34, 82.57±49.91 และ 133.83±22.49 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของไก่ที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 879.17±36.43, 794.67±35.59 และ 836.73±75.57 กรัมต่อตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20)

ผลการทดลองสมรรถภาพการผลิตไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่เนื้อในทุกกลุ่มการทดลองตลอดระยะการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับ สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และคณะ (2541) ที่ศึกษาการใชเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านกรรมวิธีอย่างง่ายเป็นอาหารไกเนื้อ โดยใช้ถั่วเหลืองไขมันเต็มจากขบวนการผลิตอย่างง่าย คือนึ่งด้วยไอน้ำมีแรงดัน 40 ปอนด/นิ้ว^2 ทั้งชนิดบดเมล็ดใหแตกก่อนแลวนำไปนึ่งเป็นเวลา 5 และ 10 นาทีกับชนิดนึ่งทั้งเมล็ดเป็นเวลา 15 และ 20 นาทีและแบบอบด้วยเครื่องอบขนมปังที่มีอุณหภูมิของเครื่องคงที่ที่ 180 องศาเซลเซียส อบเปนเวลา 40 นาที แทนที่กากถั่วเหลือง โดยอาหารทดลองทุกสูตรแบ่งออกเป็น 3 ระยะ แต่ละระยะมีโปรตีนระดับ 21, 19 และ 17 เปอร์เซ็นต์ ในชวงไกอายุ 2-3, 4-6 และ 7 สัปดาห์ตามลำดับ เทากันทุกสูตร ปรากฏวาถั่วเหลืองไขมันเต็มที่ผลิตจากกรรมวิธีทั้งสามแบบดังกล่าวสามารถนำไปใชเป็นอาหารไกเนื้อได้โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต โดยไก่ทุกกลุ่มมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ใชกากถั่วเหลือง และสอดคล้องกับ ภัทราพรรณ รุ่งเจริญ และคณะ (2553) ที่ศึกษาการใช้ประโยชน์รำถั่วเขียวในอาหารไก่เนื้อ พบว่า เมื่อได้ระดับการเสริมรำถั่วเขียวสูงขึ้นน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของไก่ทดลองทุกระยะมีค่าลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นการเสริมรำถั่วเขียวในอาหารไก่เนื้อจึงไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับ ธนพัฒน์ สุระนรากุล และราชันทร์ บัวบาน (2555) ที่รายงานผลการเสริมถั่วกัวร์มิลล์ (50 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน) เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่เนื้อ พบว่า สมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อที่ได้รับถั่วกัวร์มิลล์ (50 เปอร์เซ็นต์ CP) ระดับ 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารตลอดการทดลองเลี้ยง 42 วัน พบว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลือง ในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์

สัปดาห์	ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโต (กรัมต่อตัวต่อวัน)			P-value
	ไม่เสริม	เสริมถั่วเขียว	เสริมถั่วเหลือง	
สัปดาห์ที่ 1	8.64±1.59	9.41±1.34	8.47±2.37	0.8012
สัปดาห์ที่ 2	11.06±1.23	11.90±1.71	11.39±2.67	0.8713
สัปดาห์ที่ 3	13.29±0.85	13.39±1.47	11.81±2.54	0.5096
สัปดาห์ที่ 4	15.36±1.28	13.52±4.17	17.70±5.65	0.5015
สัปดาห์ที่ 5	19.77±0.90	18.96±8.93	15.92±1.52	0.6594
สัปดาห์ที่ 6	19.99±2.18	16.94±3.30	14.35±0.60	0.0646
สัปดาห์ที่ 7	20.56±3.45	17.61±4.18	20.77±4.95	0.6186
สัปดาห์ที่ 8	16.93±7.62	11.80±7.13	19.12±3.21	0.4015
ตลอดการทดลอง	12.56±0.52	11.35±0.51	11.95±1.08	0.2227

ค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มบนบรรทัดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

ผลการทดลองสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียว และถั่วเหลือง ในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 1 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.64±1.59, 9.41±1.34 และ 8.47±2.37 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.06±1.23, 11.90±1.71 และ 11.39±2.67 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.29±0.85, 13.39±1.47 และ 11.81±2.54 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.36±1.28, 13.52±4.17 และ 17.70±5.65 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.77±0.90, 18.96±8.93 และ 15.92±1.52 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.99±2.18, 16.94±3.30 และ 14.35±0.60 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 7 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.56±3.45, 17.61±4.18 และ 20.77±4.95 กรัมต่อตัวต่อวัน

ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.93±7.62, 11.80±7.13 และ 19.12±3.21 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตตลอดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.56±0.52, 11.35±0.51 และ 11.95±1.08 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.21)

จากการทดลองสมรรถภาพการผลิตไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตทุกกลุ่มทดลองตลอดระยะการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับ มานะ สุภาดี และคณะ (2556) ที่ศึกษาการใช้ถั่วเหลืองไขมันเต็มทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารไก่เนื้อ พบว่า ไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีน จากถั่วเหลืองไขมันเต็มทดแทนปลาป่น ในอัตรา 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยแรกเกิด – 35 วัน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และสอดคล้องกับ สำราญ กาสีทรงเดช และคณะ (2564) ที่ศึกษาผลของการทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกด้วยถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และคุณภาพเนื้อของไก่ลูกผสมพื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ (9-13 สัปดาห์) พบว่าการเสริมถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุก 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารทำให้อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และสอดคล้องกับ พุทธพร พุมโรจน และคณะ (2562) ที่ศึกษาการใชกากถั่วเขียวในอาหารไกเนื้อต่อสมรรถนะการผลิต คาการย่อยได้ คุณภาพซาก และลักษณะจุลกายวิภาคของลำไส พบว่า การใชกากถั่วเขียวในระดับต่างๆ ได้แก 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อัตราการเจริญเติบโตแตกตางอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ผลการทดลองสมรรถภาพการผลิตไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินในสัปดาห์ที่ 1 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.02±6.18, 30.45+5.97 และ 26.00±3.84 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินในสัปดาห์ที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.36±4.92, 35.44±1.49 และ 23.99±0.27 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินในสัปดาห์ที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.90±3.12, 49.49±3.74 และ 49.78±1.47 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.82±0.41, 49.49±3.74 และ 38.90±0.11 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49.63±0.38, 49.56±0.49 และ 51.10±2.22 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย

ปริมาณอาหารที่กินสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.95±0.32, 51.72±1.29 และ 51.35±0.75 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินสัปดาห์ที่ 7 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 64.62±1.23, 66.29±2.10 และ 62.28±3.59 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินสัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 93.71±0.52, 92.78±0.53 และ 92.72±0.12 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินตลอดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.25±1.63, 51.76±1.21 และ 49.52±0.62 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.22)

ตารางที่ 4.22 ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียว และถั่วเหลือง ในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์

สัปดาห์	ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กิน (กรัมต่อตัวต่อวัน)			P-value
	ไม่เสริม	เสริมถั่วเขียว	เสริมถั่วเหลือง	
สัปดาห์ที่ 1	28.02±6.18	30.45+5.97	26.00±3.84	0.6267
สัปดาห์ที่ 2	30.36±4.92	35.44±1.49	23.99±0.27	0.0094
สัปดาห์ที่ 3	50.90±3.12	49.49±3.74	49.78±1.47	0.8306
สัปดาห์ที่ 4	38.82±0.41	38.33±0.50	38.90±0.11	0.2209
สัปดาห์ที่ 5	49.63±0.38	49.56±0.49	51.10±2.22	0.3435
สัปดาห์ที่ 6	53.95±0.32	51.72±1.29	51.35±0.75	0.0219
สัปดาห์ที่ 7	64.62±1.23	66.29±2.10	62.28±3.59	0.2236
สัปดาห์ที่ 8	93.71±0.52	92.78±0.53	92.72±0.12	0.0547
ตลอดการทดลอง	51.25±1.63	51.76±1.21	49.52±0.62	0.1414

ก, ข ตัวอักษรต่างกันบนบรรทัดเดียวกันมีความแตกต่างกัน (P<0.05)

ผลการทดลองสมรรถภาพการผลิตไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่ไก่กินในสัปดาห์ 1 3, 4, 5, 7, 8 และตลอดการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) มีเพียงสัปดาห์ที่ 2 และ 6 มีค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) คล้ายกับรายงานของ ณัฐชนก อมรเทวภัทร และคณะ (2551) ที่ศึกษาการใช้ประโยชน์ของกากถั่วเขียวในการนำมาเป็นอาหารไก่เนื้อ ไก่ไข่ และสุกร พบว่า การเสริมกากถั่วเขียวที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้

ปริมาณอาหารที่ไก่กินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) และคล้ายกับรายงานของ ภัทราพรรณ รุงเจริญ และคณะ (2553) ที่รายงานผลการใชรำถั่วเขียวในอาหารไก่เนื้อที่ 0, 5, 10, และ 15 เปอรเซ็นต์ ส่งผลให้ปริมาณอาหารที่ไก่กินแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) และคล้ายคลึงกับมานะ สุภาดี และคณะ (2556) ที่รายงานผลการใช้ถั่วเหลืองไขมันเต็มทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารไก่เนื้อ ในระดับ 0 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อปริมาณอาหารที่กินแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.23 ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลือง ในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์

สัปดาห์	ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว			P-value
	ไม่เสริม	เสริมถั่วเขียว	เสริมถั่วเหลือง	
สัปดาห์ที่ 1	3.23±0.20	3.22±0.27	3.14±0.43	0.9321
สัปดาห์ที่ 2	2.73±0.16	3.10±0.31	2.20±0.57	0.1007
สัปดาห์ที่ 3	3.83±0.07	3.72±0.41	4.35±0.95	0.4377
สัปดาห์ที่ 4	2.54±0.20	3.07±0.14	2.35±0.72	0.5468
สัปดาห์ที่ 5	2.51±0.31	3.05±1.46	3.24±0.44	0.6016
สัปดาห์ที่ 6	2.72±0.30	3.12±0.51	3.59±0.21	0.0717
สัปดาห์ที่ 7	3.20±0.50	3.91±0.92	3.14±0.93	0.4764
สัปดาห์ที่ 8	6.60±3.62	9.58±4.27	4.94±0.86	0.2859
ตลอดการทดลอง	4.08±0.14	4.56±0.15	4.16±0.33	0.0780

ค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มบนบรรทัดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

ผลการทดลองสมรรถภาพการผลิตไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในสัปดาห์ที่ 1 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.23±0.20, 3.22±0.27 และ 3.14±0.43 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในสัปดาห์ที่ 2 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.73±0.16, 3.10±0.31 และ 2.20±0.57 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในสัปดาห์ที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83±0.07, 3.72±0.41 และ 4.35±0.95 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

(P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.54±0.20, 3.07±0.14 และ 2.35±0.72 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51±0.31, 3.05±1.46 และ 3.24±0.44 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.72±0.30, 3.12±0.51, และ 3.59±0.21 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในสัปดาห์ที่ 7 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.20±0.50, 3.91±0.92, และ 3.14±0.93 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในสัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.60±3.62, 9.58±4.27 และ 4.94±0.86 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวตลอดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.08±0.14, 4.56±0.15 และ 4.16±0.33 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.23)

ผลการทดลองสมรรถภาพการผลิตไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวในทุกกลุ่มการทดลองตลอดระยะการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับ มานะ สุภาดี และคณะ (2556) ที่รายงานผลการใช้ถั่วเหลืองไขมันเต็มทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารไก่เนื้อในระดับ 0 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และสอดคล้องกับ ณัฐชนก อมรเทวภัทร และคณะ (2551) ที่ศึกษาการใช้ประโยชน์ของกากถั่วเขียวในการนำมาเป็นอาหารไก่เนื้อ ไก่ไข่ และสุกร พบว่าการเสริมกากถั่วเขียวที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่ขัดแย้งกับ สำราญ กาสีทรงเดช และคณะ (2564) ที่ศึกษาผลการทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกด้วยถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่ลูกผสมพื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ (9-13 สัปดาห์) พบว่า กลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกที่ระดับ 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้ถั่วเหลืองต้มสุกหมักที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียว และถั่วเหลือง ในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ตลอดการทดลอง

	ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการผลิต		
	ไม่เสริม	เสริมถั่วเขียว	เสริมถั่วเหลือง
จำนวนไก่ทดลอง (ตัว)	30	30	30
จำนวนวันทดลอง (วัน)	56	56	56
น้ำหนักตัวเริ่มต้นการทดลอง (กรัม)	145.07±6.84	136.30±5.31	131.50±4.71
น้ำหนักตัวสิ้นสุดการทดลอง (กรัม)	1,024.23±33.06	952.03±63.22	968.23±73.41
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	879.17±36.43	794.67±35.59	836.73±75.57
ค่าอัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	12.56±0.52	11.35±0.51	11.95±1.08
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	51.25±1.63	51.76±1.21	49.52±0.62
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	4.08±0.14	4.56±0.15	4.16±0.33

ค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มบนบรรทัดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

ผลการทดลองสมรรถภาพการผลิตไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเริ่มต้นการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 145.07±6.84, 136.30±5.31 และ 131.50±4.71 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,024.23±33.06, 952.03±63.22 และ 968.23±73.41 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 879.17±36.43, 794.67±35.59 และ 836.73±75.57 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโตมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.56±0.52, 11.35±0.51 และ 11.95±1.08 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.25±1.63, 51.76±1.21 และ 49.52±0.62 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08±0.14, 4.56±0.15 และ 4.16±0.33 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.24)

ผลการทดลองสมรรถภาพการผลิตไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิตตลอดระยะการทดลองแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทั้งนี้เนื่องจากระบบทางเดินอาหารของไก่เนื้อในช่วงไก่เล็กมีการพัฒนาที่

ไม่สมบูรณ์ของระบบทางเดินอาหาร โดยเฉพาะส่วนเยื่อบุผนังของลำไส้เล็ก (cpithelium cell) ทั้งด้านการเพิ่มจำนวนเซลล์ผนังเยื่อบุผนังลำไส้ (cellularity) ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการดูดซึมสารอาหารและการทำงานของเอมไซม์ (enzymology) และแม้ถั่วเขียวและถั่วเหลืองจะมีโปรตีนในปริมาณที่สูงแต่การใช้ประโยชน์มักจะถูกจำกัดโดยสารพิษ (toxic factor) หรือสารต้านโภชนะ (Anti-nutritional factor) ที่พบได้ในเมล็ดถั่วเหลืองดิบ เช่น สารยับยั้งโปรตีน (Protease inhibitor), เลคติน (Lectins), โอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosacharide), ไฟเตท (Phytate), และสารต้านวิตามิน (Antivitamin) (อภิพรรณ, 2546) ซึ่งสารพิษเหล่านี้จะทำให้คุณค่าทางโภชนะของอาหารลดลง ซึ่งส่งผลต่อการไปใช้ประโยชน์ได้ในตัวสัตว์

ตารางที่ 4.25 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากหลังฆ่า น้ำหนักซากตัดแต่ง และค่าเฉลี่ยน้ำหนักอวัยวะต่างๆ ของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลือง ในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์

สัปดาห์	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักซากของไก่เนื้อ			P-value
	ไม่เสริม	เสริมถั่วเขียว	เสริมถั่วเหลือง	
น้ำหนักมีชีวิต (กรัม)	1,144.67±64.69	1,176.33±95.92	1,133.00±122.58	0.8563
น้ำหนักซากหลังฆ่า (ถอนขน) (กรัม)	1,048.6±50.85	1,002.67±35.57	1,027.67±101.00	0.7249
น้ำหนักซากตัดแต่ง (กรัม)	988.10±54.40	940.55±34.35	963.50±95.45	0.6909
- ค่าเฉลี่ยน้ำหนักอวัยวะต่างๆ				
หัว	36.92±3.37	34.19±2.24	36.53±1.93	0.4302
คอ	46.18±5.36	55.87±4.45	48.76±5.91	0.1444
ขา	46.81±6.64	46.21±1.46	44.56±2.76	0.8027
อก	105.81±3.74	100.56±3.50	102.98±23.02	0.8961
สะโพก	112.13±8.48	113.73±9.72	89.46±52.74	0.5971
น่อง	112.79±10.80	104.82±3.91	107.81±10.15	0.5690
ปีก	105.95±7.95	108.52±8.53	102.32±6.39	0.6328
สันใน	38.10±6.25	32.42±5.80	35.78±7.92	0.6075
เครื่องในรวม	60.57±1.70	62.12±1.62	64.17±6.20	0.5478
หัวใจ	5.00±0.88	4.87±0.17	17.50±19.95	0.3681
ตับ	28.27±1.85	26.40±1.30	29.57±3.28	0.3083
ม้าม	2.05±0.89	3.36±1.51	10.17±12.76	0.4120
โครง	299.25±14.73	213.58±6.00	210.04±27.73	0.3220
ก้น	10.26±1.77	38.74±48.98	39.46±49.57	0.6224
กึ๋น	25.06±2.60	27.42±2.08	25.02±5.59	0.6871
เบอซ่า	3.69±0.64	2.55±0.92	5.28±1.06	0.0257

ค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มบนบรรทัดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

ผลของค่าเฉลี่ยน้ำหนักมีชีวิต ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซาก ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง ค่าเฉลี่ยน้ำหนักอวัยวะต่างๆ ของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียว และถั่วเหลือง ในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ของไก่เนื้อเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 7) พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักมีชีวิตมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,144.67±64.69, 1,176.33±95.92 และ 1,133.00±122.58 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักซากหลังฆ่า (ถอนขน) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,048.6±50.85, 1,002.67±35.57 และ 1,027.67±101.00 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักซากตัดแต่ง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 988.10±54.40, 940.55±34.35 และ 963.50±95.45 กรัม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยน้ำหนักอวัยวะต่าง ๆ พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักหัวมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.92±3.37, 34.19±2.24 และ 36.53±1.93 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักคอมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.18±5.36, 55.87±4.45 และ 48.76±5.91 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักขามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.81±6.64, 46.21±1.46 และ 44.56±2.76 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักอกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 105.81±3.74, 100.56±3.50 และ 102.98±23.02 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสะโพกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 112.13±8.48, 113.73±9.72 และ 89.46±52.74 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักน่องมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 112.79±10.80, 104.82±3.91 และ 107.81±10.15 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักปีกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 105.95±7.95, 108.52±8.53 และ 102.32±6.39 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสันในมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.10±6.25, 32.42±5.80 และ 35.78±7.92กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเครื่องในรวมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.57±1.70, 62.12±1.62 และ 64.17±6.20 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักหัวใจมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00±0.88, 4.87±0.17 และ 17.50±19.95 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตับมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.27±1.85, 26.40±1.30 และ 29.57±3.28 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักม้ามมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.05±0.89, 3.36±1.51 และ 10.17±12.76 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักโครงมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 299.25±14.73, 213.58±6.00 และ 210.04±27.73 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักก้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.26±1.77, 38.74±48.98 และ 39.46±49.57 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย

น้ำหนักกึ๋นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.06±2.60, 27.42±2.08 และ 25.02±5.59 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเบอร์ซ่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.69±0.64, 2.55±0.92 และ 5.28±1.06 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.26 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อวัยวะต่างๆ ของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลือง ในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์

สัปดาห์	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซากของไก่เนื้อ			P-value
	ไม่เสริม	เสริมถั่วเขียว	เสริมถั่วเหลือง	
น้ำหนักมีชีวิต (กรัม)	1,144.67±64.69	1,176.33±95.92	1,133.00±122.58	0.8563
น้ำหนักซากหลังฆ่า (ถอนขน) (กรัม)	1,048.6±50.85	1,002.67±35.57	1,027.67±101.00	0.7249
น้ำหนักซากตัดแต่ง (กรัม)	1038.56±50.75	991.86±35.10	1017.67±101.38	0.7183
เปอร์เซ็นต์ซากหลังฆ่า (ถอนขน) (เปอร์เซ็นต์)	91.64±0.76	85.46±4.28	90.77±0.91	0.0506
เปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง (เปอร์เซ็นต์)	90.76+0.72	84.54+4.24	89.88±0.79	0.0466
- ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อวัยวะต่างๆ				
หัว	3.52±0.29	3.41±0.11	3.56±0.17	0.6427
คอ	4.42±0.29	5.58±1.00	4.74±0.11	0.0703
ขา	4.46±0.55	4.61±0.20	4.35±0.28	0.7071
อก	10.10±0.34	10.04±0.53	9.98±1.53	0.9876
สะโพก	10.67±0.72	10.33±0.60	8.86±4.91	0.5389
น่อง	10.76±0.92	10.46±0.22	10.50±0.28	0.7886
ปีก	10.10±0.48	10.81±0.47	9.98±0.42	0.1346
สันใน	3.60±0.52	3.22±0.49	3.46±0.50	0.6353
เครื่องในรวม	5.49±0.37	6.20±0.14	6.25±0.28	0.1688
หัวใจ	0.48±0.09	0.49±0.04	1.82±2.21	0.3899
ตับ	2.70±0.24	2.63±0.05	2.87±0.07	0.1967
ม้าม	0.20±0.09	0.34±0.17	1.07±1.40	0.4238
โครง	22.24±0.67	21.33±1.34	20.46±2.20	0.4201
ก้น	0.98±0.15	3.85±4.84	4.15±5.43	0.6191
กึ๋น	2.39±0.22	2.73±0.14	2.45±5.43	0.5191
เบอซ่า	0.35±0.51	0.26±0.09	0.52±0.13	0.0407

ค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มบนบรรทัดเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

ผลการทดลองเปรียบเทียบการเสริมถั่วเขียว และถั่วเหลือง ในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ ต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักมีชีวิต ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซาก ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง ค่าเฉลี่ยน้ำหนักอวัยวะต่างๆ ของไก่เนื้อเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 8) พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักมีชีวิตมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,144.67±64.69, 1,176.33±95.92 และ 1,133.00±122.58 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักซากหลังฆ่า (ถอนขน) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,048.6±50.85, 1,002.67±35.57 และ 1,027.67±101.00 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักซากตัดแต่ง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,038.56±50.75, 991.86±35.10 และ 1,017.67±101.38 กรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซากหลังฆ่า (ถอนขน) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 91.64±0.76, 85.46±4.28 และ 90.77±0.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.76+0.72, 84.54+4.24 และ 89.88±0.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อวัยวะต่าง ๆ พบว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์หัวมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.52±0.29, 3.41±0.11 และ 3.56±0.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์คอมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42±0.29, 5.58±1.00 และ 4.74±0.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ขามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46±0.55, 4.61±0.20 และ 4.35±0.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.10±0.34, 10.04±0.53 และ 9.98±1.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์สะโพกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.67±0.72, 10.33±0.60 และ 8.86±4.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น่องมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.76±0.92, 10.46±0.22 และ 10.50±0.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ปีกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.10±0.48, 10.81±0.47 และ 9.98±0.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์สันในมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60±0.52, 3.22±0.49 และ 3.46±0.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เครื่องในรวมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.49±0.37, 6.20±0.14 และ 6.25±0.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์หัวใจมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.48±0.09, 0.49±0.04 และ 1.82±2.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ตับมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.70±0.24, 2.63±0.05 และ 2.87±0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ม้ามมีความ

แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.20±0.09, 0.34±0.17 และ 1.07±1.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โครงมีความแตกต่างกันอย่างมีไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.24±0.67, 21.33±1.34 และ 20.46±2.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ก้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.98±0.15, 3.85±4.84 และ 4.15±5.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์กึ๋นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.39±0.22, 2.73±0.14 และ 2.45±5.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เบอร์ซ่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.35±0.51, 0.26±0.09 และ 0.52±0.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักมีชีวิต ค่าเฉลี่ยน้ำหนักซากหลังฆ่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักซากตัดแต่ง เปอร์เซ็นต์ซากหลังฆ่า (ถอนขน) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักอวัยวะต่างๆ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์หัว คอ ขา อก สะโพก น่อง ปีก สันใน เครื่องในรวม หัวใจ ตับ ม้าม โครง ก้น กึ๋น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) มีเพียงเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง และเปอร์เซ็นต์เบอร์ซ่า ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่งลดลงเมื่อมีระดับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลือง คล้ายคลึงกับ ณัฐชนก อมรเทวภัทร และคณะ (2551) ที่ศึกษาการใช้ประโยชน์ของกากถั่วเขียวในการนำมาเป็นอาหารไก่เนื้อ ไก่ไข่ และสุกร รายงานผลของระดับกากถั่วเขียวต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักมีชีวิต เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากหลังถอนขน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตับ หัวใจ หัวรวมคอ ปีก น่อง โครง และเปอร์เซ็นต์เนื้อหน้าอกรวมหนัง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่เปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากสด กึ๋น สะโพก แข้ง และเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซากสดลดลงเมื่อเสริมกากถั่วเขียวในระดับที่สูงขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์กึ๋น สะโพก สูงขึ้นเมื่อเสริมกากถั่วเขียวในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งมีความขัดแย้งกับการทดลองในครั้งนี้ และสอดคล้องกับ ธนพัฒน์ สุระนรากุล และราชันทร์ บัวบาน (2555) ที่ศึกษาอาหารทดลองเสริมกัวร์มิลล์ในสูตรอาหาร 0, 2.5 ,5.0, 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร เมื่อวัดคุณภาพซากพบว่าเปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์ของเนื้ออก ปีก 9-10 น่องกับสะโพก หัวใจ ตับ กึ๋น ไขมันช่องท้อง ไม่แตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง (P>0.05) และสอดคล้องกับ คมพันปัญญา (2563) ที่ทดลองใช้อาหารทดแทนด้วยถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก 15, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง และเปอร์เซ็นต์อวัยวะต่างๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) มีเพียงเปอร์เซ็นต์อกในกลุ่มที่ทดแทนด้วยถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมัก 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากที่สุด (P<0.05) แต่ขัดแย้งกับ อัจฉรา และคณะ (2558) ที่ศึกษาผลของการเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารไก่เนื้อ ต่อคุณภาพซากของไก่เนื้อ พบว่า ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อกและค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์สะโพก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) อย่างไรก็ตามการเสริม

ถั่วเขียวและถั่วเหลือง ไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์อวัยวะต่างๆ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์อก สะโพก น่อง ปีก มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05)

ตารางที่ 4.27 ค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในเลือดของไก่เนื้อที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์

	ค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในเลือด (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) mg			P-value
	เปอร์เซ็นต์			
	ไม่เสริม	เสริมถั่วเขียว	เสริมถั่วเหลือง	
Cholesterol	136.58±6.23	146.74±17.87	133.82±5.63	0.2101
TG	137.54±46.73	123.84±12.68	109.28±19.75	0.3655
HDL	102.00±12.24	106.64±13.52	101.84±4.40	0.7345
LDL	7.04±5.27	15.24±9.67	10.18±3.85	0.1939

ผลการทดลองการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ ต่อค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในเลือดของไก่เนื้อตลอดการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยคอเลสเตอรอล (Cholesterol) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 136.58±6.23, 146.74±17.87 และ 133.82±5.63 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยไตรกลีเซอไรด์ (TG) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 137.54±46.73, 123.84±12.68 และ 109.28±19.75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเอชดีแอล (HDL) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 102.00±12.24, 106.64±13.52 และ 101.84±4.40 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยแอลดีแอล (LDL) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.04±5.27, 15.24±9.67 และ 10.18±3.85 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.27)

ผลการทดลองการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ ต่อค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในเลือดของไก่เนื้อตลอดการทดลอง พบว่าค่าเฉลี่ยคอเลสเตอรอล (Cholesterol) ค่าเฉลี่ยไตรกลีเซอไรด์ (TG) ค่าเฉลี่ยเอชดีแอล (HDL) และค่าเฉลี่ยแอลดีแอล (LDL) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) โดยค่าเฉลี่ยคอเลสเตอรอล อยู่ระหว่าง 133-146 mg/dl. และค่าเฉลี่ยไตรกลีเซอไรด์ (TG) อยู่ระหว่าง 109-137 mg/dl. แต่ขัดแย้งกับ ศรีสุดา ศิริเหล่าไพศาล และคณะ (2561) ที่ศึกษาผลของแหล่งไขมันต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คอเลสเตอรอลในเลือด และ

ค่าโลหิตวิทยาในไก่เนื้อ รายงานผลการเสริมน้ำมันถั่วเหลืองต่อปริมาณไขมันในเลือด พบว่าระดับคอเลสเตอรอลอยู่ที่ 106.33 mg/dl. และมีค่าเฉลี่ยไตรกลีเซอไรด์ (TG) 1,526.7 mg/dl. และขัดแย้งกับ ธนเดช มหึเมือง และคณะ (2547) ที่ศึกษาการลดไขมันและคอเลสเตอรอลในไกเนื้อโดยเสริมไคโตซานในอาหาร พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 7 คอเลสเตอรอลในซีรั่มของไก่ทดลองมีค่า 102.92 mg/dl. ซึ่งน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และให้ค่าที่น้อยกว่าการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลือง สรุปได้ว่าการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองจึงไม่มีผลต่อปริมาณไขมันในเลือด แต่มีแนวโน้มไตรกลีเซอไรด์ (TG) ที่ลดลงซึ่งมีประโยชน์สำหรับหลอดเลือดแดงเพราะไตรกลีเซอไรด์ จึงเป็นดัชนีชี้วัดการลดความเสี่ยงในการเกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง เช่น โรคหลอดเลือดสมองหรือ หลอดเลือด หัวใจตีบ เป็นต้น และการเสริมถั่วเขียวส่งผลให้แนวโน้มค่า HDL สูงขึ้น ซึ่งเป็นไขมันที่มีความจำเป็นสำหรับเซลล์สมองและเซลล์ประสาท โดยคอเลสเตอรอลที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดคือ HDL ซึ่งมีประโยชน์สำหรับหลอดเลือดแดงเพราะจะป้องกัน ไม่ให้ไตรกลีเซอไรด์ และ LDL ไปพอกสะสมในหลอดเลือดแดง (มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตร และคณะ, 2561)

ตารางที่ 4.28 ต้นทุนการผลิตไก่เนื้อที่เสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์

กลุ่มทดลอง	น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น	FCR	ต้นทุนการผลิต ต่อตัว	ต้นทุนการผลิต ต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม
ไม่เสริม (0%)	879.17	4.08	40.18	57.12
เสริมถั่วเขียว (4%)	794.67	4.56	49.08	77.22
เสริมถั่วเหลือง (4%)	836.73	4.16	48.81	73.22

เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าอาหารอย่างเดียว โดยกำหนดราคาวัตถุดิบตามราคาเฉลี่ยในท้องตลาด ราคา 14 บาทต่อกิโลกรัม และราคาถั่วเขียวซีกและถั่วหลืองอยู่ที่กิโลกรัมละ 22 บาท และ 27 บาท ตามราคาตลาด ปรากฏว่า กลุ่มที่เสริมถั่วเขียวและกลุ่มที่เสริมถั่วเหลือง มีต้นทุนการผลิตเนื้อไก่เมื่อสิ้นสุดการทดลองสูงขึ้นจากกลุ่มที่ไม่เสริม 8.90 และ 8.63 บาท ดังนั้นการพิจารณาใช้ถั่วเขียว และถั่วเหลืองเสริมในอาหารไก่เนื้อจึงควรเลือกใช้เมื่อภาวะวัตถุดิบอื่นมีราคาสูง แต่ถ้าในภาวะวัตถุดิบอาหารสัตว์มีความผันผวนด้านราคาต่ำ การพิจารณาใช้ถั่วเขียวและถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบเสริมในอาหารไก่เนื้ออาจไม่เหมาะสม เนื่องจากก่อให้เกิดความไม่คุ้มทุนทางเศรษฐกิจ หรือควรมีการใช้เมื่อเกษตรกรมีการเพาะปลูกเพื่อเป็นอาหารสัตว์เองเพื่อการลดต้นทุนวัตถุดิบอาหารสัตว์

โครงการที่ 6 อาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นเพื่อเลี้ยงปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา

ผลของการปรับปรุงคุณลักษณะของขนไก่ป่นและโภชนะที่เป็นองค์ประกอบในขนไก่ป่น

โดยการนำขนไก่ดิบมาผ่านกระบวนการไฮโดรไลซ์โปรตีน ด้วยวิธีการดังนี้คือ หมักด้วยแกนสับปะรด, หมักด้วยเอนไซม์บรอมิเลนสกัดจากสับปะรด, หมักด้วยยางมะละกอจากเปลือกมะละกอดิบ และหมักด้วยเอนไซม์ปาเปนสกัดจากยางมะละกอ หลังจากนั้นนำไปตรวจวิเคราะห์ข้อมูลทางโภชนาการที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (proximate analysis) ได้แก่ค่า ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย แคลเซียม และฟอสฟอรัส ได้ผลการวิจัยดังแสดงค่าในตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 โภชนะที่เป็นองค์ประกอบในขนไก่ป่น

องค์ประกอบทางเคมี	ขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรด	ขนไก่ป่นหมักด้วยเอนไซม์บรอมิเลนสกัดจากสับปะรด	ขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือกมะละกอดิบ	ขนไก่ป่นหมักด้วยเอนไซม์ปาเปนสกัดจากมะละกอ
ความชื้น (%)	14.00	10.00	12.00	10.00
โปรตีน (%)	73.00	81.00	64.00	78.00
ไขมัน (%)	2.54	2.30	2.60	2.37
เยื่อใย (%)	1.72	1.58	1.76	1.61
แคลเซียม (%)	0.18	0.20	0.15	0.22
ฟอสฟอรัส (%)	0.72	0.75	0.69	0.80

4.2 การพัฒนาอาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นในการเลี้ยงปลาตะเพียนขาวรูปแบบกึ่งพัฒนา

จากการทดลองเลี้ยงปลาตะเพียนขาวในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนาด้วยอาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นหลากรูปแบบ ได้แก่ อาหารสมทบจากขนไก่ป่นที่หมักด้วยแกนสับปะรด อาหารสมทบจากขนไก่ป่นที่หมักด้วยยางมะละกอจากเปลือกมะละกอดิบ อาหารสมทบจากอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรดทดแทนปลาป่น และอาหารสมทบจากอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักด้วยยางมะละกอจากเปลือกมะละกอดิบทดแทนปลาป่น ทั้งนี้ปรตีนรวมในอาหารสมทบจากอาหารผสมสำเร็จเท่ากับ 28 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ทดลองเลี้ยงปลาตะเพียนขาว เป็นเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย ได้ผลการวิจัยดังแสดงค่าในตารางที่ 4.30 และ 4.31

ตารางที่ 4.30 ประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลา

รูปแบบของอาหารสมทบจากขนไก่ป่น	พารามิเตอร์			
	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัมต่อตัว)^{ns}	น้ำหนักสุดท้าย (กรัมต่อตัว)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัมต่อตัว) ^{ns}	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวัน (กรัมต่อตัวต่อวัน) ^{ns}
ไม่ให้อาหารสมทบ (ควบคุม)	35.20 ± 0.54	58.65 ± 0.59^{c}	23.45 ± 4.57^{c}	0.42 ± 0.07^{c}
ขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรด	35.24 ± 0.30	80.15 ± 0.64^{b}	44.91 ± 1.54^{b}	0.80 ± 0.13^{b}
ขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือกมะละกอดิบ	35.19 ± 0.45	78.79 ± 0.77^{b}	43.60 ± 1.71^{b}	0.78 ± 0.19^{b}
อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรดทดแทนปลาป่น	35.21 ± 0.23	95.22 ± 0.52^{a}	60.01 ± 2.36^{a}	1.07 ± 0.04^{a}
อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือกมะละกอดิบทดแทนปลาป่น	35.22 ± 0.35	94.71 ± 0.36^{a}	59.49 ± 1.95^{a}	1.06 ± 0.03^{a}
p-value	0.984	0.032	0.037	0.041

หมายเหตุ ns หมายถึง คุณลักษณะปรากฏที่มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันในแนวตั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และตัวอักษร a, b และ c แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวตั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการศึกษาผลของการใช้ขนไก่พื้นเมืองป่นรูปแบบต่าง ๆ เป็นอาหารสมทบในการเลี้ยงปลาตะเพียนขาวกึ่งพัฒนา หลังการทดลองพบว่า ค่าน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 35.20 ± 0.54, 35.24 ± 0.30, 35.19 ± 0.45, 35.21 ± 0.23 และ 35.22 ± 0.35 กรัมต่อตัว ค่าน้ำหนักสุดท้ายเท่ากับ 58.65 ± 0.59, 80.15 ± 0.64, 78.79 ± 0.77, 95.22 ± 0.52 และ 94.71 ± 0.36 กรัมต่อตัว ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 23.45 ± 4.57, 44.91 ± 1.54, 43.60 ± 1.71, 60.01 ± 0.2.36 และ 59.49 ± 1.95 กรัมต่อตัว ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันเท่ากับ 0.42 ± 0.07, 0.80 ± 0.13, 0.78 ± 0.19, 1.07 ± 0.04 และ 1.06 ± 0.03 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับชุดการทดลอง ซึ่งในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.31 ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ และอัตราการรอดตายของปลา

รูปแบบของอาหารสมทบจากขนไก่ป่น	**พารามิเตอร์**		
	ปริมาณอาหารที่กิน (กรัมต่อตัวต่อวัน)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์)
ไม่ให้อาหารสมทบ (ควบคุม)	-	-	73.33 ± 6.82[b]
ขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรด	5.68 ± 0.20[a]	3.20 ± 2.71[a]	96.67 ± 2.82[a]
ขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือกมะละกอดิบ	5.74 ± 0.14[a]	3.51 ± 1.18[a]	93.33 ± 3.00[a]
อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรดทดแทนปลาป่น	4.78 ± 0.10[b]	2.70 ± 0.11[b]	98.22 ± 2.00[a]
อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือกมะละกอดิบทดแทนปลาป่น	4.96 ± 0.10[b]	2.83 ± 0.21[b]	98.22 ± 2.00[a]
p-value	0.017	0.028	0.046

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b และ c แสดงค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแนวตั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการศึกษาผลของการใช้ขนไก่พื้นเมืองป่นรูปแบบต่าง ๆ เป็นอาหารสมทบในการเลี้ยงปลาตะเพียนขาวกึ่งพัฒนา หลังการทดลองพบว่า ค่าปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 5.68 ± 0.20, 5.74 ± 0.14, 4.78 ± 0.10 และ 4.96 ± 0.10 กรัมต่อตัวต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 3.20 ± 2.71, 3.51 ± 1.18, 2.70 ± 0.11 และ 2.83 ± 0.21 และค่าอัตราการรอดตายเท่ากับ 73.33 ± 6.82, 96.67± 3.00, 93.33 ± 2.00, 98.22 ± 2.00 และ 98.22 ± 2.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับชุดการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.3 ผลการศึกษาต้นทุน

จากการพัฒนาสูตรอาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นเพื่อเลี้ยงปลาตะเพียนขาวในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา มีผลต่อต้นทุนค่าอาหาร ดังแสดงค่าในตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 ต้นทุนการผลิตอาหาร

วัตถุดิบ (ราคา/บาท/กิโลกรัม)	**ราคาวัตถุดิบของอาหารสมทบ 4 สูตร**			
	ขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรด	**ขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือกมะละกอดิบ**	**อาหารผสมสำเร็จมีขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรด**	**อาหารผสมสำเร็จมีขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือกมะละกอดิบ**
ปลายข้าว	-	-	3.24	3.00
รำละเอียด	-	-	4.05	3.75
กากถั่วเหลือง 44%	-	-	5.94	6.82
น้ำมันพืช	-	-	2.00	2.00
ขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรด	4.50	-	4.50	-
ขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือกมะละกอดิบ	-	3.75	-	3.75
รวม	4.50	3.75	19.73	19.32
รวมราคา บาท/ 1 กิโลกรัม	4.50 บาท	3.75 บาท	19.73 บาท	19.32 บาท

จากการศึกษาต้นทุนค่าอาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นเพื่อเลี้ยงปลาตะเพียนขาว พบว่าต้นทุนอาหารทั้ง 4 สูตร เท่ากับ 4.50, 3.75, 19.73 และ 19.32 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับชุดการทดลอง ดังตารางข้างต้น ต้นทุนการผลิตอาหารสมทบที่เป็นอาหารผสมสำเร็จ มีวัตถุดิบอื่น ๆ เป็นส่วนผสมด้วย ซึ่งราคาของวัตถุดิบดังกล่าว ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ราคาขณะซื้อวัตถุดิบ การใช้อาหารสมทบสามารถเลือกประเภทของอาหารที่จะมาให้สมทบอาหารธรรมชาติภายในบ่อเลี้ยงปลาได้ขึ้นอยู่กับต้นทุนของผู้เลี้ยงปลา และความต้องการผลผลิต ทั้งนี้อาหารสมทบแหล่งโปรตีนที่ได้จากขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือกมะละกอดิบ มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด และอาหารสมทบจากอาหารผสมสำเร็จที่มีขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรดทดแทนปลาป่น มีต้นทุนค่าอาหารสูงที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

โครงการที่ 1 การออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง ผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

สรุปผลงานวิจัย

ในกระบวนการติดตามดูแลเลี้ยงไก่ไปจนถึงการคัดแยกขนาดไก่ ซึ่งจากเดิมใช้แรงงานคนในการเฝ้าติดตามดูแล ด้วยการสุ่มชั่งน้ำหนักและวัดความยาวลำตัวไก่ เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักเฉลี่ย และใช้วิธีการจดบันทึกแล้วจึงคัดแยกก่อนส่งออกจำหน่าย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ และประเมินระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ โดยการนำเทคนิคการประมวลผลภาพ (Image processing) และการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (computer vision) มาใช้ในกระบวนการติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองไปจนถึงการคัดแยกขนาดของไก่ ซึ่งระบบประกอบด้วยชุดประมวลผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ราสเบอร์รี่พาย กล้องตรวจจับภาพและวิดีโอ ในการสั่งงานและคสบคุมเซอร์โวมอเตอร์เพื่อเปิดปิดประตูชุดอุปกรณ์ของระบบจำแนกขนาดของไก่พื้นเมือง การพัฒนาระบบเริ่มจากขั้นตอนการเตรียมชุดข้อมูลภาพ (data set) โดยจัดเก็บและบันทึกผลภาพ และน้ำหนักของไก่พื้นเมืองแต่ละสัปดาห์ หลังจากนั้นนำไปประมวลผลภาพตามขั้นตอนได้แก่ การแปลงให้เป็นภาพระดับเทา การลดสัญญาณรบกวน การแยกส่วนภาพไก่ออกจากส่วนภาพอื่น ๆ ด้วย YOLOv8 SAM หลังจากนั้น นำมาประมวลผลเพื่อแยกพื้นหลังกำหนดค่าเทรชโฮลด์แบบโอตสึ (Otsu) และการหาขอบภาพ และทำการคำนวนพื้นที่ค่าพิกเซล (Calculate area of object) ภายในบริเวณขอบภาพของวัตถุเฉพาะส่วนลำตัวของไก่ เมื่อได้พื้นที่ของภาพและชุดข้อมูลน้ำหนักไก่ผู้วิจัยได้ทำการหาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล และนำไปสร้างโมเดลแบบ Linear Regression การประเมินความแม่นยำของชุดข้อมูลและสมการทำนายผล มีค่าความคลาดเคลื่อนของการทำนายผล (RMSE) =0.086 ค่าระดับความใกล้เคียงของผลการทำนายกับข้อมูลจริง (R-Squared)=0.830 และ ค่าระดับความแม่นยำโดยประมาณ 83.007% สมการทำนายผลคือ y= -0.38293+(0.00006)x

การทดสอบทำนายผลการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองเทียบกับน้ำหนักจริงมีค่า R^2 = 0.833 แสดงระดับความแม่นยำประมาณ 83.3 % การทดสอบการจำแนกขนาดไก่พื้นเมืองด้วยวิธีประมวลผลภาพ

โดยนำภาพอินพุตเข้าสู่โปรแกรมการประมวลผล เพื่อทำนายค่าน้ำหนักจากพื้นที่ในภาพเทียบกับค่าเทรชโฮลด์ของน้ำหนักคือ 0.623 กิโลกรัม เพื่อคัดแยกขนาดของไก่พื้นเมืองแบ่งเป็น 2 ระดับคือ ขนาดเล็ก (Small) และขนาดใหญ่ (Large) ซึ่งระบบสามารถจำแนกขนาดได้ถูกต้องทั้งหมดจากจำนวนทดสอบ 20 ภาพ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบคิดเป็น 100 % แสดงได้ว่าโมเดลการประมวลผลภาพที่สร้างขึ้นนี้สามารถใช้ในการจำแนกขนาดของไก่พื้นเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อภิปรายผล

จากการทดสอบทำนายผลการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองเทียบกับน้ำหนักจริงมีระดับความแม่นยำ 83.3% ซึ่งมีความแม่นยำในการทำนายค่าน้ำหนักสูงกว่าค่าที่ผู้วิจัยคาดหวังไว้ในสมมติฐานคือ 60% และมีผลการทดสอบการจำแนกขนาดไก่พื้นเมืองด้วยวิธีประมวลผลภาพ 2 ระดับ คือขนาดเล็ก (Small) และขนาดใหญ่ (Large) ซึ่งระบบสามารถจำแนกขนาดได้อย่างถูกต้อง 100 % โดยในการทดลองผู้ใช้อาจกำหนดค่าเทรชโฮลด์ของน้ำหนักเพื่อใช้แยกขนาดได้ตามความเหมาะสมของค่าเฉลี่ยน้ำหนักไก่ในการแต่ละสภาพแวดล้อมของการเลี้ยง ซึ่งในการทดสอบนี้ได้การกำหนดค่าน้ำหนักที่นำมาตัดสินใจระดับขนาดได้ค่อนข้างเหมาะสมทำให้สามารถแยกระดับขนาดได้อย่างถูกต้องเมื่อเทียบกับการแยกด้วยน้ำหนักจริง ถึงแม้การประมวลผลทำนายค่าน้ำหนักจากพื้นที่ภายในภาพถ่ายของไก่พื้นเมืองจะมีความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับน้ำหนักจริงอยู่เล็กน้อย การทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริประภา หวังชื่น และคณะ (2566) ซึ่งได้ทำการพัฒนาระบบการคัดแยกขนาดไข่ไก่ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพซึ่งใช้กล้องเว็บแคมร่วมกับชุดคำสั่ง OpenCV ในการถ่ายภาพไข่ไก่ที่ถูกวางคู่กับเหรียญสิบบาทบนพื้นผิวที่รองด้วยผ้าสีดำที่มีอัตราการสะท้อนแสงต่ำ เพื่อคัดแยกขนาดไข่ไก่ในระยะห่างที่เหมาะสมโดยคำนวณหาช่วงของค่าเฉลี่ยอัตราส่วนระหว่างขนาดพิกเซลของไข่แต่ละขนาดและเหรียญสิบบาท ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถคัดแยก ขนาดไข่ไก่ได้ 5 ขนาด คือ ไข่ไก่เบอร์ 0 ถึง 4 ในระยะ 60 ซม. ได้ถูกต้อง 100% ดังนั้นแสดงถึงการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพที่มีความแม่นยำ มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามดูแลการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่ต้องใช้ความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ รวมทั้งช่วยลดระยะเวลาในการคัดแยกขนาดของไก่เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้แก่เกษตรกรได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

ผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองสามารถกำหนดค่าเทรชโฮลด์ของน้ำหนัก โดยวิเคราะห์จากค่าน้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละช่วงอายุของไก่ เช่น หากต้องการคัดแยกขนาดในช่วงอายุมากกว่า 2 เดือนไปแล้วนั้น อาจจะต้องกำหนดค่าระดับขนาดให้สูงขึ้นไปด้วย เนื่องจากผู้วิจัยมีระยะเวลาในทำการเก็บข้อมูลช่วงเวลา 6 – 8 สัปดาห์ อาจทำให้การทำนายค่าน้ำหนักไก่ที่อายุมากกว่า 2 เดือนมีความคลาดเคลื่อนได้ ควรมีการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามสภาพแวดล้อมการเลี้ยงไก่ในแต่ละครั้ง และแต่ละชุดข้อมูลก่อนนำมาประยุกต์ใช้กับ ไก่พันธุ์เนื้อ หรือ ไก่ประเภทอื่นๆ ต่อไป

โครงการที่ 2 การออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่และการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริดเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานของชุมชน

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชุดจัดเก็บพลังงานสำหรับโรงเรือนเลี้ยงไก่และการพัฒนาสู่ระบบไมโครกริดเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานของชุมชนโดยในการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นโดยได้ใช้แผงขนาด 180W จำนวน 2 แผง รวมเป็น 360W ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบขนาดชาร์จเจอร์สำหรับประจุแบตเตอรี่อยู่ที่ 30A โดยขนาดของแบตเตอรี่อยู่ที่ขนาด 180Ah และขนาดของอินเวอเตอร์อยู่ที่ 1000W เพื่อรองรับโหลดในอนาคต ซึงปริมาณโหลดในการออกแบบในงานวิจัยนั้นได้ออกแบบสำหรับติดตั้งหลอดไฟให้ความสว่าง ความอบอุ่น และไล่แมลงสำหรับลูกไก่ โหลดโดยรวมอยู่ที่ 120W ซึ่งรูปแบบการใช้พลังงานจะอยู่ประมาณ 12 ชั่วโมงต่อวัน

ดังนั้นระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 360 W ขนาดเล็กนี้หากชุมชนใกล้เคียงมีการใช้อย่างแพรหลายนั้นสามารถที่จะสร้างและพัฒนาเป็นระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ไมโคกริดได้ ซึ่งรูปแบบกริดอย่างง่ายอาจออกแบบเป็นลักษณะแบบริงบัสได้ดังแสดงในรูปซึ่งในรูปได้ยกตัวอย่างการการวางแผนโครงสร้างกริดของชุมชนใกล้เคียงทั้งหมด 14 ครัวเรือนหรือเรียกว่า 14 สถานี ซึ่งแต่ละสถานีนั้นมีกำลังไฟฟ้าติดตั้งเพียง 360 W เท่านั้นดังนั้นพบว่ามีระบบไมโครกริดนี้จะมีกำลังไฟฟ้าติดตั้งทั้งหมดถึง 5,040W โดยขนาดกริดโดยรวมอยู่ที่ 321.45 เมตร โดยสมาชิกในกลุ่มนั้นสามารถวางแผนร้องขอใช้พลังงานกันได้ภายใต้การบริหารจัดการอย่างเหมาะสม

อภิปรายผล

ในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นั้นตัวแปรสำคัญอยู่ที่ปริมาณโหลดและรูปแบบการใช้พลังงานในแต่ละวันโดยในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบเฉพาะโหลดสำหรับหลอดไฟให้ความสว่าง ความอบอุ่น และไล่แมลงสำหรับลูกไก่เท่านั้น ซึ่งหากมีการขยายหรือใช้ปริมาณโหลดเพิ่มขึ้นก็สามารถใช้หลักการเดียวกันนี้นำไปคำนวณหาขนาด แบจเตอร์รี่ ชาร์จเจอร์ อินเวอร์เตอร์และขนาดแผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างเหมาะสม

สำหรับในการศึกษาเพื่อพัฒนาเป็นระบบผลิตไฟฟ้าแบบไมโครกริดนั้นในงานวิจัยได้ทำการศึกษาพื้นที่ชุมชนใกล้เคียงหากมีการติดตั้งโซลาร์เซลล์ซึ่งอาจเป็นขนาดเล็กเพียง 360W เท่านั้น หากสามารถรวมกลุ่มกันได้และเชื่อมต่อเป็นระบบกริดกำลังไฟฟ้าก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น แต่ถ้าหากสามารถรวมกันได้มากและแต่ละสถานีมีกำลังไฟฟ้ามากขึ้นก็จะได้ไมโครกริดที่มีกำลังผลิตสูงและที่สำคัญเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาฟรี และเป็นการสร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้กับชุมชุนได้อีกทาง

ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าไมโครกริดนั้นสิ่งสำคัญอีกอย่างก็คือระบบควบคุมการใช้พลังงานและระบบติดตามสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าซึ่งจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมอย่างเช่นระบบไอโอทีในการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าและรายงานผลผ่านมือถือหรือบนเว็บไซค์เพื่อให้มั่นใจถึงความสามารถในการผลิตไฟฟ้าและความเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า รวมถึงการจัดการบริหารการใช้โหลดเพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างกำลังผลิตและปริมาณโหลดในระบบ

โครงการที่ 3 ระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิจัยระบบตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อการวางแผนการจัดการด้านพลังงาน โดยวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้เพื่อออกแบบระบบตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟน และเพื่อออกแบบแผนการจัดการพลังงานสำหรับลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเกษตรผู้เลี้ยงไก่ อีกทั้งใช้เป็นต้นแบบในการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ระบบตรวจสอบการใช้พลังงานและสภาพแวดล้อมโรงเรือนเลี้ยงไก่แบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟนเพื่อพัฒนาสู่ระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยในการศึกษานั้นได้จากการดำเนินงานในการติดตั้งในสถานที่จริง ณ โรงเรือนของกลุ่มผู้เลี้ยงไก่ท่าพล โดยผลการทดสอบและประเมินผลประสิทธิภาพชุดควบคุมและติดตามสมรรถนะพบว่าค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ยการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 0.19% ค่ากระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 2.28% ค่าความชื้นอากาศอยู่ที่ 0.97% และอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ 2.24%

สำหรับผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าและสภาพแวดล้อมในโรงเรือนพบว่าเครื่องสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาซึ่งให้เห็นสภาพที่แท้จริงในการควบคุมเปิดปิดไฟฟ้าในการอนุบาลไก่เพื่อให้เกิดการประหยัดและใช้พลังงานให้เหมาะสมกับสภาพที่แท้จริง

อภิปรายผล

ผลการศึกษาในส่วนของประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องในส่วนของความแม่นยำในการวัดค่าและแสดงผลพบว่ายังมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่ การเชื่อมต่อและความยาวของสายสัญญาณซึ่งส่งผลให้มีความต้านทานแฝงในวงจรไฟฟ้าในการตรวจวัดก็อาจเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านค่าได้

สำหรับผลการจัดการพลังงานนั้นในงานวิจัยนี้เป็นการพิจารณาในการควบคุมสำหรับโรงเรือนอนุบาลลูกไก่เท่านั้นซึ่งหากเป็นโรงเรือนไก่รุ่นหรือชนิดอื่นอาจจะต้องมีการพิจารณาข้อจำกัดหรือข้อกำหนดในการเลี้ยงไก่ให้เหมาะสมกับประเภทและอายุไก่ที่เลี้ยง

ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะในส่วนของการปรับปรุงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการแสดงผลนั้นควรออกแบบตำแหน่งชุดควบคุมและตำแหน่งจุดให้มีความเหมาะสมเพื่อให้มีการใช้สายสัญญาณที่มีความยาวและขนาดที่เหมาะสมเพื่อลดความต้านแฝงให้ได้มากที่สุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ

นอกจากนี้ ในการทำงานจริงพบว่ามีปัญหาในด้านความเสถียรของสัญญาณอินเตอร์เน็ตนั้นควรมีการสำรวจเครือข่ายที่สามารถทำงานได้ดีในพื้นที่ เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบให้ได้ดียิ่งขึ้น

โครงการที่ 4 การส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสู่มาตรฐานความปลอดภัยทางด้านอาหารแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดเพชรบูรณ์

สรุปผลการวิจัย

เกษตรกรผู้เลี้ยงพื้นเมืองในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 69) มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 31) จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 64) มีประสบกา รณ?การเลี้ยงไก่พื้นเมือง 1-5 ปี (ร้อยละ 61) ใช้พื้นที่ในการเลี้ยงไก่ 100-200 ตารางวา (ร้อยละ 49) เกษตรกรมีสมาชิกในครัวเรือน 1-4 คน (ร้อยละ 74) มีวัตถุประสงค์การเลี้ยงเพื่อเป็นอาชีพเสริม (ร้อย ละ 96) โดยเลี้ยงแบบอิสระ(ร้อยละ 98) เพื่อการบริโภคเป็นหลัก (ร้อยละ 84) สายพันธุ์ที่เลี้ยงส่วน ใหญ่คือไก่พันธุ์พื้นเมือง (ร้อยละ 96) มีการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์เพื่อผลิตลูกไว้เลี้ยงเองในฟาร์มเป็น ลักษณะฟาร์มครบวงจร (ร้อยละ 54) ลักษณะการเลี้ยงส่วนมากเป็นการเลี้ยงปล่อยธรรมชาติ (ร้อย ละ 59) รองลงมาคือการเลี้ยงแบบขังในโรงเรือน (ร้อยละ 23) โดยลักษณะโรงเรือนที่เลี้ยงเป็นแบบ เพิงหมาแหงน (ร้อยละ 66) ซึ่งใช้โครงสร้างเป็นไม้ (ร้อยละ 91) และใช้ตาข่ายลวดหรือพลาสติกกั้น เป็นผนังโรงเรือน (ร้อยละ 43)

การจัดการด้านอาหารส่วนมากเกษตรกรจะผสมอาหารเอง (ร้อยละ 81-90) โดยผสมกับ อาหารสำเร็จรูปหรือใช้ธัญพืชและวัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่นเป็นอาหารไก่พื้นเมือง ส่วนการให้น้ำ ส่วนมากจะไม่มีการผสมวิตามินลงในน้ำกิน (ร้อยละ 82) ใช้น้ำประปาเป็นแหล่งน้ำที่ใช้เลี้ยงไก่ (ร้อย ละ 53)

ด้านการจัดการสุขภาพไก่พื้นเมือง เกษตรกรไม่นิยมทำวัคซีน (ร้อยละ 83) และไม่มีระบบฆ่า เชื้อโรค (ร้อยละ 89) กรณีเป็นโรคจึงมักจะไม่มีการใช้ยา (ร้อยละ 60) แต่กลุ่มที่มีการใช้ยาอยู่บ้างส่วน ใหญ่จะใช้ยารักษาระบบทางเดินหายใจ (ร้อยละ 12) เกษตรกรมีการใช้สมุนไพร (ร้อยละ 24) โดย ลำดับตามความนิยม ได้แก่ บอระเพ็ด (ร้อยละ 8) ฟ้าทะลายโจร (ร้อยละ 7) กะเพรา (ร้อยละ 5) ตะไคร้ (ร้อยละ 4) กล้วยน้ำว้า (ร้อยละ 3) ส่วนข้อมูลการเกิดโรคระบาดส่วนมากไม่เคยเกิดโรค ระบาด (ร้อยละ 73) หากมีสัตว์ตายใช้วิธีกำจัดซากโดยการขุดหลุมฝัง (ร้อยละ 91) ฤดูที่ไก่พื้นเมือง มักเกิดโรคบ่อยๆ คือ ฤดูฝน (ร้อยละ 67) เกษตรกรที่มีคู่มือบันทึกการจัดการฟาร์มมีเพียงร้อยละ 7 ส่วนใหญ่จึงไม่มีคู่มือการจัดการฟาร์ม (ร้อยละ 93) ด้านการจำหน่ายไก่พื้นเมือง เกษตรกรมักจะขาย ไก่พื้นเมืองโดยคิดราคาตามน้ำหนักตัว (ร้อยละ 76) และราคาที่ขายได้อยู่ระหว่า 80-90 บาทต่อ กิโลกรัม

จากข้อมูลที่ได้จากการวิจัย พบว่าฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม หรือฟาร์ม GFM (GOOD FARMING MANAGEMENT) ซึ่งมีร้อยละ 7 จากข้อมูลเกษตรกรทั้งหมด ดำเนินการส่งเสริมและพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง โดยการถ่ายทอดองค์ความรู้ให้เกษตรกรมีความพร้อมในการปรับปรุงฟาร์มให้เป็นฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม มีหัวข้อดังนี้ 1) การจัดการฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงที่เหมาะสม Good farming management (GFM) 2) การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมืองแบบเลี้ยงปล่อย 3) ความรู้การทำวัคซีนป้องกันโรคในสัตว์ปีก 3) การวางแผนเตรียมความพร้อมการตรวจประเมินและการออกใบรับรองฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม (GFM) 4) องค์ความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมือง เทคโนโลยีและนวัตกรรมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองสมัยใหม่ 5) องค์ความรู้ระบบการจัดการโรงเรือน วัสดุอุปกรณ์ และอาหารที่เลี้ยงไก่ที่มีคุณภาพในชุมชน

ข้อเสนอแนะ

เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ ส่วนมากเป็นเกษตรกรรายย่อย การส่งเสริมระบบการเลี้ยงให้เข้าสู่ระบบฟาร์มที่มีระบบการป้องกันโรคและการเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสม Good farming management (GFM) จึงควรมีการคัดเลือกเกษตรกรที่มีความพร้อม และความจำเป็นในด้านอาชีพของเกษตรกร เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่เกษตรกร และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานระหว่างหน่วยงานภาครัฐ เช่น ความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยกับกรมปศุสัตว์ สำนักงานปศุสัตว์เขต สำนักงานปศุสัตว์อำเภอ ด้านวิชาการ การพัฒนาและยกระดับฟาร์มเกษตรกรเข้าสู่มาตรฐานฟาร์ม และการสนับสนุนด้านการป้องกันรักษาและควบคุมโรค จะช่วยยกระดับฟาร์มของเกษตรกรให้มีความปลอดภัยต่อสัตว์และเกษตรกรสูงขึ้น สร้างความมั่นใจต่อผู้บริโภค เพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางการตลาดในระดับที่สูงขึ้น

โครงการที่ 5 การเสริมเมล็ดธัญพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองสมรรถภาพการผลิตไก่พื้นเมืองที่ได้รับการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยคุณภาพซากโดยรวม ทั้งเปอร์เซ็นต์ซากหลังฆ่า และเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่ง (P>0.05) อาจเป็นผลจากการใช้ถั่วเขียวและถั่วเหลืองในรูปเมล็ดแห้งที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้สุก มีสารต้านโภชนะ (anti-nutritional factors; ANFs) ที่เป็นสารประกอบของโปรตีนที่พบในพืช ซึ่งเป็นตัวจำกัดการใช้ประโยชน์ของโภชนะที่อยู่ในพืช จึงส่งผลให้เอนไซม์ในทางเดินอาหารทำการย่อยอาหารได้น้อยลงจึงมีสารอาหารถูกดูดซึมลดลง (Choct, 1997) ส่วนผลต่อปริมาณค่าไขมันในเลือด พบว่าการเสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหารที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลต่อค่าปริมาณไขมันในเลือดทั้งหมด ซึ่งได้แก่ ค่าเฉลี่ยคลอเลสเตอรอล (Cholesterol) ค่าเฉลี่ยไตรกลีเซอไรด์ (TG) ค่าเฉลี่ยเอชดีแอล (HDL) และค่าเฉลี่ยแอลดีแอล (LDL) โดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) ด้านต้นทุนการผลิตไก่เนื้อที่เสริมถั่วเขียวและถั่วเหลืองในอาหาร ส่งผลให้ต้นทุนในการเลี้ยงเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

ข้อเสนอแนะ

การใช้ถั่วเขียวและถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบเสริมในอาหารไก่เนื้อ ไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) และค่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในเลือด (P>0.05) ดังนั้น เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจอาจไม่เหมาะสมหากเกษตรกรต้องซื้อมาใช้ แต่ถ้าหากเกษตรกรในพื้นที่มีอาชีพปลูกถั่วเขียวหรือถั่วเหลือง และมีส่วนเหลือทิ้งจากการขายจะสามารถนำมาเสริมในอาหารสัตว์ได้ ซึ่งจะเป็นการประหยัดต้นทุนค่าอาหาร

โครงการที่ 6 อาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นเพื่อเลี้ยงปลากินพืชในรูปแบบการเลี้ยงกึ่งพัฒนา

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลของการปรับปรุงคุณลักษณะและโภชนะที่เป็นองค์ประกอบในขนไก่ป่น

พบว่า องค์ประกอบทางเคมีในขนไก่พื้นเมืองป่น ทั้งรูปแบบที่หมักด้วยแกนสับปะรด หมักด้วยเอนไซม์บรอมิเลนสกัดจากสับปะรด หมักด้วยยางมะละกอจากเปลือกมะละกอดิบ และหมักด้วยเอนไซม์ปาเปนสกัดจากยางมะละกอ มีค่าความชื้นเท่ากับ 14, 10, 12 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณโปรตีนเท่ากับ 73, 81, 64 และ 78 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณไขมันเท่ากับ 2.54, 2.30, 2.60 และ 2.37 เปอร์เซ็นต์ ค่าปริมาณเยื่อใยเท่ากับ 1.72, 1.58, 1.76 และ 1.61 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 0.18, 0.20, 0.15 และ 0.22 เปอร์เซ็นต์ และค่าปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.72, 0.75, 0.69 และ 0.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้เอนไซม์สกัดที่มีความเข้มข้นของเอนไซม์สูงกว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลาย หรือไฮโดรไลซิสโปรตีนได้ดีกว่าเอนไซม์จากธรรมชาติ คือ แกนสับปะรด และเปลือกของมะละกอผลดิบ และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการรายงานค่าองค์ประกอบทางเคมีในขนไก่ป่น พบว่า คุณสมบัติและโภชนะที่เป็นองค์ประกอบในขนไก่พื้นเมืองป่นจากการทดลอง มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่มีรายงาน ดังรายงานการศึกษาของ วิมล จันทรโรทัย (2537) ที่รายงานค่าองค์ประกอบทางเคมีของขนไก่ป่น ดังนี้คือ มีความชื้น 8.10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน 84.20 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.80 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 1.00 เปอร์เซ็นต์ และรายงานการศึกษาของ อุทัย คันโธ (2529) รายงานค่าองค์ประกอบทางเคมีของขนไก่ป่น ดังนี้คือ มีความชื้น 10.00 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน 83.50 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 2.50 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 1.50 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.20 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 0.75 เปอร์เซ็นต์ ฉะนั้นสามารถใช้เอนไซม์บรอมิเลนและปาเปน เพื่อปรับปรุงคุณลักษณะของขนไก่ป่นได้ทั้งรูปแบบเอนไซม์ธรรมชาติและเอนไซม์สกัด หากต้องการลดต้นทุนแนะนำให้ใช้แกนสับปะรด ที่เป็นเศษเหลือทิ้ง มีต้นทุนต่ำ และให้โภชนะที่ครบถ้วนและมีปริมาณที่ใกล้เคียงกับการใช้เอนไซม์สกัด

การพัฒนาอาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นในการเลี้ยงปลาตะเพียนขาวรูปแบบกึ่งพัฒนา

พบว่า ปลาตะเพียนขาวที่ได้รับอาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นในรูปแบบที่แตกต่างกัน คือ ไม่ให้อาหารสมทบ ให้ขนไก่ป่นที่หมักด้วยแกนสับปะรดเป็นอาหารสมทบ ให้ขนไก่ป่นที่หมักด้วย

เปลือกมะละกอดิบเป็นาหารสมทบ ให้อาหารผสมสำเร็จที่มีการใช้ขนไก่ป่นที่หมักด้วยแกนสับปะรดทดแทนปลาป่นเป็นอาหารสมทบ และให้อาหารผสมสำเร็จที่มีการใช้ขนไก่ป่นที่หมักด้วยเปลือกมะละกอดิบทดแทนปลาป่นเป็นอาหารสมทบ มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของปลา โดยส่งผลให้ค่าน้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตาย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)โดยปลาตะเพียนขาวที่ได้รับอาหารสมทบในทุกรูปแบบมีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาที่ดีกว่าปลาที่ไม่ได้รับอาหารสมทบ (ชุดควบคุม) และอาหารสมทบที่อยู่ในรูปแบบอาหารผสมสำเร็จมีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาที่ดีกว่าปลากลุ่มที่ได้รับอาหารสมทบเป็นขนไก่ป่นเพียงอย่างเดียว เนื่องจากอาหารผสมสำเร็จมาจากการผสมวัตถุดิบที่หลากหลายครบถ้วนกว่าขนไก่ป่นเพียงอย่างเดียว จึงทำให้มีความหลากหลายทางโภชนาการ และการเจริญเติบโตของปลาเกิดจากการได้รับพลังงาน ซึ่งปลาได้รับพลังงานจากอาหารที่กินเข้าไป โดยอาหารประกอบไปด้วยสารอาหารหลัก คือ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน แร่ธาตุ และน้ำ ที่เป็นส่วนสำคัญในการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต และการสืบพันธุ์เพิ่มผลผลิตของปลา ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตของปลาแต่ละชนิด แต่ละขนาด มีความแตกต่างกัน ทราบได้โดยการผลิตอาหารให้มีระดับพลังงานแตกต่างกันไป แล้วนำมาให้ปลากินในระยะเวลา 2-3 เดือน สังเกตการเจริญเติบโต โดยอาหารที่มีสัดส่วนของพลังงานและโปรตีนที่เหมาะสม จะทำให้ปลามีการเจริญเติบโตเร็วที่สุด จึงทำให้การผลิตอาหารปลาในปัจจุบัน ได้เริ่มพิจารณาถึงสัดส่วนของพลังงานที่ย่อยได้ต่อกรัมโปรตีน ซึ่งหมายถึง ปลาที่ได้รับปริมาณโปรตีนเพียงพอแก่ความต้องการ ควรมีพลังงานที่ย่อยได้จากโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เพียงพอแก่ความต้องการ (นฤมล อัศวเกศมณี, 2557) และการใช้ประโยชน์จากขนไก่พื้นเมืองป่นทดแทนปลาป่นที่มีราคาแพงในสูตรอาหาร เพื่อลดต้นทุนการผลิตอาหาร ทั้งนี้ใช้ขนไก่พื้นเมืองป่นทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาตะเพียนขาว สอดคล้องกับงานวิจัยของเอก รักยุติธรรมกุล (2548) ที่ได้ศึกษาการใช้ขนไก่ป่นหมักทดแทนปลาป่นในอาหาร โดยทดลองในปลานิลและปลาดุกลูกผสม ต่อผลการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จากอาหารของปลา โดยที่มีโปรตีนและพลังงานสุทธิในอาหารเท่ากัน (30% และ 400 kcal/100 g diet) อาหารสูตรที่ 1 ใช้ปลาป่น 100% เพื่อเป็นอาหารชุดควบคุม สูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ใช้ขนไก่ป่นหมักแทนปลาป่น 25%, 50%, 75% และ 100% ตามลำดับ

ผลการศึกษาต้นทุน

พบว่า จากการศึกษาต้นทุนค่าอาหารสมทบจากขนไก่พื้นเมืองป่นในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ อาหารสมทบจากขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรด อาหารสมทบจากขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือก

มะละกอดิบ อาหารสมทบจากอาหารผสมสำเร็จมีขนไก่ป่นหมักด้วยแกนสับปะรดทดแทนปลาป่น และอาหารสมทบจากอาหารผสมสำเร็จมีขนไก่ป่นหมักด้วยเปลือกมะละกอดิบทดแทนปลาป่น อาหารสมทบแต่ละสูตรมีต้นทุนค่าอาหารเท่ากับ 4.50, 3.75, 19.73 และ 19.32 บาท ตามลำดับ ซึ่งสูตรที่ 1 และ 2 มีส่วนผสมน้อย เป็นเพียงขนไก่ป่นเพียงอย่างเดียว จึงมีต้นทุนค่าอาหารที่ต่ำมาก สามารถใช้เป็นอาหารสมทบแหล่งโปรตีนในการเลี้ยงปลาตะเพียนขาวในรูปแบบกึ่งพัฒนาได้ เนื่องจากเป็นรูปแบบการเลี้ยงที่ลงทุนต่ำ ไม่เน้นผลผลิตมากนัก หากต้องการเพิ่มผลผลิต และต้องการลดระยะเวลาในการเลี้ยงลง สามารถใช้อาหารผสมสำเร็จที่มีส่วนประกอบเป็นขนไก่ป่นเป็นอาหารสมทบในการเลี้ยงปลาตะเพียนขาวแบบกึ่งพัฒนาได้ ถือได้ว่าเป็นอาหารสมทบที่มีโภชนะครบถ้วน ทำให้ปลาโตเร็วขึ้น โดยมีต้นทุนค่าอาหารที่ต่ำ ฉะนั้นการใช้ขนไก่พื้นเมืองป่นเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำ สามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำได้ เช่นเดียวกับ เอก รักยุติธรรมกุล (2548) ที่พบว่า การใช้ขนไก่ป่นหมักที่ 25% แทนที่ปลาป่นในสูตรอาหารปลานิลและปลาดุก โดยมีอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมมากที่สุด และจะลดต้นทุนในการผลิตอาหารทดลองได้ 0.71 และ 0.81 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และการขนไก่ป่นหมักที่ 50% สามารถลดต้นทุนค่าอาหารปลาได้มากที่สุด โดยไม่ทำให้อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารแตกต่างจากกลุ่มควบคุม

สรุปผลการวิจัย

การใช้ขนไก่พื้นเมืองป่นเป็นอาหารสมทบในการเลี้ยงปลาตะเพียนขาวแบบกึ่งพัฒนา มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของปลาที่ดีกว่าการไม่ให้อาหารสมทบ และอาหารสมทบในรูปแบบอาหารผสมสำเร็จให้ผลดีกว่าอาหารสมทบประเภทแหล่งโปรตีนเพียงอย่างเดียว การใช้ขนไก่พื้นเมืองป่นเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำ ยังช่วยลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำได้

ข้อเสนอแนะ

แกนสับปะรด และเปลือกมะละกอ เป็นวัตถุดิบที่มีความชื้น ต้องทำให้แห้งสนิท และควรระมัดระวังในการเก็บรักษา ไม่ให้เกิดเชื้อราในอาหาร

ควรวางแผนการดำเนินการทดลองให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการกินอาหารของปลากับช่วงฤดูกาล

บรรณานุกรม

กรมปศุสัตว์. 2559. **คู่มือการเลี้ยงไก่พื้นเมืองกรมปศุสัตว์ระบบปล่อยอิสระและอินทรีย์.** สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์.

กรมปศุสัตว์. 2561. แหล่งที่มา: http://pvlopic.dld.go.th/th1/files/2561/GFM/ppt_GFM.pdf

เกรียงไกร โชประการ, วัชรพงษ์ วัฒนกูล, กิตติ วงส์วิเชษฐ และ วรพงษ์ สุริยจันทราทอง. 2543. **ไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมืองอดีตและปัจจุบัน.** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. อุบลราชธานี. กรุงเทพฯ. 88 น.

คำพัน ปัญญา. 2563. **ผลของการใช้ถั่วเหลืองอินทรีย์หมักในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ค่าโลหิตวิทยา คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

จารุพันธ์ ทองแถม. 2536. **สับปะรด**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จารุรัตน์ เศรษฐภักดี. 2528. **อาหารสัตว์เศรษฐกิจ.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 264.

จินตนา อุปดิสสกุล, อรอนงค์ นัยวิกุล และ สมชาย ประภาวัต. 2538. **การใช้ประโยชน์ของถั่วเขียว.** น. 348-363. *ใน* รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการงานวิจัยถั่วเขียว ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จิรวดี บางเพียรดี, สุนันท์ สีสังข์ และมณฑิชา พุทธซาคำ. 2563. **การเลี้ยงไก่เนื้อตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกร จังหวัดกาญจนบุรี**. *ใน* การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 10. 27 พฤศจิกายน 2563. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.

เจนรงค์ คำมงคุณ, สุนีย์ ตรีมณี, ไชยวัฒน์ ภิญโญเทพประทาน, ภูรี วีระสมิทธิ์, ฐาปนี สมเวช, ดรุณี โสภา, ธีระชัย ช่อไม้, บุญศักดิ์ เกลียวกมลทัต, สหัทยา ทรัพย์รอด, จิรวรรณ จุ้ยวัดเลา และ อำนวย เลี้ยวธารากุล. 2559. **คู่มือการเลี้ยงไก่พื้นเมืองกรมปศุสัตว์ระบบปล่อยอิสระและอินทรีย์.** สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์.

เฉลิมชัย หอมตา. 2563. **การศึกษาสภาพการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชของเครือข่ายเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อโคราช**. รายงานวิจัยสถาบัน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ชัยยุทธ ดวงเดือน, มนต์ชัย ดวงจินดา, สุภร กตเวทิน และวรพล เองวานิช. 2550. ผลของภาวะเครียดเนื่องจากความร้อนต่อสมรรถนะการผลิตและการตอบสนองทางสรีรวิทยาไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ชีและไก่เนื้อ. **วารสารสัตวแพทย์** 17: 122-133.

ณัฐชนก อมรเทวภัทร, ยุวเรศ เรืองพานิช, เสกสม อาตมางกูร, สุกัญญา รัตนทับทิมทอง และภัทราพรรณ ร่งเจริญ. 2551. **การใช้ประโยชน์ของกากถั่วเขียวในการนำมาเป็นอาหารไก่เนื้อ ไก่ไข่ และสุกร.** รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดนัยศักดิ์ เย็นใจ และ ศิรพงศ์ มาสำราญ. 2563. **ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ไก่พื้นเมืองจังหวัดระยอง.** เอกสารทางวิชาการ. สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดระยอง. แหล่งที่มา: https://pvlo-ray.dld.go.th/webnew/index.php/en/news-menu/research/1252-research-01., 5 มกราคม 2567.

ไทยเกษตรศาสตร์. 2556. **การเพาะเลี้ยงปลาตะเพียนขาว**. [online]. การทำประมง. แหล่งที่เข้าถึง https://www.thaikasetsart.com/การเพาะเลี้ยงปลาตะเพียนขาว/ [22 สิงหาคม 2566]

ธนเดช มหีเมือง, สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์, บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2547. **การลดไขมันและคอเลสเตอรอลในไก่เนื้อโดยเสริมไคโตซานในอาหาร.** *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42: สาขาสัตว์ สาขาสัตวแพทยศาสตร์. หน้า 244-252 (466 หน้า)

ธนพัฒน์ สุระนรากุล และ ราชันทร์ บัวบาน. 2555. ผลการเสริมถั่วกัวร์มิลล์ (50 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่เนื้อ. **แก่นเกษตร** 40 (พิเศษ 2): 257-261.

นพวรรณ ไชยานุกูลกิตติ และ เสาวคนธ์ โรจนสถิต. ม.ป.ป. **อาหารไก่พื้นเมือง.** กลุ่มงานวิจัยอาหารสัตว์ กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์.

นฤมล อัศวเกศมณี. 2557. **โภชนศาสตร์และการให้อาหารปลา**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 280 น.

นิติญา โพธิ์เหลือง. 2552. **ผลของถั่วเหลืองงอกในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของวัตถุที่สามารถเชื่อมต่อระบบ IoT (https://www.depa.or.th/th/article-view/tech-series-internet-things-iots)

ประภากร ธาราฉาย. 2552. **การผลิตสัตว์ปีก**: การเลี้ยงและการจัดการไก่กระทง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.as.mju.ac.th/E-Book/t_prapakorn/สศ241/การเลี้ยงและการจัดการไก่กระทง.pdf.

ประภากร ธาราฉาย. 2560. **การเลี้ยงไก่พื้นเมือง.** เอกสารประกอบการเรียนการสอน รายวิชาการผลิตสัตว์ปีก. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. 2529. **ตำราวิทยาศาสตร์สมุนไพร**. ศูนย์การพิมพ์พลชัย, กรุงเทพฯ.

พรพิมล ใจไหว, สุพล ปานพาน และ อมรรัตน์ วรรณโชติ. 2556. **การศึกษาระบบการเลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่เป็นอาชีพที่ยั่งยืนของกลุ่มเกษตรกร จังหวัดเชียงราย.** รายงานวิจัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2539. **หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2. หลักโภชนศาสตรและการประยุกต์**.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2547. **หลักการอาหารสัตว์**: หลักโภชนศาสตร์ประยุกต์ (เล่มที่ 2). โอ.เอส.พริ้นดิ้งเฮาส์. กรุงเทพฯ. 611 หน้า.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ม.ป.ป. **ความปลอดภัยทางอาหาร.** ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. แหล่งที่มา: https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0334/food-safety-%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B8%AD%E0%B8%94%E0%B8%A0%E0%B8%B1%E0%B8%A2%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A3., 4 มกราคม 2567.

พุทธพร พุ่มโรจน์, นางสาวนิชนันท์ ชูเกิด และ นายสุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์. 2562. **การใชกากถั่วเขียวในอาหารไกเนื้อตอสมรรถนะการผลิต คาการยอยได คุณภาพซาก และลักษณะจุลกายวิภาคของลำไส.** รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏจอมบึง.

ภัทราพรรณ รุ่งเจริญ, ณัฐชนก อมรเทวภัทร, ยุวเรศ เรืองพานิช, เสกสม อาตมางกูร และ สุกัญญา รัตนทับทิมทอง. 2553. การใช้ประโยชน์รำถั่วเขียวในอาหารไก่เนื้อ, น. 117-125. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 (สาขาสัตว์).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มานะ สุภาดี, สุรัตน์ บุญยวง, ฐานิศวร์ ชิตธนาเศรษฐ์, สนทยา มูลศรีแก้ว, ชูศักดิ์ พูลมา และ อติชาติ ภูมิวณิชชา. 2556. **การใช้ถั่วเหลืองไขมันเต็มทดแทนปลาป่นในสูตรอาหารไก่เนื้อ.** รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

มาริษา จันทอง, กมลรัตน์ ศรีอินคำ, กุญช์สุวัชร์ ทองจันทร์มณี, วิโรจน์ ลิขิตตระกูลวงศ์ และสุภาวดี แหยมคง. 2559. **การศึกษาสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรรายย่อยในอำเภอ**

เมืองและอำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก. *ใน* การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ไมโครกริด. (https://thai-smartgrid.com/tech-basic-related-smartgrid/microgrid/)

รูปแบบการผลิตไฟฟ้าด้วยโซล่าเซลล์. (https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-format/310-solarcell-overview)

วัชระ แลน้อย, วีรพงษ์กันแก้ว, กฤตภาค บูรณวิทย์, และ บรรจง อาจคำ. 2559. ระบบการเลี้ยงและศักยภาพในการผลิตไก่พื้นเมืองของเกษตรกรในจังหวัดพะเยา. **วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต** 4(1): 137–145.

วิจิตร จิตอารี. 2562. **การศึกษาสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองและความต้องการส่งเสริมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรในจังหวัดลำปาง.** เอกสารวิชาการ. สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดระยอง. แหล่งที่มา: https://region2.dld.go.th/webnew/images/GM_2562/DOC/2563-04/6304131.pdf., 10 ธันวาคม 2566.

วิมล จันทรโรทัย, ประเสริฐ สีตะสิตะธิ์, ศิริมล ชุ่มสูงเนิน และสมฤกษ์ ชินมุข. 2535. **อาหารที่ระดับโปรตีนต่างกันแต่พลังงานคงที่ต่อการเจริญเติบโตและไขมันสะสมในปลาสวยงาม**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 124. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง.

วิมล จันทรโรทัย. 2537. **อาหารและการให้อาหารสัตว์น้ำ**. กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ศรีสกุล วรจันทรา และรณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2539. **โภชนศาสตร์สัตว์**. สำนักพิมพ์โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

ศรีสุดา ศิริเหล่าไพศาล, พงศธร กุนัน, ไพวัลย์ ปัญญาแก้ว และ ธัชเวชช์ กมิประสิทธิ์. 2561. ผลของแหล่งไขมันต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต คอเลสเตอรอลในเลือด และค่าโลหิตวิทยาในไก่เนื้อ. **วารสารเกษตร** 34(1): 135 – 145.

สาคร ศรีมุข. 2564. **ความปลอดภัยด้านอาหารของประเทศไทย.** เอกสารวิชาการ สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา. แหล่งที่มา: https://www.senate.go.th/assets/portals/1/news/7576/2_%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B9%87%E0%B8%A1%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A100103664.doc.pdf., 2 มกราคม 2567.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2560ก. **การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่เนื้อ.** มกษ. 6901-2560.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2560ข. **การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับเกษตรเลี้ยงไก่พื้นเมืองแบบปล่อย.** มกษ. 6914-2560.

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง. 2549. **การเพาะเลี้ยงปลาตะเพียนขาว**. เอกสารเผยแพร่. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

สำราญ กาสีทรงเดช, จุฬากร ปานะถึก, ทองเลียน บัวจุม และ บัวเรียม มณีวรรณ์. 2564. ผลของการทดแทนถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกด้วยถั่วเหลืองอินทรีย์ต้มสุกหมักในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และคุณภาพเนื้อของไก่ลูกผสมพื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ (9-13 สัปดาห์). **แก่นเกษตร** 49 (3): 711-720.

สุจิตรา สราวิช, วรวิทย์ รักสงฆ์, จิรศักดิ์ ศรีเมฆารัตน์, จิระพันธ์ ห้วยแสน, และ กมลพร กำขันตี. 2557. การพัฒนาฝูงพ่อแม่พันธุ์ไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ชีด้วยดัชนีการคัดเลือก. **วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล**.**

สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์, บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ ไพฑูรย์ พาสพิษณุ. 2541. การใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านกรรมวิธีอย่างง่ายเป็นอาหารไก่เนื้อ, น. 76-91. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุชาติ แย้มเม่น ณรงค์ฤทธิ์ พิมพ์คำวงศ์ และโชคชรัตน์ ฤทธิ์เย็น. 2559. ***การจำแนกประเภทข้าวขาวด้วยการประมวลผลภาพ.*** วารสารวิชาการและวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 10(1), 1-14.

สุทธิศักดิ์ นพวิญญูวงศ์ และ วราภรณ์ ศุกลพงศ์. 2537. พยาธิภายนอกในไก่. **วารสารสัตวแพทย์**. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีที่ 4 ฉบับที่ 1. สำนักควบคุม ป้องกันและบำบัดโรค กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุพจน์ รอดดำเนิน. 2542. **การเลี้ยงไก่พื้นเมือง**. อักษรสยามการพิมพ์. น. 35-37.

สุพล ปานพาน, พรพิมล บถญวงค์ และ ไชยนิรันดร์ สุนันต๊ะ. 2560. **ผลการพัฒนาการเลี้ยงไก่ประดู่หางดำสู่การเลี้ยงระบบอินทรีย์ของเกษตรกรรายย่อย จังหวัดเชียงราย.** รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

สุภาวดี แหยมคง, ประภาศิริ ใจผ่อง, พิมพ์ชนก พริกบุญจันทร์, พนธกร มันเชษฐ, อุษณีย์ภรณ์ สร้อยเพ็ชร์, ทศพร อินเจริญ, ศิริกานดา แหยมคง, สยาม เจติยานนท์ และ ประเดิม เมืองมูล. 2566. สภาพการเลี้ยงและทัศนคติต่อการรับรองมาตรฐานฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ดำเซิงหวายจังหวัดพิษณุโลก. **วารสารแก่นเกษตร** 1: 377-384.

สุรัตน์ชัย เตียงนิล, อนวัช เดชะศาศวัต, อุทัย โสภกุล, นงนุช งอยผาลาและ ชัยยะ สุประเสริฐ. 2549. การศึกษาสภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรหมู่บ้านบริวารศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. **วารสารสำนักสุขศาสตร์สัตว์และสุขอนามัยที่ 2** ปีที่ 4 ฉบับที่ 7 เดือนมกราคม 2549. หน้า 80 – 105.

สุวิทย์ คุมคงสินธุ์, จินดา ขลิบทอง และ ศิริลักษณ วงศพิเชษฐ. 2556. **การเลี้ยงไกพื้นเมืองของเกษตรกร หมูที่ 3 ตำบลวังตะเคียน อำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท.** เอกสารประกอบการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 3 วันที่ 3-4 กันยายน 2556. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

แสนศักดิ์ นาคะวิสุทธิ์, เจนรงค์ คำมงคุณ, วุฒิชัย ลัดเครือ และ ภาคภูมิ เสาวภาคย์. 2564**. การพัฒนาพันธุ์ไก่เนื้อไทย.** รายงานการวิจัยและการพัฒนาการวิจัยการเกษตร. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).

อภิชัย รัตนวราหะ. 2534. **ไก่พื้นเมืองในระบบไร่นาผสม.** สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. เชียงใหม่.

อภิพรรณ พุกภักดี. 2546. **ถั่วเหลือง: พืชทองของไทย.** ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อมรฤทธิ์ พุทธิพัฒน์ขจร และพัชราภรณ์ พรหมสุรินทร์. 2560. ***การตรวจหารอยร้าวของไข่ภายใต้ระบบสุญญากาศด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ.*** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 25(3), 509-519.

อรพินท์ จินตสถาพร. 2553. **วิชาอาหารสัตว์น้ำ (251371)**. เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อัมพร ผาสุก, พหล ศักดิ์คะทัศน์, พุฒิสรรค์ เครือคำ และสายสกุล ฟองมูล. 2565. ศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามหลักเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. **วารสารผลิตกรรมการเกษตร** 4(1): 53-63

อารดา มาสริ. 2558. **วิจัยและพัฒนาพันธุ์ถั่วเขียว.** รายงานวิจัย. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรฯ, กรมวิชาการเกษตร

อุทัย คันโธ. 2529. **อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก**. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 297 น.

อุษา กลิ่นหอม, ชัยชาญ วงศ์สามัญ, สจี กัณหาเรียง, สุนีย์ ตรีมณี, โสภณ เสือแก้ว,พรชัย อุทรักษ์ และ เกื้อกูล พิมพ์ดี. 2548. **โครงการภูมิปัญญาในการผลิตและการจัดการผลผลิตไก่**

พื้นเมืองของชนเผ่าในภาคอีสาน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.

เอก รักยุติธรรมกุล. 2548. **การใช้ขนไก่ป่นหมักทดแทนปลาป่นในอาหาร**. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

Baker DH, Blitenthal RC, Boebel KP, Czarnecki GL, Southern LL and Willis GM. 1981. Protien-amino acid evaluation of steam-processed feather meal. **Poultry Sci.** 60:1865-1872

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

Blynk, [Online], http://suwitkiravittaya.eng.chula.ac.th/B2i2019BookWeb/pdf/blynkapp1.pdf

Blynk, [Online], https://www.ab.in.th/article/68/app-blynk

Blynk, [Online], http://doc.inex.co.th/mbit-with-microblockide-ep8

ESP8266, [Online], https://www.allnewstep.com/article/30/nodemcu-esp8266-esp8285-arduino-1-esp8266-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD

Ewing, S.A., Lay, D.C. Jr., and Borell, E. V. 1999. **Farm Animal Well - Being**. Simon & Schuster com-pany, New Jersey.

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

Harrap, B.S. and Woods, E.F. 1964. Soluble Derivatives of Feather Keratin. 1. Isolation, Fractionation and Amino Acid Composition. Biochemical Journal, 92: 8-18.

Herkelman, K.L., G.L. Cromwell, T.S. Stahly, T.W. Pfeiffer and D.A. Knabe. 1992. Apparent digestibility of amino acids in raw and heated conventional and low trypsin inhibitor soybeans for pigs. **J. Anim. Sci.,** 70:818-826.

Mark S. Nixon, Alberto S. Aguado. (2008). Feature Extraction and Image Processing.2nd.ed.(2). Academic Press.

Opencv.org. 2024. **OpenCV modules Introduction**. https://docs.opencv.org/4.x/d1/dfb/intro.html

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

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

Python Software Foundation. 2024 . What is Python. https://docs.python.org/3/faq/general.html#id4

Thomason, D.M. 1998. Processing systems for full-fat soy: A review. **ASA Techmical Bulletin Vol. PO** 11-1998.

ประวัติผู้วิจัย

1. ผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวจันทร์จิรา โต๊ะขวัญแก้ว

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Janjira Tohkwankaew

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน -

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์ อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์ 0-5671-7151 มือถือ 085-1650124
e-mail: plemarch21@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

5.1 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2553

5.2 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร) มหาวิทยาลัยรามคำแหง ปี 2549

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

-

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อโครงการวิจัย ปีที่ดำเนินโครงการ และแหล่งทุน

1. งานวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบวัสดุรองพื้นที่ใช้ในการเลี้ยงไส้เดือนที่แตกต่างกันต่อการผลิตมูลไส้เดือนในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์ (ทุนวิจัยประเภททั่วไป ปีงบประมาณ 2556 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์)

2. งานวิจัยเรื่อง ผลการเสริมแคลเซียมบิวทีเรทในอาหารต่อการเจริญเติบโตของลูกสุกรหย่านม (ทุนวิจัยประเภททั่วไป ปีงบประมาณ 2558 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์)

3. โครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนโดยใช้วัสดุรองปรับสภาพการเลี้ยงที่แตกต่างกันในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์ (ทุนวิจัยประเภททั่วไป ปีงบประมาณ 2559 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์)

4. งานวิจัยเรื่อง สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของไก่กระดูกดำในสภาพการเลี้ยงที่แตกต่างกันในช่วงอายุ 2-20 สัปดาห์ (ทุนวิจัยประเภททั่วไป ปีงบประมาณ 2559 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์)

5. งานวิจัยเรื่อง การส่งเสริมการผลิตและการใช้ประโยชน์จากกล้วยหินในจังหวัดเพชรบูรณ์ (ประเภททุนอุดหนุน: สร้าง สะสมองค์ความรู้ที่มีศักยภาพ งบประมาณแผ่นดิน :2560)

6. งานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะเศษวัสดุเหลือใช้ของกล้วยหิน และการใช้เสริมเป็นอาหารไก่พื้นเมือง (ประเภททุนอุดหนุน: สร้าง สะสมองค์ความรู้ที่มีศักยภาพ งบประมาณแผ่นดิน :2560)

7. โครงการวิจัย เรื่อง การใช้เปลือกและเมล็ดเสาวรสเสริมในอาหารไก่พื้นเมืองในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ (ประเภททุน: เพื่อสร้างองค์ความรู้พื้นฐานของประเทศ แหล่งทุน: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณแผ่นดิน :2562)

8. โครงการวิจัย เรื่อง การใช้เทคโนโลยีจัดการข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อการใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงการผลิตโคเนื้อต้นน้ำ ภายใต้โครงการการใช้เทคโนโลยีในการจัดการการผลิตโคเนื้อในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ทุนอุดหนุนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) งบประมาณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2563

9. โครงการวิจัย เรื่อง ผลการเสริมใบอังกาบหนูผงในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและค่าไขมันในเลือดไก่เนื้อ งบประมาณสนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2565

7.2 การเผยแพร่งานวิจัย: ชื่อผลงานวิจัย ชื่อวารสารที่เผยแพร่ ปีที่พิมพ์

1. งานวิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยและสารสกัดหยาบจากตะไคร้ (*Cymbopogon citratus)* ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของมดลูกอักเสบและเยื่อบุผนังมดลูกอักเสบในโค การเผยแพร่: การประชุมเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 14 พ.ศ. 2552

2. งานวิจัยเรื่อง ผลการเสริมแคลเซียมบิวทีเรทในอาหารต่อการเจริญเติบโตของลูกสุกรหย่านม การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์วิจัยครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยพะเยา ระหว่างวันที่ 30-31 พฤษภาคม 2559

3. งานวิจัยเรื่อง สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของไก่กระดูกดำในสภาพการเลี้ยงที่แตกต่างกันในช่วงอายุ 2-20 สัปดาห์ การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 4 “งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น”

4. งานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะเศษวัสดุเหลือใช้ของกล้วยหิน และการใช้เสริมเป็นอาหารไก่พื้นเมือง การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 5-8 มีนาคม 2561 ณ อิมพีเรียล ภูแก้ว ฮิลล์ รีสอร์ท อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

5. บทความวิจัย สมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่พื้นเมืองลูกผสม 3 สายพันธุ์ที่ได้รับการเสริมเปลือกเสาวรส วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ปี ที่ 13 ฉบับที่3 กันยายน –ธันวาคม 2564

6. บทความวิจัย การศึกษาการจัดการฟาร์ม การใช้เชื้อพันธุกรรม และการวางแผนการจัดการน้ำเชื้อพันธุ์โคเนื้อของเกษตรกรในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ การศึกษาการจัดการฟาร์ม การใช้เชื้อพันธุกรรม และการวางแผนการจัดการน้ำเชื้อพันธุ์โคเนื้อของเกษตรกรในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ วารสารเกษตรพระวรุณ ณ (PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL 2023) 20(1): 27 – 34 ตีพิมพ์ออนไลน์: 28 เมษายน 2566

7. บทความวิจัย The prediction Brahman X Charolais and Brahman X Thai native with Evolutionary-Extreme Learning Machine in Phetchabun Province Thailand. (PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL 2023) 20(1): 159 – 172 Online published: 29 June 2023

2. ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาววาสนา วงศ์ษา

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss WASSANA WONGSA

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน -

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์ อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์. 0-5671-7100 ต่อ 1490

E-mail: wassanaw@pcru.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

5.1 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5.2 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยนเรศวร

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

-

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อโครงการวิจัย ปีที่ดำเนินโครงการ และแหล่งทุน

1. งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันบริหารจัดการข้อมูลแพะคอกกลางแบบเรียลไทม์ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้เลี้ยงแพะเนื้ออำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับทุนสนับสนุนจาก พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ชุดโครงการวิจัยย่อย ปี 2566 ระยะเวลาที่ใช้ดำเนินโครงการ 1 ปี สถานภาพการวิจัย: เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย (อยู่ระหว่างดำเนินการวิจัย)

2. งานวิจัยเรื่อง การออกแบบระบบติดตามการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองผ่านการจำแนกขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ได้รับทุนสนับสนุนจาก พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ชุดโครงการวิจัยย่อย ปี 2566 ระยะเวลาที่ใช้ดำเนินโครงการ 1 ปี สถานภาพการวิจัย: เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย (อยู่ระหว่างดำเนินการวิจัย)

3. งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศบริการข้อมูลด้านสุขภาพของผู้สูงอายุในจังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับทุนสนับสนุนจาก พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ชุดโครงการวิจัยย่อย ปี 2565 ระยะเวลาที่ใช้ดำเนินโครงการ 1 ปี สถานภาพการวิจัย: เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย (โครงการวิจัยเสร็จสิ้นแล้ว)

4. งานวิจัยเรื่อง ระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ ได้รับทุนสนับสนุนจาก กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) [โครงการวิจัยเดี่ยว] ปี 2563 สถานภาพการวิจัย: เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย (โครงการวิจัยเสร็จสิ้นแล้ว)

5. งานวิจัยเรื่อง ระบบเฝ้าระวังการเข้าใช้งานห้องคอมพิวเตอร์แจ้งเตือนผ่านไลน์ ได้รับทุนสนับสนุนจาก คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ [โครงการวิจัยเดี่ยว] ปี 2562 สถานภาพการวิจัย: เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย (โครงการวิจัยเสร็จสิ้นแล้ว)

6. งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีสายรัดข้อมืออิเล็กทรอนิกส์เตือนภัยสำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน ได้รับทุนสนับสนุนจาก คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประเภททุน: พัฒนาชุมชนและท้องถิ่น [โครงการวิจัยเดี่ยว] ปี 2561 สถานภาพการวิจัย: เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย (โครงการวิจัยเสร็จสิ้นแล้ว)

7. งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะการเขียนแอพลิเคชั่นด้วยเทคนิคการสาธิต และกรณีตัวอย่าง ได้รับทุนสนับสนุนจาก คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย

ราชภัฏเพชรบูรณ์ [โครงการวิจัยเดี่ยว] ปี 2559 สถานภาพการวิจัย: เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย โครงการวิจัยเสร็จสิ้นแล้ว)

7.2 การเผยแพร่งานวิจัย: ชื่อผลงานวิจัย ชื่อวารสารที่เผยแพร่ ปีที่พิมพ์

1. วาสนา วงศ์ษา และ ณัฐพล ชัยทวิชธานันท์ (2558). การออกแบบและพัฒนาสื่อวีดิทัศน์เพื่อถ่ายทอดความรู้เรื่องไอซีทีในชีวิตประจำวัน (รายงานผลการวิจัย). เพชรบูรณ์ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

2. ณัฐพล ภู่ระหงษ์, วาสนา วงศ์ษา, สมคิด ฤทธิ์เนติกุล และ ปริยากร บัวทอง (2559). วิธีลดลำดับโครงสร้างวงจรทอนระดับแรงดันโหมดควบคุมกระแสเฉลี่ยด้วยขั้นตอนเชิงพันธุกรรม. (บทความวิจัย). EENET2016: การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 8.

3. ณัฐพล ภู่ระหงษ์, วาสนา วงศ์ษา และ โกศล พิทักษ์สัตยาพรต. (2560). ระบบส่องสว่างพลังงานสนามแม่เหล็ก . การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 4 วันที่ 10 เมษายน 2560.

4. วาสนา วงศ์ษา, ปริยากร บัวทอง เทพศกานต์ แก้วทอง และ สิริพจน์ ยลเมืองแมน. (2560). แอปพลิเคชันแนะนำร้านอาหารในอำเภอเมืองเพชรบูรณ์. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 4 วันที่ 10 เมษายน 2560.

5. วาสนา วงศ์ษา และ ศิริวรรณ พลเศษ. (2561). สายรัดข้อมืออิเล็กทรอนิกส์สำหรับเตือนภัยผู้บกพร่องทางการได้ยิน. การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ร่มเกล้า กรุงเทพมหานคร ครั้งที่ 2 วันที่ 16 ธันวาคม 2561.

6. วาสนา วงศ์ษา และ ศรัญญา ตรีทศ (2562). ระบบเฝ้าระวังการเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 5 วันที่ 11 ธันวาคม 2562 ณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จังหวัดราชบุรี.

7. วาสนา วงศ์ษา และ ศรัญญา ตรีทศ. (2566). ระบบควบคุมโรงเรือนและการให้น้ำแปลงหญ้าอัจฉริยะสำหรับฟาร์มโคเนื้อ. วารสารวิชาการซายน์เทค. มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, 7(2), 1-11.

8. ธนโชติ ภาชะนัย, จักรกริช ปานเงิน, กรรณิการ์ คนงาม, วรชัย ศรีสมุดคำ และวาสนา วงศ์ษา. (2565). เครื่องคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยการประมวลผลภาพ. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 4(2), 242 -253.

9. ชัยสิทธิ์ วันน้อย, วรชัย ศรีเมือง, วาสนา วงศ์ษา, นฤมล วันน้อย.(2566). เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าอัจฉริยะพร้อมระบบเฝ้ามองความสามารถเบรกเกอร์และควบคุมโหลด เพื่อการจัดการพลังงานในบ้านด้วยเทคโนโลยีไอโอที. วารสารวิชาการซายน์เทค. มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, 7(2), 23-36.

10. วาสนา วงศ์ษา, ชัยสิทธิ์ วันน้อย, วรชัย ศรีเมือง, นฤมล วันน้อย และศรัญญา ตรีทศ. (2567). การพัฒนาต้นแบบระบบสารสนเทศบริการข้อมูลด้านสุขภาพของผู้สูงอายุในจังหวัดเพชรบูรณ์. การประชุมวิชาการระดับชาติ The National Conference on Science Technology and Innovation 2024 (NCSTI 2024) Hybrid Conference.วันที่ 5 มีนาคม 2567 มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพมหานคร.

3. ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางนฤมล วันน้อย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs. Narumon Wannoi

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน -

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์ อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์. 056-3720108 โทรศัพท์มือถือ: 082-6461542 Email: narumon.wan@pcru.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

5.1 วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5.2 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5.3 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อโครงการวิจัย ปีที่ดำเนินโครงการ และแหล่งทุน

1. งานวิจัยเรื่อง การวิจัยระบบแสงสว่างแบบแอลอีดี (LED: Light Emitting Diode) โดยใช้แหล่งจ่ายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2. งานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบรายงานผลโดยตรงของอาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3. งานวิจัยเรื่อง เครื่องต้นแบบแสดงผลคุณภาพกำลังไฟฟ้าและบันทึกผลอัจฉริยะด้วยระบบจัดเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมแลปวิวสำหรับการจัดการการอนุรักษ์พลังงาน

4. งานวิจัยเรื่อง การศึกษาและสร้างเครื่องต้นแบบการตรวจวัดและบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย สำหรับโครงข่ายเฝ้าติดตามคุณภาพกำลังไฟฟ้าและประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานอัจฉริยะ

5. งานวิจัยเรื่อง การวิจัยระบบแสงสว่างแบบแอลอีดี (LED: Light Emitting Diode) โดยใช้แหล่งจ่ายไฟจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

6. งานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบรายงานผลโดยตรงของอาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

7.2 การเผยแพร่งานวิจัย: ชื่อผลงานวิจัย ชื่อวารสารที่เผยแพร่ ปีที่พิมพ์

1. การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพแรงดันไฟฟ้าแบบรายงานผลโดยตรงของอาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, ปีที่พิมพ์ 2558, ประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 2 “งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น”

2. เครื่องต้นแบบแสดงผลคุณภาพกำลังไฟฟ้าและบันทึกผลอัจฉริยะด้วยระบบจัดเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมแลปวิวสำหรับการจัดการการอนุรักษ์พลังงาน

3. เครื่องต้นแบบแสดงผลคุณภาพกำลังไฟฟ้าและบันทึกผลอัจฉริยะด้วยระบบจัดเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมแลปวิวสำหรับการจัดการการอนุรักษ์พลังงาน, ปีที่พิมพ์ 2558, การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

4. การศึกษาและสร้างเครื่องต้นแบบการตรวจวัดและบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย สำหรับโครงข่ายเฝ้าติดตามคุณภาพกำลังไฟฟ้าและประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานอัจฉริยะ

4. ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายชัยสิทธิ์ วันน้อย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Chaisit Wannoi

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน -

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์ อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์. 056-717100 ต่อ 1702 โทรศัพท์มือถือ: 091-6396689

Email: chaisit.w@pcru.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

5.1 วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5.2 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5.3 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- เครื่องมือวัดและเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อโครงการวิจัย ปีที่ดำเนินโครงการ และแหล่งทุน

1. งานวิจัยเรื่อง เทคนิคใหม่ในการกำหนดและลำดับพื้นที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนแบบกระจายภายใต้การพิจารณาการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลัง

7.2 การเผยแพร่งานวิจัย: ชื่อผลงานวิจัย ชื่อวารสารที่เผยแพร่ ปีที่พิมพ์

1. การประเมินความสามารถการรองรับโหลดและกำลังการผลิตไฟฟ้าข้ามพื้นที่ควบคุมด้วยเทคนิคการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าแบบทำซ้ำ วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม ปีที่ 15 ฉบับที่ 2, หน้า 62-71, เมษายน – มิถุนายน 2565.

2. Techniques for Assessment Inter-Area Power Transfer Capacity for Large Power Systems to Improve System Stability, SNRU Journal of Science and Technology 13 (3), pp. 126-134, September – December, 2021.

3. การกำหนดและจัดลำดับสายส่งรองเพื่อรองรับการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าและการสั่งการที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมระบบไฟฟ้ากำลัง, งานประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 12 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, หน้า 648-655, 9 - 10 กรกฎาคม 2563.

4. Narumon Wannoi, Nirudh Jirsuwankul, Piampoom Sarikprueck, Chai Chompooinwai and Chaisit Wannoi, Novel Techniques for Critical Load Buses Identification and Load Bus' s Available Capacity Calculation to Improve Power System Stability, IEEE IAS Industrial and Commercial Power System Asia Technical Conference, PP 799-804, 2020

5. Narumon Wannoi, Nirudh Jirsuwankul, Piampoom Sarikprueck, Chai Chompooinwai and Chaisit Wannoi, A Novel Technique to Identify Proper Locations for Distributed Renewable Generation Integration to Minimize Contingency Impact, IEEE IAS Industrial and Commercial Power System Asia Technical Conference, PP 276-281, 2020

6. Chaisit Wannoi, Narumon Wannoi, C. Boonkhun, C. Temiyasathit, Chai Chompoo-inwai, " A Novel Transmission line' s ATC Assessment Method by Considering the Generation Dispatch Limit (GDL) and Renewable Generation Capacity with Power Flow Sensitivity Analysis", International Journal of Intelligent Engineering and Systems, Vol.12, pp. 179-189 No.5, 2019.

7. Supattarachai Jitchobjai, Chaisit Wannoi, Nirudh Jirasuwankul and Chai/Chow Chompoo-inwai, "Optimum Operation Scheme of Solar Power Generation System on a High-level Voltage Area to Avoid Overvoltage Problem" , The International Conference on Electrical Engineering, Japan, ICEE2016 ID 90331, July, 2016.

8. Chaisit WANNOI, S. JITCHOPJAI, N. WANNOI, S. BUNJONGJIT and Chow / Chai CHOMPOO-INWAI, " A Proper Location FACTS Device Placement and Primary Generation Response Definition for Multi-Lines Buses Security Enhancement Under

Contingency Analysis", The International Conference on Electrical Engineering, Japan, ICEE2016 ID 90381, July, 2016.

9. Chaisit Wannoi, Anulak Khumdee, Narumon Wannoi and Chow / Chai Chompooinwai, " An Optimum Technique for Renewable Power Generations Integration to Power System using Repeated Power Flow Technique Considering Voltage Stability Limit" , International Electrical Engineering Congress, Thailand, iEECON2016, Page 38, 2-4 March 2016.

10. Chaisit Wannoi, Anulak Khumdee, Narumon Wannoi, C. Boonkun, Chow / Chai Chompoo-inwai, " An Impact Study and Operation Recommendation in Peak Load Period after Solar Power Integration to Northeastern Power System in THAILAND" , The International Conference on Electrical Engineering, Hong Kong, ICEE2015A-446, July, 2015.

11. Supattarachai Jitchobjai, Chaisit Wannoi, Warawat Tangsrianukul and Chai Chompoo-inwai, " A Technology Assessment and Financial Indices Study to Achieve an Appropriate Range of Incentive Mechanism for Solar Energy Promotion in THAILAND", The International Conference on Electrical Engineering, Korea, ICEE2014, June 15-19, 2014.

12. ชัยสิทธิ์ วันน้อย, ดุสิต สุขสวัสดิ์, เชาว์ ชมภูอินไหว และ ชาย ชมภูอินไหว, "การศึกษาเสถียร ภาพระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกของประเทศไทยและข้อเสนอแนะเพื่อระบบการป้องกันพิเศษสำหรับนำระบบกลับคืนสู่สภาวะปรกติ", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 32 (EECON32), หมายเลข PW064, 29-30 ตุลาคม 2552, มหาวิทยาลัยมหิดล

5. ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายวรชัย ศรีเมือง

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Worachai Srimuang

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน -

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์ อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์ 082-8793226
E-mail: worachai.s@pcru.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

5.1 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น

5.2 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- เขียนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) เหมืองข้อมูล (Data Mining) โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neuron Network) วิทยาการคำนวณ (Data Science)

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อโครงการวิจัย ปีที่ดำเนินโครงการ และแหล่งทุน

1. งานวิจัยเรื่อง วิทยาการข้อมูลเพื่อช่วยวิเคราะห์ คาดการณ์ล่วงหน้าในการสนับสนุนและตัดสินใจวางแผนการผลิตแพะเนื้อ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงแพะ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์. ปี 2566. [ประเภททุน: งบประมาณสนับสนุนงานมูลฐานหน่วยงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ชุดโครงการวิจัยย่อย][ผู้อำนวยการแผนฯ : อาจารย์ ดร. ชัยสิทธิ์ วันน้อย คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

2. งานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์และประมวลผลความสัมพันธ์ของข้อมูลผู้สูงอายุเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตด้วยกระบวนการวิทยาการข้อมูล. ปี 2565. [ประเภททุน: พัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.)] [ชุดโครงการวิจัยย่อย] [ผู้อำนวยการแผนฯ : อาจารย์ ดร. ชัยสิทธิ์ วันน้อย คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม]

3. งานวิจัยเรื่อง ข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อช่วยวิเคราะห์ และคาดการณ์ล่วงหน้าในการตัดสินใจวางแผนการผลิตโคเนื้อ. ปี 2563. [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)]

4. งานวิจัยเรื่อง การพยากรณ์ข้อมูลการปลูกข้าวด้วยเทคนิคใหม่โดยการทำเหมืองข้อมูล. ปี 2563. [แหล่งทุน: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน: ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)]

5. งานวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาระบบห้องสมุดสำหรับโรงเรียนขนาดเล็กกรณีศึกษาโรงเรียนชุมชนบ้านน้ำร้อน. ปี 2566. [แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์] [ประเภททุน : ทั่วไป]

7.2 การเผยแพร่งานวิจัย: ชื่อผลงานวิจัย ชื่อวารสารที่เผยแพร่ ปีที่พิมพ์

1. Srimuang, Worachai, and Silada Intarasothonchun."Classification model of network intrusion using Weighted Extreme Learning Machine." 2015 12th international joint conference on computer science and software engineering (JCSSE). IEEE, 2015.

2. Intarasothonchun, Silada, and Worachai Srimuang. " Improving performance of classification intrusion detection model by weighted extreme learning using behavior analysis of the attack." 2015 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC). IEEE, 2015.

3. การเปรียบเทียบแบบจำลองจำแนกประเภทเพื่อการพัฒนาการท่องเที่ยว อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลเจษฎา ปาคำวัง1, กาญจน์ คุ้มทรัพย์2, และวรชัย ศรีเมือง3 [แหล่งตีพิมพ์: Rajabhat J. Sci. Humanit. Soc. Sci. 21 (1): 224-234,2020]

4. จักรพงษ์ โนอ๊วบ., รัฐกาญน์ แก้วเบี่ยง, นภาพร ตุ้มทองคำ, นฤมล วันน้อย, วรชัย ศรีเมือง, และ ชัยสิทธิ์ วันน้อย. เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าอัจฉริยะสำหรับการติดตามสมรรถนะแผงผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, ปี 5, ฉบับที่ 2, มิถุนายน 2023, น. 115-30, https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/psru- /article/view/248483.

5. Worachai Srimuang and Janjira Tohkwankaew; Piphat Chanartaeparporn;. (2023). The prediction Brahman X Charolais and Brahman X Thai native with Evolutionary-Extreme Learning Machine in Phetchabun Province Thailand. PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL 2023) 20(1): 159–172.

6. ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวพรทิศา ทองสนิทกาญจน์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss. Porntisa Thongsanitkan

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน -

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์ อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์ 089-461-3395

E-mail: aiko_vs@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

5.1 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2556

5.2 วิทยาศาสตรบัณฑิต (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2553

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- อาหารสัตว์น้ำ, การสร้างสูตรอาหารสัตว์น้ำเพื่อลดต้นทุน

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อโครงการวิจัย ปีที่ดำเนินโครงการ และแหล่งทุน

1. งานวิจัยเรื่อง ผลของการเสริมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากรังไหมอีรี่ในอาหารกุ้งขาวต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกัน

2. งานวิจัยเรื่อง การเสริมโปรตีนเซริซินในอาหารปลานิลต่อระบบภูมิคุ้มกัน

3. งานวิจัยเรื่อง การเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล

4. งานวิจัยเรื่อง การศึกษาคุณภาพน้ำและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำรัตนัย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

5. งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกจากเศษเหลือของการแปรรูปโคเนื้อ

7.2 การเผยแพร่งานวิจัย: ชื่อผลงานวิจัย ชื่อวารสารที่เผยแพร่ ปีที่พิมพ์

1. พรทิศา ทองสนิทกาญจน์ อรพินท์ จินตสถาพร และเรืองวิชญ์ ยุ้นพันธุ์. 2556. ผลของการเสริมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากรังไหมอีรี่ในอาหารกุ้งขาว ต่อการเจริญเติบโตและระบบภูมิคุ้มกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 72 หน้า.

2. พรทิศา ทองสนิทกาจน์ ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์ และธนภัทร วรปัสสุ. 2559. การเสริมโปรตีนเซริซินในอาหารปลานิลต่อระบบภูมิคุ้มกัน. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 45 หน้า.

3. พรทิศา ทองสนิทกาจน์ ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์ และธนภัทร วรปัสสุ. 2560. การเสริมเมล็ดมะขามในอาหารปลานิล. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 56 หน้า.

4. พรทิศา ทองสนิทกาจน์ ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์ และธนภัทร วรปัสสุ. 2562. การศึกษาคุณภาพน้ำและความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในอ่างเก็บน้ำรัตนัย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 41 หน้า.

5. พรทิศา ทองสนิทกาจน์ ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์ ธนภัทร วรปัสสุ และปิยพงศ์ บางใบ. 2563. การพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกจากเศษเหลือของการแปรรูปโคเนื้อ. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 53 หน้า.

6. ณัฐรินทร์ ศิริรัตนนันท์ พรทิศา ทองสนิทกาจน์ ธนภัทร วรปัสสุ และจิรภัทร หาระชอน. 2565. ผลของเอนไซม์โบรมีเลนและเอนไซม์ปาเปนในการย่อยวัตถุดิบเพื่อพัฒนาสูตรอาหารปลาดุกลูกผสมแบบลดต้นทุน. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 54 หน้า