



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ศูนย์วิจัยและพัฒนาไก่เนื้อโคราช

Research and Development Center of Korat meat Chicken

โดยรองศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ โมฬีและคณะ

31 กรกฎาคม 2562

ศูนย์วิจัยและพัฒนาไก่เนื้อโคราช

Research and Development Center of Korat meat Chicken

คณะผู้วิจัย

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ โมฬี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิฑูรย์ โมฬี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.บุญชู ลิขิตเดชาโรจน์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพิศา เข้มพะกา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 6. อาจารย์ ดร.ปัทมาวดี เกียรติเบญจกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญส่ง สุตะพันธ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 8. นายธีระชัย ช่อไม้ | กรมปศุสัตว์ |

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมและ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกสว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบพระคุณ คณะผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์จรัส เรียวเดชะ รองศาสตราจารย์ ดร.กนก ผลารักษ์ รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร โช้ประการ รองศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย ดวงจินดา รองศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจันทร์ พารักษา รองศาสตราจารย์ สัตวแพทย์หญิง ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์ ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงานวิจัย ดร.กาญจนา ธรรมนุ นักวิจัยของสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอนที่ให้ความอนุเคราะห์ในวิเคราะห์ตัวอย่าง และวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ขอบพระคุณ Dr. Elisabeth Le Bihan-Duval, Dr. Amélie Juanchich, Dr. Michele Tixier-Boichard, และ Dr. Marco Moroldo นักวิจัยของ Institute for Agricultural research; INRA ประเทศฝรั่งเศส Prof. Dr. Anne Duittoz จาก University of Tours ประเทศฝรั่งเศส Prof. Dr. Pekka Uimari จาก University of Helsinki ประเทศฟินแลนด์ และ Prof. Dr. Hiroshi Kagami จาก Shinshu University ประเทศญี่ปุ่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการร่วมพัฒนานักวิจัย ทั้งในเชิงการสร้างแนวทางการวิจัย และเทคนิคใหม่ๆ ที่จำเป็นสำหรับการศึกษาค้นคว้า

ในส่วนของหน่วยงานต่างๆ คณะวิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมและ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย ขอบพระคุณกรมปศุสัตว์ ที่ให้ความอนุเคราะห์พันธุ์ไก่พื้นเมืองเหลืองหางขาวและบุคลากรของกรมฯ เพื่อร่วมในการทำงานวิจัยในโครงการวิจัยนี้ ขอบพระคุณธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ที่สนับสนุนและให้ความร่วมมือในการขยายกลุ่มเกษตรกร และสร้างความเข้มแข็งให้กับเกษตรกร ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน ที่ให้ความอนุเคราะห์นักวิจัยและเครื่องมือสำหรับการทำวิจัย ขอบพระคุณบริษัทเบทาโกรเกษตรและอุตสาหกรรมจำกัด ที่ร่วมทำงานด้านการพัฒนามาตรฐานการเลี้ยงและยกระดับการตลาดของไก่โคราช ขอบพระคุณ INRA ประเทศฝรั่งเศส University of Tours ประเทศฝรั่งเศส University of Helsinki ประเทศฟินแลนด์ Shinshu University ประเทศญี่ปุ่น ที่สนับสนุนการพัฒนาบุคลากรด้านงานวิจัยของคุณย์

บทคัดย่อ

เป้าหมายของศูนย์วิจัยและพัฒนาไก่เนื้อโคราช คือ การพัฒนาเทคโนโลยีทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไก่โคราช การดำเนินงานของศูนย์ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ 6 ข้อ คือ 1) เพื่อพัฒนาสายพันธุ์ อาหาร และการจัดการ เพื่อให้เนื้อไก่เป็นเนื้อเพื่อสุขภาพ และเป็นที่ยอมรับของตลาด 2) เพื่อพัฒนาเครื่องมือช่วยในการจัดการฟาร์ม 3) เพื่อสร้างตัวแบบทางธุรกิจสำหรับผู้ประกอบการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชและไก่พ่อแม่พันธุ์ 4) เพื่อเผยแพร่ความรู้ที่ผลิตได้ในรูปแบบของบทความทางวิชาการที่มีคุณภาพในระดับชาติ และระดับนานาชาติ 5) เพื่อทำหน้าที่รับปัญหาจากเกษตรกรและผู้ประกอบการ 6) เพื่อสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่

ผลผลิตจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ประกอบด้วยพันธุ์ไก่ มทส.ที่ให้ผลผลิตไข่เฉลี่ย 225 ฟอง/ปี อัตราการผสมติด 85 – 90% อัตราการฟักออก 90% ต้นทุนการผลิตลูกไก่โคราชที่อายุ 1 วัน ตัวละ 10.77 บาท พ่อพันธุ์ไก่เหลืองโคราช ผลผลิตไข่เฉลี่ย 123 ฟอง/ปี อัตราการผสมติด 79 – 90% อัตราการฟักออก 90% และไก่โคราชที่มีต้นทุนการผลิต 65 บาท/กิโลกรัม ได้แนวทางในการพัฒนาพันธุ์กรรมด้านประสิทธิภาพการใช้ อาหารโดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อ ได้อาหารและวิธีการให้อาหารไก่ที่เพิ่มกรดไขมัน n-3 PUFA ในเนื้อไก่และทำให้เป็นเนื้อไก่ omega 3 ตามมาตรฐานของยุโรป นอกจากนี้ยังพบว่า การเลี้ยงในระบบอินทรีย์สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเนื้อไก่ได้ โดยในเนื้อไก่มีการสะสมของไขมันต่ำ มีปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อสูง และมีรสชาติของเนื้อที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับไก่ที่เลี้ยงในระบบปกติ ในด้านคุณภาพเนื้อพบว่า ไก่โคราชมีความโดดเด่นในด้านเนื้อสัมผัส มีโปรตีนที่มีความแข็งแรงและทนต่อความร้อนได้ดี คงสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่าไก่เนื้อทั่วไป มีไขมัน และ Purine ที่ต่ำกว่าไก่เนื้อทางการค้า ในขณะที่มีปริมาณคอเลสเตอรอลที่สูงกว่า การพัฒนาผลิตภัณฑ์พบว่าเนื่องจากโครงการกลั่นเนื้อ และคุณสมบัติของโปรตีนที่มีความคงทนเมื่อถูกความร้อนของไก่ จึงเหมาะที่จะนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์บรรจุใน retort pouch ผลผลิตจากวัตถุประสงค์ ข้อที่ 2 สามารถพัฒนา Mobile application เพื่อการจัดการฟาร์มผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ได้อุปกรณ์และเทคนิคการลดการใช้พลังงานของเตาแก๊สอนุบาลลูกไก่ อุปกรณ์สำหรับชั่งน้ำหนักไก่แบบอัตโนมัติ ผลผลิตจากวัตถุประสงค์ ข้อที่ 3 ได้แนวทางในการสร้างตัวแบบทางธุรกิจเพื่อสร้างตัวแบบทางธุรกิจสำหรับผู้ประกอบการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช และไก่พ่อแม่พันธุ์ได้ ผลผลิตจากวัตถุประสงค์ ข้อที่ 4 ได้ผลงานตีพิมพ์ระดับนานาชาติจำนวน 9 เรื่อง จัดอบรมจำนวน 2 ครั้ง จัดประชุมวิชาการนานาชาติ 2 ครั้ง จัดประชุมวิชาการระดับชาติ 1 ครั้ง ผลผลิตจากวัตถุประสงค์ ข้อที่ 5 มี website, facebook เพื่อให้เกษตรกรและผู้ประกอบการ สื่อสารกับนักวิจัย ผลผลิตจากวัตถุประสงค์ ข้อที่ 6 สามารถสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ โดยการผลิตนักศึกษาปริญญาเอกจำนวน 11 คน นักศึกษาปริญญาโทจำนวน 15 คน

ผลลัพธ์จากการดำเนินโครงการประกอบด้วย เกษตรกรมากกว่า 400 รายที่ได้ใช้ไก่โคราชเป็นอาชีพ สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในระยะเวลา 7 ปีเป็นเงินประมาณ 150 ล้านบาท สร้างรายได้ให้กับมหาวิทยาลัยประมาณ 36.54 ล้านบาท ทำให้ มหาวิทยาลัยสามารถใช้ในการเรียนการสอน และวิจัยได้ให้กับ นศ. ปริญญาตรี โท เอก นอกจากนี้ ยังเกิดความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยและ บริษัทเบทาโกร เกษตรและอุตสาหกรรมจำกัดเพื่อยกระดับความสามารถของเกษตรกรในการผลิตไก่โคราชในระบบอาหารปลอดภัย และยกระดับตลาดไก่โคราช ด้วยการขับเคลื่อนในรูปแบบ Social Enterprise เกิดศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางเรื่องเทคโนโลยี และนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาธุรกิจไก่โคราช และมีความร่วมมือและเครือข่ายทางวิชาการในระดับนานาชาติ

คำสำคัญ เกษตรกร, ไก่เนื้อโคราช, ไก่พื้นเมือง, ระบบการเลี้ยง, เนื้อเพื่อสุขภาพ, อาชีพ

Abstract

The goal of Research and Development Center of Korat meat Chicken was development all aspects of technology related with Korat chicken production. The operation of the center consisted of 6 objectives; 1) to develop chicken lines, feed, and management for improve the koreat chicken meat become to be the healthy meat and will be accepted by meat markets. 2) to develop devices to aid in farm management. 3) to create business model for entrepreneurs in both of Korat chicken and parent stocks production. 4) To disseminate new knowledge by publication in both of national and international publication. 5) To receive and cope problems from farmers and entrepreneurs. 6) to create new generation of researchers

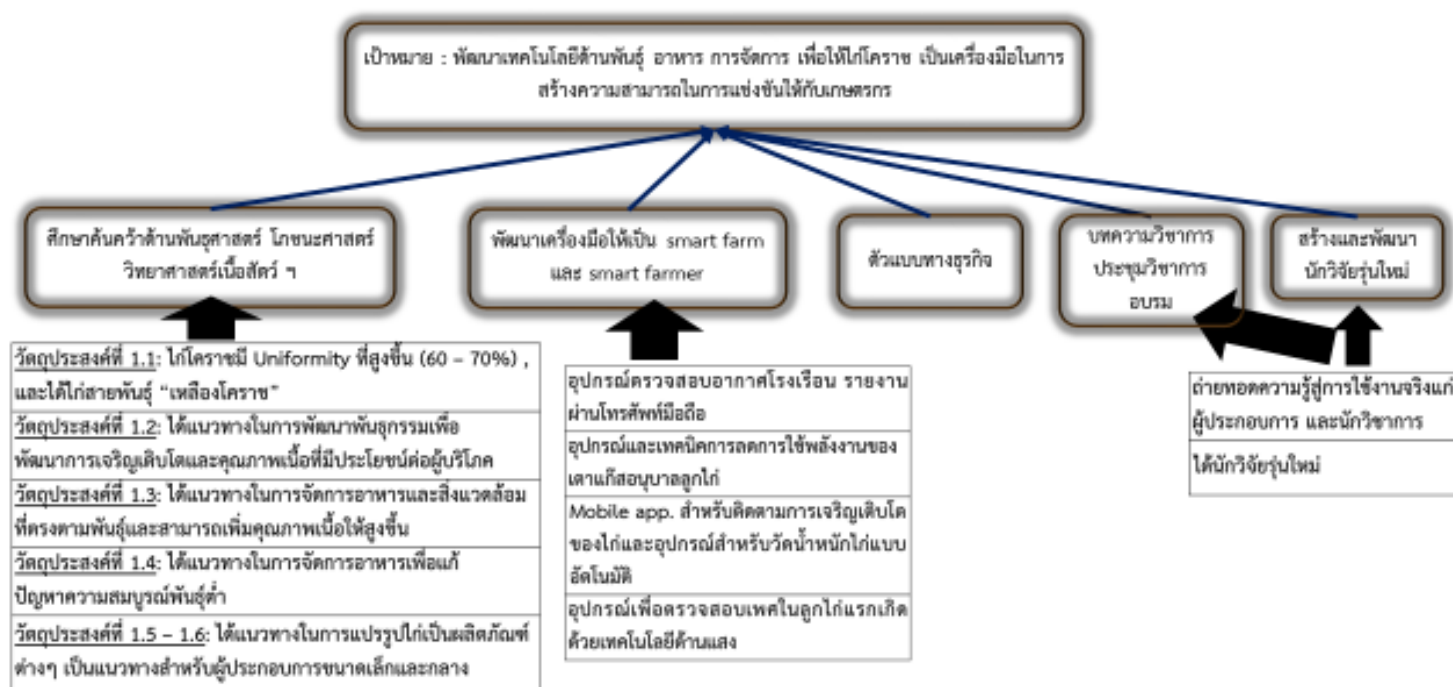
The outputs from the 1st objective were SUT breed that can produce average egg production 225 eggs/year, fertility rate, hatchability rate were 85 – 90%, and 90%, respectively, cost of 1 day old chick was 10.77 baht/chick, Leung Korat strain with average of egg production 123 eggs/year, fertility rate, hatchability rate were 79 – 90%, and 90%, respectively, and cost of Korat chicken at the market weight was 65 baht/kg, the suitable approach to improve the genetic involved with feed efficiency and no negative impact on meat quality was generated, feed, and feeding to improve korat chicken meat become to be Omega 3 meat follow the European standard were also gained. Moreover, we also found that organic raising system can be used to add the value of chicken meat product, the meat was low content of fat, high collagen, and superior flavor when compare with meat from conventional raising system. In order of meat quality, we found that korat chicken meat is outstanding in term of texture, protein in meat can stand for high temperature, high water holding capacity when compare with commercial broiler, Korat chicken meat also has low content of fat, purine, and high collagen. In term of meat processing, with the strong of protein structure, and fiber muscle, Korat chicken meat is suitable to be processed for retort pouch. The output from the 2nd objective, we can produce mobile application to aid in farm management via internet system, new device and technique to save energy in chick incubation, and automatic chicken weighting were created. The outputs of the 3rd objective were business model for entrepreneurs in both of Korat chicken and parent stocks production were created. The 4th objective, 9 international publications, 2 trainings, 2 international conferences, and 1 national conference were the outputs. Website, facebook were created for the 5th objective, and 11 Ph. D students, and 15 master degree students were produced from the project under the 6th objective.

The outcomes from the project composes with more than 400 farmers can access to the chickens and use them for their occupation, and they can generate their income more than 150 million baht within 7 years. Moreover, the chicken become to be a new product of SUT

farm and can generate new income around 36.74 million baht, with this income it is not only enough to earn themselves but they also have ability to support research in the level of undergraduate, and graduate students. Moreover, the collaboration between university and Betagro company was established and aim to improve ability of farmers to produce Korat chicken under the standard of food safety, and penetrate the product to high end market under the approach of “social enterprise”. The project transforms to be the center of excellence on technology and innovation for Korat chicken business development. Finally, international collaboration was generated during project was done.

Keywords: farmer, healthy meat, Korat chicken, occupation, raising system

บทสรุปผู้บริหาร



จากแผนผัง เป้าหมายของศูนย์วิจัยและพัฒนาไก่เนื้อโคราช คือการพัฒนาเทคโนโลยีทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไก่โคราช เพื่อให้ไก่ยังคงไว้ซึ่งการเป็นเครื่องมือที่เข้มแข็งในการทำอาชีพของเกษตรกร และเพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว ศูนย์จึงมีงานวิจัย และพัฒนา พร้อมทั้งขยายผล โดยมีระยะเวลาในการดำเนินงาน 3 ปี ปัจจุบันงานของศูนย์ตามสัญญาเลขที่ RDG5920035 เสร็จสิ้นแล้ว และสามารถสรุปตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1. การศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม อาหาร สิ่งแวดล้อม โครงสร้างเนื้อองค์ประกอบต่างๆ ของเนื้อไก่เนื้อโคราช ในเชิงลึก เพื่อนำความรู้มาสู่การพัฒนาสายพันธุ์ อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่และเกษตรกร มุ่งเน้นการทำให้เนื้อไก่เป็นเนื้อเพื่อสุขภาพ และเป็นที่ยอมรับของตลาด ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ย่อย 6 ข้อ มีผลที่สรุปได้ดังนี้

- 1.1 พัฒนาพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราชให้มีความสามารถในการเจริญเติบโตด้วย heterosis มากยิ่งขึ้น เพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขัน

Output: ไกโคราชรุ่นที่ 8 (108) ไกพ่อพันธุ์เหลืองโคราชรุ่นที่ 6 และแม่พันธุ์ มทส. รุ่นที่ 8 ที่สามารถเป็นเครื่องมือในการประกอบอาชีพของเกษตรกร ทั้งในการผลิตไก่ขุน และผลิตลูกไก่ที่อายุ 1 วันจำหน่าย โดย

ไกโคราช 108 มีต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมประมาณ 65 บาทต่อกิโลกรัม

ไก่มทส. มีผลผลิตไข่ประมาณ 225 ฟองเมื่อให้ไข่ได้ 12 เดือน มีต้นทุนการผลิตลูกไกโคราชที่อายุ 1 วันเท่ากับ 10.77 บาทต่อตัว มีอัตราการผสมติดอยู่ในช่วง 85 –

90% อัตราการฟักออกประมาณ 90% มีค่า inbreeding coefficient ประมาณ 0.011%

ไก่เหลืองโคราช มีผลผลิตไข่ประมาณ 123 ฟองเมื่อให้ไข่ได้ 12 เดือน มีอัตราการผสมติดอยู่ในช่วง 79 – 90% อัตราการฟักออกประมาณ 90% มีค่า inbreeding coefficient ประมาณ 0.023%

1.2 ศึกษาโครงสร้างพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราช รวมถึงการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อ กลิ่น และรสชาติ เพื่อนำไปสู่แนวทางในการพัฒนาพันธุกรรมของไก่ที่รวดเร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้น และยังสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อการจำแนกสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราชออกจากไก่ต่างๆ

Output: ได้ข้อค้นพบ 2 ข้อดังนี้

- การพัฒนาพันธุกรรมด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร โดยใช้ FCR มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pHu (ultimate pH) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) การสูญเสียน้ำ (drip loss) ค่าเหล่านี้มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของไก่โคราช
- พบกลุ่มยีนที่มีบทบาทที่เกี่ยวข้องทั้งลักษณะประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพเนื้อ ซึ่งเป็นกลุ่มยีนมีบทบาทใน pathway ของ mitochondrial gene expression, mitochondrial respiratory chain complex assembly, mitochondrial translation, positive regulation of mitochondrial translation, และ lipid oxidation

ข้อค้นพบดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาพันธุ์ไก่โคราช รวมถึงไก่กลุ่มโตช้าที่ไม่ต้องการพัฒนาด้านการเจริญเติบโตแต่ยังจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขัน

1.3 ศึกษาปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม อาหาร และสิ่งแวดล้อม ในเชิงลึก เพื่อนำความรู้อย่างมาสู่การพัฒนาสายพันธุ์ อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่และเกษตรกร ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ย่อย 2 วัตถุประสงค์

1.3.1 การศึกษาผลการเสริมวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของ n-3 PUFA และสมุนไพรที่มีบทบาทในกระบวนการ antioxidant ในอาหาร ต่อการสะสม n-3 PUFA ในเนื้อไก่ เพื่อเพิ่มการสะสม n-3 PUFA ในเนื้อไก่

Output: ได้สูตรอาหารที่สามารถเพิ่ม n – 3 PUFA ในเนื้อไก่โคราช และขมิ้นชันที่เป็นแหล่งของสาร curcuminoid สามารถใช้เป็นสาร antioxidant ได้ โดยพบว่า การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 4.5% เป็นเวลา 3 สัปดาห์ก่อนเชือด (เชือดที่ 9 สัปดาห์) สามารถทำให้เนื้อไก่มีระดับของ omega 3 ที่จัดให้เป็นเนื้อไก่ omega 3 ตามมาตรฐานที่ยุโรปกำหนดได้

1.3.2 ผลของการเลี้ยงไก่โคราชในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการผลิตซาก เนื้อและองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีประโยชน์ในเนื้อไก่

Output: เป็นการศึกษาเกี่ยวกับระบบการเลี้ยงไก่โคราชแบบอินทรีย์และระบบการเลี้ยงแบบขัง ผลการศึกษาพบว่า ไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์มีการสะสมของไขมัน triglyceride ที่ต่ำ มีปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อสะโพกที่สูง และมีรสชาติของเนื้อที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับไก่ที่เลี้ยงในระบบปกติ ซึ่งจากผลการศึกษาสามารถแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไก่โคราชในระบบอินทรีย์สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเนื้อไก่โคราชได้

1.4 ศึกษาเรื่องอาหารและการจัดการที่ช่วยลดความรุนแรงของ inbreeding depression ต่อความสมบูรณ์พันธุ์ในไก่ ที่เกิดขึ้นเมื่อระดับ inbreeding coefficient ของไก่สายพ่อแม่และสายแม่พันธุ์เพิ่มสูงขึ้นอันเนื่องจากการคัดเลือก

Output: ในสภาวะที่แม่ไก่ มทส. มีอัตราเลือดชิดที่สูงขึ้น และมีอัตราการผสมติดต่ำ การเสริมวิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีนในอาหาร สามารถเพิ่มกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปรับเปลี่ยนสารชีวเคมีบางชนิดในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่ได้ดีขึ้น แต่ยังไม่สามารถนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตไข่และการผสมติดได้

1.5 ศึกษาคุณสมบัติและองค์ประกอบทางชีวเคมีที่มีผลต่อการเป็นเนื้อสุภาพ รสชาติของเนื้อ และกลิ่นโดยธรรมชาติของเนื้อ รวมถึงโครงสร้างกล้ามเนื้อของเนื้อไก่ เพื่อนำไปสู่การสร้างจุดต่างและจุดเด่นในการเป็นเนื้อเพื่อสุภาพ ทั้งเนื้อสด และเนื้อที่ปรุงสุกด้วยวิธีการต่างๆ รวมถึงนำไปสู่การออกแบบวิธีเก็บรักษา และกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

Output: ได้ข้อมูลที่บ่งชี้ความแตกต่างของเนื้อไก่โคราช ไก่เนื้อการค้า และไก่พื้นเมืองเหลืองหางขาว ซึ่งสามารถระบุได้ว่า ไก่โคราชมีความโดดเด่นด้านเนื้อสัมผัส มีโปรตีนที่มนุษย์ใช้ประโยชน์ได้สูง ไขมันต่ำ และ purine ที่ต่ำกว่าไก่เนื้อทางการค้า นอกจากนี้เนื้อไก่โคราชเมื่อผ่านความร้อน เนื้อไก่โคราชสามารถคงสภาพของความเป็นเนื้อสัมผัสที่ดีไว้ได้ ดีกว่าเมื่อเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า

ในประเด็นเรื่องอายุพบว่าที่มีผลต่อคุณสมบัติของเนื้อไก่ โดยเนื้อไก่ที่เลี้ยงถึงอายุ 8-10 สัปดาห์ มีลักษณะเด่นคือมีสารส่งเสริมให้เกิดรสชาติอร่อยสูง เนื้อสัมผัสนุ่ม ในขณะที่เนื้อไก่ที่เลี้ยงมากกว่า 16 สัปดาห์ มีลักษณะเด่นคือมีปริมาณโปรตีนสูง รวมถึงมีปริมาณไขมันคอเลสเตอรอลและพิวรีนต่ำ เนื้อสัมผัสแน่น

1.6 พัฒนาระบบการแปรรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน มีคุณภาพและรสชาติที่สม่ำเสมอ หรือสามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ภายใต้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่ผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถนำไปใช้ได้

Output: ข้อมูลคุณภาพของเนื้อ เมื่อได้รับการปรุงด้วยวิธีการต่างๆ ซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับเนื้อไก่โคราช ซึ่งได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้น 2 ชนิดคือ แกงมัสมั่นไก่บรรจุใน retort pouch และอกไก่ปั่นสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน

2. เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องมือช่วยในการจัดการฟาร์มไก่อัจฉริยะ ที่เป็นรูปธรรมและเกษตรกรสามารถเข้าถึงเครื่องมือเหล่านี้ได้ โดยกรอบการพัฒนามีดังนี้

Output:

1. Mobile app. สำหรับใช้ในการส่งข้อมูลเข้าไปจัดเก็บในฐานข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตสำเร็จ
2. Electronic timer พร้อม Mobile app. สำหรับตั้งเวลาสำเร็จ
3. อุปกรณ์และเทคนิคลดการใช้พลังงานของเตาแก๊สอนุบาลลูกไก่
4. Mobile app. สำหรับติดตามการเจริญเติบโตของไก่และอุปกรณ์สำหรับวัดน้ำหนักไก่แบบอัตโนมัติ”

3. เพื่อสร้างตัวแบบทางธุรกิจสำหรับผู้ประกอบการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชและไก่พ่อแม่พันธุ์

Output: ได้แนวทางในการสร้างตัวแบบทางธุรกิจ

4. เพื่อเผยแพร่ความรู้ที่ผลิตได้ในรูปแบบของบทความทางวิชาการที่มีคุณภาพในระดับชาติ และระดับนานาชาติ ซึ่งเป็นความรู้ที่เกิดจากโจทย์และความต้องการของเกษตรกรอย่างแท้จริง และในรูปแบบของการฝึกอบรม และการให้คำปรึกษากับเกษตรกร

Output: มีผลงานตีพิมพ์ระดับนานาชาติจำนวน 9 เรื่อง จัดอบรมจำนวน 2 ครั้ง จัดประชุมวิชาการนานาชาติ 2 ครั้ง จัดประชุมวิชาการระดับชาติ 1 ครั้ง

5. ทำหน้าที่รับปัญหาจากเกษตรกรและผู้ประกอบการเพื่อนำมาสู่การออกแบบโจทย์วิจัยและพัฒนาอันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาด้วยฐานของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Output: สร้างช่องทางในการติดต่อสื่อสาร ได้แก่ website, facebook เพื่อให้เกษตรกรและผู้ประกอบการ สามารถติดต่อได้ในกรณีที่มีปัญหา

6. เพื่อสร้างและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ในการทำงานวิจัยเชิงลึกแบบบูรณาการ อันเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาประเทศ

Output: นักศึกษาปริญญาเอกจำนวน 11 คน นักศึกษาปริญญาโทจำนวน 15 คน (ทั้งที่กำลังศึกษาอยู่และจบการศึกษาแล้ว)

Outcome ที่เกิดขึ้นมีดังนี้

1. ปัจจุบันมีเกษตรกรใช้โกไครซเป็นอาชีพแล้วประมาณ ประมาณ 400 ราย กระจายอยู่ในพื้นที่จังหวัด นครราชสีมา สุรินทร์ บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ ยโสธร ชัยภูมิ กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ปราจีนบุรี ลพบุรี สระแก้ว ราชบุรี จำนวนเกษตรกรเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยตลาด
2. การเลี้ยงโกไครซทำให้เกษตรกรสามารถสร้างรายได้ (หักค่าใช้จ่าย) ตั้งแต่ 10 – 20 บาทต่อตัว ขึ้นอยู่กับราคาตลาดของไก่ในแต่ละช่วง
3. กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโกไครซอินทรีย์ที่จังหวัดราชบุรี จำนวน 3 รายได้เริ่มต้นนำโกไครซเลี้ยงระบบ อินทรีย์ และกลุ่มเกษตรกรนี้ใช้ข้อมูลที่ได้จากผลงานวิจัยของศูนย์วิจัยนี้ในการสร้างการรับรู้กับ ผู้บริโภคเนื้อไก่อินทรีย์ แม้ว่าจำนวนเกษตรกรกลุ่มนี้ยังมีไม่มาก แต่มีแนวโน้มของขยายตัว โดย หัวหน้ากลุ่มเริ่มขยายฟาร์มและมีแผนที่จะนำไก่พ่อแม่พันธุ์มาทดสอบการเลี้ยงในระบบอินทรีย์แล้ว
4. มหาวิทยาลัยมีรายได้ จากการจำหน่ายลูกไก่ (ตามรายละเอียดในตารางข้อที่ 5) การดำเนินงานที่สามารถเลี้ยงตัวเองได้ 100% และมีส่วนต่างนี้ ทำให้ ฟาร์มโกไครซ (ฟาร์มมหาวิทยาลัย) มหาวิทยาลัยสามารถใช้ในการเรียนการสอน และวิจัยได้ให้กับ นศ. ปริญญาตรี โท เอก ได้โดยไม่ต้อง ใช้งบประมาณจากรัฐบาล
5. มูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดจากการผลิตและจำหน่ายโกไครซ โดยภาพรวมตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2562 ปรากฏด้านล่างนี้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการประเมินโดยภาพรวมโกไครซสามารถสร้างมูลค่า ทางเศรษฐกิจที่เกษตรกร และมหาวิทยาลัยได้รับประโยชน์

เดือน	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	รวม
จำนวนลูกไก่ที่จำหน่าย(ตัว)	18,890	79,019	176,014	427,099	593,061	134,272	447,153	1,875,508
รายได้ของมหาวิทยาลัย (ล้านบาท)	0.34	1.42	3.17	7.69	10.68	2.42	8.05	36.54
รายได้ของเกษตรกร (ล้านบาท)	1.51	6.32	14.08	34.17	47.44	10.74	35.77	150.03

6. เกิดความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยและ บริษัทเบทาโกร อุตสาหกรรมจำกัด โดยการลงนามใน บันทึกข้อตกลงความร่วมมือ ด้านการยกระดับความสามารถของเกษตรกรในการผลิตโกไครซในระบบ อาหารปลอดภัย และยกระดับตลาดโกไครซ ด้วยการขับเคลื่อนในรูปแบบ Social Enterprise เพื่อขยายผลและ ยกระดับคุณภาพการใช้ประโยชน์จากโกไครซให้กับเกษตรกร และรวมถึงการยกระดับตลาดของโก ไครซให้เข้าสู่ตลาดระดับสูง และ Niche market ได้ ปัจจุบันนี้ ได้เริ่มดำเนินกิจกรรมไปแล้ว และ คาดว่าโกไครซจะเข้าสู่ตลาดโดยบริษัทเบทาโกรในเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 นี้
7. มหาวิทยาลัยตั้งให้เป็นศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางเรื่องเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาธุรกิจโก ไครซ เพื่อให้ศูนย์ขับเคลื่อนประเทศให้เป็นส่วนหนึ่งของการเป็นผู้นำด้านธุรกิจและวิชาการที่ครบ วงจรของไก่กลุ่มโตเข้าในภูมิภาคเอเชีย โดยสนับสนุนงบประมาณปีละ 3,500,000 - 5,000,000 บาท ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี

8. เกิดความร่วมมือและเครือข่ายทางวิชาการในระดับนานาชาติ ซึ่งจะให้เกิดการพัฒนางานวิจัยที่ต่อยอด ลงลึก เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนางานวิจัยเพื่อให้ประเทศเป็นผู้นำทางวิชาการด้านไก่อกลุ่มโต
ช้า ในอนาคต

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ค
บทสรุปผู้บริหาร	จ
สารบัญ	ฎ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูปภาพ	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	17
 วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 การศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม อาหาร สิ่งแวดล้อม โครงสร้างเนื้อ องค์กรประกอบต่าง ๆ ของเนื้อไก่เนื้อโคราช ในเชิงลึก เพื่อนำความรู้มาสู่การพัฒนา สายพันธุ์ อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่และเกษตรกร มุ่งเน้นการทำให้เนื้อไก่ เป็นเนื้อเพื่อสุขภาพ และเป็นที่ยอมรับของตลาด	 17
 วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.1 พัฒนาพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราชให้มีความสามารถในการเจริญเติบโต ด้วย heterosis มากยิ่งขึ้น เพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขัน	 17
 วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.2 ศึกษาโครงสร้างพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราช รวมถึงการทำงานของยีนที่ เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต องค์กรประกอบทางเคมีในเนื้อ กลิ่น และรสชาติ เพื่อนำไปสู่แนวทาง ในการพัฒนาพันธุกรรมของไก่ที่รวดเร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้นและยังสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อ การจำแนกสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราชออกจากไก่ต่าง ๆ	 21
 วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.3 ศึกษาปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม อาหาร และสิ่งแวดล้อม ในเชิงลึก เพื่อนำความรู้มาสู่การพัฒนาสายพันธุ์ อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่ และเกษตรกร	 23
 วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.4 ศึกษาเรื่องอาหารและการจัดการที่ช่วยลดความรุนแรงของ Inbreeding depression ต่อความสมบูรณ์พันธุ์ในไก่ ที่เกิดขึ้นเมื่อระดับ Inbreeding coefficient ของไก่สายพ่อ และสายแม่พันธุ์เพิ่มสูงขึ้น อันเนื่องจากการคัดเลือก	 39

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.5 ศึกษาองค์ประกอบทางชีวเคมีที่มีผลต่อการเป็นเนื้อสุภาพ รสชาติของเนื้อ และกลิ่นโดยธรรมชาติ รวมถึงโครงสร้างกล้ามเนื้อของเนื้อไก่ เพื่อนำไปสู่การสร้างจุดต่าง และจุดเด่นในการเป็นเนื้อเพื่อสุภาพ ทั้งเนื้อสดและเนื้อที่ปรุงสุกด้วยวิธีการต่าง ๆ รวมถึงนำไปสู่การออกแบบวิธีเก็บรักษา และกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ	44
วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.6 พัฒนาระบบการแปรรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน มีคุณภาพ และรสชาติที่สม่ำเสมอ หรือสามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ภายใต้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่ผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถนำไปใช้ได้	51
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องมือช่วยในการจัดการฟาร์มไก่อัจฉริยะ ที่เป็นรูปธรรม และเกษตรกรสามารถเข้าถึงเครื่องมือเหล่านี้ได้	55
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.1 พัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบอากาศโรงเรือน รายงานผ่านโทรศัพท์มือถือ	55
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.2 อุปกรณ์และเทคนิคการลดการใช้พลังงานของเตาแก๊สอนุบาลลูกไก่ (ทดแทน พัฒนาเครื่องให้อาหารไก่แบบอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์มือถือ)	58
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.3 พัฒนาระบบช่วยการตรวจวินิจฉัยโรคผ่านระบบ internet	60
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.4 พัฒนาอุปกรณ์เพื่อตรวจสอบเพศในลูกไก่แรกเกิด ด้วยเทคโนโลยีด้านแสง	61
วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อจัดทำตัวแบบทางธุรกิจไก่โคราชและไก่พ่อแม่พันธุ์ เล่มรายงานที่ 2	
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล	64
วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 การศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพันธุ์กรรม อาหาร สิ่งแวดล้อม โครงสร้างเนื้อ องค์ประกอบต่าง ๆ ของเนื้อไก่เนื้อโคราช ในเชิงลึก เพื่อนำความรู้มาสู่การพัฒนาสายพันธุ์ อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่และเกษตรกร มุ่งเน้นการทำให้เนื้อไก่เป็นเนื้อเพื่อสุภาพ และเป็นที่ยอมรับของตลาด	64
วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.1 พัฒนาพันธุ์กรรมของไก่เนื้อโคราชให้มีความสามารถในการเจริญเติบโต ด้วย heterosis มากยิ่งขึ้น เพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขัน	64

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.2 ศึกษาโครงสร้างพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราช รวมถึงการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อ กลิ่น และรสชาติ เพื่อนำไปสู่แนวทางในการพัฒนาพันธุกรรมของไก่ที่รวดเร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้นและยังสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อการจำแนกสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราชออกจากไก่ต่าง ๆ	72
วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.3 ศึกษาปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม อาหาร และสิ่งแวดล้อม ในเชิงลึก เพื่อนำความรู้มาสู่การพัฒนาสายพันธุ์ อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่และเกษตรกร	85
วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.4 ศึกษาเรื่องอาหารและการจัดการที่ช่วยลดความรุนแรงของ Inbreeding depression ต่อความสมบูรณ์พันธุ์ในไก่ ที่เกิดขึ้นเมื่อระดับ Inbreeding coefficient ของไก่สายพ่อและสายแม่พันธุ์เพิ่มสูงขึ้น อันเนื่องจากการคัดเลือก	107
วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.5 ศึกษาองค์ประกอบทางชีวเคมีที่มีผลต่อการเป็นเนื้อสุภาพ รสชาติของเนื้อ และกลิ่นโดยธรรมชาติ รวมถึงโครงสร้างกล้ามเนื้อของเนื้อไก่ เพื่อนำไปสู่การสร้างจุดต่างและจุดเด่นในการเป็นเนื้อเพื่อสุภาพ ทั้งเนื้อสดและเนื้อที่ปรุงสุกด้วยวิธีการต่าง ๆ รวมถึงนำไปสู่การออกแบบวิธีเก็บรักษา และกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ	115
วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.6 พัฒนาระบบการแปรรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน มีคุณภาพและรสชาติที่สม่ำเสมอ หรือสามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ภายใต้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่ผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถนำไปใช้ได้	133
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องมือช่วยในการจัดการฟาร์มไก่อัจฉริยะ ที่เป็นรูปธรรมและเกษตรกรสามารถเข้าถึงเครื่องมือเหล่านี้ได้	139
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.1 พัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบอากาศโรงเรือน รายงานผ่านโทรศัพท์มือถือ	139
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.2 อุปกรณ์และเทคนิคการลดการใช้พลังงานของเตาแก๊สอนุบาลลูกไก่ (ทดแทน พัฒนาเครื่องให้อาหารไก่แบบอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์มือถือ)	151
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.3 พัฒนาระบบช่วยการตรวจวินิจฉัยโรคผ่านระบบ internet	152
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.4 พัฒนาอุปกรณ์เพื่อตรวจสอบเพศในลูกไก่แรกเกิด ด้วยเทคโนโลยีด้านแสง	157

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อจัดทำตัวแบบทางธุรกิจโกโคราชและไก่พ่อแม่พันธุ์ เล่มรายงานที่ 2	
วัตถุประสงค์ข้อที่ 4. เพื่อเผยแพร่ความรู้ที่ผลิตได้ในรูปแบบของบทความทางวิชาการที่มีคุณภาพในระดับชาติ และระดับนานาชาติ ซึ่งเป็นความรู้ที่เกิดจากโจทย์และความต้องการของเกษตรกรอย่างแท้จริง และในรูปแบบของการฝึกอบรม และการให้คำปรึกษากับเกษตรกร	158
วัตถุประสงค์ข้อที่ 5 รับปัญหาจากเกษตรกรและผู้ประกอบการเพื่อนำมาสู่การออกแบบโจทย์วิจัยและพัฒนาอันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาด้วยฐานของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	160
วัตถุประสงค์ข้อที่ 6 เพื่อสร้างและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ในการทำงานวิจัยเชิงลึกแบบบูรณาการอันเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาประเทศ	160
สรุปผลการดำเนินงาน	161
เอกสารอ้างอิง	168

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เกณฑ์การเลือกบริโภคเนื้อสัตว์ของผู้บริโภคในประเทศต่าง ๆ	7
3.1.1.1	จำนวนพ่อแม่พันธุ์ที่ใช้ในการผลิต จำนวนที่ผลิตทั้งหมด การคัดเลือกและรูปแบบการผสมพันธุ์ของไก่ มทส. ทุกรุ่น ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงรุ่นของไก่ มทส.	20
3.1.3.1	สูตรอาหารทดลองและองค์ประกอบของโภชนะ	25
3.1.3.2	องค์ประกอบกรดไขมัน (%) ของน้ำมันรำข้าว (Rice bran oil) และน้ำมันปลาทูน่า (Tuna oil) ในอาหาร	26
3.1.3.3	ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองและองค์ประกอบทางโภชนะของไก่ช่วงอายุ 22 ถึง 42 วัน	27
3.1.3.4	ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองและองค์ประกอบทางโภชนะของไก่ช่วงอายุ 43 ถึง 63 วัน	28
3.1.3.5	ไพรเมอร์ ที่ใช้สำหรับเทคนิค real time-PCR ของยีน L-FABP, PPARA, LPL และ ยีน GAPDH	32
3.1.3.6	สูตรอาหารทดลองและองค์ประกอบของโภชนะ	34
3.1.4.1	ส่วนประกอบวัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนะของสูตรอาหารทดลอง	41
4.1.1.1	สมรรถนะการผลิต (+ ค่า standard deviation) ของไก่เหลืองหางขาว	67
4.1.1.2	ผลผลิตไข่สะสมเป็นรายเดือนของไก่ มทส.	68
4.1.1.3	สมรรถนะการผลิตของไก่ มทส.	69
4.1.1.4	ต้นทุนการผลิตไก่ มทส.ที่อายุ 1 วัน และที่เป็นไก่สาว (อายุ 20 สัปดาห์) ต้นทุนการผลิตไก่เนื้อลูกผสมโคราช ที่อายุ 1 วัน	70
4.1.1.5	ความสม่ำเสมอของน้ำหนักตัวไก่เนื้อโคราชตั้งแต่รุ่นที่ 101 ถึง 108	71
4.1.1.6	ค่าทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักที่ส่งตลาด (10 สัปดาห์) ของประชากรไก่เนื้อโคราช	72

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.1.2.1	ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (correlation coefficient) (ค่าบน) และค่า (ค่าล่าง) ระหว่าง น้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ค่าที่บ่งชี้คุณภาพเนื้อและ nucleotide contents ในเนื้อสะโพกของไก่โคราชเพศผู้ 75
4.1.2.2	ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (correlation coefficient) (ค่าบน) และค่า (ค่าล่าง)ระหว่าง ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ค่าที่บ่งชี้คุณภาพเนื้อและองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อสะโพก ของไก่โคราชเพศผู้ 76
4.1.2.3	ค่าเฉลี่ย (standard deviation) ของน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR) และค่าบ่งชี้คุณภาพเนื้อและ nucleotide contents ในเนื้อสะโพกของไก่โคราชเพศผู้ โดยแยกเป็นกลุ่มที่มี FCR ต่ำ ปานกลาง และสูง 77
4.1.2.4	ค่าเฉลี่ย (standard deviation) ของน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR) และค่า spectrum profile ด้วยเทคนิค Synchrotron Fourier Transformation Infrared (SF-IR) Microspectrophotometer 78
4.1.2.5	จำนวนยีนที่บรรจุอยู่ในแต่ละ module 81
4.1.2.6	Enriched GO terms จาก MEdiumpurple3 module ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการ ใช้อาหารและคุณภาพเนื้อในสะโพกไก่โคราชเพศผู้ 83
4.1.3.1	ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อสมรรถนะ การเจริญเติบโตในไก่โคราช ที่อายุ 9 สัปดาห์ 86
4.1.3.2	ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อส่วนประกอบซากใน ไก่โคราช ที่อายุ 9 สัปดาห์ 88
4.1.3.3	ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อคุณภาพเนื้อใน ไก่โคราช ที่อายุ 9 สัปดาห์ 89
4.1.3.4	ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อองค์ประกอบของ กรดไขมันในเนื้ออกไก่ (g/100g total FA) 92

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.1.3.5	ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพก (g/100g total FA)	94
4.1.3.6	ปริมาณของ n-3 PUFA ที่สำคัญในเนื้ออก	96
4.1.3.7	ปริมาณของ n-3 PUFA ที่สำคัญในเนื้อสะโพก	96
4.1.3.8	ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อการแสดงออกของยีน L-FABP, PPAR α ที่บริเวณตับ และ LPL ที่บริเวณเนื้ออก	100
4.1.3.9	ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้ออกไก่โคราชเพศผู้ (g/100 g total FA)	101
4.1.3.10	ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อปริมาณคอลลาเจนและนิวคลีโอไทด์ในเนื้อ	104
4.1.3.11	ค่าเฉลี่ยของ % integral area ในเนื้ออกไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับไก่ในกลุ่มควบคุม	106
4.1.4.1	ผลของสารต้านอนุมูลอิสระต่อสมรรถนะการผลิตและการมีชีวิตรอดของอสุจิ ในไก่ มทส. ผุ้ที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และผุ้ที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง	111
4.1.4.2	ผลของสารต้านอนุมูลอิสระ ต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณโปรตีนในของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ ในไก่ มทส. ผุ้ที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และผุ้ที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง	112
4.1.4.3	องค์ประกอบสารชีวเคมีในของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ในไก่ มทส. ผุ้ที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และผุ้ที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง	113
4.1.5.1	ค่าสีของเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121 °C เป็นระยะเวลา 40 นาที	116
4.1.5.2	ค่าสีของเนื้อสะโพกไก่ 3 สายพันธุ์ ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121 °C เป็นระยะเวลา 40 นาที	117

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.1.5.3	ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและคอลลาเจนที่ไม่ละลายน้ำของเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121 °C เป็นระยะเวลา 40 นาที	118
4.1.5.4	ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและคอลลาเจนที่ไม่ละลายน้ำของเนื้อสะโพกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121 °C เป็นระยะเวลา 40 นาที	118
4.1.5.5	ปริมาณนิวคลีโอไทด์และอนุพันธ์ของเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121 °C เป็นระยะเวลา 40 นาที	120
4.1.5.6	ปริมาณนิวคลีโอไทด์และอนุพันธ์ของเนื้อสะโพกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121 °C เป็นระยะเวลา 40 นาที	121
4.1.5.7	โครงสร้างทุติยภูมิ (α -helix, β -sheet และ β -turn) ของโปรตีนในเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121 °C เป็นระยะเวลา 40 นาที	123
4.1.5.8	ค่าการย่อยได้ของโปรตีน (in vitro protein digestibility) ในเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121 °C เป็นระยะเวลา 40 นาที	124
4.1.5.9	ค่าความชื้นของรามาโนสเปคตราในเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121 °C เป็นระยะเวลา 40 นาที	125
4.1.5.10	ค่าการดูดซับของเหลวหลังการนวดด้วยเครื่องนวดสุญญากาศ	127
4.1.5.11	ค่าการสูญเสียจากการปรุงสุก (cooking loss)	127
4.1.5.12	ค่าแรงเฉือนของตัวอย่างไก่ปรุงสุก	127
4.1.5.13	องค์ประกอบโดยประมาณในเนื้ออกและสะโพกไก่โคราชที่อายุต่างกัน เปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า	128
4.1.5.14	ปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้ออกและสะโพกไก่โคราชที่อายุต่างกัน เปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า	129
4.1.5.15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณ IMP and GMP ในเนื้ออกและสะโพกไก่โคราชที่อายุต่างกัน เปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า	130

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.1.5.16	การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนและคอลลาเจนในเนื้ออกและสะโพกไก่โคราชที่อายุต่างกัน เปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า	131
4.1.5.17	การเปลี่ยนแปลงปริมาณพิวรีนในเนื้ออกและสะโพกไก่โคราชที่อายุต่างกัน เปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า	132
4.1.6.1	ค่าแรงเฉือน (shear force) ของไก่เนื้อและไก่โคราช หลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 ^o ซ และ 115 ^o ซ	134
4.1.6.2	การเปลี่ยนแปลงค่าสีของแกงมัสมั่นสะโพกไก่เนื้อโคราชในระหว่างการเก็บรักษา	135
4.1.6.3	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของแกงมัสมั่นสะโพกไก่เนื้อโคราชในระหว่างการเก็บรักษา	136
4.1.6.4	การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของเติมสารให้ความคงตัวชนิดต่างกัน	138
4.1.6.5	การเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ ลักษณะปรากฏและคุณภาพทางจุลินทรีย์ของอกไก่ปั่น	138
4.2.1.1	ราคาของวัสดุอุปกรณ์สำหรับใช้ในระบบส่งข้อมูลสภาพอากาศโรงเรือนผ่านอินเทอร์เน็ต	142

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
3.1.1.1	ผังการผสมพันธุ์ไก่พ่อพันธุ์เหลืองหางขาวและแม่พันธุ์ มทส. เพื่อผลิตไก่เนื้อโคราชฝูงทดสอบตั้งแต่รุ่นที่ 1 จนถึงปัจจุบัน (มทส.108 และ LK 106) เมื่อ i หมายถึง รุ่นไก่ และ ลูกศรสีดำที่ย้อนขึ้น หมายถึงจะเริ่มทำการใช้ข้อมูลของไก่เนื้อโคราชฝูงทดสอบในการคัดเลือกพ่อและแม่พันธุ์ เพื่อใช้ในการผลิตฝูงปู่ย่า ตายายพันธุ์ทดแทน	19
3.2.1.1	แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบส่งข้อมูลจากโรงเรือนผ่านผ่านอินเทอร์เน็ต ไปยังฐานข้อมูลบน Web server ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลจากเซนเซอร์และกล้องรับภาพที่ติดตั้งไว้ในโรงเรือนได้ โดยใช้ Web application ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้	56
3.2.1.2	อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบสำหรับส่งภาพและข้อมูลจากเซนเซอร์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตที่ใช้ในโครงการนี้ (ก) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น WeMos D1 mini ทำหน้าที่ประมวลผลและรับส่งสัญญาณ WI-FI ระหว่างโรงเรือน (ข) เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ รุ่น DHT22 (ค) กล้องรับภาพรุ่น ArduCAM Mini (ง) Wi-Fi router และ (จ) Air card	58
3.2.2.1	(ก) ภาพถ่ายภายในโรงเรือนขณะเปิดเตาแก๊สให้ความอบอุ่นกับลูกไก่ และ (ข) ภาพถ่ายรังสีอินฟราเรดหรือภาพถ่ายความร้อนภายในโรงเรือนขณะเปิดเตาแก๊ส	59
3.2.2.2	การออกแบบเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิได้หั่วเตา โดยใช้ Thermistor เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์จะต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ส่งข้อมูลแบบไร้สาย การอ่านค่าอุณหภูมิจะใช้โทรศัพท์เรียกดูข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตหรือระบบไร้สาย	60
3.2.4.1	แผนผังการจัดชุดทดลองการถ่ายภาพโดยใช้แสงย่าน Near infrared สำหรับถ่ายภาพโครงสร้างเส้นเลือดบริเวณกันไก้ แผ่นโพลาไรเซอร์ 2 แผ่น (Analyzer และ Polarizer) ทำหน้าที่ป้องกันแสงสะท้อนโดยตรงบริเวณผิวหนัง และ NIR filter ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แสงจากภายนอกทะลุไปที่กล้องรับภาพได้	62
4.1	แผนภาพสรุปผังการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ของโครงการ	64
4.1.1.1	Hen-day production ของไก่สายพันธุ์ทางการค้า cobb, Arbor Acres, และ ไก่ SUT104, SUT105, SUT106 SUT107 และ SUT108	66

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1.1.2	genetic trend (ค่าเฉลี่ย EBV) ของผลผลิตไข่สะสมของไก่ มทส. ตั้งแต่รุ่นที่ 0 – 8	66
4.1.2.1	ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มเนื้อสะโพกไก่ที่มี FCR สูง (สามเหลี่ยม สีน้ำเงิน) และ FCR ต่ำ (กลม สีแดง) ด้วยวิธี PCA จากข้อมูล spectrum profile ที่ได้จากเทคนิค Synchrotron Fourier Transformation Infrared (SF-IR) Microspectrophotometre	79
4.1.2.2	Heat map of top 50 genes (lowest p-values) ระหว่างไก่กลุ่ม HFCR กับ LFCR กลุ่มอื่น Over-expression คือ สีแดง ในขณะที่กลุ่มอื่น under-expression คือ สีเขียว	81
4.1.2.3	สหสัมพันธ์ระหว่าง modules กับ ประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพเนื้อในสะโพก ไก่โคราชเพศผู้	82
4.1.2.4	Heat map of enriched 24 GO terms ของ MEmediumpurple3 module จากวิธี Wan distance clustering	84
4.1.3.1	ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาในอาหาร ต่อค่า TBAR ในเนื้ออก และเนื้อสะโพก	97
4.1.3.2	Principal component analysis (PCA) ในเนื้ออกไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ เปรียบเทียบกับไก่ในกลุ่มควบคุม	105
4.1.4.1	ปริมาณโปรตีนในของเหลวที่หลังจากต้มสร้างเปลือกไข่ในไก่ มทส. ฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง	107
4.1.4.2	น้ำหนักโมเลกุลและรูปแบบของโปรตีนในฟุ้งไก่ มทส. ฟุ้งที่มีระดับ inbreeding Coefficient ปกติ และฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง สกัดโดยใช้ SDS-PAGE	108
4.1.4.3	น้ำหนักโมเลกุลและรูปแบบของโปรตีนในฟุ้งไก่ มทส. ฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง (A) และฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ (B) สกัดโดยใช้ SDS-PAGE	109
4.1.4.4	ตัวอย่าง H1-NMR สเปกตรัมของของเหลวจากต้มสร้างเปลือกไข่	113

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1.4.5	น้ำหนักโมเลกุลและรูปแบบของโปรตีนในฝูงไก่ มทส. ฝูงที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง (เลน 1-4) และฝูงที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ (เลน 5-8) สกัดโดยใช้ SDS-PAGE	114
4.1.5.1	อินฟราเรดสเปกตรัมของเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121 °C เป็นระยะเวลา 40 นาที	122
4.1.5.2	PC-score plot (PC-1 และ PC-2) (A) และ Loading plot (PC-1) (B) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของรามานสเปกตรัมที่ได้จากเนื้อส่วนอกของไก่โคราช ไก่พื้นเมือง และไก่เนื้อทางการค้า เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121 °ซ เป็นระยะเวลา 40 นาที เปรียบเทียบกับเนื้อดิบ	126
4.1.6.1	การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของเนื้อสะโพกของมัสมันไก่เนื้อโคราชหลังการกระบวนให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 และ 121 °ซ ในระหว่างการเก็บรักษา	136
4.1.6.2	ผลิตภัณฑ์มัสมันไก่พร้อมรับประทาน (a) มัสมันไก่หลังจากฉีกบรรจุภัณฑ์ (b)	137
4.1.6.3	แสดงการแยกชั้นของตะกอนโปรตีนของไก่กับน้ำ ณ ช่วงวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 ของอกไก่ปั่น	139
4.2.1.1	การทดสอบการทำงานเบื้องต้นของระบบส่งข้อมูลจากโรงเรือนผ่านอินเทอร์เน็ต โดยส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ 5 จุดวัดพร้อมกัน หมายเหตุ ชุดเซนเซอร์แต่ละชุดอาจจะมีจำนวนอุปกรณ์ไม่เท่ากันได้ ขึ้นกับความต้องการใช้งานและต้นทุนที่ต้องการ	140
4.2.1.2	ผลการทดสอบระบบเบื้องต้น แสดงข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ชุดที่ 2 (ในกรณีการใช้งานจริงคือข้อมูลจากโรงเรือนที่ 2) ข้อมูลที่บันทึกไว้อัตโนมัติที่ Web server ประกอบด้วยอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสงในแต่ละวัน	141
4.2.1.3	หน้าจอ Web application ที่ได้ปรับปรุงการออกแบบให้อ่านผลได้ง่ายขึ้นเมื่อใช้โทรศัพท์ในการอ่านข้อมูล	143

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.2.1.4	ติดตั้งและทดสอบการใช้งานระบบส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตที่ฟาร์มไก่เนื้อโคราช บริเวณ ตำบลสุขสมบูรณ์ อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา (ฟาร์มของ รศ.ดร. กนก ผลารักษ์)	144
4.2.1.5	แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลด้วยระบบไร้สาย	145
4.2.1.6	การติดตั้งอุปกรณ์ “Access point”	145
4.2.1.7	หน้าจอโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือ Android app. ที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้อ่านข้อมูลจาก เซนเซอร์ผ่านระบบไร้สาย	146
4.2.1.8	ภาพถ่ายภายในโรงเรือนในเวลากลางวัน (ก)-(ข) และภาพถ่ายในเวลากลางคืน (ค)-(ง) โดยใช้ “Night mode” ของกล้องแบบ IP camera	146
4.2.1.9	(ก) ข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ปีกกบินทร์บุรี (ข) ภาพถ่ายภายในโรงเรือน	147
4.2.1.10	Mobile app. สำหรับการจัดการและส่งข้อมูลจากระบบสำรองข้อมูลไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล ผ่านอินเทอร์เน็ต	149
4.2.1.11	(ก) การออกแบบเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดเวลาแม่ไก่ออกไข่ที่รางน้ำกรง (ข) หน้าจอแสดงผลการบันทึกข้อมูลและเวลาพบไข่ที่คำนวณได้ในแต่ละวัน	150
4.2.1.12	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้หน้ากรงไก่ 4 กรง	151
4.2.2.1	การติดตั้งเซนเซอร์แบบ Thermistor เพื่อวัดอุณหภูมิใต้เตาแก๊สอนุบาลลูกไก่	152
4.2.3.1	ต้นแบบเชิงปฏิบัติการ เครื่องชั่งน้ำหนักไก่อัตโนมัติ (ก) และ (ข) การออกแบบเครื่องชั่ง น้ำหนักไก่โดยใช้เซนเซอร์รับน้ำหนักแบบ Load cell ขนาด 10 kg (ค) การอ่านค่าน้ำหนัก ไก่จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์	153
4.2.3.2	การทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องชั่งน้ำหนักไก่อัตโนมัติ	154
4.2.3.3	ผลการคำนวณหาน้ำหนักไก่โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น	155
4.2.3.4	การพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักไก่แบบอัตโนมัติและ Mobile app.	156

บทที่ 1

บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญ

โครงการวิจัยเรื่องการสร้างสายพันธุ์ “ไก่เนื้อโคราช” เพื่อการผลิตเป็นอาชีพวิสาหกิจชุมชน เกิดขึ้นภายใต้ความร่วมมือระหว่าง สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ กรมปศุสัตว์ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้พันธุ์ไก่เนื้อโคราชที่ใช้เป็นเครื่องมือในการประกอบอาชีพของเกษตรกรในระดับวิสาหกิจชุมชนได้ ระยะเวลา 6 ปีที่ผ่านมา โครงการวิจัยได้ผลิตผลผลิตสำคัญ คือ ไก่สายพันธุ์ มทส. และไก่เนื้อโคราช ที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประกอบอาชีพให้กับกลุ่มเกษตรกรของประเทศได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อฟาร์มมหาวิทยาลัยได้นำผลงานวิจัยไปขยายผลต่อ โดยการสนับสนุนงบประมาณจากมหาวิทยาลัย จึงทำให้ความสามารถในการผลิตลูกไก่ของมหาวิทยาลัยเพิ่มสูงขึ้นและสามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรได้อย่างเพียงพอ โดยขณะนี้มียานวนเกษตรกรที่ใช้ไก่เนื้อโคราชเพื่อประกอบอาชีพแล้วจำนวนไม่ต่ำกว่า 100 ราย กระจายอยู่ในจังหวัดต่างๆ ได้แก่ นครราชสีมา ขอนแก่น บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ สุรินทร์ นครพนม ยโสธร และลพบุรี และฟาร์มมหาวิทยาลัยมียอดการจำหน่ายลูกไก่ประมาณ 50,000 ตัวต่อเดือน ข้อมูลเหล่านี้พิสูจน์ได้ว่าไก่เนื้อโคราชที่เกิดจากการวิจัยโดยใช้ฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชิงลึก สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประกอบอาชีพของเกษตรกรได้

อย่างไรก็ตาม ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงอันเป็นพลวัต ทั้งในด้านราคาไก่ ราคาวัตถุดิบอาหารไก่ การพัฒนาอย่างไม่เคยหยุดยั้งของบริษัทเอกชน การเปลี่ยนแปลงของตลาดและผู้บริโภค จึงทำให้การพัฒนาพันธุ์ไก่ อาหาร และ เทคโนโลยีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยง การจัดการ การแปรรูป และการเพิ่มมูลค่า เพื่อให้ไก่ยังคงเป็นเทคโนโลยีที่มีความเข้มแข็งสำหรับเกษตรกรนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่ง

การพัฒนาที่เข้มแข็งและยั่งยืนควรพัฒนาจากฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับความเข้าใจในสถานการณ์ของผู้ใช้ (เกษตรกร) และผู้บริโภค ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงได้มีการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาไก่เนื้อโคราชขึ้น โดยศูนย์ดังกล่าวมีเป้าหมายสำคัญคือ เพื่อให้เกิดการร่วมมือกันของนักวิจัยที่หลากหลายสาขาอย่างบูรณาการ ในการผลิตความรู้เชิงลึกทั้งในด้านพันธุกรรม อาหาร การจัดการ วิทยาศาสตร์ของเนื้อ เครื่องมือทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และนำความรู้ดังกล่าวสู่การพัฒนาไก่และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง อันจะนำมาสู่ความสามารถในการแข่งขันของไก่เนื้อโคราช โดยมีผู้รับประโยชน์คือ เกษตรกรของประเทศ และนักศึกษาทั้งในระดับปริญญาตรีและระดับบัณฑิตศึกษา

2. วัตถุประสงค์ของศูนย์วิจัย

1. เพื่อทำหน้าที่ในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม อาหาร สิ่งแวดล้อม โครงสร้างเนื้อ องค์ประกอบต่างๆ ของเนื้อไก่เนื้อโคราชในเชิงลึก เพื่อนำความรู้มาสู่การพัฒนาสายพันธุ์อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่และเกษตรกร มุ่งเน้นการทำให้เนื้อไก่เป็นเนื้อเพื่อสุขภาพและเป็นที่ยอมรับของตลาด โดยกรอบการศึกษามีดังนี้

1.1 พัฒนาพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราชให้มีความสามารถในการเจริญเติบโตด้วย heterosis มาก

ยิ่งขึ้น เพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขัน

- 1.2 ศึกษาโครงสร้างพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราช รวมถึงการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อ กลิ่น และรสชาติ เพื่อนำไปสู่แนวทางในการพัฒนาพันธุกรรมของไก่ที่รวดเร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้น และยังสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อการจำแนกสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราชออกจากไก่ต่างๆ
- 1.3 ศึกษาปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม อาหาร และสิ่งแวดล้อม ในเชิงลึก เพื่อนำความรู้นี้มาสู่การพัฒนาสายพันธุ์ อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่และเกษตรกร โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เนื้อไก่เป็นเนื้อเพื่อสุขภาพ และเป็นที่ยอมรับของตลาด
- 1.4 ศึกษาเรื่องอาหารและการจัดการที่ช่วยลดความรุนแรงของ inbreeding depression ต่อความสมบูรณ์พันธุ์ในไก่ ที่เกิดขึ้นเมื่อระดับ inbreeding coefficient ของไก่สายพ่อและสายแม่พันธุ์เพิ่มสูงขึ้นอันเนื่องจากการคัดเลือก
- 1.5 ศึกษาคุณสมบัติและองค์ประกอบทางชีวเคมีที่มีผลต่อการเป็นเนื้อสุขภาพ รสชาติของเนื้อ และกลิ่นโดยธรรมชาติของเนื้อ รวมถึงโครงสร้างกล้ามเนื้อของเนื้อไก่ เพื่อนำไปสู่การสร้างจุดต่างและจุดเด่นในการเป็นเนื้อเพื่อสุขภาพ ทั้งเนื้อสด และเนื้อที่ปรุงสุกด้วยวิธีการต่างๆ รวมถึงนำไปสู่การออกแบบวิธีเก็บรักษา และกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ
- 1.6 พัฒนาระบบการแปรรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน มีคุณภาพและรสชาติที่สม่ำเสมอ หรือสามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ภายใต้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่ผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถนำไปใช้ได้
2. เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องมือช่วยในการจัดการฟาร์มไก่อัจฉริยะ ที่เป็นรูปธรรมและเกษตรกรสามารถเข้าถึงเครื่องมือเหล่านี้ได้ โดยกรอบการพัฒนามีดังนี้
 - 2.1 การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบสภาพอากาศและความเข้มแสงภายในโรงเรือน รายงานผลผ่านระบบโทรศัพท์มือถือ สำหรับผู้ประกอบการเลี้ยงไก่พ่อแม่พันธุ์ และเพื่อให้ได้ข้อมูลอันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาและพัฒนาโจทย์วิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ และสภาพอากาศต่อสมรรถนะการผลิตของไก่ในอนาคต
 - 2.2 การพัฒนาเครื่องให้อาหารไก่แบบอัตโนมัติ ควบคุมการให้ผ่านระบบโทรศัพท์มือถือ สำหรับผู้ประกอบการเลี้ยงไก่พ่อแม่พันธุ์ หรือผู้ประกอบการเลี้ยงไก่เนื้อที่ความสามารถในการลงทุน
 - 2.3 การพัฒนาระบบช่วยการตรวจวินิจฉัยโรคผ่านระบบ internet ได้ทันที โดยที่ไม่ต้องไปที่ฟาร์มเกษตรกร สำหรับผู้ประกอบการเลี้ยงไก่พ่อแม่พันธุ์ หรือผู้ประกอบการเลี้ยงไก่เนื้อที่ความสามารถในการลงทุน
 - 2.4 การพัฒนาอุปกรณ์เพื่อตรวจสอบเพศในลูกไก่แรกเกิด ด้วยเทคโนโลยีด้านแสง
3. เพื่อสร้างตัวแบบทางธุรกิจสำหรับผู้ประกอบการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชและไก่พ่อแม่พันธุ์

4. เพื่อเผยแพร่ความรู้ที่ผลิตได้ในรูปแบบของบทความทางวิชาการที่มีคุณภาพในระดับชาติ และระดับนานาชาติ ซึ่งเป็นความรู้ที่เกิดจากโจทย์และความต้องการของเกษตรกรอย่างแท้จริง และในรูปแบบของการฝึกอบรม และการให้คำปรึกษากับเกษตรกร

5. ทำหน้าที่รับปัญหาจากเกษตรกรและผู้ประกอบการเพื่อนำมาสู่การออกแบบโจทย์วิจัยและพัฒนา อันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาด้วยฐานของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

6. เพื่อสร้างและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ในการทำงานวิจัยเชิงลึกแบบบูรณาการ อันเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาประเทศ

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

จากการดำเนินโครงการ การพัฒนาสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราชเพื่อการผลิตเป็นอาชีพวิสาหกิจชุมชน ในระยะที่ 2 สามารถสรุปได้ว่า สายพันธุ์ไก่ที่ถูกพัฒนาต่อจากการดำเนินโครงการในระยะที่ 1 ได้แก่ ไก่พ่อและแม่พันธุ์ ได้แก่ ไก่เหลืองหางขาว (พ่อพันธุ์) ไก่ มทส. (แม่พันธุ์) และไก่เนื้อโคราช ไก่ทั้งหมดนี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประกอบอาชีพของเกษตรกรได้แล้ว นอกจากนี้จากผลการศึกษาทำให้ทราบถึงคุณสมบัติของเนื้อไก่เนื้อโคราช ในประเด็นของอาหารไก่และระบบการเลี้ยง พบว่า สามารถใช้ระบบการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยเพื่อเพิ่มคุณภาพของเนื้อไก่ได้ และสามารถลดต้นทุนค่าอาหารไก่ได้ ผลการศึกษาทั้งหมดนี้ได้ถูกถ่ายทอดให้กับกลุ่มเกษตรกรเพื่อนำไปใช้ในการเลี้ยง การจัดการ และการทำการตลาด

อย่างไรก็ตาม การวิจัยในเชิงลึกเกี่ยวกับเรื่องการพัฒนาพันธุ์ อาหาร การจัดการ และเนื้อ เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อการคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกร ทั้งนี้เนื่องจาก การวิจัยเหล่านี้จะทำให้ได้ผลการศึกษา ที่จะนำไปสู่การพัฒนาพันธุ์ที่ลอกเลียนแบบได้ยากขึ้น ได้แนวทางการพัฒนาอาหาร และการจัดการ ที่มีความเหมาะสมและตรงตามความต้องการของพันธุ์กรรมของไก่อย่างแท้จริง และรวมถึงได้แนวทางในการใช้อาหารและการจัดการเพื่อทำให้เนื้อไก่มีองค์ประกอบทางชีวเคมีที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาถือว่าเป็นประเด็นสำคัญในการจะทำให้ไก่มีจุดต่าง ที่จะนำไปสู่การแข่งขัน ทั้งในระดับประเทศ และต่างประเทศ

การตรวจเอกสารครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้แนวทางที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาด้านต่างๆ ที่กล่าวมา

การพัฒนาพันธุ์ไก่โคราชและไก่พ่อแม่พันธุ์

ไก่เนื้อโคราช จากผลการศึกษาด้านการพัฒนาพันธุ์ไก่เนื้อโคราชจากโครงการการสร้างสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราชเพื่อการผลิตเป็นอาชีพในระดับวิสาหกิจชุมชน ระยะที่ 2 สามารถสรุปได้ว่า ด้านสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อโคราชที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน สามารถสรุปได้ว่า ไก่เนื้อโคราชสามารถใช้ในการประกอบอาชีพได้ โดยสามารถพิจารณาได้จากต้นทุนการผลิต แต่ในด้านผลการคัดเลือก ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า จะมีความก้าวหน้าในการคัดเลือกมาก น้อยเพียงใด เนื่องจากเพิ่งเริ่มการคัดเลือกได้เพียง 1 รุ่น

เมื่อพิจารณาถึงเป้าหมายในการสร้างสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราช คือเพื่อใช้ไก่เป็นเครื่องมือในการประกอบอาชีพของเกษตรกร ซึ่งหมายถึงไก่ต้องมีการเจริญเติบโตที่ดีสามารถทำให้ต้นทุนการผลิตสามารถแข่งขันได้ และเนื้อต้องมีคุณภาพดี มีจุดต่างที่สามารถแข่งขันได้เช่นกัน ดังนั้นในการพัฒนาพันธุ์ไก่เนื้อโคราชจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับลักษณะทั้งสองกลุ่มนี้ เพื่อให้ไก่ตอบสนองความต้องการทั้งของเกษตรกร และผู้บริโภค จึงจะทำให้การพัฒนาพันธุ์บรรลุซึ่งเป้าหมายที่กำหนดไว้

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัย (Dransfield and Sosnicki, 1999; Duclos et al., 2007; Petracci and Cavani, 2012) นำไปสู่ข้อสรุปว่าความสัมพันธ์ของลักษณะทั้งสองกลุ่มนี้มีความขัดแย้งกัน กล่าวคือ ถ้า

ไก่อมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วจะทำให้คุณภาพเนื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อสัมผัสจะมีความถดถอยลง ดังนั้นการพัฒนาพันธุ์ไก่จึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ดังกล่าวเพื่อคุณสมบัติของลักษณะทั้งสองกลุ่ม

จากผลการศึกษาของโครงการวิจัยดังกล่าว พบว่า ด้วยความเข้มข้นในการคัดเลือกที่ต่ำมาก ($i = 0.5$) และค่าสัดส่วนระหว่าง $\sigma_{PD}^2 / \sigma_P^2$ (ใช้แทนค่าอัตราพันธุกรรม) ก็มีค่าที่ต่ำเช่นกัน (0.05) จึงมีความเป็นไปได้ว่าในการคัดเลือกต่อไปจะมีการเพิ่มขึ้นของการเจริญเติบโตของไก่เนื้อโคราชในรุ่นต่อไปอย่างช้าๆ สถานการณ์เช่นนี้ อาจเป็นสถานการณ์ที่ขัดต่อการพัฒนาพันธุ์ กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ในลักษณะของการเจริญเติบโต ทำให้มีช่วงเวลาที่ติดตามหรือพัฒนาพันธุ์ในส่วนของคุณภาพเนื้อ

นอกจากนี้จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยของ Le Bihan-Duval et al. (1999) พบว่ากลุ่มลักษณะที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ เป็นกลุ่มที่มีค่าอัตราพันธุกรรมสูง (0.4 – 0.5) ซึ่งบ่งชี้ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาพันธุ์กรรมของลักษณะเหล่านี้

ดังนั้นจากข้อมูลผลงานวิจัยก่อนหน้านี้ทั้งหมดที่กล่าวมา ร่วมกับเป้าหมายการพัฒนาพันธุ์ของไก่เนื้อโคราชจึงทำให้สังเคราะห์เป็นข้อเสนอสำหรับการคัดเลือก ซึ่งจะต้องดำเนินการในศูนย์วิจัยนี้ คือ จะให้ความก้าวหน้าในการคัดเลือกเป็นไปอย่างช้าๆ เช่นนี้ เพื่อค่อยๆ เพิ่มความสม่ำเสมอของฝูงไก่ และ เพื่อใช้เวลาต่อไปนี้ สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเนื้อ เพื่อหาจุดเหมาะสมของการเจริญเติบโตและการคงไว้ซึ่งคุณสมบัติของเนื้อที่เป็นอยู่ หรือดีกว่าในปัจจุบัน ร่วมกับการหาแนวทางในการพัฒนาพันธุ์กรรมในเรื่องของคุณภาพเนื้อ เพื่อพัฒนาเนื้อให้มีความโดดเด่น เช่น การเน้นการพัฒนาเรื่องสารให้ความอร่อยในเนื้อ การพัฒนาเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีลักษณะที่สอดคล้องกับความเหนียวนุ่มชุ่มฉ่ำ

ไก่พ่อแม่พันธุ์ ด้วยเป้าหมายของการพัฒนาพันธุ์ของไก่เหลืองหางขาว และไก่ มทส. ซึ่งทำหน้าที่เป็นไก่พ่อพันธุ์ และไก่แม่พันธุ์ของไก่เนื้อโคราช คือ การทำให้โครงสร้างพันธุกรรมของไก่ทั้งสองสายพันธุ์มีความจำเพาะต่อกัน เพื่อมุ่งหวังการเกิด heterosis ในไก่เนื้อโคราช ซึ่งในการปรับปรุงพันธุ์เราสามารถทำให้เกิดเหตุการณ์เช่นนี้ด้วยการคัดเลือก ซึ่งมี 2 วิธีคือ วิธี recurrent selection (RS) และ reciprocal recurrent selection (RRS) และในการดำเนินโครงการต่อจากนี้จะเลือกใช้การคัดเลือกแบบ RS ทั้งนี้ด้วยเหตุผลที่จะอธิบายต่อไปนี้

จากการศึกษาเอกสารพบว่า การคัดเลือกแบบ RS จะเหมาะสมสำหรับคู่ผสมที่จะใช้ในการผลิตลูกผสมนั้น ต้องมีสายใดสายหนึ่งเป็น inbred line หรือลักษณะที่ต้องการพัฒนาต้องมีค่า additive variance ที่ต่ำ (Bowman, 1962) ถ้าคู่ผสมไม่ได้มีคุณสมบัติดังกล่าวการใช้ RS จะทำให้ความก้าวหน้าทางพันธุกรรมเกิดขึ้นช้า ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างพันธุกรรมของแต่ละประชากรยังไม่เสถียร โอกาสการเข้าคู่กันของ allele ที่มีความจำเพาะต่อกันยังมีน้อย ในขณะที่ถ้าโครงสร้างพันธุกรรมของแต่ละประชากรยังไม่เสถียร การคัดเลือก RRS จะมีความเหมาะสมมากกว่า (Young et al., 1983; Minvielle et al., 1999; Yahaya et al., 2009)

เมื่อวิเคราะห์โครงสร้างประชากรของคู่ผสมเพื่อใช้ในการผลิตไก่เนื้อโคราชซึ่งได้แก่ ไก่เหลืองหางขาว และไก่ มทส. พบว่า ทั้งไก่เหลืองหางขาว และไก่ มทส. ยังไม่มีสถานะภาพเป็น inbred line ดังนั้นด้วย

โครงสร้างพันธุกรรมของไก่ทั้งสองประชากร สามารถกล่าวได้ว่าควรใช้การคัดเลือกแบบ RRS แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงการปฏิบัติจริง การทำ RRS สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ มีข้อจำกัดมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อต้องใช้ไก่เพศเมียแหล่งทางชาวผสมกับไก่เพศผู้ มทส. เพื่อผลิตไก่เนื้อโคราช (อีกสายหนึ่ง) จะทำได้ยากมาก ด้วยข้อจำกัดของผลผลิตไข่ที่ต่ำ (90–100 ฟองต่อตัวต่อปี) และถึงแม้ว่าจะพบว่า ไก่เนื้อโคราชสายนี้จะมีสมรรถนะการผลิตที่ดีกว่า แต่ในการผลิตเชิงการค้าก็เป็นไปได้ยาก เนื่องจากต้นทุนการผลิตลูกไก่จะสูงมาก ซึ่งเป็นผลเนื่องจากผลผลิตไข่ที่ต่ำมากของไก่แหล่งทางชาวนั่นเอง ด้วยเหตุผลทั้งหมดนี้คณะวิจัยจึงจำเป็นต้องใช้แผนการผสมพันธุ์และคัดเลือกแบบ Recurrent selection

ในการทำการคัดเลือกจะเกิดผลกระทบคือ ไก่ทั้งสองสายพันธุ์นี้จะมีระดับของ inbreeding coefficient สูงขึ้นเป็นลำดับ และจะมีผลต่อความสมบูรณ์พันธุ์ที่จะถดถอยลง ดังนั้น แนวทางในการคัดเลือก จะดำเนินการคัดเลือกโดยให้มีความเข้มข้นในการคัดเลือกที่ต่ำ (ทำการคัดเลือกไก่ไว้ประมาณ 70% ของฝูง) ทั้งนี้เพื่อให้ระดับของ inbreeding coefficient เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งจะทำให้ นักวิจัยสามารถติดตามประเมินสถานการณ์ต่างๆ ได้

อนึ่งสำหรับลักษณะผลผลิตไข่ของไก่ มทส. จากรายงานผลงานวิจัยของโครงการการสร้างสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราช ฯ ระยะที่ 2 พบว่า ไก่ มทส. 105 มีผลผลิตไข่สะสมต่อปีประมาณ 200 ฟอง ต้นทุนลูกไก่ประมาณ 13 บาทต่อตัว ซึ่งเพียงพอต่อการนำไก่สายพันธุ์นี้ไปใช้ประกอบอาชีพสำหรับผู้ประกอบการแล้ว ดังนั้นในเรื่องการพัฒนาพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตไข่จะชะลอไว้ และเน้นเรื่องการจัดการอาหารและสิ่งแวดล้อม

การศึกษาโครงสร้างพันธุกรรมเพื่อนำมาสู่การกำหนดแนวทางในการพัฒนาพันธุ์

เมื่อวิเคราะห์ถึงเกณฑ์การเลือกบริโภคเนื้อสัตว์ของผู้บริโภคในภูมิภาคต่างๆของโลก ที่สรุปไว้ในตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันและอนาคต จะมุ่งเน้นในด้านอาหารคุณภาพที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ และให้ความสำคัญกับความอร่อย และเนื้อสัมผัสที่ดี ซึ่งแตกต่างจากผู้บริโภคในอดีตที่ให้ความสำคัญกับสิ่งเหล่านี้น้อยกว่า และเน้นในเรื่องปริมาณของผลผลิตหรือ ความรวดเร็วของการเจริญเติบโตของสัตว์มากกว่า และถ้าประเมินจากกระแสของผู้บริโภคที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของประเทศไทย (จากประสบการณ์จากท่าตลาดไก่เนื้อโคราช) กระแสผู้บริโภคในประเทศก็มีทิศทางไปในทางเดียวกัน ดังนั้น แนวทางการพัฒนาพันธุ์จึงจำเป็นต้องมุ่งเน้นการพัฒนาลักษณะด้านคุณภาพเนื้อ และเพื่อให้เนื้อมีความโดดเด่นมากยิ่งขึ้น การมุ่งเน้นทำให้เนื้อไก่มีองค์ประกอบทางชีวเคมีที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ

ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์สถานการณ์ตามที่ได้กล่าวมา จึงทำให้ชัดเจนว่าเป้าหมายของการพัฒนาพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราช คือการมุ่งเน้นให้ไก่เนื้อโคราชมีพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของเนื้อ (เนื้อสัมผัส) และองค์ประกอบทางชีวเคมีที่ดีขึ้น และมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นอย่างช้าๆ ทั้งนี้เนื่องจากประเด็นเรื่องต้นทุนการผลิต ยังคงเป็นเรื่องที่จำเป็นต่อการแข่งขันของเกษตรกร

เมื่อเป้าหมายหนึ่งของการพัฒนาพันธุ์ คือการมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพเนื้อและองค์ประกอบทางชีวเคมีของเนื้อ นอกเหนือจากการเจริญเติบโต ดังนั้น การทราบถึงพันธุกรรมของไก่ที่มีบทบาทหน้าที่เกี่ยวข้องกับลักษณะเนื้อสัมผัส และองค์ประกอบทางชีวเคมีของเนื้อไก่ จึงเป็นจุดเริ่มต้นที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง

เมื่อประเมินความเป็นไปได้ในการพัฒนาพันธุกรรมเพื่อให้บรรลุซึ่งเป้าหมายที่กำหนด สามารถกล่าวได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะดำเนินการพัฒนาพันธุกรรมเพื่อพัฒนาลักษณะเหล่านี้ให้ดีขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน ทั้งนี้เนื่องจาก จากการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยก่อนหน้านี้ เช่น การศึกษาของ Le Bihan-Duval et al. (2008) ซึ่งศึกษาค่าพันธุกรรมของลักษณะ ค่า pH ค่า drip loss ค่า thawing-cooking loss หรือ ค่า shear-force ซึ่งเป็น parameter ทางวิทยาศาสตร์ที่บ่งชี้ถึงเนื้อสัมผัสที่ดี พบว่าลักษณะเหล่านี้เป็นลักษณะที่มีอิทธิพลทางพันธุกรรมเข้ามา มีบทบาทค่อนข้างสูง ซึ่งแสดงว่าการคัดเลือกสามารถพัฒนาลักษณะดังกล่าวได้ หรือในกรณีขององค์ประกอบทางชีวเคมีของเนื้อ เช่น กรดไขมัน และ เพียวรีน ก็มีการศึกษาที่พบว่าพันธุกรรมมีผลต่อลักษณะองค์ประกอบเหล่านี้ (Wang et al., 2006; Wu et al., 2009; Hui-Fang et al., 2010) เช่นกัน ผลการศึกษาเหล่านี้นำไปสู่ข้อเสนอมว่า มีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราชเพื่อมีคุณภาพเนื้อทั้งในด้านเนื้อสัมผัสและองค์ประกอบทางชีวเคมี ให้ดีขึ้นเพื่อใช้เป็นจุดเด่นที่แตกต่างในการแข่งขัน

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาต่างๆ ที่กล่าวมานั้น เป็นเพียงข้อมูลที่บ่งชี้ให้เห็นถึงโอกาสที่จะพัฒนาพันธุกรรมของลักษณะดังกล่าว แต่ไม่สามารถนำผลการศึกษาเหล่านั้นมาใช้ในการพัฒนาพันธุ์ไก่เนื้อโคราชได้โดยตรง ทั้งนี้ เนื่องจากอิทธิพลของพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ จะแตกต่างกันไปตามโครงสร้างพันธุกรรมที่แตกต่างกัน ดังนั้น ไก่เนื้อโคราชซึ่งคาดว่าจะมีโครงสร้างทางพันธุกรรมที่แตกต่างจากไก่อื่นๆ ในต่างประเทศ ก็จะมีอิทธิพลของพันธุกรรมที่มีบทบาทต่อลักษณะต่างๆ ที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาเพื่อค้นหายีนที่มีบทบาทที่เกี่ยวข้องกับลักษณะดังกล่าวในประชากรของไก่เนื้อโคราช และใช้ผลการศึกษาในการกำหนดแนวทางในการคัดเลือกต่อไป

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การเลือกบริโภคเนื้อสัตว์ของผู้บริโภคในประเทศต่างๆ

Country	Criterion	Reference
Turkey: Ankara	Price, Taste, Nutritional quality, Conditions relating to health, Fat content	Aral et al. (2013)
Malaysia	Freshness, Good environment, Halal guaranteed, Price	Chamhuri and Batt (2013)
Romania: Bucharest	Taste, Color, Texture, Cholesterol content, Chicken naturally fed (meat origin)	Pirvutiu and Popescu (2013)
Thailand: Central and Western	Price, Flavor, Texture, Antibiotic	Chaoutai and Sumon (2010)
Romania: Timiș, Caraș-Severin, Arad	Chicken naturally fed (meat origin)	Buzamat et al. (2009)
Indonesia	Firm, Fatless, Texture, Poultry receive fed without drug/antibiotic/chemical, Good for health	Muladno and Thieme (2009)
Switzerland	Price, Meat quality, Product origin, Animal welfare	Bolliger and Revirion (2008)
Czech	Price, Tastiness, Fat content, Flavor	Pourová and Stehlik (2002)
Germany	Freshness, Free range, Feed, Country of origin, Brand/label, Antibiotics, Fat/cholesterol, Price	Becker et al. (2000)

การพัฒนาคุณภาพเนื้อ

มีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาและพัฒนาคุณภาพเนื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เกี่ยวกับ parameter ที่จะใช้บ่งชี้ความอร่อยและการยอมรับของผู้บริโภค ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผล 2 ประการ คือ 1) การที่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่จะได้เป็นผู้กำหนดราคาของไก่ หรือเนื้อไก่นั้น ไก่ต้องมีจุดขายที่โดดเด่นและชัดเจน ซึ่งจุดขายนั้นคือความอร่อยและคุณภาพของเนื้อ และการมีพารามิเตอร์ที่ชัดเจนที่บ่งบอกถึงความอร่อยและคุณภาพเนื้อจะเป็นเครื่องมือที่สำคัญในอนาคตของเกษตรกรที่จะใช้เป็นจุดขายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความชัดเจน พิสูจน์ได้ และ 2) จากความจำเป็นเรื่องการพัฒนาสมรรถนะการผลิตของไก่เนื้อโคราช จากหัวข้อข้างต้น และจากการศึกษาพบว่า การเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อมีความสัมพันธ์เชิงลบ (negative correlation) ต่อกัน (Dransfield and Sosnicki, 1999; Fletcher, 2002; Gaya et al., 2011) ดังนั้นในการพัฒนาเรื่องการเจริญเติบโตของไก่จำเป็นต้องทำการพัฒนาภายใต้กรอบของความอร่อยของเนื้อ และคุณภาพของเนื้อที่ยังคงเดิม ดังนั้นการมีพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นตัวชี้วัดความอร่อยและคุณภาพของเนื้อที่ชัดเจนจึงมีความจำเป็นในแง่ของการใช้เป็นเกณฑ์ควบคุมการพัฒนาด้านการเจริญเติบโต

จากผลการศึกษาเรื่องคุณสมบัติของเนื้อไก่โคราช จากโครงการวิจัยการสร้างสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราช พบว่า ไก่โคราชมีความโดดเด่นในด้านเนื้อสัมผัส และองค์ประกอบทางชีวเคมีที่นำไปสู่การเป็นเนื้อเพื่อสุขภาพ เช่น เนื้อไก่โคราชมีไขมันต่ำกว่าไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้า (เนื้ออกมีไขมัน 2.24% เมื่อเทียบกับไก่เนื้อทางการค้ามีไขมันประมาณ 3.76% ส่วนเนื้อสะโพก ไก่เนื้อโคราชมีไขมันประมาณ 5.57% ส่วนไก่เนื้อทางการค้ามีไขมันประมาณ 7.38%) นอกจากนี้ไก่เนื้อโคราชมีปริมาณคอลลาเจนในเนื้อสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า (เนื้ออกของไก่เนื้อโคราชมีปริมาณคอลลาเจน 23 mg/g ส่วนไก่เนื้อทางการค้ามี 18 mg/g ส่วนเนื้อสะโพกของไก่เนื้อโคราชมีปริมาณคอลลาเจน 34 mg/g ส่วนไก่เนื้อทางการค้ามี 24 mg/g) เป็นต้น จากคุณสมบัติดังกล่าวสามารถนำไปกำหนดตำแหน่งของไก่เนื้อโคราชในตลาดได้ว่า ไก่เนื้อโคราชจะเป็นไก่เพื่อสุขภาพของผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพ ซึ่งจัดเป็น Niche market การที่ไก่เนื้อโคราชสามารถเข้าสู่ตลาดดังกล่าวได้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกร เพราะจะทำให้สามารถจำหน่ายไก่ได้ในราคาที่สูงกว่าตลาดทั่วไป อย่างไรก็ตาม การพัฒนาจุดต่างหรือจุดเด่นของเนื้อไก่นั้น จำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกร หรือผู้ประกอบการ

ข้อมูลเชิงลึกที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อที่ควรดำเนินการศึกษาต่อทั้งนี้เพื่อใช้ในการสร้างจุดต่าง หรือใช้ในการพิจารณาเลือกใช้กระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมกับเนื้อ การศึกษาเชิงลึกดังกล่าว ได้แก่ การศึกษาชนิดและรูปแบบ (type) ของเส้นใยกล้ามเนื้อ การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมโปรตีนสในระหว่างการเก็บแช่เย็น การกระจายตัวของไขมันในกล้ามเนื้อ และการจัดเรียงตัวของเส้นใย รวมถึงปริมาณไมโอโกลบิน (myoglobin) ในกล้ามเนื้อซึ่งมีผลต่อสี โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า ความรู้พื้นฐานเหล่านี้จะนำไปสู่การออกแบบวิธีการเก็บรักษาและกระบวนการแปรรูป ตลอดจนผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ข้อมูลคุณภาพเนื้อเพื่อนำไปสู่การเป็นเนื้อเพื่อสุขภาพของไก่เนื้อโคราช เปรียบเทียบกับไก่สายพันธุ์อื่น เช่น องค์ประกอบของแร่ธาตุ วิตามิน และเปปไทด์ธรรมชาติที่มีสมบัติต้านออกซิเดชัน เช่น คาร์โนซีน (carnosine) แอนเซอร์อิน (anserine) เปปไทด์ที่มีสมบัติ ยับยั้งกิจกรรม angiotensin converting enzyme

(ACE) ซึ่งมีผลควบคุมความดันโลหิต ข้อมูลของสารต่างๆ เหล่านี้ยังไม่มี ความชัดเจนในไก่เนื้อโคราช ทั้งใน สภาวะของเนื้อดิบ และเนื้อที่ปรุงสุกด้วยวิธีต่างๆ

นอกจากการศึกษาคุณภาพของเนื้อเพื่อนำไปสู่การเป็นเนื้อเพื่อสุขภาพแล้ว กลิ่นและรสชาติของเนื้อ เป็นปัจจัยสำคัญซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคและความชอบ และเป็นอีกคุณสมบัติหนึ่งของเนื้อไก่ที่ จำเป็นต้องให้ความสำคัญและทำการศึกษาเพื่อใช้ในการสร้างจุดเด่นให้กับเนื้อไก่เนื้อโคราช

กลิ่นรสเนื้อมีความสำคัญทั้งในมุมมองของผู้ผลิตและผู้บริโภค โดยขึ้นกับปัจจัยก่อนฆ่า (pre-slaughter) และหลังฆ่า (post-slaughter) รวมทั้งสายพันธุ์ อาหาร pH และวิธีการปรุงสุก (Jayasena et al., 2013) กลิ่นรสของเนื้อไก่ปรุงสุกเกิดขึ้นผ่านปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) การสลายตัวของไขมัน และอันตรกิริยาระหว่างสองปฏิกิริยาดังกล่าว ซึ่งเกิดขึ้นผ่านสารต้นต่อ (precursor) ในเนื้อเช่น กรดอะมิโน เปปไทด์ นิวคลีโอไทด์ น้ำตาล ไขมัน ไทอะมิน สารต้านอนุมูลอิสระในเครื่องเทศ (Mottram, 1998; Jayasena et al., 2013) ดังนั้นเนื้อไก่จากแต่ละสายพันธุ์ที่มีวิธีการปรุงสุกแตกต่างกันจึงมีคุณลักษณะกลิ่นรสเฉพาะที่ แตกต่างกันไป นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบความอร่อยซึ่งบ่งชี้ได้จากสารบ่งชี้ความอร่อยคือ Inosine monophosphate (IMP) และ Guanosine monophosphate (GMP) พบว่าไก่พันธุ์พื้นเมืองมีปริมาณสาร ทั้งสองชนิดนี้มากกว่าไก่เนื้อทางการค้าและจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนน ความชอบเนื้อไก่ส่วนนอกของไก่พื้นเมืองมากกว่าไก่เนื้อทางการค้า เนื่องจากมีความชุ่มน้ำ (juiciness) มากกว่า ไก่พื้นเมือง (Guèye et al., 1997; Wattanachant, 2008) และ (ศิริพร และคณะ, 2555) การสลายตัวของ ไขมันจากการเกิดออกซิเดชันส่งผลให้เกิดสารระเหยหลายชนิดเช่น อะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน แอลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ คาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ แลคโตน แอลคิลฟูแรน (Mottram, 1998) สารระเหยที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดและการออกซิเดชันของไขมัน เช่น 2-methyl-3-furanthiol, 2-furfurylthiol, methionol, 2,4,5-trimethylthiazole, nonanol, 2-(E)-nonenal, 2-formyl-5-methylthiophene, p-cresol, (E,E)-2,4-nonadienal, (E,E)-2,4-decadienal, 2-undecenal, β -ionone, γ -decalactone และ γ -dodecalactone เป็นสารประกอบให้กลิ่นรสหลักในเนื้อไก่ที่ผ่านการให้ความร้อน (Shi and Ho, 1994) ในสารเหล่านี้ 2-methyl-3-furanthiol เป็นสารประกอบที่สำคัญซึ่งให้กลิ่นรสเนื้อ (meaty flavor) ในน้ำต้มไก่ (Shi and Ho, 1994) นอกจากนี้สารประกอบจำนวนมากเป็นกลุ่มสารประกอบ heterocyclic เช่น pyrazines, alkylpyrazines, pyridines, pyrroles และ thiazoles ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่าง กระบวนการอบ ย่าง และทอดเนื้อไก่ (Shi and Ho, 1994; Melton, 1999)

คุณสมบัติของเนื้อที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ คือคุณสมบัติสำคัญที่จะนำไปใช้ในการสร้างจุดเด่นให้กับเนื้อ ของไก่เนื้อโคราช และเป็นทิศทางของการศึกษาคุณสมบัติของเนื้อไก่ที่จะดำเนินการในโครงการวิจัยในระยะ ต่อไป

Nutrigenomics กับการพัฒนาพันธุ์ และ อาหาร

ในการพัฒนาพันธุ์ อาหาร และการจัดการ ให้กับไก่เนื้อโคราชจำเป็นต้องใช้ศาสตร์เชิงลึก เช่น ศาสตร์ ทางด้าน nutrigenomics ทั้งนี้ ด้วยเหตุผลสำคัญคือ 1. เพื่อพัฒนาจุดต่างของเนื้อให้โดดเด่นขึ้น ด้วยการใช้

ความรู้ด้านอาหารและพันธุกรรม 2. เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตไก่เนื้อโคราช โดยเน้นการจัดการอาหาร ที่มีความเหมาะสมกับพันธุกรรมของไก่

ในด้านการพัฒนาจุดต่างของเนื้อ โดยการใช้ความรู้ทางด้าน nutrigenomics เป็นแนวคิดที่มาจากแนวคิดพื้นฐานที่กล่าวไว้ว่า อาหารหรือโภชนะมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการทำงานของยีนหลายตำแหน่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งยีนที่มีบทบาทเกี่ยวกับระบบ metabolism ของร่างกาย (Ashwell, 2010) จากบทความของ Jump (2002) กล่าวว่า วิตามิน คอเลสเตอรอล กลูโคส กรดไขมัน เหล่านี้ล้วนแล้วแต่มีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับการ metabolism ในร่างกายทั้งสิ้น ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวนำไปสู่สมมุติฐานที่ว่า มีความเป็นไปได้ที่จะใช้สารอาหารบางชนิดในการกระตุ้นการทำงานของยีนบางตำแหน่งเพื่อให้กระบวนการ metabolism เปลี่ยนแปลงไปและนำไปสู่การสะสมสารอาหารสำคัญเช่น กรดไขมัน คอลลาเจน ในเนื้อมากขึ้น หรือการใช้สารอาหารบางชนิดในการลดการสะสมไขมันในเนื้อให้น้อยลง อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ทำการศึกษาในประเด็นเหล่านี้ยังมีอยู่ค่อนข้างน้อย จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาเพื่อนำไปสู่การใช้งานในเชิงการพัฒนาต่อไป

ในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไก่เนื้อโคราชที่มีการจัดการอาหารที่เหมาะสมกับพันธุกรรมนั้น เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่มีความสำคัญ D'Souza et al. (2007) ได้ระบุไว้ว่า การขาดแคลนวัตถุดิบอาหารจะเพิ่มขึ้นทุกปี และเป็นสาเหตุที่ทำให้ต้นทุนค่าอาหารไก่แพงขึ้น สถานการณ์เช่นนี้ ไม่เป็นผลดีต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อโคราช และจำเป็นต้องหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาให้ผ่อนคลายลง ทางหนึ่งคือการศึกษาวิจัยเพื่อหาแหล่งวัตถุดิบใหม่ที่สามารถใช้ทดแทนแหล่งวัตถุดิบเดิมได้ ซึ่งเป็นแนวทางที่จะดำเนินการศึกษาวิจัยต่อไป และอีกแนวทางหนึ่งคือการใช้สารอาหารที่มีความเหมาะสมตามพันธุกรรมของไก่ หรือการให้อาหารและการจัดการอาหารเพื่อให้พันธุกรรมของไก่ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เป้าหมายเช่นนี้จำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานร่วมกันระหว่างอาหารกับพันธุกรรม ซึ่ง ปัจจุบันเริ่มมีการศึกษาอยู่บ้างแต่น้อยมาก การศึกษาดังกล่าวจะทำให้สามารถออกแบบสูตรอาหารที่เหมาะสมกับพันธุกรรมของไก่ อันจะทำให้เป็นการใช้อาหารได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

การพัฒนาอาหารไก่เพื่อเพิ่มคุณภาพเนื้อ

รูปแบบการบริโภคอาหารในสังคมปัจจุบันได้เริ่มเปลี่ยนไปสู่การบริโภคอาหารที่เน้นการมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค (functional food) มากกว่าการบริโภคเพื่อต้องการคุณค่าทางโภชนาการโดยตรง ซึ่งแนวโน้มของผู้บริโภคกลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นแนวทางการผลิตสัตว์ยุคใหม่จึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค ประเด็นหลัก ๆ ที่สำคัญในขณะนี้คือ ความกังวลในการบริโภคไขมันจากสัตว์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด จึงทำให้การค้นคว้าวิจัยในปัจจุบันพยายามหาวิธีในการเพิ่มการสะสมกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า-3 ในผลิตภัณฑ์สัตว์ ทั้งนี้เนื่องจากกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 เป็นกลุ่มของกรดไขมันที่เป็นประโยชน์และมีความสำคัญต่อร่างกาย กรดไขมันในกลุ่มนี้ประกอบด้วยกรดแอลฟา-ลิโนเลนิก (α -linolenic acid, ALA) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร

เนื่องจากร่างกายของมนุษย์และสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ได้ โดยกรดไขมันชนิดนี้สามารถสังเคราะห์ต่อได้เป็น กรดไอโคซาเพนตาอีนอิก (eicosapentaenoic acid, EPA) และกรดโดโคซาเฮกซาอีนอิก (docosahexaenoic acid, DHA) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่ากรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 ช่วยลดปัญหาการเกิดโรคหัวใจ (Temple, 1996) ลดระดับคอเลสเตอรอลในกระแสเลือด และรักษาอาการของโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด (Klatt, 1986) นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่อการพัฒนาการของสมองและการเจริญเติบโตของทารก (Nettleton, 1993) ประเทศต่าง ๆ ในแถบยุโรปและอเมริกาได้เล็งเห็นความสำคัญของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 จึงมีการกระตุ้นและส่งเสริมให้ประชาชนบริโภคกรดไขมันในกลุ่มนี้เพิ่มมากขึ้น

เนื้อไก่พื้นเมืองถือเป็นเนื้อที่มีรสชาติและความอร่อยมากกว่าเนื้อไก่สายพันธุ์ทางการค้า (Wattanachant et al., 2004) ในไขมันประกอบด้วยกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 สูงกว่า และมีปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำกว่าไก่สายพันธุ์อื่น ๆ (Jaturasitha et al., 2008) แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากไก่พื้นเมืองให้ลูกไม่ดก และมีอัตราการเจริญเติบโตช้า จึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูง และไม่เหมาะในการที่จะผลิตในเชิงธุรกิจ ดังนั้นจึงควรหันมาเน้นการศึกษาในไก่พื้นเมืองลูกผสม เช่น ไก่โคราช ซึ่งเป็นไก่ที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าไก่พื้นเมือง และยังให้ผลผลิตเนื้อสูงกว่าแต่ยังคงรสชาติใกล้เคียงกับไก่พื้นเมือง และมีความเหมาะสมในเชิงธุรกิจมากกว่าไก่พื้นเมือง ดังนั้นเนื้อไก่โคราชจึงมีโอกาที่จะพัฒนาเป็น Functional food เพื่อตอบสนองต่อผู้บริโภคที่ห่วงใยต่อสุขภาพของตนเอง นอกจากนี้ยังเป็นโอกาสของเกษตรกรผู้ผลิตรายย่อยและรายกลางในการเพิ่มมูลค่าของสินค้าเนื้อไก่ และเป็นการหลีกเลี่ยงการแข่งขันโดยตรงกับผู้ประกอบการรายใหญ่ที่เน้นการผลิตในเชิงปริมาณและราคาถูก

การศึกษาเพื่อหาแนวทางในการเพิ่มการสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในเนื้อไก่โคราช เป็นประเด็นที่มีความน่าสนใจในการที่จะตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคทั้งในแง่ของรสชาติและประโยชน์จากกรดไขมันชนิด โอเมก้า-3 ที่เพิ่มสูงขึ้นในเนื้อ เนื่องจากกลไกการสังเคราะห์และการสะสมกรดไขมันในสัตว์ขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของกรดไขมันชนิดนั้นๆ ที่สัตว์ได้รับจากอาหารอย่างไรก็ตาม เนื่องจากกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 พบมากในอาหารประเภทปลาทะเลน้ำลึก ดังนั้นจึงเป็นการยากที่ผู้บริโภคจะสามารถบริโภคได้บ่อยครั้ง เพราะมีราคาแพง และมีในปริมาณที่จำกัด การเพิ่มทางเลือกสำหรับผู้บริโภคโดยเฉพาะผู้ที่มีความห่วงใยต่อสุขภาพ และมีความสามารถในการซื้ออาหารที่มีคุณค่าต่อร่างกาย จึงเป็นสิ่งที่ผู้ผลิตต้องคำนึงถึง การศึกษาเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยการเพิ่มปริมาณกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในเนื้อไก่ สามารถทำได้ด้วยการปรับสูตรอาหาร โดยการเสริมกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 จากน้ำมันปลาทะเล (fish oil) หรือน้ำมันลินซีด (linseed oil) ในอาหาร เพื่อให้มีการสะสมกรดไขมันดังกล่าวในเนื้อ จากการศึกษาของ Chartrin et al. (2005) และ Dal Bosco et al. (2012) พบว่าการสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในเนื้อไก่ลูกผสมจะสูงกว่าไก่สายพันธุ์ที่โตช้า แต่จะต่ำกว่าไก่สายพันธุ์ทางการค้าที่โตเร็ว และจากการศึกษาของ Baeza et al. (2013) พบว่าการให้อาหารที่เสริมด้วยน้ำมันลินซีด (มีกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 สูง) จะทำให้การสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในเนื้ออกของไก่สายพันธุ์ทางการค้าที่โตเร็ว สูงกว่าสายพันธุ์ที่โตช้า แต่ประสิทธิภาพในการเปลี่ยน ALA ไปเป็น EPA และ DHA ในไก่สายพันธุ์ที่โตช้าจะสูงกว่าสายพันธุ์ทางการค้าที่โตเร็ว อย่างไรก็ตามปัจจุบัน

ซึมของไขมันและ LPL ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทในการสลายไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล รวมถึงโปรตีนในกลุ่ม PPARs ซึ่งมีอยู่หลายชนิด ในไก่พบเพียง 3 ชนิด ได้แก่ PPAR (α , β , γ) (Takada and Kobayashi, 2013) แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้สนใจศึกษาเฉพาะ PPAR α mRNA ซึ่งมีบทบาทในการควบคุมการแสดงออกของยีนที่สร้างโปรตีน L-FABP และ LPL อีกทั้งยังมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเกิด β -oxidation ที่บริเวณ mitochondria และ peroxisome ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสะสมกรดไขมันในไก่

จากที่กล่าวมาจึงเป็นแนวทางในการศึกษาว่าการเสริมอาหารที่เป็นแหล่งของกรดไขมันโอเมก้า-3 จะมีผลต่อสมรรถนะการผลิตของไก่ คุณเนื้อ การสะสมกรดไขมันโอเมก้าในเนื้อ และรวมถึงจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของยีนต่างๆ ที่กล่าวมาอย่างไร ความรู้ที่ได้จะนำไปสู่การออกแบบแนวทางการพัฒนาพันธุ์และอาหารไก่โคราชไปพร้อมๆ กัน เพื่อสร้างจุดต่างให้กับเนื้อไก่ และสร้างเครื่องมือประกอบอาชีพอีกเครื่องมือหนึ่งคือการผลิตอาหารไก่จำหน่ายให้กับผู้ประกอบการรายย่อยด้วย

ระบบการเลี้ยงกับคุณภาพเนื้อ

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่ดีต่อสุขภาพ และสอดคล้องตามหลักสวัสดิภาพสัตว์กำลังเป็นที่สนใจ และมีแนวโน้มความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะเนื้อไก่ซึ่งมีการบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก โดยมีคนบางกลุ่มมีความเชื่อว่าเนื้อไก่ที่ได้จากการเลี้ยงในระบบอินทรีย์ (organic system) จะมีองค์ประกอบทางชีวเคมีโดยเฉพาะองค์ประกอบประเภทไขมันที่มีประโยชน์อยู่สูง และมีรสชาติที่อร่อยกว่าไก่สายพันธุ์ทางการค้าที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงปกติ (conventional system) (Średnicka-Tober et al. 2016) จึงทำให้การเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์สามารถนำมาใช้เป็นอีกหนึ่งแนวทางในการเพิ่มจุดขายให้กับผลิตภัณฑ์ได้ แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการศึกษาที่ได้รายงานไว้ถึงผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อ และคุณภาพเนื้อ ให้เห็นเป็นรูปธรรมยังมีไม่มากนักและส่วนใหญ่มักทำการศึกษาในพื้นที่เขตนาวหรือพื้นที่ที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร (Wang et al. 2009; Dal Bosco et al. 2012) ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างจากในประเทศไทยหรือประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สภาพแวดล้อมจึงเป็นตัวแปรสำคัญที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตเจริญเติบโต องค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อ และคุณภาพเนื้อ

จากการรวบรวมเอกสารก่อนหน้านี้ได้ให้ข้อมูลที่น่าสนใจไว้ว่าไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์มีองค์ประกอบของสารอาหารในเนื้อที่เปลี่ยนแปลงไป โดยพบว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดของปริมาณการเก็บสะสมไขมันและชนิดของกรดไขมันในเนื้อไก่ โดย Wang et al. (2009) พบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมีน้ำหนักตัว ค่า FCR และการสะสมไขมันในช่องท้องที่ต่ำกว่าไก่ที่เลี้ยงบนกรงตับและในโรงเรือน ซึ่งสอดคล้องกับ Li et al. (2015) และ Li et al. (2017) ที่พบเพิ่มเติมว่าระบบการเลี้ยงแบบปล่อยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเนื้ออกและเนื้อสะโพก แต่มีสัดส่วนของไขมันแทรกในเนื้อสะโพกและไขมันใต้ผิวหนังที่ลดลง (Yang et al., 2015; Li et al., 2017) ซึ่งในผลไปในทิศทางเดียวกันกับ Lin et al. (2014) ที่พบว่าเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมีไขมันที่ต่ำ แต่มีปริมาณโปรตีน และคอเลสเตอรอลที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการสะสมไขมันในเนื้อของไก่ที่ถูกเลี้ยงใน

ระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์จะมีการเก็บสะสมไขมันที่ต่ำลง แต่ในทางกลับกันกับพบว่ามีส่วนของกรดไขมันชนิด n-3 PUFA ในปริมาณที่สูงขึ้น และยังมีสัดส่วนของกรดไขมัน n-6/n-3 ที่ต่ำลงอีกด้วย (Ponte et al., 2008b; Molee et al., 2012; Średnicka-Tober et al., 2016) นอกจากนี้ในส่วนของคุณภาพเนื้อยังพบว่า การเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์มีผลทำให้มีค่า pH และ Drip loss ในเนื้อต่ำลง แต่ในส่วนของคุณค่า Shear force พบว่ามีค่าที่สูงขึ้นในไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยและอินทรีย์ (Fanatico et al., 2007; Wang et al., 2009; Yang et al., 2015) แต่อย่างไรก็ตามการมีค่า pH ที่ต่ำหรือสูง มีเหตุผลมาจากหลายปัจจัย ซึ่งการเลี้ยงไก่ในระบบที่สามารถให้ไก่เข้าถึงแปลงหญ้าได้อาจมีอิทธิพลจากการออกกำลังกายที่ไม่มีผลต่อการเมตาบอลิซึม (metabolism) ในร่างกาย (Lewis et al., 1997) การกินหญ้า สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ซึ่งความแตกต่างกันของปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH จึงทำให้มีบางการศึกษาที่ให้ผลในทิศทางตรงกันข้าม คือพบว่าในไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยหรือสามารถเข้าถึงแปลงหญ้าได้มี pH ที่สูงได้ (Alvarado et al., 2005) ค่า Drip loss และ Shear force เป็นค่าที่มีความสำคัญต่อการเปรียบเทียบและตรวจสอบคุณภาพเนื้อ ดังนั้นจากข้อมูลดังกล่าวจึงอาจแสดงให้เห็นว่าระบบการเลี้ยงมีผลทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อเปลี่ยนแปลงไป โดยมีผลอย่างเห็นได้ชัดเจนต่อการเก็บสะสมไขมันและคุณภาพของเนื้อไก่

ระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีอิทธิพลจากหลาย ๆ ปัจจัยเข้ามามีบทบาทต่อการเมตาบอลิซึมภายในร่างกาย ซึ่งมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารอาหาร โดยเฉพาะองค์ประกอบประเภทไขมัน และยังมีอาจมีผลต่อคุณภาพเนื้อได้ เช่น แสงสว่าง, อุณหภูมิ, ความหนาแน่น, ความเครียด, พันธุกรรม, อายุ, เพศ, อาหาร, และการทำกิจกรรมในระหว่างวัน (Ponte et al., 2008a; Wang et al., 2009) โดยจากการศึกษาก่อนหน้านี้ได้ให้เหตุผลไว้ว่าการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยและอินทรีย์ส่งผลทำให้ไก่สามารถเข้าถึงแปลงหญ้า ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มการทำกิจกรรมในระหว่างวัน ลดความหนาแน่น และความเสี่ยงที่อาจจะเกิดความเครียดจากความร้อนและความหนาแน่นลงได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มแหล่งของวิตามิน, สาร antioxidant และกรดไขมันที่มีประโยชน์ อย่างเช่น กรดไขมันชนิด α -linolenic acid (ALA; 18:3n-3) ให้แก่ตัวสัตว์ได้ (Ponte et al., 2008a; 2008b) นอกจากนี้การเพิ่มการเคลื่อนไหวของร่างกายและการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศของไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์อาจนำไปสู่ความไม่สมดุลของระดับสมดุลพลังงานภายในร่างกาย (Wang et al., 2009; Li et al., 2015) และส่งผลต่อการเมตาบอลิซึมของทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันภายในร่างกาย ผ่านกลไกการทำงานของ AMPK (5'-adenosine monophosphate-activated protein kinase) (Srivastava, et al. 2012) ซึ่งอาจมีผลทั้งต่อการเจริญเติบโต และการสังเคราะห์กรดไขมันบางชนิด อย่างกรดไขมันชนิด n-3 PUFA ซึ่งจากการศึกษาในประเทศเซเชลพบว่า การเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์ มีผลในการเพิ่มองค์ประกอบของกรดไขมัน n-3 PUFA ในเนื้อ โดยเฉพาะกรดไขมัน n-3 PUFA สายยาวที่มี C20 และ C22 อย่าง EPA, DPA และ DHA ได้ (Ponte, et al. 2008b) และนอกจากนี้การที่ไก่มีการออกกำลังกายมากขึ้นต่อวันยังสามารถมีผลต่อการพัฒนาของกล้ามเนื้อ ซึ่งอาจส่งผลต่อลักษณะโครงสร้างและขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ และมีผลต่อรสสัมผัสและคุณภาพเนื้อได้ (Fanatico et al., 2007; Yang et al., 2015)

จากที่กล่าวมาการศึกษาผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อคุณภาพเนื้อของไก่โคราช จะเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับเนื้อไก่โคราช ซึ่งจะเป็นการเพิ่มทางเลือกอีกแนวทางหนึ่งให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่โคราชเป็นอาชีพ

การพัฒนาอาหารเพื่อความสำเร็จพันธุ์

การคัดเลือกไก่พ่อแม่พันธุ์อาจส่งผลให้เกิด inbreeding depression ได้ เมื่อระดับ inbreeding coefficient ของไก่สายพ่อและสายแม่พันธุ์นั้น ๆ สูงขึ้น โดยมีความเสี่ยงที่จะพบอัตราการตายสูงหรือยืนด้อย มีการแสดงออกมากขึ้น ส่งผลทำให้สมรรถนะการผลิตลดลง (Miglior and Burnside, 1995) แม่ไก่พันธุ์ มทส. เป็นไก่พันธุ์สังเคราะห์ (synthetic breed) ที่ผลิตขึ้นจากฝูงไก่ตั้งต้นที่มีจำนวนไม่มากนัก การคัดเลือกไก่พันธุ์ มทส. เพื่อให้ได้ homozygous gene หรือ pure line จึงมีความเสี่ยงในการเพิ่มระดับ inbreeding coefficient เช่นเดียวกัน จากการรวบรวมเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าในไก่ Rhode Island ที่มีระดับ inbreeding coefficient สูงขึ้น จะส่งผลกระทบต่อความสำเร็จพันธุ์และสมรรถนะการผลิต เช่น จำนวนไข่ลดลง อายุเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ช้า น้ำหนักไข่และน้ำหนักตัวไก่ที่อายุ 40 สัปดาห์ลดลง (Flock et al., 1991; Smith et al., 1998; Nwagu et al., 2007) นอกจากนี้ Sewalem et al. (1999) และ Christensen (2001) รายงานว่า ค่า inbreeding coefficient ที่สูงในสัตว์ปีก จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตและการสืบพันธุ์ ทำให้อัตราการให้ผลผลิตไข่ การผสมติดและการฟักออกลดลง อัตราการตายของตัวอ่อนเพิ่มขึ้น จำนวนลูกที่ได้ต่อแม่ลดลง ส่งผลให้การผลิตมีต้นทุนเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการจัดการอาหารเพื่อเพิ่มความสำเร็จพันธุ์ ในส่วนของอัตราการผสมติด และการฟักออก น่าจะสามารถช่วยลดความรุนแรงของ inbreeding depression ที่จะเกิดขึ้นในฝูงไก่แม่พันธุ์ มทส. ได้

ระยะเวลาการมีชีวิตรอดของสเปิร์ม (fertile period length, FPL) ในท่อนำไข่ที่นานขึ้น ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่มีผลต่อการผสมติด (Bréque et al., 2003; Surai, 2005) ตามปกติสเปิร์มจะมีชีวิตในท่อนำไข่ของไก่เพศเมียประมาณ 14 - 21 วัน หลังการผสมพันธุ์ ขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของไก่ โดยจะถูกเก็บไว้ในท่อนำไข่จัดเก็บสเปิร์ม (sperm storage tubules, SST) บริเวณระหว่างช่องคลอดและต่อมสร้างเปลือกไข่หรือมดลูก (utero-vaginal junction, UVJ) ซึ่งเป็นจุดหลักและบริเวณปากแตร (infundibulum) (Bakst, 2010) จากการวิจัยของสถาบัน INRA ประเทศฝรั่งเศส ซึ่งได้ทำการคัดเลือกไก่ 2 สายพันธุ์ ที่สเปิร์มมีชีวิตรอดอยู่ในท่อนำไข่เป็นระยะเวลานาน 27 วัน (FPL+, 27 days) และระยะเวลาน้อย 7 วัน (FPL-, 7 days) พบว่าระยะการมีชีวิตรอดของสเปิร์มในท่อนำไข่มีความสัมพันธ์กับอัตราการผสมติด (Beaumont et al., 1992) โดยความสามารถในการเก็บรักษาสเปิร์มให้มีชีวิตรอดได้นานเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมทางชีวเคมีในท่อนำไข่ ที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ (uterus fluid) และท่อนำไข่ เช่น วิตามินซี วิตามินอี กลูตาไธโอน (glutathione) เอนไซม์กลูตาไธโอน เปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase, GPx) และซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเตส (superoxide dismutase, SOD) โดยมีความผันแปรไปตามสภาวะร่างกายของสัตว์และสารอาหารที่ได้รับ ลักษณะของสเปิร์มในสัตว์ปีกจะประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (long-chain polyunsaturated fatty acids, PUFAs) สูง ซึ่งง่ายต่อการเกิดลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) โดยปกติเมื่อสเปิร์ม

อยู่ในท่อนำไข่ ในช่วงแรกจะยังมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สะสมในเซลล์และน้ำหล่อเลี้ยงของสเปิร์ม (Surai, 1998; Surai et al., 2000) แต่หลังจากนั้นสเปิร์มจะถูกเก็บอยู่ภายใน SST ร่วมกับของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ ดังนั้นการปรับปรุงค่าชีวเคมีของของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ขณะที่สเปิร์มถูกเก็บใน SST เพื่อยืดอายุสเปิร์มน่าจะเพิ่มประสิทธิภาพในการผสมติดได้ดีขึ้น

อัตราการฟักออกเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เป็นผลกระทบจาก inbreeding coefficient ที่สูงขึ้น ตามปกติ การพัฒนาของตัวอ่อนขึ้นอยู่กับสารอาหารที่สะสมในฟองไข่ Kidd (2006) ได้ทำการรวบรวมเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้อาหารไก่แม่พันธุ์เพื่อเพิ่มการพัฒนาคุณภาพของตัวอ่อน พบว่าในบรรดาแร่ธาตุทั้งหมด ซีลีเนียมมีบทบาทสำคัญที่สุดในการพัฒนาตัวอ่อนตั้งแต่ไข่จนถึงอายุ 14 วัน หลังการฟัก ส่วนสังกะสีและแมงกานีสมีความสำคัญในการสร้างภูมิคุ้มกันโรค แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของลูกไก่ นอกจากนี้ไขมันในกลุ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fat) จากพืช เช่น กรดลิโนเลอิก มีผลในเชิงบวกต่อน้ำหนักตัวและคุณภาพซาก ในขณะที่ไม่พบผลดังกล่าวในอาหารกลุ่มโปรตีน (Peebles et al., 2002; Kidd, 2006) วิตามินอีเป็นสารอาหารอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาของตัวอ่อน โดยวิตามินอีมีบทบาทป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันในตัวกลางที่เป็นไขมัน ช่วยหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ที่เกิดจากอนุมูลอิสระ (chain breaking antioxidant) สามารถสะสมภายในไข่แดง ส่งผลดีต่อการพัฒนาตัวอ่อน (Biswas et al., 2010)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น หากสามารถพัฒนาสูตรอาหารสัตว์ที่สามารถลดผลกระทบจาก inbreeding depression ได้ก็น่าจะสามารถเพิ่มอัตราการผสมติดและการฟักออกได้ ดังนั้นการศึกษารุ่นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารอาหารในไก่แม่พันธุ์ มทส. ที่สามารถปรับปรุงสภาพแวดล้อมทางชีวเคมีของของเหลวภายในท่อนำไข่เพื่อรักษาอัตราการมีชีวิตรอดของสเปิร์ม และเพิ่มการพัฒนาการของตัวอ่อนในฟองไข่ เพื่อท้ายที่สุดจะสามารถเพิ่มอัตราการผสมติดและการฟักออกในฝูงไก่แม่พันธุ์ มทส. ที่มีค่า inbreeding rate สูงได้

จากที่ตรวจเอกสารในประเด็นต่างๆ ทั้งหมด ทำให้ได้แนวทางในการศึกษาวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ทั้งหมด เป้าหมายสำคัญของการพัฒนาไก่โคราชต่อจากนี้ไป นอกจากจะต้องคงไว้ซึ่งความสามารถในการเจริญเติบโตของไก่โคราช และสมรรถนะการเป็นไก่พ่อและแม่พันธุ์ ในกรณีของไก่เหลืองหางขาวและไก่ มทส. ตามลำดับแล้ว การศึกษาเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้อาหารไก่ เพื่อการลดต้นทุนค่าอาหารแล้วนั้น การศึกษาคุณสมบัติของเนื้อไก่เมื่อทำให้สุกโดยผ่านความร้อนที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ และที่อายุต่างๆ การศึกษาเพื่อใช้อาหาร และระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารในเนื้อไก่เพื่อเพิ่มมูลค่า และการศึกษาด้านอาหารเพื่อลดปัญหาเรื่องความสมบูรณ์พันธุ์ ล้วนแต่มีความจำเป็นและมีความเป็นไปได้ที่จะนำผลการศึกษามาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และเพื่อเพิ่มมูลค่าของเนื้อไก่โคราช

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

เนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 การศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพันธุ์กรรม อาหาร สิ่งแวดล้อม โครงสร้างเนื้อ องค์ประกอบต่างๆ ของเนื้อไก่เนื้อโคราช ในเชิงลึก เพื่อนำความรู้มาสู่การพัฒนาสายพันธุ์ อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่และเกษตรกร มุ่งเน้นการทำให้เนื้อไก่เป็นเนื้อเพื่อสุขภาพ และเป็นที่ยอมรับของตลาด

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.1 พัฒนาพันธุ์กรรมของไก่เนื้อโคราชให้มีความสามารถในการเจริญเติบโตด้วย heterosis มากยิ่งขึ้น เพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขัน

วิธีดำเนินงานข้อที่ 1.1

การดำเนินงานในส่วนนี้ ต่อเนื่องจากโครงการ การสร้างสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราช เพื่อการผลิตเป็นอาชีพ วิสาหกิจชุมชน ระยะที่ 2 ซึ่งโครงการดังกล่าวสิ้นสุดในขณะ ที่ ไก่เหลืองหางขาวอยู่ในรุ่นที่ 3 (LK 103) ไก่ มทส. อยู่ในรุ่นที่ 5 (มทส. 105) และไก่โคราชอยู่ในรุ่นที่ 5 (KR105)

เพื่อเป็นการพิสูจน์สมมุติฐานว่า การคัดเลือกแบบ RS จะสามารถคงอิทธิพลแบบ heterosis ได้ จึงได้ ดำเนินการคัดเลือกไก่เหลืองหางขาว (LK) และ ไก่ มทส. เพื่อสร้างฝูงทดแทน LK และ มทส. โดยมีวิธีการดังนี้

1. ผลิตไก่เนื้อโคราชทดสอบ จำนวนประมาณ 3,000 ตัว โดยในการผลิตนี้จะทำการบันทึกเบอร์พ่อ และแม่เพื่อจัดทำพันธุ์ประวัติ และเก็บข้อมูลรายตัว ได้แก่ น้ำหนักตัวแรกเกิด 4, 6, 8, 9, 10 สัปดาห์ รายละเอียดจำนวนไก่ที่ใช้ในการผสมพันธุ์ เก็บข้อมูล แสดงในตารางที่ 3.1.1.1

2. ประเมินค่า dominance effect ของลักษณะน้ำหนักตัวของลูกไก่เนื้อโคราช ด้วย animal model with dominance effect โดยมีรายละเอียดของตัวแบบ แสดงในสมการที่ 1 และใช้วิธี restricted maximum likelihood; REML ด้วยโปรแกรม REMLF90 จากชุดสำเร็จรูป BLUPF90 version 3.01 (Duangjinda et al., 2007) ในการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

$$y = X\beta + Za + Wpe + Wf + \varepsilon \quad (1)$$

โดยมี variance และ covariance component ดังนี้

$$V \begin{bmatrix} a \\ pe \\ f \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A\sigma_{pe}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & F\sigma_f^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

โดย $y, \beta, a, f, \varepsilon$ เป็น vector ของค่าสังเกตซึ่งได้แก่ลักษณะน้ำหนักรูปร่างที่ 10 สัปดาห์, vector ของอิทธิพลคงที่ คือเพศ และ generation, vector ของอิทธิพลสุ่มที่เป็น additive effect, vector ของอิทธิพลสุ่มที่เป็น dominance effect, และ vector ของอิทธิพลสุ่มที่เป็น error ตามลำดับ ส่วน X, Z, W เป็น incident matrix ของอิทธิพลคงที่, อิทธิพลแบบสุ่มของตัวสัตว์ ส่วน A, F, I เป็น matrix แสดงความสัมพันธ์ของสัตว์ในประชากร, ความสัมพันธ์ของกลุ่มสม, และเป็น identity matrix ตามลำดับ และ $\sigma_a^2, \sigma_{pe}^2, \sigma_f^2, \sigma_e^2$ เป็นค่าความแปรปรวนของ additive effect, permanent environment, parental dominance effect และ error ตามลำดับ

3. จัดลำดับค่า parental dominance effect จากสูงไปต่ำ และทำการคัดเลือกกลุ่มสมที่ทำที่มีค่า parental dominance effect สูง โดยจะดำเนินการคัดเลือกเพศผู้ของไก่เหลืองหางขาว และเพศเมียของไก่ มทส. สัดส่วนการคัดเลือกจะคัดเลือกไว้ประมาณ 70% ของฝูง (ใช้เพศเมียเป็นหลัก) selection intensity หรือค่า i มีค่าประมาณ 0.5

4. ไก่เพศผู้และเพศเมียที่ผ่านการคัดเลือกทั้งสองสายจะถูกนำกลับไปใช้ในการผสมพันธุ์ในฝูงของมันเองโดยเป็นการผสมแบบ random mating เพื่อเป็นการเพิ่มความถี่ของอัลลีลที่มีความจำเพาะในระหว่างไก่ 2 ฝูงนี้ให้มากขึ้น แผนผังการผสมพันธุ์และการคัดเลือกสรุปไว้ในรูปที่ 3.1.1.1

5. เก็บข้อมูลที่บ่งชี้ถึงการเป็นพ่อ และ แม่พันธุ์ ที่ดีของไก่เหลืองหางขาว และไก่ มทส. โดยรายละเอียดของข้อมูลแสดงในตารางที่ 3.1.1.1 การใช้ประโยชน์จากข้อมูลนี้ เพื่อใช้แสดงคุณสมบัติ (specification) ของไก่พ่อแม่พันธุ์ และเพื่อใช้ในการคำนวณต้นทุนการผลิต และในขณะเดียวกันข้อมูลดังกล่าวจะใช้ในการติดตามสมรรถนะการผลิต ซึ่งอาจจะได้รับผลกระทบจากการคัดเลือก

6. คำนวณค่าต่างๆ เพื่อใช้ในการประเมินผลของการคัดเลือก ได้แก่

- uniformity ของไก่โคราชที่ควรจะสูงขึ้น คำนวณได้โดย

$$\% \text{ ความสม่ำเสมอของฝูง} = \frac{\text{จำนวนไก่ที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วงบวกและลบ 10\% ของค่าเฉลี่ยฝูง}}{\text{จำนวนไก่ทั้งหมด}} \times 100$$

- ค่า inbreeding coefficient ของไก่เหลืองหางขาวและไก่ มทส. ที่ควรมีค่าเพิ่มขึ้น
- ค่า heterosis ของลักษณะน้ำหนักรูปร่างของไก่โคราช โดยการใช้การคำนวณดังนี้

$$\% \text{Heterosis} = \frac{\overline{P_{F1}} - \overline{P_P}}{\overline{P_P}} \times 100$$

เมื่อ $\overline{P_{F1}} - \overline{P_P}$ คือ ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่สนใจในรุ่นลูก และรุ่นพ่อแม่ตามลำดับ โดย $\overline{P_P}$ คำนวณจาก

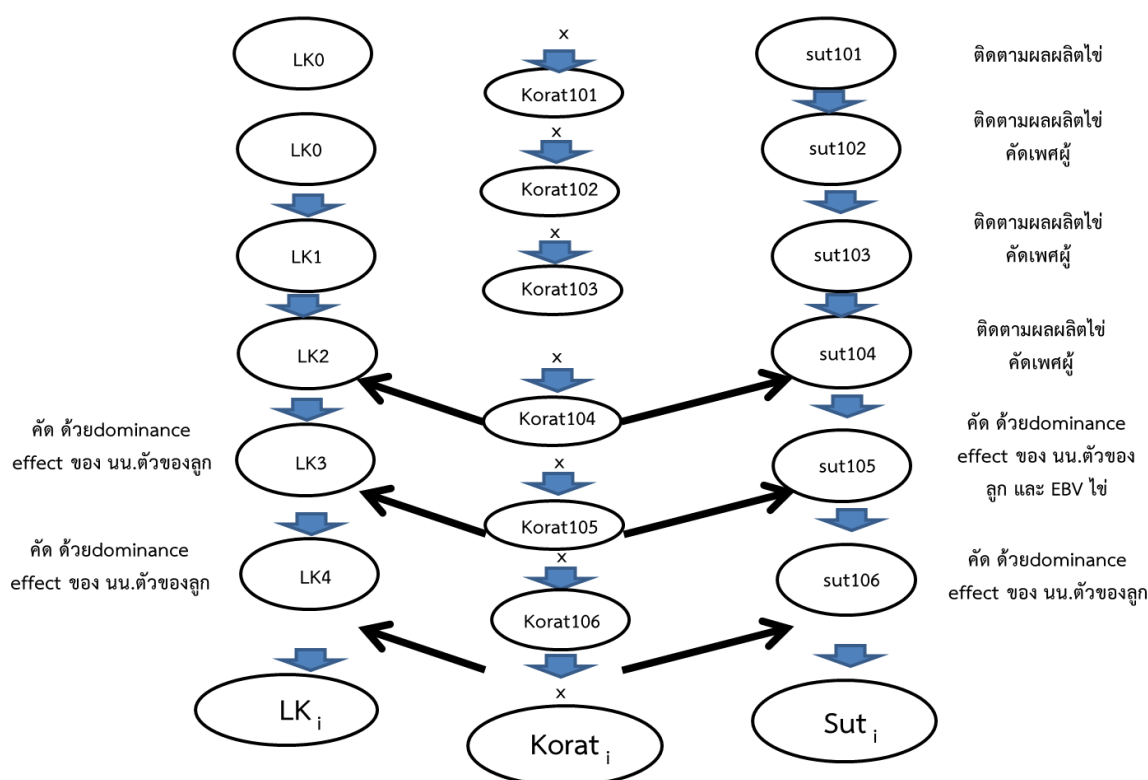
$$\overline{P_p} = \frac{\overline{P_{p1}} + \overline{P_{p2}}}{2}$$

เมื่อ $\overline{P_{p1}}, \overline{P_{p2}}$ คือค่าเฉลี่ยของลักษณะนั้นๆ ในสายพ่อ และสายแม่ตามลำดับ ในการคำนวณค่า $\overline{P_{p1}}, \overline{P_{p2}}$ จะใช้เป็นค่า least square mean ทั้งนี้เนื่องจากเพื่อปรับอิทธิพลคงที่ ในกรณีของการศึกษานี้ คือ เพศ และ generation ออกจากค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว

- ค่า selection differential น้ำหนักตัวไก่โคราชที่ควรเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ คำนวณจาก

$$R = \mu_{off} - \mu_0$$

เมื่อ μ_{off}, μ_0 คือค่าเฉลี่ยของรุ่นลูก และค่าเฉลี่ยของฝูงพื้นฐาน



รูปที่ 3.1.1.1 ผังการผสมพันธุ์ไก่พ่อพันธุ์เหลืองหางขาวและแม่พันธุ์ มทส. เพื่อผลิตไก่เนื้อโคราชฝูงทดสอบ ตั้งแต่รุ่นที่ 1 จนถึงปัจจุบัน (มทส. 108 และ LK 106) เมื่อ i หมายถึง รุ่นไก่ และ ลูกครสลำดับที่ย้อนขึ้น หมายถึง จะเริ่มทำการใช้ข้อมูลของไก่เนื้อโคราชฝูงทดสอบในการคัดเลือกพ่อและแม่พันธุ์ เพื่อใช้ในการผลิตฝูงปู่ย่า ตายายพันธุ์ทดแทน

ตารางที่ 3.1.1.1 จำนวนพ่อแม่พันธุ์ที่ใช้ในการผลิต จำนวนที่ผลิตทั้งหมด การคัดเลือกและรูปแบบการผสมพันธุ์ของไก่ มทส. ทุกรุ่น ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงรุ่นของไก่ มทส.

ไก่อมทส.	จำนวน (ตัว)		จำนวนที่ผลิตทั้งหมด (ตัว)	จำนวนเพศเมียที่เก็บข้อมูลไข่ (ตัว)	การคัดเลือก	การผสมพันธุ์
	พ่อพันธุ์	แม่พันธุ์				
101	70 ^{1/}	300 ^{2/}	656	355	-	Random mating
102	70 (101)	300 (101)	2476	296 ^{3/}	-	Random mating
103	125 (102)	296 (102)	2,300	550	ไก่อมทส. 102 เพศผู้ 125 ตัวที่ใช้เลือกจากไก่ 607 ตัว ประเมินจากผลผลิตไข่สะสมของแม่ลักษณะการเป็นเพศผู้ที่ดีน้ำเชื้อ	Random mating
104	125 (103)	300(103)	3,115	1,024	ไก่อมทส. 103 เพศผู้เลือกจากผลผลิตไข่สะสมของแม่ลักษณะการเป็นเพศผู้ที่ดีน้ำเชื้อ	Random mating
105	180 (104)	705(104)	2,262	950 และคัดเลือกเหลือ 400 ตัว ด้วยค่า dominance effect ของน้ำหนักตัวและค่า EBV ของผลผลิตไข่	ไก่อมทส. 104 เลือกจากค่า EBV ของผลผลิตไข่สะสมลักษณะการเป็นเพศผู้ที่ดีน้ำเชื้อ	Random mating
106	71 (105)	243 (105)	2,365	756 และคัดเลือกเหลือ 243 ตัว ด้วยค่า dominance effect ของน้ำหนักตัวและค่า EBV ของผลผลิตไข่	ไก่อมทส. 105 เลือกจากค่า EBV ของผลผลิตไข่สะสมลักษณะการเป็นเพศผู้ที่ดีน้ำเชื้อ	Random mating
107	133 (106)	330 (106)	2,212	854 และคัดเลือกเหลือ 330 ตัว ด้วยค่า dominance effect ของน้ำหนักตัว	ไก่อมทส. 105 เลือกจากค่า EBV ของผลผลิตไข่สะสมลักษณะการเป็นเพศผู้ที่ดีน้ำเชื้อ	Random mating
108	165 (107)	688 (107)	1,935	688 ตัว ไม่มีการคัดเลือกเก็บข้อมูลทั้งหมด	ไก่อมทส. 105 เลือกจากค่า EBV ของผลผลิตไข่สะสมลักษณะการเป็นเพศผู้ที่ดีน้ำเชื้อ	Random mating

^{1/} พ่อพันธุ์เป็นพ่อของไก่เนื้อสายพันธุ์การคำ, ^{2/} แม่พันธุ์เป็นไก่ไข่สายพันธุ์การคำ ^{3/} ไก่อมทส. 2,476 ตัว จำนวนหนึ่งตายเพราะเป็นโรคบิด ตามที่เคยในรายงานในรายงานฉบับสมบูรณ์ในโครงการระยะที่ 1 จึงเหลือเพศเมียที่เก็บข้อมูลได้เพียง 296 ตัว

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.2 ศึกษาโครงสร้างพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราช รวมถึงการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อ กลิ่น และรสชาติ เพื่อนำไปสู่แนวทางในการพัฒนาพันธุกรรมของไก่ที่รวดเร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้น และยังสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อการจำแนกสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราชออกจากไก่ต่างๆ

วิธีดำเนินงานข้อที่ 1.2

การศึกษาเพื่อให้ทราบถึงกลุ่มยีนที่เกี่ยวข้องกับ (Feed Conversion Ratio : FCR) และคุณภาพเนื้อในทุกมิติ และรวมถึงการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง FCR ของไก่กับคุณภาพเนื้อ มีความจำเป็น เนื่องจาก FCR เป็นตัวแปรสำคัญในด้านต้นทุนการผลิตไก่ เป็นตัวบ่งชี้ถึงต้นทุนค่าอาหารในการผลิตไก่ ดังนั้น ในการพัฒนาพันธุ์ในอนาคต อาจจำเป็นต้องมุ่งพัฒนาให้ไก่มี FCR ที่ต่ำลง แต่จำเป็นต้องทราบว่า การพัฒนาพันธุ์ที่เกี่ยวข้องกับ FCR จะมีผลอย่างไรกับคุณภาพเนื้อ ทั้งในด้านของเนื้อสัมผัส และองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อ ซึ่งถือว่าในปัจจุบันนี้เนื้อไก่ของไก่เนื้อโคราชมีความโดดเด่นอยู่

เพื่อให้เกิดความชัดเจนในประเด็นที่กล่าวมา การศึกษานี้จึงดำเนินการโดย ทำในไก่โคราชเพศผู้ เพื่อขจัดอิทธิพลเนื่องจากเพศที่แตกต่างกันออกจากการทดลองก่อน เก็บข้อมูล FCR ไก่เป็นรายตัว และวิเคราะห์คุณภาพเนื้อ ได้แก่ ค่า pH_0 , pH_{24} ค่า water holding capacity และค่า drip loss, nucleotide content (ในเนื้อซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการบ่งชี้ถึง purine content และอนุพันธ์อื่นๆ สารเหล่านี้บ่งชี้ถึง รสชาติของเนื้อ และในขณะเดียวกันในส่วนของ purine ยังเป็นสารตั้งต้นของ uric acid ซึ่งเป็นสาเหตุของการแสดงอาการของโรคเกาต์), ค่าองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อ (% moisture, % fat, และ % crude protein) ด้วยวิธีproximate analysis และเทคนิค Fourier Transformation Infrared (FTIR) Microspectrophotometer ที่ได้รับความร่วมมือจากสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน และสกัด RNA จากเนื้อ เพื่อศึกษายีนทั้งหมดที่แสดงออกในกล้ามเนื้อ และเกี่ยวข้องกับ FCR และคุณภาพเนื้อ ดังนั้น การศึกษาที่กล่าวมานี้จะมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การศึกษาความสัมพันธ์ (correlation) ระหว่าง FCR และค่าที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ
2. การศึกษาความแตกต่างของคุณภาพเนื้อระหว่างไก่ที่มี FCR สูง (HFCR) ปานกลาง และต่ำ (LFCR)
3. การศึกษาหาพื้นที่เกี่ยวข้องและมีหน้าที่สัมพันธ์กันระหว่าง FCR และคุณภาพเนื้อ

การผลิตสัตว์ทดลองและการจัดการ ใช้ไก่โคราชเพศผู้ช่วงรุ่นที่ 6 จำนวน 100 ตัวที่เกิดจากพ่อเหลืองหางขาว และแม่ มทส.จำนวน 100 คู่ผสม คัดเลือกคู่ผสมจากข้อมูลน้ำหนักตัวของลูกไก่โคราชช่วงรุ่นที่ 5 โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่มีน้ำหนักตัวที่อายุ 10 สัปดาห์สูงกว่าค่าเฉลี่ยประมาณ 2 standard deviation; SD และ ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย 2 SD และย้อนไปคัดเลือกพ่อ และแม่ของไก่เหล่านั้นมาใช้ในการผลิตไก่โคราชเพื่อการศึกษาครั้งนี้ ดังนั้นไก่โคราชที่ใช้ในการศึกษา 100 ตัวนี้ จึงควรมีน้ำหนักตัวที่ 10 สัปดาห์ที่สามารถแยกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มน้ำหนักตัวสูง และต่ำ

ติดเบอร์รี่ให้ลูกไก่แรกเกิดทั้งหมด ชั่งน้ำหนักแรกเกิดรายตัว และเลี้ยงในกรงเดี่ยว เพื่อเก็บข้อมูลการกินอาหารรายตัว เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณ FCR รายตัวต่อไป

ไก่ทั้งหมดจะได้รับการทำวัคซีนตามโปรแกรมวัคซีนไก่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และการจัดการอาหารเป็นแบบให้กินเต็มที่ (*ad libitum*) โดยกำหนดสูตรอาหารตามปริมาณโปรตีนต่อช่วงอายุไก่นี้

ช่วงอายุแรกเกิด – 3 สัปดาห์ ให้อาหารโปรตีน 21%

ช่วงอายุ 3 – 6 สัปดาห์ ให้อาหารโปรตีน 19%

ช่วงอายุ 6 สัปดาห์ ถึงอายุส่งตลาด ให้อาหารโปรตีน 17%

ข้อมูลและการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลด้านสมรรถภาพการผลิตของไก่ โดยการบันทึกข้อมูลน้ำหนักตัว (Body Weight) เป็นรายตัวทุกสัปดาห์ บันทึกข้อมูลการกินอาหาร เพื่อใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพการใช้อาหาร FCR โดยเริ่มบันทึกตั้งแต่สัปดาห์แรกจนถึงสัปดาห์ที่ 10

เมื่อไก่อายุ 10 สัปดาห์ ชั่งน้ำหนักตัวและชำแหละเพื่อเก็บตัวอย่างเนื้อ บันทึกค่า pH ของเนื้อ ณ เวลา 24 ชั่วโมง วัดสีของเนื้อ บันทึกข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อ และบันทึกข้อมูลปริมาณนิวคลีโอไทด์ที่อายุ 70 วัน

ตัวอย่างเนื้อที่เก็บได้นำมาผ่านกระบวนการในห้องปฏิบัติการเพื่อวัดคุณภาพเนื้อในกลุ่มของเนื้อสัมผัสและองค์ประกอบทางเคมี และวัดองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค synchrotron infrared microspectroscopy

การหาค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ

หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าขององค์ประกอบทางเคมีในเนื้อ กับน้ำหนักตัว และ FCR เพื่อศึกษาว่าลักษณะเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และในทิศทางใด ผลการศึกษานี้จะนำไปสู่การใช้ประโยชน์ในการกำหนดทิศทางของการพัฒนาพันธุ์ของไก่เนื้อโคราชว่าการพัฒนาพันธุ์กรรมเพื่อให้ไก่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้น จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อ และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหรือไม่

นอกจากนี้ผลการศึกษานี้จะนำไปสู่การศึกษาในขั้นตอนต่อไปคือการหาอินทรีย์ที่มีบทบาทต่อลักษณะของประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพเนื้อและองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อ

การใช้ Microarray เพื่อค้นหากลุ่มยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะประสิทธิภาพการใช้อาหารและลักษณะคุณภาพเนื้อในไก่โคราช

การเก็บรักษาตัวอย่างในการใช้สกัด RNA

ใช้ตัวอย่างจากเนื้อสะโพกไก่จำนวน 24 ตัวอย่าง โดยใช้เนื้อสะโพกประมาณ 0.05 - 0.1 กรัม ใส่ในหลอดขนาด 1.5 ml โดยที่ตัวอย่างแช่อยู่ใน RNA later เพื่อป้องกันเอนไซม์ ที่ทำลาย RNA ทำงาน สกัด Total mRNA ด้วย Trizol (Invitrogen, San Diego, CA) ส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์การแสดงออกของยีนทั้งหมดที่ทำงานในเซลล์เนื้อสะโพกไก่ (transcriptome analysis) ด้วยเทคนิค microarray โดยใช้ array จำนวน 3 แผ่น (8 x 60K Agilent Technologies array) ซึ่ง array บรรจุ probes ในการวิเคราะห์จำนวน 62,976 probes (Palo Alto, CA, USA) การควบคุมคุณภาพข้อมูลจากปัจจัยภายนอก เช่น array, ความ

เชี่ยวชาญในการสกัด RNA ของผู้วิจัย ใช้สถิติ principle component analysis (PCA) และ Pearson correlation coefficient ในการควบคุมคุณภาพข้อมูลระหว่าง array สำหรับข้อมูลการแสดงออกของยีน (raw data) ทำการ normalization ด้วย median เพื่อลดความแปรปรวนและเซตข้อมูลให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน ก่อนนำไปใช้วิเคราะห์การแสดงออกของยีน

การวิเคราะห์ความแตกต่างระดับการแสดงออกของยีน (Differential analysis)

ข้อมูลการแสดงออกของยีนระหว่างกลุ่ม HFCR และ กลุ่ม LFCR ถูกวิเคราะห์ความแตกต่างระดับการแสดงออกด้วย Benjamini-Hochberg's method ที่ระดับนัยสำคัญ $P < 0.05$ ระดับการแสดงออกของยีนของกลุ่ม HFCR และ LFCR ถูกแสดงในรูปแบบ cluster heat map (Hierarchical clustering)

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างระดับการแสดงออกของยีนกับลักษณะปรากฏ

การศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างระดับการแสดงออกของยีนกับประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพเนื้อ ใช้โปรแกรม R (package WGCNA) ในการวิเคราะห์ โดยสร้างเมทริกซ์ข้อมูลระดับการแสดงออกของยีนและเมทริกซ์ข้อมูลลักษณะปรากฏ โปรแกรมจะสร้าง modules โดยจะจัดกลุ่มยีนที่มีรูปแบบการแสดงออกของยีนให้อยู่ใน module เดียวกัน จากนั้นหาสหสัมพันธ์ระหว่าง modules กับเมทริกซ์ข้อมูลลักษณะปรากฏด้วยวิธี Pearson's correlation ($P < 0.05$)

การวิเคราะห์ Functional gene ontology enrichment

ข้อมูลระดับการแสดงออกของยีน ถูกนำไปวิเคราะห์หน้าที่ของยีนด้วย โปรแกรม R (ViSEAGO R package) โดยใช้ <https://forgemia.inra.fr/umr-boa/viseago> การวิเคราะห์ Enrichment for functions ใช้ Fisher's exact test and the "classic" algorithm ($P < 0.01$) ซึ่ง Biological functions ถูกแสดงโดยหลักการของ semantic similarity (Wang's similarity)

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.3 ศึกษาปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม อาหาร และสิ่งแวดล้อม ในเชิงลึก เพื่อนำความรู้มาสู่การพัฒนาสายพันธุ์ อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่และเกษตรกร

จากที่กล่าวมาไว้ในบทที่ 3 หัวข้อวิธีการศึกษา การศึกษาในประเด็นนี้ จะแบ่งออกเป็น 2 วัตถุประสงค์ คือ

1.3.1 การศึกษาผลการเสริมวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของ n-3 PUFA และสมุนไพรมีบทบาทในกระบวนการ antioxidant ในอาหาร ต่อการสะสม n-3 PUFA ในเนื้อ เพื่อเพิ่มการสะสม n-3 PUFA ในเนื้อไก่

การศึกษาในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

- a. เพื่อศึกษาถึงการเพิ่มปริมาณของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในเนื้อไก่โคราช โดยการเสริมน้ำมันปลาหรือน้ำมันลินซีดทดแทนน้ำมันรำข้าวในสูตรอาหาร
- การศึกษาได้กล่าวรายละเอียดไปแล้วในรายงานก่อนหน้านี้ และจะได้กล่าวถึงผลการศึกษาโดยสรุปอีกครั้งหนึ่ง ในบทที่ 4

**b. เพื่อศึกษาระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาพืชน้ำในอาหารต่อคุณภาพเนื้อ
องค์ประกอบของ *n-3 PUFA* และการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสะสมกรด
ไขมันในโกโคราช มีวิธีการในการศึกษาดังนี้**

วิธีการดำเนินงานวิจัย

โกโคราช (พ่อพันธุ์เหลืองหางขาว x แม่พันธุ์ มทส.) คละเพศ อายุ 1 วัน ถูกนำมาเลี้ยงรวมกันเป็นระยะเวลา 21 วัน โดยใช้อาหารสูตรเดียวกัน (โปรตีน 21% และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 3,100 kcal/kg) ใช้ไขมันรำข้าว (มีส่วนประกอบของ *n-3 PUFA* ต่ำมาก) เป็นแหล่งพลังงานในอาหาร การจัดการเลี้ยงไก่โปรแกรมการให้วัคซีน เป็นไปตามคำแนะนำ และอยู่ภายใต้การควบคุมของฟาร์มมหาวิทยาลัย เมื่ออายุครบ 21 วัน ทำการสุ่มไก่จำนวน 700 ตัว เข้าการทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบ Augmented Factorial in Completely Randomized Design (CRD) และใช้วิธีการจัด treatment แบบ 3 x 2 factorial ร่วมกับกลุ่มควบคุม โดยมี

ปัจจัยที่ 1 มี 3 ระดับ ดังนี้คือ

ปัจจัยที่ 1 อาหารที่มีการเสริมน้ำมันปลาพืชน้ำ 1.5%

ปัจจัยที่ 2 อาหารที่มีการเสริมน้ำมันปลาพืชน้ำ 3.0%

ปัจจัยที่ 3 อาหารที่มีการเสริมน้ำมันปลาพืชน้ำ 4.5%

โดยมีการปรับสูตรอาหารให้มีโภชนาะเท่ากัน มีระดับโปรตีนเท่ากับ 19% และ 17% ในช่วงอายุ 3 - 6 และ 6 - 9 สัปดาห์ ตามลำดับ และมีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 3,100 kcal/kg

ปัจจัยที่ 2 มี 2 ระดับ ดังนี้คือ

ปัจจัยที่ 1 ช่วงระยะเวลาที่เสริมน้ำมันปลาพืชน้ำในอาหาร ที่อายุ 3-9 สัปดาห์

(6 สัปดาห์ ก่อนเชือด)

ปัจจัยที่ 2 ช่วงระยะเวลาที่เสริมน้ำมันปลาพืชน้ำในอาหาร ที่อายุ 6-9 สัปดาห์

(3 สัปดาห์ ก่อนเชือด)

รวมเป็น 6 treatment combinations และสูตรควบคุม (control) ซึ่งใช้น้ำมันรำข้าวเป็นแหล่งพลังงานในอาหาร โดยการเสริมน้ำมันปลาพืชน้ำในสูตรอาหารทดลองที่ระดับต่าง ๆ นั้น เป็นการเสริมเข้าไป

ทดแทนน้ำมันรำข้าวในสูตรอาหารควบคุม โดยสูตรอาหารและองค์ประกอบของโภชนาะแสดงในตารางที่ 3.1.3.1 – 3.1.3.4 โดยในแต่ละ treatment combination แบ่งออกเป็น 4 ซ้ำ ๆ ละ 25 ตัว รวมใช้ไก่ทั้งหมด 700 ตัว ในแต่ละคอกใช้ความหนาแน่นในการเลี้ยง 8 ตัวต่อตารางเมตร และจะใช้เกล็ดเป็นวัสดุรองพื้น ให้ไก่กินอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 9 สัปดาห์

ตารางที่ 3.1.3.1 สูตรอาหารทดลองและองค์ประกอบของโภชนะ

Item	Grower (d 22 to 42)	Finisher (d 43 to 63)
Soybean meal (44% CP)	33.00	26.84
Corn (7.8% CP)	58.80	65.00
Added oil ¹	4.50	4.50
DL-Methionine	0.21	0.14
L-Lysine	0.18	0.19
L-Threonine	0.02	-
Salt	0.35	0.35
Calcium carbonate	1.42	1.20
Mono-dicalcium phosphate (21% P)	1.02	1.28
Premix ²	0.50	0.50
Calculated nutrients (%)		
ME (kcal/kg)	3,100	3,100
Crude protein	19.00	17.00
Crude fat	7.00	7.18
Crude fiber	3.60	3.31
Lysine	0.96	0.85
Methionine	0.44	0.35
Methionine + cystine	0.66	0.55
Threonine	0.74	0.68
Calcium	0.90	0.86
Available phosphorus	0.35	0.39
Sodium	0.15	0.15

¹Different oil and level depend on treatment.

² Premix (0.5%) provided the following per kilogram of diet: 15,000 IU of vitamin A; 3,000 IU of vitamin D3; 25 IU of vitamin E; 5 mg of vitamin K3; 2 mg of vitamin B1; 7 mg of vitamin B2; 4 mg of vitamin B6; 25 µg of vitamin B12; 11.04 mg of pantothenic acid; 35 mg of nicotinic acid; 1 mg of folic acid; 15 µg of biotin; 250 mg of choline chloride; 1.6 mg of Cu; 60 mg of Mn; 45 mg of Zn; 80 mg of Fe; 0.4 mg of I; 0.15 mg of Se.

ตารางที่ 3.1.3.2 องค์ประกอบกรดไขมัน (%) ของน้ำมันรำข้าว (Rice bran oil) และน้ำมันปลาทูน่า (Tuna oil) ในอาหาร

Item	Rice bran oil	Tuna oil
C14:0	0.32	4.82
C15:0	-	0.82
C16:0	21.68	19.32
C16:1	-	5.62
C18:0	2.34	5.11
C18:1n-9	41.81	14.63
C20	0.76	-
C22	0.17	-
C18:2n-6	31.58	4.70
C18:3n-6	-	1.35
C20:1	-	1.23
C20:2n-6	-	1.96
C20:3n-6	-	2.73
C20:4n-6	-	-
C18:3n-3	1.17	1.29
C20:3n-3	-	-
C20:5n-3	-	11.76
C22:0	0.17	-
C22:2	-	0.77
C22:6n-3	-	23.89
SFA	25.44	30.07
MUFA	41.81	21.48
PUFA	32.75	48.45
n-6	31.58	11.51
n-3	1.17	36.94
n-6/n-3	26.99	0.30

“-” not detectable

ตารางที่ 3.1.3.3 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองและองค์ประกอบทางโภชนาของไก่ช่วงอายุ 22 ถึง 42 วัน

Item	Growing diet (d 22 to 42)			
	Control	TO 1.5%	TO 3.0%	TO 4.5%
C14:0	0.29	1.03	1.96	2.63
C16:0	20.10	18.29	20.27	21.70
C16:1	0.26	1.09	2.14	2.82
C18:0	3.27	4.20	4.96	4.45
C18:1n-9	35.62	32.18	28.97	29.33
C18:2n-6	36.14	32.13	27.22	22.58
C20:0	0.89	1.03	0.66	0.66
C18:3n-6	0.17	0.42	0.83	1.11
C20:1	1.11	1.15	1.44	1.33
C18:3n-3	0.70	1.27	0.45	1.23
C22:0	0.30	0.74	0.26	0.28
C20:3n-6	-	0.58	1.24	1.55
C20:3n-3	0.18	0.64	0.25	-
C20:4n-6	0.17	0.46	0.78	0.49
C20:5n-3	0.63	1.76	3.27	3.57
C22:6n-3	0.17	3.03	5.32	6.27
SFA	24.85	25.29	28.11	29.72
MUFA	36.99	34.42	32.55	33.48
PUFA	38.16	40.29	39.36	36.8
n-6	36.48	33.59	30.07	25.73
n-3	1.68	6.70	9.29	11.07
n-6/n-3	21.71	5.01	3.24	2.32

“-” not detectable

ตารางที่ 3.1.3.4 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลองและองค์ประกอบทางโภชนาของไก่ช่วงอายุ 43 ถึง 63 วัน

Item	Finishing diet (d 43 to 63)			
	Control	TO 1.5%	TO 3.0%	TO 4.5%
C14:0	0.28	1.07	1.83	3.42
C16:0	18.94	20.50	19.92	23.07
C16:1	0.23	1.13	2.11	3.59
C18:0	2.77	3.33	4.14	5.61
C18:1n-9	38.66	34.55	31.81	28.84
C18:2n-6	35.26	31.58	26.14	18.58
C20:0	0.80	0.36	0.62	0.60
C18:3n-6	0.20	0.42	0.85	1.49
C20:1	0.80	0.36	1.22	0.77
C18:3n-3	0.70	1.07	1.02	1.45
C22:0	0.29	-	0.26	-
C20:3n-6	0.21	0.46	1.28	1.94
C20:3n-3	0.12	-	-	-
C20:4n-6	-	0.29	-	0.46
C20:5n-3	-	1.78	3.11	3.66
C22:6n-3	0.74	3.10	5.69	6.52
SFA	23.08	25.26	26.77	32.70
MUFA	39.69	36.04	35.14	33.20
PUFA	37.23	38.70	38.09	34.10
n-6	35.67	32.75	28.27	22.47
n-3	1.56	5.95	9.82	11.63
n-6/n-3	22.71	5.49	2.88	1.93

“-” not detectable

ข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การศึกษาด้านสมรรถนะการเจริญเติบโต

ทำการชั่งน้ำหนักตัวไก่ และบันทึกปริมาณอาหารที่กิน เพื่อคำนวณอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการแลกน้ำหนักตัว (FCR) ของแต่ละกลุ่มทดลองทุกสัปดาห์ รวมทั้งจำนวนการตายของไก่ทุกครั้งที่พบ

2. ข้อมูลองค์ประกอบซาก และการเก็บตัวอย่าง

เมื่อไก่อายุครบ 9 สัปดาห์ ทำการสุ่มไก่ออกมา treatment ละ 8 ตัว (เพศผู้และเพศเมียอย่างละ 4 ตัว) เพื่อวัดส่วนประกอบของซาก เก็บไขมันในช่องท้อง โดยขั้นตอนในการดำเนินงานคือ อดอาหารแต่ให้ไก่กินน้ำสะอาดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักมีชีวิต จากนั้นใช้วิธี exsanguination โดยใช้มีดเชือดคอตรง jugular vein ปลอยให้เลือดไหลออก ทำการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 58°C และทำการถอนขน เอาอวัยวะเครื่องในออก และนำซากไปแช่ที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการตัดแต่งและแยกชิ้นส่วนของซากไก่ ทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นส่วนไก่เพื่อนำมาคำนวณข้อมูลองค์ประกอบซาก และทำการเก็บตัวอย่างของเนื้ออกและเนื้อสะโพก โดยเนื้ออกและเนื้อสะโพกด้านซ้ายใช้สำหรับการทำ drip loss, cooking loss และ shear force ส่วนด้านขวาจะนำมาใช้ในการวัด pH และวัดปริมาณ n-3 PUFA ในเนื้อไก่

3. การวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ในการวัดค่า pH จะใช้เนื้ออกและเนื้อสะโพกด้านซ้าย โดยจะทำการวัดหลังเชือด 45 นาที หลังจากนั้นเก็บเนื้อแต่ละส่วนไว้ในถุงพลาสติกและนำไป chilling ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และวัด pH ซ้ำอีกครั้ง โดยใช้เครื่องมือวัด pH meters ซึ่งต้องวัดตัวอย่างที่จุดเดียวกัน และในแต่ละตัวอย่างจะทำการวัดทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย

4. ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ (drip loss)

นำเนื้อส่วนอกและส่วนสะโพกมาซับให้แห้ง ทำการตัดให้มีขนาดกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1 x 2.5 x 0.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักของเนื้อ ห่อด้วยผ้าก๊อซ 2 ชั้น พันอีกครั้งด้วยถุงพลาสติก นำไปแชวนในห้องเย็นอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนัก และนำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตร

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บ} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนแช่เย็น} - \text{น้ำหนักหลังแช่เย็น}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่เย็น}} \times 100$$

5. ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างทำให้สุก (cooking loss)

นำเนื้อส่วนอกและส่วนสะโพกมาตัดชิ้นเนื้อให้มีขนาด 40 - 50 กรัม จากส่วนที่หนาที่สุดของชิ้นเนื้อ ซับด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ชั่งน้ำหนัก บรรจุลงในถุงพลาสติกที่แห้งสนิท ทนความร้อน โดยไม่ต้องปิดปากถุง ใช้เทอร์โมมิเตอร์แทงลงเนื้อในส่วนที่หนาที่สุด นำไปต้มให้สุกในอ่างน้ำร้อนโดยเปิดฝาไว้ ตั้งค่าอุณหภูมิ

ภายนอกเท่ากับ 85°C รอให้อุณหภูมิภายในส่วนที่หนาที่สุดของเนื้ออุณหภูมิ 78 - 80°C ค่อยจับเวลาเป็นเวลา 10 นาที นำเนื้อออกจากถุง ซับด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 4 นำเนื้อไปชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณ

$$\% \text{ การสูญเสียไอน้ำในระหว่างการทำให้สุก} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนต้ม} - \text{น้ำหนักหลังต้ม}}{\text{น้ำหนักก่อนต้ม}} \times 100$$

6. การวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force)

นำเนื้ออกและเนื้อสะโพกมาตัดให้มีขนาดกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1.5 x 3 x 0.5 เซนติเมตร ซึ่งน้ำหนักบรรจุลงในถุงพลาสติกปิดสนิททนความร้อน นำไปต้มในอ่างน้ำร้อน 80°C นาน 10 นาที ทำให้อุณหภูมิลดลงให้เท่ากับอุณหภูมิห้องโดยการนำไปแช่น้ำเย็น นำเนื้อมาตัดแต่งให้มีขนาด 1.0 x 2.0 x 0.5 เซนติเมตร นำไปวัดค่าแรงตัดผ่านด้วยเครื่อง Texture analysis รุ่น TA-XT2i โดยกำหนดอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีด 2 มม./วินาที (Froning et al., 1978)

7. การวิเคราะห์กรดไขมัน

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย อาหารที่ใช้ในการทดลอง เนื้อส่วนอกและส่วนสะโพก ตัวอย่างที่ถูกทำให้อยู่ในรูปของ methyl ester โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 15 กรัม เติมน้ำ chloroform-methanol (2:1) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่อง homogenize เป็นเวลา 2 นาที เติมน้ำ chloroform 30 มิลลิลิตร และปั่นอีก 2 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง เติมน้ำ deionize water ปริมาตร 30 มิลลิลิตร เติมน้ำ 0.58% NaCl ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันวางทิ้งไว้ 1 คืน ให้แยกชั้น เก็บชั้นของไขมันใส่ขวดฝาเกลียว (ห่อฟอยด์) เก็บที่ -20°C

ขั้นตอนการทำ methylation ทำการชั่งตัวอย่างไขมันประมาณ 25 มิลลิกรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง โดยการดูดตัวอย่างใส่หลอดทดลองและนำไปทำให้แห้งด้วย N₂ gas ให้ความร้อน 100°C เป็นเวลา 5 นาที เขย่าแล้วตั้งไว้ให้เย็น เติมน้ำ 14% BF₃ in methanol ปริมาตร 2 มล. ใส่อากาศด้วย N₂ gas แล้วปิดฝา เติมน้ำ C17:0 (2.0 มก./มล. ใน Hexane) ปริมาตร 2 มล. ใส่อากาศด้วย N₂ gas แล้วปิดฝา ให้ความร้อน 100°C 5 นาที เขย่า แล้วตั้งไว้ให้เย็น ปิดฝาเติมน้ำ deionize water ปริมาตร 10 มล. และ hexane ปริมาตร 5 มล. ปิดฝาเขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งไว้ให้แยกชั้น ตัก Na₂SO₄ ประมาณปลายช้อนตักสาร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กหลอดใหม่ เมื่อสารละลายแยกชั้น ดูดชั้น hexane ใส่ลงในขวด Vial สีชาปริมาณ 1 มล. เพื่อนำไปฉีดเข้าเครื่อง Gas chromatography ปริมาตร 1 ไมโครลิตร (Hewlett Packard, HP 689 series GC system) ซึ่งวิธีที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ไขมันดัดแปลงจากวิธีการวิเคราะห์ไขมันของ Folch et al. (1957)

8. การวัดค่า TBARS ในเนื้อไก่

โดยดัดแปลงจากวิธีของ Leick et al. (2010) และ Premanand et al. (2007) ซึ่งเป็นการทดสอบฤทธิ์การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยดูจากปริมาณสารประกอบอัลดีไฮด์ในรูป MDA ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid oxidation) โดยการนำตัวอย่างมาทำปฏิกิริยากับสาร TBA (thiobarbituric

acid) และใช้ความร้อนในการเร่งปฏิกิริยา จะได้สารสีชมพูใส คือ TBARS (thiobarbituric acid reactive substances) จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร แล้วนำมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

9. การศึกษาระดับการแสดงออกของยีน (Gene expression)

เมื่อโกอายุ 9 สัปดาห์ ทำการสุ่มโกฆ่าละ 6 ตัว เพื่อใช้ในการวัดการแสดงออกของยีน ในการเก็บตัวอย่างจะใช้วิธีการมัลลอโรฟอร์ม จากนั้นใช้วิธี exsanguination โดยใช้มีดเชือดคอตรง jugular vein ปลอ่ยให้เลือดไหลออก ในส่วนของการวัดการแสดงออกของยีนนั้นเก็บตัวอย่างบริเวณตับ เพื่อนำไปวิเคราะห์การแสดงออกของยีน L-FABP และ PPAR α เก็บตัวอย่างเนื้ออก เพื่อนำไปวิเคราะห์การแสดงออกของยีน โดยปริมาณตัวอย่างที่จะใช้คือ 0.05 กรัมต่อ 1 ตัวอย่าง และรีบเก็บอวัยวะต่าง ๆ ไว้ในถังไนโตรเจนเหลวทันทีเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของ RNA ในเนื้อเยื่อ จากนั้นนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -80°C และดำเนินการต่อดังนี้ คือ

9.1 การสกัด Total RNA

การสกัด Total RNA ใช้ชุดสกัด RNA สำเร็จรูป (High pure RNA Tissue Kit; Roche, Germany) เมื่อได้ Total RNA ของตับและเนื้ออกโก ส่วนหนึ่งนำไปวัดความเข้มข้นของ RNA ที่ค่าการดูดกลืนแสง 260 นาโนเมตร (nm)

9.2 การสังเคราะห์ First strand cDNA

หลังจากนั้นทำการสังเคราะห์ first strand cDNA จาก total RNA โดยมีวิธีการดังนี้ การเตรียม RNA จะใช้ Total RNA, Oligo-dT primer และน้ำ Deionized ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มที่ 65°C และ fix บนน้ำแข็งทันทีเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นสังเคราะห์ First Strand cDNA ด้วยชุดสังเคราะห์ First Strand cDNA สำเร็จรูป (Transcriptor First Strad cDNA Synthesis Kit; Roche, Germany) โดยมีการเตรียมสารละลายสำหรับสังเคราะห์ first strand cDNA ดังนี้ Transcriptor RT Reaction Buffer (5x), Protector Rnase inhibitor, Deoxynucleotide mix และ Transcriptor Reverse Transcriptase mix กับ RNA ที่เตรียม โดยบ่มที่อุณหภูมิ 55°C 30 นาที และทำลายเอนไซม์โดยการบ่มที่อุณหภูมิ 85°C 5 นาที และเก็บตัวอย่าง First Strand cDNA ไว้ที่ -20°C จากนั้นนำ first strand cDNA ที่ได้ส่วนหนึ่งมาตรวจสอบคุณภาพด้วย Excel Taq 5X PCR Master dye mix (SMOBIO, primer forward actin, primer reverse actin, cDNA, LightCycler[®] 480 SYBR Green I Master (Roche Diagnostics GmbH) และ Deionized water หลังจากนั้น cDNA (RT product) ที่ได้นำมาเข้าเครื่อง Real time PCR (Roche480, Germany) มา Run agarose gel electrophoresis เพื่อตรวจสอบปริมาณความเข้มข้นของ cDNA ที่ได้

9.3 ระดับการแสดงออกของยีน

นำ cDNA ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว มาวัดระดับการแสดงออกของยีน Liver fatty acid binding protein (L-FABP), lipoprotein lipase (LPL) และ Peroxisome proliferator-activated receptor alpha (PPAR α) โดยนำ cDNA มาใส่หลอดตามด้วย Master mix, LightCycler[®] 480 SYBR Green I Master (Roche Diagnostics GmbH), First Strand cDNA และน้ำ Deionized จากนั้นนำมาเข้า

เครื่อง Real time PCR (Roche480, Germany) เพื่อดูระดับการแสดงออกของยีน โดยรายละเอียดของ primer แสดงในตารางที่ 3.1.3.5

ตารางที่ 3.1.3.5 ไพรเมอร์ ที่ใช้สำหรับเทคนิค real time-PCR ของยีน L-FABP, PPARA, LPL และยีน GAPDH

Genes	5' sequence 3' forward primer 5' sequence 3' reverse primer	Accession no.	Annealing temperatures	PCR size (bp)	Amplification efficiency (%)
L-FABP	5'- GAGCTCCAGTCCCATGAAA-3' 5'- TCAGCAGCTCCATCTCACAC-3'	AF380999	59 °C	202	98.1
PPARA	5'-CAAACCAACCATCCTGACGAT-3' 5'- GGAGGTCAGCCATTTTTTGG-3'	NM 001001464.1	58 °C	64	94.7
LPL	5'- TTGGTGACCTGCTTATGCTA-3' 5'- ATTGCTGCCTCTTCTCCTTT-3'	X14670	58 °C	187	99.8
GADPH (Br)	5'-GGTGGCCATCAATGATCCCT-3' 5'-CCGTTCTCAGCCTTGACAGT-3'	NM204305.1	58 °C	105	95.9
GADPH (Li)	5'-GGTGGCCATCAATGATCCCT-3' 5'-CCGTTCTCAGCCTTGACAGT-3'	NM204305.1	58 °C	105	97.9

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การตรวจสอบข้อมูลที่ทำการศึกษา ตรวจสอบด้วยวิธี Descriptive statistics โดยพิจารณา ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD) สัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variation; CV) ค่าต่ำสุด (minimum; min) ค่าสูงสุด (maximum; max) เพื่อตรวจสอบค่า outlier และใช้วิธี Normality plot with test เพื่อตรวจสอบข้อมูลที่ทำการศึกษาว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยพิจารณาจากค่า *P*-Value ในตาราง Test of Normality ถ้า $P > 0.05$ ข้อมูลจะมีการแจกแจงแบบปกติ และจะพิจารณาร่วมกับค่าความเบ้ (skewness) อยู่ในช่วง -0.8 ถึง 0.8 และความโด่ง (kurtosis) อยู่ในช่วง -3 ถึง 3 (Joanes and Gill, 1998) ถ้าค่าดังกล่าวเกินจากช่วงดังกล่าว จะทำการแปลงข้อมูล (Data transformation) เพื่อให้ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ด้วยโปรแกรม SPSS Version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

ทดสอบนัยสำคัญของอิทธิพลอันเนื่องมาจากระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อ องค์ประกอบของกรดไขมัน n-3 PUFA และการแสดงออกของยีน L-FABP, ยีน PPARA ที่บริเวณตับ และยีน LPL ที่บริเวณเนื้ออก รวมถึงการวิเคราะห์ค่า TBAR ในเนื้อไก่โคราช ด้วยวิธี General Linear Models (GLM) สำหรับแผนการทดลองแบบ Augmented Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ในการทดสอบสมมติฐาน วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มการทดลองด้วยวิธี TUKEY และ Orthogonal contrast กำหนดระดับนัยสำคัญที่ $\alpha \leq 0.05$ เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อ ระดับของ n-3 PUFA และ TBAR ในเนื้อ รวมถึงระดับการแสดงออกของยีน L-FABP, ยีน PPARA ที่บริเวณตับ และยีน LPL ในเนื้ออกของไก่โคราชเมื่อไก่ได้รับอาหารที่แตกต่างกันทั้งหมด 6 กลุ่มทดลอง และ 1 กลุ่มควบคุม ด้วยโปรแกรม SAS® University Edition

1.3.2 ผลของการเลี้ยงไก่โคราชในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการผลิต ซาก เนื้อและองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีประโยชน์ในเนื้อไก่ มีวิธีการศึกษาดังนี้

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การทดลองครั้งนี้ใช้ลูกไก่โคราช คละเพศ อายุ 1 วัน จำนวน 360 ตัว ทำการสุ่มไก่เข้าสู่อการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จัดไก่เข้ากลุ่มการทดลอง 2 กลุ่ม โดยไก่แต่ละกลุ่มมี 6 ซ้ำ ๆ ละ 30 ตัว ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นระบบการเลี้ยงปกติ (Conventional system) โดยใช้สูตรอาหารที่ประกอบด้วยวัตถุดิบอาหารจากแหล่งปกติ เลี้ยงไก่แบบปล่อยพื้น ความหนาแน่น 8 ตัวต่อตารางเมตร ในโรงเรือนระบบเปิด

กลุ่มที่ 2 เป็นระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ (Organic system) โดยใช้สูตรอาหารเหมือนกับกลุ่มที่ 1 แต่ใช้วัตถุดิบอาหารที่ได้จากระบบอินทรีย์ เลี้ยงไก่แบบปล่อยพื้น ความหนาแน่นในโรงเรือน 8 ตัวต่อตารางเมตร และมีพื้นที่ปล่อยออกสู่แปลงหญ้าที่ความหนาแน่น 4 ตารางเมตรต่อตัว (อ้างอิงมาตรฐานการจัดการระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9000 เล่ม 2-2554) ไก่สามารถเข้าถึงแปลงหญ้าตั้งแต่อายุ 21 วัน จนถึงอายุ 84 วัน โดยทำการปล่อยสู่แปลงหญ้าในเวลา 06.00 - 17.00 น.

ไก่ทั้ง 2 กลุ่ม ได้รับสูตรอาหารแบบเดียวกัน แต่ต่างกันที่แหล่งของวัตถุดิบที่นำมาประกอบสูตรอาหาร (แบบปกติ กับ แบบอินทรีย์) โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังตารางที่ 3.1.3.6 การใช้โรงเรือนและการจัดการให้อาหารปฏิบัติตามคำแนะนำและอยู่ภายใต้การควบคุมของฟาร์มมหาวิทยาลัย เมื่อไก่อายุ 7 และ 21 วัน ได้รับวัคซีนรวมป้องกันโรคนิวคาสเซิลและโรคหลอดลมอักเสบ และเมื่ออายุ 14 วัน ได้รับวัคซีนป้องกันโรคกัมโบโร

ตารางที่ 3.1.3.6 สูตรอาหารทดลองและองค์ประกอบของโภชนะ

Item	Starter (0 to 21 d)	Grower (22 to 42 d)	Finisher (43 to 84 d)
Full fat Soybean meal (37% CP)	47.70	41.00	34.50
Broken rice	48.50	55.65	62.35
DL-methionine	0.25	0.10	0.10
Salt	0.35	0.35	0.35
CaCO ₃	1.40	1.30	1.20
Mono-dicalcium phosphate (21% P)	1.30	1.10	1.00
Premix ¹	0.50	0.50	0.50
Calculated nutrients (% unless stated otherwise)			
Crude protein	21.05	19.14	17.27
Metabolizable Energy (ME), kcal/kg	3174.6	3189.5	3196.1
Ether extract	8.88	7.72	6.59
Crude fiber	2.73	2.37	2.05
Lysine	1.21	1.08	0.95
Methionine	0.59	0.43	0.41
Methionine + Cystine	0.93	0.73	0.69
Threonine	0.79	0.72	0.64
Calcium	1.01	0.91	0.84
Available phosphorus	0.45	0.38	0.35

¹Provided (per kilogram of diet): 15,000 IU of vitamin A; 3,000 IU of vitamin D₃; 25 IU of vitamin E; 5 mg of vitamin K₃; 2 mg of vitamin B₁; 7 mg of vitamin B₂; 4 mg of vitamin B₆; 25 µg of vitamin B₁₂; 11.04 mg of pantothenic acid; 35 mg of nicotinic acid; 1 mg of folic acid; 15 µg of biotin; 250 mg of choline chloride; 1.6 mg of Cu; 60 mg of Mn; 45 mg of Zn; 80 mg of Fe; 0.4 mg of I; 0.15 mg of Se.

การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. การเก็บข้อมูลการกินได้ของหญ้า

การเก็บตัวอย่างและบันทึกปริมาณผลผลิตหญ้าทำตามวิธีการของ Lantinga et al. (2004) เนื่องจากจำนวนหญ้าในแปลงอาจจะมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในแต่ละวัน ในการวัดปริมาณหญ้าจึงทำการเปรียบเทียบหญ้าที่มีการเจริญเติบโตตามธรรมชาติ และแปลงหญ้าที่มีการปล่อยไถ่ลงเลี้ยง ปริมาณหญ้าที่มีการเจริญเติบโตตามธรรมชาติจะใช้กล่องที่มีขนาด 50 x 50 ซม. จำนวน 2 กล่องต่อแปลง สุ่มวางลงในแปลงหญ้าเปรียบเทียบกับปริมาณหญ้าในแปลงที่มีการปล่อยไถ่ลงเลี้ยง โดยทำการวัดปริมาณหญ้าครั้งที่ 1 เมื่อไถ่อายุ 6 สัปดาห์ (หลังจากปล่อยไถ่ลงแปลงหญ้า 3 สัปดาห์), วัดปริมาณหญ้าครั้งที่ 2 เมื่อไถ่อายุ 9 สัปดาห์ (หลังจากปล่อยไถ่ลงแปลงหญ้า 6 สัปดาห์) และวัดปริมาณหญ้าครั้งที่ 3 เมื่อไถ่อายุ 12 สัปดาห์ (หลังจากปล่อยไถ่ลงแปลงหญ้า 9 สัปดาห์) โดยในทุกครั้งของการเก็บข้อมูลจะทำการตัดหญ้าให้มีความสูง 15 ซม. จากพื้นดิน เพื่อ

นำมาคำนวณผลผลิตหญ้าในแปลงและปริมาณหญ้าที่ไถกิน และสุมตัวอย่างหญ้านำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C จนน้ำหนักคงที่ เพื่อที่จะนำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาค่าความชื้น โปรตีน เยื่อใย และสัดส่วนของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในหญ้า

2. การศึกษาด้านความเสียหายที่เกิดจากพฤติกรรมการจิกชนของไก่

เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง (12 สัปดาห์) ทำการศึกษาลักษณะความเสียหายของขนจากไก่ทุกตัวที่เกิดจากพฤติกรรมในการจิกชนของไก่โคราช ซึ่งดัดแปลงวิธีการศึกษาของ Bilcik and Keeling (1999) โดยทำการจัดบันทึกลักษณะความเสียหายบริเวณหลังไก่แบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ลักษณะขนสมบูรณ์ไม่เกิดความเสียหายจากการจิกชน, ลักษณะขนที่มีความเสียหายเล็กน้อย (น้อยกว่า 25%), ลักษณะที่มีความเสียหายปานกลาง (25-50%) และลักษณะขนที่มีความเสียหายมาก (มากกว่า 50%)

3. การศึกษาสมรรถนะการเจริญเติบโต

ทำการชั่งน้ำหนักตัวไก่และบันทึกปริมาณอาหารที่กิน เพื่อคำนวณอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ของแต่ละกลุ่มทดลอง ทุกสัปดาห์ รวมทั้งบันทึกจำนวนการตายของไก่ทุกครั้งที่พบ

4. การศึกษาองค์ประกอบซาก

เมื่อไก่อายุ 84 วัน ทำการสุมไก่ชำละ 4 ตัว (ตัวผู้ 2 ตัว และตัวเมีย 2 ตัว) เพื่อใช้วัดองค์ประกอบของซากและการเก็บสะสมไขมันในช่องท้อง โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการคือ อดอาหารแต่ให้ไก่สามารถกินน้ำสะอาดได้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักมีชีวิตหลังจากการอดอาหาร ใช้มีดเชือดคอตรง jugular vein ปลอยให้เลือดไหลออก แล้วทำการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 58°C เพื่อถอนขน เอาอวัยวะเครื่องในออก หลังจากนั้นเก็บในหีองเย็นที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการตัดแต่งและแยกชิ้นส่วนของซากไก่ ทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นส่วนไก่ การคำนวณน้ำหนักของซากส่วนต่าง ๆ จะคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมีชีวิต ดังนี้

$$\% \text{ ส่วนประกอบซาก} = \frac{\text{น้ำหนักของซาก} \times 100}{\text{น้ำหนักไก่มีชีวิต}}$$

ทำการเก็บตัวอย่างเนื้ออกและเนื้อสะโพก เพื่อนำไปวิเคราะห์โภชนะในเนื้อ, วิเคราะห์โครงสร้างของเนื้อด้วยวิธี Synchrotron FTIR, วิเคราะห์ Histology และวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อในด้านต่าง ๆ

5. การศึกษาคุณภาพเนื้อ

5.1 การวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ทำการวัดค่า pH ของเนื้ออกและเนื้อสะโพก หลังเชือด 45 นาที หลังจากนั้นเก็บเนื้อแต่ละส่วนไว้ในถุงพลาสติกและนำไป chilling ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และวัด pH ซ้ำอีกครั้ง โดยใช้เครื่องมือวัด pH meters ซึ่งต้องวัดตัวอย่างที่จุดเดียวกัน และในแต่ละตัวอย่างจะทำการวัดทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย

5.2 การวัดสีเนื้อและสีหนัง (color)

ในการวัดสีของเนื้อจะทำการเปรียบเทียบสีของเนื้อและหนังไก่สด ส่วนอก และส่วนสะโพก ด้วยเครื่อง Minolta colorimeter ตำแหน่งที่จะทำการวัดจะเป็นตำแหน่งเดิมทุกครั้งในการวัดแต่ละตัวอย่าง โดยในแต่ละตัวอย่างจะทำการวัดซ้ำ 3 จุด โดยค่าที่วัดจะจำแนกออกมาเป็นค่า L* (lightness) ค่า a* (redness) และค่า b* (yellowness)

5.3 การวัดค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อระหว่างการเก็บ (drip loss)

นำตัวอย่างเนื้ออกและเนื้อสะโพก ซับให้แห้ง ทำการตัดให้มีขนาดกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1 x 2.5 x 0.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักของเนื้อ ห่อด้วยผ้าก๊อซ 2 ชั้น พันอีกครั้งด้วยถุงพลาสติก นำไปแขวนในห้องเย็น อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง นำออกมาชั่งน้ำหนัก และนำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บ} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนแช่เย็น} - \text{น้ำหนักหลังแช่เย็น}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่เย็น}} \times 100$$

5.4 การสูญเสียน้ำจากการปรุงสุก (Cooking loss)

ทำให้เนื้อสุกด้วยการต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ประมาณ 15 - 20 นาที โดยให้อุณหภูมิน้ำอยู่ที่ประมาณ 85°C จนได้อุณหภูมิใจกลางเนื้อสุดท้ายอยู่ที่ 80°C จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ซับเนื้อให้แห้งแล้วจดบันทึกน้ำหนัก และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ Cooking loss (ดัดแปลงมาจาก Crehan et al., 2000)

5.5 การวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear forces)

ตัดตัวอย่างเนื้ออกและเนื้อสะโพกให้มีขนาดกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1.5 x 3 x 0.5 ซม. ชั่งน้ำหนักบรรจุลงในถุงพลาสติกปิดสนิททนความร้อน นำไปต้มในอ่างน้ำร้อน 80°C นาน 10 นาที ทำให้อุณหภูมิลดลงให้เท่ากับอุณหภูมิห้อง โดยการนำไปแช่น้ำเย็น นำเนื้อมาตัดแต่งให้มีขนาด 1.0 x 2.0 x 0.5 ซม. (Dawson et al., 1991) นำไปวัดค่าแรงตัดผ่านด้วยเครื่อง Texture analysis รุ่น TA-XT2i โดยกำหนดอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีด 2 มม./วินาที (Wattanachant et al., 2004)

6. การวิเคราะห์โภชนาในเนื้อ

บดตัวอย่างของเนื้อไก่ในส่วนอกและส่วนสะโพก เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนา ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (1996)

7. การวิเคราะห์กรดไขมัน

ทำการวิเคราะห์กรดไขมันตามวิธีของ Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วยหย้าอาหารสัตว์ เนื้ออก และเนื้อสะโพก ตัวอย่างจะถูกทำให้อยู่ในรูปของ methyl ester โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 15 กรัม เติม chloroform-methanol (2:1) ปริมาตร 90 มล. ปั่นด้วยเครื่อง homogenize นาน 2 นาที เติม chloroform 30 มล. และปั่นอีก 2 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเติม deionize water ปริมาตร 30 มล. เติม 0.58% NaCl ปริมาตร 5 มล. เขย่าให้เข้ากันแล้ววางทิ้งไว้ 1 คืนให้แยกชั้น เก็บชั้นของไขมันใส่ขวดฝาเกลียว (ห่อฟอยด์) เก็บที่ -20°C ขั้นตอนการทำ methylation ทำการชั่งตัวอย่างไขมันประมาณ 25 มก. ใส่ลงในหลอดทดลอง โดยการดูดตัวอย่างใส่หลอดทดลองและนำไปทำให้แห้งด้วย N_2 gas ให้ความร้อน 100°C เป็นเวลา 5 นาที เขย่าแล้วตั้งไว้ให้เย็น เติม 14% BF_3 in methanol ปริมาตร 2 มล. ใส่อากาศด้วย N_2 gas แล้วปิดฝา เติม $\text{C}_{17:0}$ (2.0 มก/มล. ใน Hexane) ปริมาตร 2 มล. ใส่อากาศด้วย N_2 gas แล้วปิดฝา ให้ความร้อน 100°C 5 นาที เขย่าแล้วตั้งไว้ให้เย็น เปิดฝา เติม deionize water ปริมาตร 10 มล. และ hexane ปริมาตร 5 มล. ปิดฝาเขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งไว้ให้แยกชั้น ตัก Na_2SO_4 ประมาณปลายช้อนตักสาร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กหลอดใหม่ เมื่อสารละลายแยกชั้นดูดชั้น hexane ใส่ลงในขวด Vial สีชาปริมาณ 1 มล. เพื่อนำไปฉีดเข้าเครื่อง Gas chromatography ปริมาตร 1 มล. (Hewlett Packard, HP 689 series GC system)

8. การวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอล

การวิเคราะห์ทำตามวิธีของ Rowe et al. (1999) เนื้อไก่ส่วนอกและสะโพกถูกนำมาสกัดปริมาณไขมันด้วยสาร chloroform-methanol และสกัดปริมาณคอเลสเตอรอลออกจากไลโปโปรตีน โดยทำการชั่งตัวอย่างเนื้ออกและเนื้อสะโพกที่บดละเอียด 5 กรัม ใส่ลงใน round bottom flask เติม chloroform-methanol-isopropanol (90:5:5v/v/v) ปริมาตร 20 มล. เติม 60% KOH ปริมาตร 5 มล. (1 มล. ต่อตัวอย่าง 1 กรัม) เขย่าให้เข้ากัน ทำการ reflux เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาวางให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องและทำการถ่ายตัวอย่างใส่ลงใน separating funnel เติม hexane ปริมาตร 100 มล. และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 มล. และเขย่าให้เข้ากันเป็นเวลา 15 นาที จะเห็นการแยกชั้นของ hexane อย่างชัดเจนซึ่งจะอยู่ข้างบน แยกสารละลาย hexane ใส่ Erlenmeyer Flask และทำการปิเปตสารมา 12.5 มล. ทำให้แห้งด้วยการ dry ด้วย N_2 แล้วนำสารส่วนที่แห้งมาละลายด้วย internal standard ปริมาตร 1 มล. ดูดสารใส่ vial นำไปวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลด้วย Gas chromatography (Hewlett Packard, HP 6890 series GC system)

9. การวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจน

การวิเคราะห์ค่าปริมาณคอลลาเจนจะแยกการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ คอลลาเจนส่วนที่ละลายได้ (soluble collagen) และคอลลาเจนส่วนที่ละลายไม่ได้ (insoluble collagen) ซึ่งในการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การแยก และการย่อยและการทำให้เกิดสี ดังนี้

9.1 ขั้นตอนการแยก (Hill, 1969)

ทำการชั่งตัวอย่างเนื้ออกและเนื้อสะโพกที่บดละเอียด ตัวอย่างละ 4 กรัม ใส่ในหลอด homogenize ที่มีขนาด 30 มล. ผสมกับสารละลาย ringer's solution ปริมาณ 8 มล. ทำการ homogenize 10,000 rpm นาน 1 นาที ต้มใน water bath 77°C นาน 70 นาที ตั้งทิ้งไว้เย็น 1 ชั่วโมง และปั่นเหวี่ยงที่ 5,200g 26 นาที แยกส่วน supernatant ใส่ในขวดรูปชมพู่ และส่วน residue ใส่ในขวดรูปชมพู่ เช่นเดียวกัน (คนละขวด)

9.2 ขั้นตอนการย่อยและการทำให้เกิดสี (AOAC, 1996)

เติมกรด sulfuric acid 7 N ปริมาณ 30 มล. ลงในขวดรูปชมพู่และปิดด้วยกระจกนาฬิกา ใส่ในตูบที่อุณหภูมิ $105 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง นำสารละลายที่ผ่านการย่อย กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ และขั้นตอนการทำสีจะทำการปิเปตสารละลายที่ได้ 2 มล. ใส่ในหลอดทดลองขนาด 10 มล. (ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ) และทำ blank โดยใช้ น้ำกลั่น 2 มล. แทนสารละลาย เติมสาร oxidant solution 1 มล. ทำการ vortex และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที เติมสาร color reagent 1 มล. เขย่าทันที ปิดฝาหลอดให้สนิท นำไปต้มใน water bath 60°C นาน 15 นาที ทำหลอดให้เย็น โดยการเปิดน้ำไหลผ่าน 3 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 558 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณคอลลาเจนตามสูตร และนำเอาส่วนที่ละลายได้คูณด้วย 7.52 และส่วนที่ละลายไม่ได้คูณด้วย 7.25 รายงานเป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณคอลลาเจนต่อน้ำหนักตัวอย่างเนื้อ

สูตรในการคำนวณหาปริมาณ hydroxyl proline

$$H \text{ (mg/g)} = \frac{h \times 2.5 \times 1000}{w}$$

โดยที่ h = hydroxyl proline, g/2 mL. อ่านค่าจาก standard curve
 w = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

10. การเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ Histology

นำตัวอย่างแช่ไว้ในฟอรัมาลีน 10% เป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อรักษาโครงสร้างและเป็นการเอาเนื้อออกจากเซลล์ จากนั้นเพิ่มปริมาณของสารละลายแอลกอฮอล์ โดยการเติม Xylene จากนั้นนำไปแช่ไว้ใน Paraffin โดยตัดแบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 - 6 ชิ้น เมื่อแช่แล้วนำชิ้นมาวางลงบนสไลด์แก้วที่แห้ง แล้วนำไปย้อมสีด้วย Hematoxylin-Eosin แล้วจึงค่อยนำมาส่องภายใต้กล้องและบันทึกโดยระบบการวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์

11. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้ออกด้วยวิธี Synchrotron FTIR

ตัดเนื้ออกไปตามลายขวางของกล้ามเนื้อให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 1×1 ซม. ใช้ OCT รักษาคุณภาพเนื้อด้วยการ fix ทันทัน ด้วยไนโตรเจนเหลว ด้วยวิธีการเท OCT บนบล็อกที่ทำจากอลูมิเนียมฟอยล์ แล้ววางเนื้อ

ไก่โดยหันลายกล้ามเนื้อที่ตัดตามขวางลง fix ในบล็อก จากนั้นนำตัวอย่างจุ่มลงในไนโตรเจนเหลว จากนั้นนำเนื้ออกไก่ที่ fix ด้วย OCT ไปตัดด้วยเครื่อง Cryostat (microm/HM 525) ให้มีความบางที่ 6 ไมครอน วางเนื้อที่ตัดได้ลงบนแผ่น Window IR แล้วนำตัวอย่างไปดูความชื้นด้วยเครื่องสุญญากาศ เป็นเวลา 30 นาที ที่ทิ้งไว้ 5 วัน แล้วนำตัวอย่างไปตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง FTIR spectrometer (Helm et al., 1991)

12. การวัดปริมาณนิวคลีโอไทด์

วิเคราะห์ปริมาณนิวคลีโอไทด์โดยการสกัดด้วยกรดเปอร์คลอริกและวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) (HP 1260, Agilent Technologies, USA) คอลัมน์ Hypersil ODS C18 (3 μ m, 150x4.6 mm) (Thermo Scientific, USA) ดัดแปลงจาก Yongsawatdigul et al. (2002)

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.4 ศึกษาเรื่องอาหารและการจัดการที่ช่วยลดความรุนแรงของ inbreeding depression ต่อความสมบูรณ์พันธุ์ในไก่ ที่เกิดขึ้นเมื่อระดับ inbreeding coefficient ของไก่สายพ่อและสายแม่พันธุ์เพิ่มขึ้นอันเนื่องจากการคัดเลือก

วิธีดำเนินงานข้อที่ 1.4

เนื่องจากการศึกษานี้มุ่งเน้นศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาอาหารแม่พันธุ์ มทส. เพื่อแก้ปัญหาอัตราการผสมติด และการฟักออก โดยมีขอบเขตการศึกษาในไก่แม่พันธุ์ มทส. ระยะให้ไข่ 2 กลุ่ม คือ 1) ไก่แม่พันธุ์ มทส. ฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และ 2) ไก่แม่พันธุ์ มทส. ที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง ที่เกิดจากการผสมแบบ full-sib inbreeding โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 การทดลอง

1.4.1 การศึกษาค่าทางชีวเคมีของของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ (uterine fluid) ในไก่แม่พันธุ์ มทส. ฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และไก่แม่พันธุ์ มทส. ที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง

จากการรวบรวมเอกสารพบว่า ระยะเวลาการมีชีวิตรอดของอสุจิ (fertile period length, FPL) ในท่อนำไข่ มีความสัมพันธ์กับอัตราการผสมติด ตามปกติอสุจิจะถูกเก็บไว้ภายในท่อจัดเก็บอสุจิ (sperm storage tubules, SST) บริเวณระหว่างช่องคลอดและต่อมสร้างเปลือกไข่หรือมดลูก (utero-vaginal junction, UVJ) ซึ่งเป็นจุดหลัก และบริเวณปากแตร (infundibulum) โดยความสามารถในการเก็บรักษาอสุจิให้มีชีวิตรอดได้นานเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมทางชีวเคมีและสารเมแทบอลิท์ของของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่และท่อนำไข่ โดยสารเหล่านี้มีคุณสมบัติเพื่อรักษาการมีชีวิตรอดของอสุจิ เช่น สารในกลุ่มแร่ธาตุและวิตามินที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ กลูโคส เป็นต้น จากการศึกษาเบื้องต้นในไก่ไข่พันธุ์ ISA BROWN ที่ได้รับอาหารต่างกันที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พบว่าอาหารมีบทบาทสำคัญในการแสดงออกของโปรตีนในของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ เช่น GOT1, Enolase, SOD2 และ MDH1 รวมถึงมีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงสารเคมีในของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ด้วยเช่นกัน เช่น

glucose, acetate, N-acetyl, citrate, creatin-creatinine และ formate เป็นต้น ซึ่งความหลากหลายของโปรตีนและสารเคมีเหล่านี้ บ่งชี้ว่าเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยน จะมีผลต่อการแสดงออกของยีน และส่งผลต่อผลิตภัณฑ์สุดท้าย (end products) ที่ผลิตขึ้นในระดับโมเลกุลที่ต่างกัน

ดังนั้นการศึกษานี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปสู่การออกแบบงานทดลอง อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป โดยเป็นการศึกษาปริมาณโปรตีน น้ำหนักโมเลกุลและรูปแบบของโปรตีนในของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ของไก่แม่พันธุ์ มทส. สองกลุ่มที่มี inbreeding coefficient ปกติ และ inbreeding coefficient สูง

1.4.2. การศึกษาผลของวิตามินและแร่ธาตุในอาหารไก่แม่พันธุ์ มทส. ต่ออัตราการให้ผลผลิตไข่ อัตราการผสมติด ระยะเวลาการมีชีวิตรอดของอสุจิในท่อนำไข่ ค่าทางชีวเคมี และการต้านอนุมูลอิสระในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่

การทดลองนี้เป็นการศึกษาการเสริมสารในกลุ่มที่มีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant substances) และศึกษาการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเมแทบอลิซึมในของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ โดยมีสมมุติฐานว่าการเสริมสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในอาหารไก่แม่พันธุ์ มทส. น่าจะสามารถปรับปรุงสภาพแวดล้อมทางชีวเคมีของเหลวภายในท่อนำไข่ให้เหมาะสม และสามารถยืดอายุการมีชีวิตของอสุจิได้นานขึ้น

การผลิตสัตว์ทดลองและการวางแผนการทดลอง

ในการทดลองนี้ ใช้ไก่แม่พันธุ์ มทส. อายุ 29 สัปดาห์ สองกลุ่ม คือ กลุ่มที่เกิดจากการผสมแบบ random (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่มี inbreeding coefficient ประมาณ 30% (มทส. รุ่นที่ 9 เกิดจากการผสมแบบ full-sib inbreeding mating system) จำนวนกลุ่มละ 56 ตัว รวมทั้งหมด 112 ตัว ทำการแบ่งไก่ออกเป็น 4 กลุ่มๆละ 28 ตัว เลี้ยงบนกรงเดี่ยว ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 4 สัปดาห์ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ไก่ทุกตัวได้รับอาหารในปริมาณที่เท่ากันตามมาตรฐานสายพันธุ์ (140 กรัม/วัน) และให้น้ำอย่างเต็มที่ตลอดการทดลอง (*ad libitum*) เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิด เปิดแสง 16 ชั่วโมงและปิดแสง 8 ชั่วโมง สำหรับขั้นตอนการปรับสัตว์ก่อนเริ่มการทดลองในสัปดาห์ที่ 1 ทำการจัดไก่เข้าตามกลุ่มทดลองต่าง ๆ และเช็คเวลาการออกไข่ของไก่แต่ละตัว หลังจากนั้นให้กินอาหารทดลองเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์จึงจะเริ่มการทดลอง

อาหารทดลอง

เป็นการทดสอบอาหารที่มีการเสริมวิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีนในอาหารไก่แม่พันธุ์ มทส. โดยเสริมวิตามินซี 200 mg/kg diet (ADISSEO, 2002; DSM, 2008) วิตามินอีในรูป DL-alpha tocopherol ที่ระดับ 150 mg/kg diet ซีลีเนียมในรูปซีลีเนียมยีสต์ (selenium yeast) ที่ระดับ 0.30 mg/kg diet (NRC, 1994) และคาร์นิทีน (L-carnitine) ที่ระดับ 150 mg/kg diet สูตรอาหารทั้งหมดคำนวณตามคำแนะนำของ NRC (1994) ให้ตรงกับความต้องการขั้นพื้นฐานของไก่ ยกเว้นในกลุ่มของวิตามินซี

วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีน (รายละเอียดสูตรอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 3.1.4.1) อาหารทดลองมี 4 กลุ่ม ประกอบด้วย

กลุ่มที่ 1 : ไก่ มทส. ระดับ inbreeding coefficient ปกติ

กลุ่มที่ 2 : ไก่ มทส. ระดับ inbreeding coefficient ปกติ + antioxidant substances

กลุ่มที่ 3 : ไก่ มทส. ระดับ inbreeding coefficient สูง

กลุ่มที่ 4 : ไก่ มทส. ระดับ inbreeding coefficient สูง + antioxidant substances

ตารางที่ 3.1.4.1 ส่วนประกอบวัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนาของสูตรอาหารทดลอง

Ingredients	Amount (%)
Corn	58.00
Meat meal, 60%	3.30
Soybean meal, 44%	20.00
Rice bran	6.43
Rice bran oil	2.43
Salt	0.36
DL-Methionine	0.18
L-Lysine	0.05
Calcium carbonate	7.50
Dicalcium phosphate	1.25
Premix ¹	0.50

หมายเหตุ: ^{1/} Premix for laying hen (/kg diet): Vitamin A, 2,000,000 IU; Vitamin D3, 600,000 IU; Vitamin K3, 300 mg; Vitamin B1, 400 mg; Vitamin B2, 1,000 mg; Vitamin B6, 600 mg; Vitamin B12, 1.3 mg; Nicotinic acid, 2,500 mg; Choline Chloride, 100 mg; D-calcium pantothenate, 1,500 mg; Folic acid, 100 mg; Biotin, 2 mg; Mn, 12 g; Zn, 10 g; Fe, 8 g; Cu, 2 mg; I, 0.4 mg; Co, 0.4 mg.

การคัดเลือกน้ำเชื้อจากไก่เพศผู้สำหรับการผสมเทียม

ทำการรีดน้ำเชื้อจากไก่พ่อพันธุ์พื้นเมืองสายพันธุ์เหลืองหางขาวอายุ 45 - 50 สัปดาห์ ด้วยวิธีการนวด โดยคัดเลือกไก่เพศผู้ประมาณ 40 ตัวที่มีคุณภาพน้ำเชื้อที่ดี ซึ่งจะมีตรวจสอบคุณภาพน้ำเชื้อก่อน ได้แก่ สีของน้ำเชื้อ การเคลื่อนที่ของอสุจิ ความเข้มข้นของอสุจิ และการมีชีวิตรอดของตัวอสุจิ หลังจากนั้นนำน้ำเชื้อทั้งหมดที่ได้มารวมกัน ทำการผสมเทียมวันละ 1 ครั้งต่อเนื่องกัน 2 วัน ในช่วงเวลา 13.00 – 14.00 น. ของทุกวัน โดยใช้น้ำเชื้อไก่พ่อพันธุ์พื้นเมืองสายพันธุ์เหลืองหางขาวแบบสดเจือจางด้วย Beltsville poultry semen extender อัตราส่วน 1 ต่อ 1 ให้มีจำนวนอสุจิต่อแม่ไก่ 1 ตัว (total number spermatozoa/hen) เท่ากับ 300×10^6 เริ่มเก็บไข่หลังจากที่มีการผสมเทียมครั้งที่ 2 เก็บต่อเนื่องกันจนครบ 21 วัน

การเก็บข้อมูล

- 1) บันทึกการให้ผลผลิตไข่ทุกวันตลอดการทดลอง เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การให้ไข่

$$\text{ผลผลิตไข่ (\%)} = (\text{จำนวนไข่ทั้งหมด} / \text{จำนวนไก่ทั้งหมด}) \times 100$$

- 2) บันทึกไข่ที่มีเชื้อในแต่ละวัน โดยหลังจากนำไข่เข้าตู้ฟัก วันที่ 7 จะส่องไข่เชื้อตาย และไข่ไม่มีเชื้อ เพื่อวัดระยะเวลาที่อสุจิมีชีวิตรอดจากไข่ไม่มีเชื้อคำนวณอัตราการผสมติดดังสูตร ต่อไปนี้

$$\text{อัตราการผสมติด (\%)} = (\text{จำนวนไข่มีเชื้อทั้งหมด} / \text{จำนวนไข่เข้าฟัก}) \times 100$$

- 3) การมีชีวิตรอดของอสุจิ (วัน) หาได้จากจำนวนวันไข่มีเชื้อ (fertile egg) หลังจากผสมเทียม และนำไข่เข้าตู้ฟักเป็นเวลา 7 วัน โดยจะเสร็จสิ้นการนับเมื่อไม่พบการผสมติด (infertile egg) เป็นเวลาติดต่อกัน 3 วัน

- 4) การเก็บของเหลว (plumping fluid) ที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่

ก่อนเริ่มเก็บของเหลวจะต้องมีการบันทึกเวลาการออกไข่ของไก่แต่ละตัวก่อนอย่างน้อย 1-2 สัปดาห์ การเก็บของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่จะทำหลังจากที่แม่ไก่ออกไข่ไปแล้ว 9-10 ชั่วโมง สามารถตรวจสอบอายุที่เหมาะสมของไข่ในท่อนำไข่ได้โดยใช้นิ้วชี้สอดเข้าไปภายในต่อมสร้างเปลือกไข่ประมาณ 3 เซนติเมตร เพื่อตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของเปลือกไข่ โดยไข่ที่อยู่ภายในต่อมสร้างเปลือกไข่ประมาณ 10 ชั่วโมง บริเวณผิวเปลือกไข่จะต้องไม่นิ่มหรือแข็งเกินไป และทำการฉีดยา prostaglandin 0.1 มิลลิลิตร เข้าเส้นเลือดบริเวณใต้ปีก (wing vein) หลังจากนั้นประมาณ 1 นาที ไก่จะเริ่มแสดงอาการออกไข่โดย cloaca เปิดออก และยื่นท่อที่เป็นส่วนปลายช่องคลอดออกมาเพื่อออกไข่และหลังของเหลว เมื่อทำการเก็บของเหลวแล้ว นำของเหลวที่ได้มาผสมกับ PBS 2x ในอัตราส่วน 1:1 (ปริมาตร:ปริมาตร) เก็บที่อุณหภูมิ -20°C ทำการเก็บของเหลวสัปดาห์ละครั้งเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าทางชีวเคมีในของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่

การวิเคราะห์ทางเคมี

- 1) วิเคราะห์หาสารเคมีในของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ ด้วยเครื่อง Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR)

- 2) ศึกษาหน้าหมึกโมเลกุลและรูปแบบของโปรตีนที่สกัดได้โดยใช้ Sodium Dodecyl Sulfate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE) และย้อมสีด้วย Coomassie brilliant blue และวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยใช้ Bovine serum albumin เป็นสารโปรตีนมาตรฐาน

- 3) วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ การวัดค่าเปอร์เซ็นต์การต้านปฏิกิริยา oxidation (AA%, Percentage of antioxidant activity) และวัดการทำงานของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส ในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่

- 4) วิธีการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีจากของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่

4.1) การวัดค่าเปอร์เซ็นต์การต้านปฏิกิริยา oxidation (AA%, percentage of antioxidant activity) เป็นการตรวจสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยา oxidation โดยให้สารเร่งทำปฏิกิริยากับ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่มีสีม่วง เมื่อ DPPH ได้รับอิเล็กตรอนหรืออนุมูลอิสระไฮโดรเจนจะ

เปลี่ยนเป็น PDDH: H ซึ่งเป็นสีเหลืองใสหรือไม่มีสี ติดตามผลการทดลองโดยการวัดค่าดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ซึ่งเป็นค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH และคำนวณหาค่า AA% ดังสมการ

$$AA\% = \frac{100 - [(Abs_{sample} - Abs_{blank})] \times 100}{Abs_{control}}$$

Abs_{sample} = ค่าดูดกลืนแสงของ sample (0.5 ml of sample + 3 ml of ethanol + 0.3 ml of DPPH)

Abs_{blank} = ค่าดูดกลืนแสงของ blank (0.5 ml of sample + 3.3 ml ethanol)

$Abs_{control}$ = ค่าดูดกลืนแสงของ control (3.5 ml of ethanol + 0.3 ml of DPPH)

4.2) การวัดเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase, SOD) การวัดค่า SOD ในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่ด้วยวิธี SOD assay kit (Sigma) โดยปิเปตตัวอย่างจำนวน 20 ไมโครลิตรลงใน 96 well plate เติมสารละลาย WST working solution 200 ไมโครลิตร แล้วเติม enzyme working solution 20 ไมโครลิตร จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 30 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 450 นาโนเมตร และคำนวณหาค่ากิจกรรม SOD ดังนี้

$$SOD \text{ activity} = \frac{[(A_{blank 1} - A_{blank 3}) - (A_{sample} - A_{blank 2})]}{(A_{blank 1} - A_{blank 3})} \times 100$$

4.3) วิเคราะห์หาสารชีวเคมีในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่ (uterine fluid) ด้วยเครื่อง Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR)

ดัดแปลงจากวิธีของ Gerard et al. (2015) โดยสุ่มตัวอย่างของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่ที่ถูกผสมกับสารละลาย PBS 2x กลุ่มการทดลองละ 5 ตัวอย่าง หลังจากนั้นเตรียมตัวอย่างโดยนำของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่ปริมาณ 450 ไมโครลิตร ผสมกับสาร 4,4-dimethyl-4-silapentane-1-sulfonic acid (DSS) ที่ละลายใน Deuterium oxide (D₂O) ปริมาณ 50 ไมโครลิตร ซึ่งสารละลายผสมทั้งหมด (500 ไมโครลิตร) มี DSS เข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ใส่ในหลอด NMR ขนาด 5 มิลลิเมตร เก็บไว้ที่ 4°C เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ¹H NMR spectroscopy โดยใช้เครื่อง NMR Spectrometer 500 MHz ยี่ห้อ Bruker รุ่น AVANCE III HD ทดสอบโดยศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4) การวัดปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง (uterine fluid) ทำการเตรียมสารละลายมาตรฐาน Bovine serum albumin (BSA) โดยให้ความเข้มข้นที่ระดับ 0, 0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 1, 1.5 และ 2.0 ppm จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นจำนวน 10 ไมโครลิตร ลงใน 96 well plate (ทำ 2 ซ้ำ) และปิเปตสารละลายตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร (ตัวอย่างใน PBS) ลงใน 96 well plate จากนั้นเติมสาร reagent 200 ไมโครลิตร (reagent A 25 มิลลิลิตร และ reagent B 0.5 มิลลิลิตร) ลงในหลุมที่มีสารละลายมาตรฐานและตัวอย่าง นำสารที่ได้ไปบ่มในตู้อบ (hot air oven) ที่ 32°C เป็นเวลา 30 นาที และนำไปอ่านค่าดูดกลืนแสงที่ช่วงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร แล้วนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของโปรตีนเทียบกับ standard curve

4.5) การย้อมสีโปรตีนและการบันทึกภาพที่ผ่านการย้อมสี

นำตัวอย่างของเหลวที่ผสมกับ laemmli buffer 5x ซึ่งปริมาณตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ไม่ควรเกิน 60 ไมโครลิตร (ตามขนาดหลอดของเจล) โดยให้ความเข้มข้นของโปรตีน 10 มิลลิกรัม/ปริมาตร จากนั้นทำการแยกโมเลกุลโปรตีนด้วย SDS-PAGE โดยใช้เจล polyacrylamide ที่มีความเข้มข้น 8 - 16% (gradient gel) ความหนา 1.5 มิลลิเมตร แยกด้วยกระแสไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 120 โวลต์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที จากนั้นบ่มเจลด้วย ethanol : acetic : water (30:10:60 V/V) เป็นเวลา 30 นาที ล้างเจลด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้งๆ ละ 5 นาที ย้อมสีเจลด้วย Coomassie brilliant blue ข้ามคืน จากนั้นล้างเจลจนกระทั่งไม่มีพื้นหลัง จึงนำมาถ่ายภาพ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์หาความแปรปรวน (analysis of variances, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DUNCAN) โดยใช้ SPSS 16.0 software และใช้ Orthogonal contrasts เพื่อเปรียบเทียบ 1) ความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม inbreeding coefficient และ 2) กลุ่มที่ไม่มีการเสริมกับกลุ่มที่มีการเสริมวิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียมและคาร์นิติน

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.5 ศึกษาองค์ประกอบทางชีวเคมีที่มีผลต่อการเป็นเนื้อสุภาพ รสชาติของเนื้อ และกลิ่นโดยธรรมชาติ รวมถึงโครงสร้างกล้ามเนื้อของเนื้อไก่ เพื่อนำไปสู่การสร้างจุดต่าง และจุดเด่นในการเป็นเนื้อเพื่อสุภาพ ทั้งเนื้อสด และเนื้อที่ปรุงสุกด้วยวิธีการต่างๆ รวมถึงนำไปสู่การออกแบบวิธีเก็บรักษาและกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

การศึกษาตามวัตถุประสงค์นี้ประกอบด้วยการศึกษาใน 3 ประเด็น คือ **ประเด็นที่ 1** สารให้กลิ่นรสของไก่โคราชเมื่อเทียบกับไก่พื้นเมืองและไก่เนื้อทางการค้า **ประเด็นที่ 2** การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อและความสามารถของเนื้อเมื่อได้รับความร้อนด้วยวิธีการต่างๆ และระดับอุณหภูมิต่างๆ และ**ประเด็นที่ 3** การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อไก่เมื่ออายุเพิ่มขึ้น การศึกษาทั้ง 3 ประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

ประเด็นที่ 1 สารให้กลิ่นรสของไก่โคราชเมื่อเทียบกับไก่พื้นเมืองและไก่เนื้อทางการค้า

การศึกษาในส่วนนี้ได้รายงานรายละเอียดไปแล้วในการรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 4 ส่วนการรายงานผลโดยสรุปอีกครั้ง จะกล่าวไว้ในบทที่ 4

ประเด็นที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อ และความสามารถของเนื้อเมื่อได้รับความร้อนด้วยวิธีการต่างๆ และระดับอุณหภูมิต่างๆ

ในการพัฒนากระบวนการแปรรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน มีคุณภาพและรสชาติที่สม่ำเสมอ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อ และความสามารถของเนื้อเมื่อได้รับความร้อนด้วยวิธีการต่างๆ และระดับอุณหภูมิต่างๆ เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์

ที่เหมาะสมกับคุณสมบัติเหล่านี้ ในการรายงานความก้าวหน้าในครั้งนี้ ได้ดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ โดยมีวิธีการดำเนินงาน คือ ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C เป็นระยะเวลา 40 นาที โดยเปรียบเทียบในไก่ต่างสายพันธุ์คือ ไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราชและไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว

1. การเตรียมตัวอย่าง

ไก่โคราชและไก่พื้นเมืองเหลืองหางขาวเพศผู้จากฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลี้ยงในสภาวะแวดล้อมที่เหมือนกันคือในระบบปิดในโรงเรือนด้วยอาหารไก่เนื้อสำเร็จรูปที่มีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่า 21% จากแรกเกิดถึง 4 สัปดาห์ จากนั้นให้อาหารที่มีปริมาณโปรตีน 19% ในช่วงอายุ 4 - 6 สัปดาห์ และให้อาหารที่มีโปรตีน 17% ตั้งแต่อายุ 6 สัปดาห์ขึ้นไปจนกระทั่งเข้าสู่โรงเชือดซึ่งมีอายุ 10 และ 16 สัปดาห์ ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างเนื้ออกและสะโพกไก่เนื้อทางการค้าได้จากไก่เพศผู้อายุ 6 สัปดาห์ ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทเอกชน เก็บตัวอย่างไก่ที่ได้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการตัดตัวอย่างทั้งในเนื้ออกและสะโพกให้มีขนาด 4 × 4 × 0.5 เซนติเมตร แล้วนำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่ 70 และ 90°C ส่วนที่อุณหภูมิ 121°C นำตัวอย่างไปให้ความร้อนในหม้อนึ่งความดันไอสูง (autoclave) เป็นระยะเวลาเท่ากันคือ 40 นาที เมื่อครบระยะเวลาทำให้เย็นทันทีโดยแช่ตัวอย่างในอ่างน้ำแข็ง ทำการวัดค่าสีตัวอย่างและเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ภายใน 24 ชั่วโมง ส่วนตัวอย่างที่เหลือทำการบดให้ละเอียดและบรรจุในถุงสุญญากาศ จากนั้นเก็บตัวอย่างไว้ในตู้แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -80°C สำหรับวิเคราะห์ค่าทางเคมีต่อไป

2. ค่าสี

วัดค่าสีของตัวอย่างเนื้อไก่ส่วนอกและสะโพก โดยชิ้นตัวอย่างมีขนาด 4x4 เซนติเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้เครื่องวัดสี (ColorQuest XE, Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, Virginia, U.S.A.) แหล่งแสงที่ใช้เป็นแบบ Daylight (D65) และวัดในโหมดการสะท้อน (reflectance mode) เพื่อเลียนแบบการมองเห็นของมนุษย์ ปรับเทียบค่ามาตรฐาน (calibration) ของการอ่านค่าสีของเครื่องวัดสีก่อนใช้งานทุกครั้ง ด้วย white ceramic standard และรายงานผลในหน่วยของสีตามระบบของ McLaren (1976) (Commission Internationale de l'Eclairage) ในค่า L^* a^* b^*

L^* เป็นค่าความสว่างของสี มีค่าจาก 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a^* เป็นค่าที่แสดงถึงความเป็นสีเขียวและสีแดง โดยค่าที่เป็นบวก (+) แสดงถึงความเป็นสีแดง และค่าที่เป็นลบ (-) แสดงถึงความเป็นสีเขียว

b^* เป็นค่าที่แสดงถึงความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่าที่เป็นบวก (+) แสดงถึงความเป็นสีเหลือง และค่าที่เป็นลบ (-) แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

3. ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและคอลลาเจนที่ละลายน้ำไม่ได้

วิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดตามวิธีของ Reddy and Enwemeka (1996) ซึ่งตัวอย่าง 100 มิลลิกรัม จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 7 M ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และนำตัวอย่างไปย่อยในหม้อนึ่งความดันไอสุง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 40 นาที ทิ้งให้เย็นแล้วทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้น 3.5 M จากนั้นปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 12 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายที่เป็นกลางมากรองผ่านกระดาษกรอง (Whatman) เบอร์ 4 แล้วนำสารละลายส่วนใสมาวิเคราะห์ปริมาณไฮดรอกซีโพรลีน (Hydroxyproline) ด้วยปฏิกิริยาทำให้เกิดสีโดยการเติมสารละลาย Chloramine-T (oxidizing agent) บ่มตัวอย่างในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 25 นาที จากนั้นเติมสารละลายที่ทำให้เกิดสี Ehrlich's reagent และบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 20 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร โดยวิเคราะห์ปริมาณเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานไฮดรอกซีโพรลีน

วิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำไม่ได้ตามวิธีของ Liu et al. (1996) ซึ่งตัวอย่างเนื้อไก่บด 6 กรัม ใส่ในหลอด centrifuge เติม Ringer's solution ปริมาตร 24 มิลลิลิตร ปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วบ่มตัวอย่างในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 70 นาที จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 2300xg ที่ 25°C เป็นเวลา 30 นาที ทำการสกัดคอลลาเจนที่ละลายน้ำได้อีกครั้งด้วย Ringer's solution อีกครั้ง แล้วนำตะกอนที่ได้มาทำแห้งข้ามคืนที่อุณหภูมิ 105°C และนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดตามที่วิธีของ Reddy and Enwemeka (1996)

4. ปริมาณนิวคลีโอไทด์และอนุพันธ์

วิเคราะห์ปริมาณนิวคลีโอไทด์และอนุพันธ์ดัดแปรจากวิธีของ Jayasena et al. (2013) โดยซังตัวอย่างเนื้อไก่จำนวน 5 กรัม เติมสารละลายกรดเปอร์คลอริก (perchloric acid) เข้มข้น 7.5% ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ปั่นผสมเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 10000xg ที่ 4°C เป็นเวลา 5 นาที กรองส่วนใสด้วยกระดาษกรอง (Whatman) เบอร์ 1 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายกรดเปอร์คลอริก (perchloric acid) เข้มข้น 7.5% ให้ครบ 50 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร จากนั้นนำสารละลายส่วนใสผสมกับ neutralizing buffer pH 7.6 ในอัตราส่วน 1:1 กรองด้วย Syringe filter Nylon 0.45 ไมโครเมตร วิเคราะห์ปริมาณนิวคลีโอไทด์และอนุพันธ์ โดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) (HP 1260, Agilent Technologies, USA) ด้วยคอลัมน์ Hypersil ODS C18 (3 μ , 150x4.6 mm) (Thermo Scientific, USA) โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือ สารละลาย KH_2PO_4 เข้มข้น 150 มิลลิโมลาร์และสารละลาย KCL เข้มข้น 150 มิลลิโมลาร์ pH 6.0 (A) และสารละลาย A ที่มี Acetonitrile เข้มข้น 20% (B) ใช้เวลาในการแยกสารทั้งหมด 30 นาที โดยเวลาที่ 0-5 นาที เพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย B เป็น 3% นาทีที่ 5-10 เพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย B เป็น 9% นาทีที่ 10-15 เพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย B เป็น 20% นาทีที่ 15-20 เพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย B เป็น 100% และคงระดับความเข้มข้นของสารละลาย B ที่ 100% เป็นเวลา 5 นาที ตั้งค่าอุณหภูมิคอลัมน์ที่ 25°C ควบคุมอัตราการไหลเท่ากับ 0.5 มิลลิลิตร/นาที ฉีดตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร

วิเคราะห์ปริมาณสารที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร คำนวณปริมาณนิวคลีโอไทด์โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานกัวโนซีนโมโนฟอสเฟต (Guanosine monophosphate, GMP) อินโนซีนโมโนฟอสเฟต (Inosine monophosphate, IMP), อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate, ATP), อะดีโนซีนไดฟอสเฟต (Adenosine diphosphate, ADP), อะดีโนซีนโมโนฟอสเฟต (Adenosine monophosphate, AMP), อินโนซีน (Inosine) และไฮโปแซนทีน (Hypoxanthine)

5. การวิเคราะห์ทางเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Infrared (IR) Spectroscopy)

นำตัวอย่างเนื้อไก่ดิบและสุกมาตัดให้มีขนาดประมาณ $0.5 \times 0.5 \times 1.0$ เซนติเมตร แช่ในสารประกอบ OCT (Optimal cutting temperature compound) จากนั้นทำให้แข็งตัวทันทีด้วยไนโตรเจนเหลว เก็บตัวอย่างที่ได้ไว้ในตู้แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -80°C โดยก่อนวัดนำมาตัดด้วยเครื่องตัดตัวอย่างที่จุดเยือกแข็ง (Cryostat) ให้ตัวอย่างมีความหนา 4 ไมโครเมตรวางบน BaF_2 window แล้วทำให้แห้งข้ามคืนใน vacuum chamber สำหรับตรวจวิเคราะห์ต่อไป

นำตัวอย่างที่เตรียมได้มาตรวจวัดด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (a Bruker Vertex 70 spectrometer, Bruker Optics Inc., Ettlingen, Germany) โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงจากแสงซินโครตรอน (สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) ตรวจวัดในช่วงเลขคลื่น $4000\text{--}600\text{ cm}^{-1}$ ใช้รูปแบบการวัดแบบ transmission ด้วยช่องลำแสง (aperture) ขนาด $10 \times 10\text{ mm}$, 64 scans time และ resolution เท่ากับ 4 และทำการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลด้วย OPUS 7.2 software (Bruker Optics Ltd, Ettlingen, Germany)

6. ค่าการย่อยได้ของโปรตีน (*In vitro* protein digestibility)

วิเคราะห์ค่าการย่อยได้ของโปรตีนดัดแปลงจากวิธีของ Minekus et al. (2014) โดยชั่งตัวอย่างเนื้อไก่จำนวน 2 กรัม (ตัวอย่างควบคุมใช้น้ำปราศจากไอออน (Deionized water) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร) เติมน้ำย่อยจำลองในกระเพาะอาหาร (Simulated gastric fluid: SGF) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร บ่มผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันที่ 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 นาที เติมกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 1 M ให้ค่า pH เท่ากับ 3.0 จากนั้นเติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ในตัวอย่างให้มีความเข้มข้น 0.75 mM แล้วบ่มตัวอย่างในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 37°C ความเร็วในการเขย่า 150 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบระยะเวลาการบ่มทำการเติมสารละลายเอนไซม์เปปซิน (pepsin) ให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่ 2,000 ยูนิต จากนั้นบ่มตัวอย่างในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 37°C ความเร็วในการเขย่า 150 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลาการบ่ม เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 1 M ให้ค่า pH 7.0 จากนั้นเติมน้ำย่อยจำลองในลำไส้เล็ก (Simulated intestinal fluid: SIF) ในอัตราส่วน 1:1 (v/v) และเติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในตัวอย่างให้มีความเข้มข้น 0.3 mM แล้วบ่มตัวอย่างในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 37°C ความเร็วในการเขย่า 150 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 10 นาที เมื่อครบระยะเวลาการบ่ม เติมสารละลายเอนไซม์แพนครีเอติน (pancreatin) ให้มีกิจกรรมของเอนไซม์

ที่ 1,000 ยูนิต (อ้างอิงจากกิจกรรมของเอนไซม์ทริปซิน (trypsin) ที่เป็นองค์ประกอบ) จากนั้นบ่มตัวอย่างในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 37°C ความเร็วในการเขย่า 150 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลาการบ่มทำการหยุดกิจกรรมเอนไซม์โดยนำตัวอย่างไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 95°C ระยะเวลา 10 นาที จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 4,500xg ที่ 4°C เป็นเวลา 35 นาที เก็บตัวอย่างส่วนใสที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนแบบแอลฟา (α -amino acids: AN) และคำนวณค่าการย่อยได้ของโปรตีนดังนี้

$$\text{ค่าการย่อยได้ของโปรตีน (\%)} = [(AN_s - AN_b) / AN_t] \times 100$$

AN_s = ปริมาณกรดอะมิโนแบบแอลฟาในตัวอย่างหลังการย่อย

AN_b = ปริมาณกรดอะมิโนแบบแอลฟาในตัวอย่างควบคุม

AN_t = ปริมาณกรดอะมิโนแบบแอลฟาในตัวอย่างก่อนการย่อย

7. การวิเคราะห์ทางเทคนิครามานสเปกโทรสโกปี (Fourier transform Raman (FT-Raman) spectroscopy)

วิเคราะห์รามานสเปกโทรสโกปี ด้วยเครื่อง Fourier transform Raman spectrometer (Vertex70+RamII, Bruker, Germany) ในช่วงเลขคลื่น (wave number) 40 - 4000 cm^{-1} ด้วยแสงเลเซอร์ (Nd:YAG laser) ความยาวคลื่น 1064 นาโนเมตร พลังงานของแสงเลเซอร์ที่ 500 มิลลิวัตต์ ระยะเวลาการสแกน (scan time) 256 สแกน ที่ความละเอียด (resolution) 4 cm^{-1} โดยวิเคราะห์ทั้งในรูปของเนื้อสดและเนื้อต้มที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C เป็นระยะเวลา 40 นาที ทำการประมวลและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม OPUS 7.2 software (Bruker Optics Ltd, Ettlingen, Germany) และวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle component analysis, PCA) จากรามานสเปกตรัมด้วยโปรแกรม The unscramble[®]X 10.5 (Camo, Oslo, Norway) เพื่อลดความแปรผันของข้อมูลและประเมินความสัมพันธ์ระหว่างผลของการให้ความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อ

8. คุณสมบัติเนื้อไก่หลังการนวดภายใต้สุญญากาศ

8.1 การนวดเนื้อสุญญากาศ (Tumbling)

นำเนื้อส่วนอกและสะโพกไก่เนื้อโคราชที่ลอกหนังและทำความสะอาดแล้วมาตัดแต่งให้มีความกว้างประมาณ 6 – 10 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักไม่น้อยกว่า 5 กิโลกรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำไปเข้าเครื่องนวดเนื้อสุญญากาศ (Vacuum tumbler) โดยเติมสารละลายผสมมีปริมาตรคิดเป็น 16.5% ของน้ำหนักเนื้อ ซึ่งประกอบด้วย Mixed phosphate (sodium tripolyphosphate และ sodium pyrophosphate) 2%, เกลือ 5%, น้ำตาล 7% ของปริมาตรของเหลว ใช้ระยะเวลานวด 1 ชั่วโมง ควบคุมระดับสุญญากาศที่ -50kPa จากนั้นชั่งน้ำหนักหลังนวด แล้วคำนวณค่าการดูดซับ (% absorption) เปรียบเทียบผลระหว่างไก่โคราชกับไก่เนื้อทางการค้า

8.2 การวัดค่าการสูญเสียจากการปรุงสุก (cooking loss)

ใช้ออกและสะโพกที่ผ่านการนวดสุญญากาศแล้ว มาแบ่งใส่ถุงสุญญากาศถุงละ 160 – 220 กรัม บันทึกน้ำหนักเริ่มต้น ปิดถุงสุญญากาศแล้วนำไปต้มในน้ำ 90°C 20 นาที จากนั้นแช่ในน้ำเย็น 5 นาที เปิดถุงสุญญากาศออก แล้วนำเนื้อไก่ไปชั่งน้ำหนักหลังการปรุงสุก คำนวณหาปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากการปรุงสุกเป็นเปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบผลระหว่างไก่โคราชกับไก่เนื้อทางการค้า

8.3 การวัดเนื้อสัมผัส (Shear force)

นำอกและสะโพกไก่หลังการปรุงสุก มาอย่างละ 6 ชิ้น แต่ละชิ้นนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 3 x 2 เซนติเมตร ใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) หัววัดแบบ Warner-Bratzler ใช้ load cell 50 กิโลกรัม ความเร็วในการตัด (cut speed) 2 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยให้ใบมีดตัดขวางแนวลายกล้ามเนื้อ อ่านค่า shear force จากจุด peak ของกราฟที่ได้ เปรียบเทียบผลระหว่างไก่โคราชกับไก่เนื้อทางการค้า

ประเด็นที่ 3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อไก่เมื่ออายุเพิ่มขึ้น

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อโคราชช่วงอายุ 8, 10, 12, 16 และ 20 สัปดาห์ ในส่วนอกและสะโพก เพื่อหาจุดเด่นของเนื้อไก่โคราชในช่วงอายุต่างกัน ซึ่งจะเป็นข้อมูลให้เกษตรกรได้เลือกเลี้ยงตามช่วงอายุที่ให้คุณภาพเนื้อตามความต้องการของตลาด รวมถึงสามารถประยุกต์ใช้กระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

วิธีการศึกษา

อายุสัตว์มีผลต่อคุณภาพเนื้อในหลายด้าน รวมถึงปริมาณโปรตีนและไขมัน (Rikimaru and Takahashi, 2010) สารส่งเสริมรสชาติอร่อย (Taste-active nucleotides) เช่น อินโนซีนโมโนฟอสเฟส (Inosine monophosphate, IMP) และกัวโนซีนโมโนฟอสเฟต (Guanosine monophosphate, GMP) (Rikimura and Takahashi, 2010; Chen et al., 2002) และด้านเนื้อสัมผัส (Ishamri and Joo, 2017) การทราบถึงคุณภาพเนื้อในช่วงอายุการเลี้ยงต่างๆ จะเป็นประโยชน์ในการเลือกช่วงอายุในการเลี้ยงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เนื้อไก่ที่มีคุณภาพตามความต้องการของตลาด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือศึกษาผลของอายุต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อของไก่โคราชที่ระยะเวลาการเลี้ยง 8 - 20 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้าที่อายุ 6 สัปดาห์

การเตรียมตัวอย่าง

ไก่โคราชเพศผู้จำนวน 45 ตัว/คอก จำนวน 3 คอก เลี้ยงภายใต้สภาวะเดียวกันในฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (นครราชสีมา, ประเทศไทย) ให้อาหารและน้ำอย่างเต็มที่ โดยที่อายุ 0 - 4 สัปดาห์, 5 - 6 สัปดาห์, 7 - 20 สัปดาห์ ได้รับอาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบเท่ากับ 21%, 19%, และ 17% ตามลำดับ สุ่มเชือดตัวอย่างไก่เพศผู้จำนวน 5 ตัว/คอก เมื่ออายุครบ 8, 10, 12, 16, และ 20 สัปดาห์ หลังจากเก็บตัวอย่างที่ 4°C เป็นระยะเวลา 24 ชม. ทำการตัดเก็บชิ้นส่วนอกและส่วนสะโพก ตัวอย่างควบคุมคือ ชิ้นเนื้ออกและสะโพกของไก่เนื้อทางการค้าเพศผู้ จากนั้นแบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งเพื่อวิเคราะห์ค่าแรงเฉือน

ภายใน 48 ชม. ส่วนตัวอย่างที่เหลือทำการบดและบรรจุในถุงสุญญากาศเก็บที่ -80°C เพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมีต่อไป

การวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ

ตรวจวัดความชื้น โปรตีน และเถ้า ของเนื้อส่วนอกและสะโพก ตามวิธีของ AOAC (2010) และวิเคราะห์ไขมันตามวิธีของ Bligh and Dyer (1959) โดยการสกัดด้วยคลอโรฟอร์ม (chloroform): เมทานอล (methanol)

การวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอล

วิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลโดยดัดแปลงจากวิธีการของ Rowea et al. (1999) โดยการรีฟลักซ์ (reflux) ตัวอย่างในสารละลายด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เข้มข้น 60% จากนั้นทำการแยกคอเลสเตอรอลด้วยเฮกเซน (hexane) ระบายให้แห้งภายใต้แก๊สไนโตรเจน แล้วนำมาผสมกับเฮกเซนที่มีสารละลายมาตรฐานภายในแอลฟา-คลอเลสเตน (α -cholestane) นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) (GC 6890, Agilent Technologies, USA) คำนวณปริมาณคอเลสเตอรอลโดยเทียบกับสารมาตรฐานคอเลสเตอรอลบริสุทธิ์

การวิเคราะห์สารส่งเสริมรสชาติอโรย

วิเคราะห์ปริมาณสารส่งเสริมรสชาติอโรยคือ อินโนซีนโมโนฟอสเฟต (Inosine monophosphate, IMP) และกัวโนซีนโมโนฟอสเฟต (Guanosine monophosphate, GMP) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Jayasena et al. (2013) โดยสกัดตัวอย่างด้วยสารละลายกรดเปอร์คลอริก (perchloric acid) เข้มข้น 7.5% จากนั้นปั่นเหวี่ยง แล้วกรองแยกส่วนใสเพื่อนำไปวิเคราะห์วัดปริมาณนิวคลีโอไทด์และอนุพันธ์ โดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) (HP 1260, Agilent Technologies, USA) ด้วยคอลัมน์ Hypersil ODS C18 (3μ , 150×4.6 mm) (Thermo Scientific, USA) คำนวณปริมาณนิวคลีโอไทด์โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน GMP และ IMP

คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส

a. ค่าแรงเคียน

วิเคราะห์ค่าแรงเคียนตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Wattanachant et al. (2004) นำเนื้อไก่มาต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่ 80°C เป็นระยะเวลา 20 นาที จากนั้นตัดให้มีขนาด $2 \times 3 \times 0.5$ ซม. แล้วทดสอบด้วยเครื่อง Texture analyzer (TA.XT2. Plus, Stable Micro Systems, UK) โดยใช้หัววัดแบบ Warner Bratzler

b. ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดคอลลาเจนที่ละลายน้ำไม่ได้

วิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดตามวิธีของ Reddy and Enwemeka (1996) โดยทำปฏิกิริยากับ Chloramine-T (oxidizing agent) และ Ehrlich's reagent วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร คำนวณปริมาณโดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานไฮดรอกซีโพรลีน (Hydroxyproline)

วิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำไม่ได้ตามวิธีของ Liu et al. (1996) โดยทำการสกัดคอลลาเจนที่ละลายน้ำได้ด้วย Ringer's solution บ่มตัวอย่างในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 70 นาที และวิเคราะห์ปริมาณไฮดรอกซีโพรลีนดังรายละเอียดข้างต้น

การวิเคราะห์ปริมาณพิวรีน

วิเคราะห์ปริมาณพิวรีนโดยดัดแปลงจากวิธีของ Kaneko et al. (2014) โดยย่อยตัวอย่างเนื้อไก่ด้วยกรดเปอร์คลอริก (Perchloric acid) เข้มข้น 70% จากนั้นทำให้มีสถานะเป็นกลางด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เข้มข้น 30% ทำการปั่นเหวี่ยงเพื่อนำส่วนใสไปวิเคราะห์ด้วย HPLC (HP1260, Agilent Technologies, USA) ด้วย reversed phase column (Asahipak GS-320 HQ) คำนวณปริมาณพิวรีนทั้งหมดโดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานอะดีนีน (Adenine) กัวนีน (Guanine) ไฮโปแซนทีน (Hypoxanthine) และแซนทีน (Xanthine)

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.6 พัฒนาระบบการแปรรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน มีคุณภาพและรสชาติที่สม่ำเสมอ หรือสามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ภายใต้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่ผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถนำไปใช้ได้

ผลิตภัณฑ์แปรรูปไก่ที่เหมาะสมกับคุณสมบัติของเนื้อ

จากผลการศึกษาคุณสมบัติของเนื้อไก่โคราช สามารถกล่าวได้ว่าไก่โคราชมีเส้นใยกล้ามเนื้อที่แข็งแรง และ โครงสร้างกล้ามเนื้อสามารถทนทานต่อความร้อนที่ใช้ในการปรุงสุกได้ดี ซึ่งทำให้เนื้อไก่ที่ปรุงสุกด้วยกระบวนการที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงยังคงไว้ซึ่งเนื้อสัมผัสที่ดีอยู่ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมต่อคุณสมบัตินี้ควรเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้กระบวนการให้ความร้อนสูง แกงมัสมั่น เป็นอาหารไทยที่เป็นที่ยอมรับทั่วโลก การผลิตแกงมัสมั่น เพื่อส่งจำหน่ายหรือเพื่อการส่งออก ควรอยู่ในรูปแบบของมัสมั่นบรรจุลงถุงรีทอร์ตเพาซ์ตแบบบลูฟอยด์ นอกจากนี้ ในประเด็นขององค์ประกอบทางเคมีที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพพบว่าเนื้อไก่โคราชสามารถจัดเป็นเนื้อไก่สุขภาพได้ เนื่องจากมีโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ได้สูง และมีไขมันต่ำ ซึ่งตอบความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มผู้รักสุขภาพ ซึ่งอกไก่ปั่นเป็นอาหารเสริมที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคกลุ่มนี้สูงมาก

จากที่กล่าวมา ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำไก่โคราชาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 แบบคือ แกงมัสมั่นบรรจุลงถุงรีทอร์ตเพาซ์ต และอกไก่โคราชปั่น โดยมีกระบวนการในการศึกษาดังนี้

ผลิตภัณฑ์แกงมัสมั่นพร้อมรับประทาน

สูตรแกงมัสมั่น

อกไก่ลอกหนัง หรือ สะโพกไก่ลอกหนัง	390 กรัม
มันฝรั่งหั่นเต๋า ขนาด 2 x 1.5 x 1.5 ซม.	20 กรัม
หัวหอมใหญ่	10 กรัม
หัวกะทิ สำเร็จรูป	93 มล.
หางกะทิ สำเร็จรูป	93 มล.

พริกแกงมัสมั่น	40 กรัม
น้ำตาลปีบ	25 กรัม
น้ำมะขามเปียก	11 กรัม
น้ำปลา	10 มล.

วิธีการศึกษา

เคี้ยวหัวกะทิจนแตกมัน จากนั้นใส่พริกแกงมัสมั่น คนให้เข้ากัน เติมหางกะทิ ปรงรสด้วยน้ำตาลปีบ น้ำมะขามเปียก และน้ำปลา จากนั้นต้มให้เดือด ประมาณ 5 นาที ใส่อกไก่ลอกหนังหรือสะโพกไก่ลอกหนัง (ไก่โคราชหรือไก่เนื้อ) มันฝรั่ง ต้มให้เดือดจนเนื้อไก่สุก ลดไฟลงแล้วต้มต่อ 30 นาที ปิดไฟ ใส่หอมใหญ่ คนให้เข้ากัน แล้วบรรจุลงถุงรีทอร์ทเพาซ์แบบบลูฟอยด์มีก้นตั้งได้ (retort pouch) ขนาด 10 x 15 ซม. โดยบรรจุแกงมัสมั่นมีน้ำหนักสุทธิ (net weight) 150 กรัม และน้ำหนักเนื้อ (drain weight) 105 กรัม (ตามบัญชีแบบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 144 เรื่อง อาหารในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิท) แล้วนำมาแช่แข็งด้วยเครื่องแช่แข็งความดันสูง (Autoclave) ชนิด hot water spray ยี่ห้อ Tomy ISX-700 กำหนดสภาวะการแช่แข็งของเครื่องมือ ที่อุณหภูมิ 121°C และ 115°C และใช้เวลาในการให้ความร้อน 30 นาที

1) ผลของอุณหภูมิต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

วิธีการทดสอบแรงตัดผ่าน (Shear force)

นำอกไก่ลอกหนังหรือสะโพกไก่จากแกงมัสมั่น มาตัดให้มีขนาดชิ้น 2 x 3 x 0.5 ซม. แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าแรงฉีก (Shear force) ด้วยเครื่อง TA-XT plus Texture Analyzer (Stable micro system Ltd., Surry UK) ใช้หัววัดแบบ Warner-Bratzler (Wattanachant et al., 2004) โดยกำหนดให้ใช้ Loading cell น้ำหนัก 25 kg ความเร็วหัวกด 2 mm/s วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ บันทึกค่า force (g)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรม SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha=0.05$)

2) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์มัสมั่นไก่พร้อมรับประทานระหว่างการเก็บรักษา

การเตรียมวัตถุดิบ

เตรียมวัตถุดิบโดยเลือกส่วนของเนื้อสะโพกไก่โคราช เนื่องจากต้องการเตรียมผลิตภัณฑ์ให้ได้ลักษณะใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า โดยเก็บตัวอย่างไว้ในตู้บ่ม อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาตรวจค่าสี ค่าแรงฉีก ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ทุก 3 เดือน

การวัดค่าสี (color)

วัดค่าสีของน้ำแกงมัสมั่น ปริมาตร 20 มล. หรือเนื้อสะโพกไก่ขนาด 2 x 2 x 2 ซม. จากรีทอร์ทเพาซ์ (retort pouch) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้เครื่องวัดสี (ColorQuest XE, Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, Virginia, U.S.A.) แหล่งแสงที่ใช้เป็นแบบ Daylight (D65) และวัดในโหมดการสะท้อน (Reflectance mode) เพื่อเลียนแบบการมองเห็นของมนุษย์ ปรับเทียบมาตรฐาน (calibration) ของการ

อานคาสีของเครื่องวัดสีก่อนใช้งานทุกครั้งด้วย white ceramic standard และรายงานผลในหน่วยของสีตามระบบของ McLaren (1976) (Commission Internationale de l'Eclairage) ในค่า L^* a^* b^*

L^* เป็นค่าความสว่างของสี มีค่าจาก 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a^* เป็นค่าที่แสดงถึงความเพนสีเขียวและสีแดง โดยค่าที่เพนบวก (+) แสดงถึงความเพนสีแดงและค่าที่เพนลบ (-) แสดงถึงความเพนสีเขียว

b^* เป็นค่าที่แสดงถึงความเพนสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่าที่เพนบวก (+) แสดงถึงความเพนสีเหลืองและค่าที่เพนลบ (-) แสดงถึงความเพนสีน้ำเงิน

การทดสอบแรงเฉือน (Shear force)

นำสะโพกไก่ลอกหนังจากแกงมัสมั่น มาตัดให้มีขนาดชิ้น $2 \times 3 \times 0.5$ ซม. แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าแรงเฉือน (Shear force) ด้วยเครื่อง TA-XT plus texture analyzer (Stable micro system Ltd., Surry UK) ใช้หัววัดแบบ Warner-Bratzler (Wattanachant et al., 2004) โดยกำหนดให้ใช้ Loading cell น้ำหนัก 25 กิโลกรัม ความเร็วหัวกด 2 mm/s วัดค่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ บันทึกค่า shear force (g)

วิธีการทดสอบค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

วัด pH ของสะโพกไก่และน้ำแกงมัสมั่น ด้วยเครื่องวัด pH meter รุ่น Seven Compact S220-Basic ทำการอ่านค่าและบันทึกผล โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ แต่ละครั้งใช้ตัวอย่าง 20 มล. ทำการสุ่มตัวอย่างมาวัดทุก 30 วัน

วิธีการตรวจวัดผลเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

ตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์แกงมัสมั่นโดยใช้วิธี Total plate count (TPC) นำสะโพกไก่และน้ำแกงมา 25 มล. ผสมกับ 0.1% peptone water 225 มล. ผสมให้เข้ากัน โดยใช้เครื่องตีปั่นผสม (Stomacher ยี่ห้อ Seward) จากนั้นทำการเจือจางด้วย 0.1% peptone water วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยอาหาร Plate count agar (PCA) ของ Merck KGaA (Darmstadt, Germany) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีทั้งหมด แต่เลือกคำนวณจำนวนโคโลนีในจานอาหารที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30 – 300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวน log CFU/g ทำการเก็บผลทุก 3 เดือน

ผลิตภัณฑ์ไก่ปั่นพร้อมดื่ม

อกไก่ต้ม	100 กรัม
นมจืด	90 มล.
น้ำเย็น	250 มล.
ผงโกโก้	3.3 กรัม
แซนแทนกัม	0.5 กรัม
กลิ่นชีสโกโก้แลต	5 มล.

วิธีการศึกษา

เตรียมน้ำสำหรับต้มอกไก่ โดยใช้เกลือ ผสมกับน้ำส้มสายชู 5% (v/v) ต้มให้เดือด จากนั้นนำอกไก่มาหั่นเป็นชิ้นขนาด 0.5×0.5 ซม. ต้มในน้ำให้สุก ใช้เวลา 10 นาที แล้วจึงนำอกไก่ขึ้นมาทำให้เย็นโดยแช่ในน้ำเย็น จากนั้นบีบน้ำออก แล้วฉีกเป็นเส้นๆ ตามลายกล้ามเนื้อ ล้างน้ำสะอาด 3 – 4 ครั้ง บีบน้ำออกให้หมดๆ

ชั่งน้ำหนักอกไก่สุก 100 กรัม ผสมกับนมจืด 90 มล. และผงโกโก้ 3.3 กรัม แบ่งน้ำเย็นออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ปริมาตร 50 มล. นำมาละลายแซนแทนกัม 0.5 กรัม และน้ำส่วนที่ 2 อีกที่เหลือ มาผสมในเครื่องปั่น ยี่ห้อ Tefal Blendforce ผสมส่วนผสมทั้งหมดเป็นเวลา 5 นาที จนเข้ากัน เติมน้ำมันซ็อกโกแลต คนให้เข้ากันอีกครั้ง จากนั้นบรรจุลงขวดแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ขนาด 180 มล. ปิดฝา แล้วนำไปต้มฆ่าเชื้อที่อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (นับจากอุณหภูมิใจกลางตัวอย่าง) โดยใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิ เมื่อครบเวลานำอกไก่ปั่นออกมาทำให้เย็น และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาอายุการเก็บต่อไป

การวิเคราะห์คุณสมบัติไก่ปั่น

1) วัดความหนืด

วัดความหนืดของอกไก่ปั่นด้วยเครื่อง Brookfield viscometer (model DV-III, Brookfield Engineering laboratories Inc, USA)) โดยใช้ปิเก็ตเจอร์ขนาด 600 มล. และหัวเข็มเบอร์ RV-01 เลือกความเร็วรอบในการหมุนหัวเข็มที่ 200 รอบต่อนาที บันทึกค่า ความหนืด (cP) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2) วัดค่า pH

วัด pH ของอกไก่ปั่น ด้วยเครื่องวัด pH meter รุ่น SevenCompact S220-Basic ทำการอ่านค่าและบันทึกผล โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละครั้งใช้ตัวอย่าง 20 มล.

3) วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

วิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count, TPC) โดยนำอกไก่ปั่น 25 มล. ผสมกับ 0.1 % peptone water 225 มล. ผสมให้เข้ากัน โดยใช้เครื่องตีปั่นผสม (Stomacher ยี่ห้อ Seward) จากนั้นเจือจางตัวอย่าง ที่ระดับต่างๆ ด้วย 1 มล. ผสมกับ 0.1% peptone water 9 มล. ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (PCA) ของ Merck KGaA (Darmstadt, Germany) หลังจากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีทั้งหมด แต่เลือกคำนวณจำนวนโคโลนีในจานอาหารเลี้ยงที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30 – 300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวน log cfu/g ทำการเก็บผลทุกวันที่ 0, 2, 4, 6, 8

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องมือช่วยในการจัดการฟาร์มไก่อัจฉริยะ ที่เป็นรูปธรรมและเกษตรกรสามารถเข้าถึงเครื่องมือเหล่านี้ได้

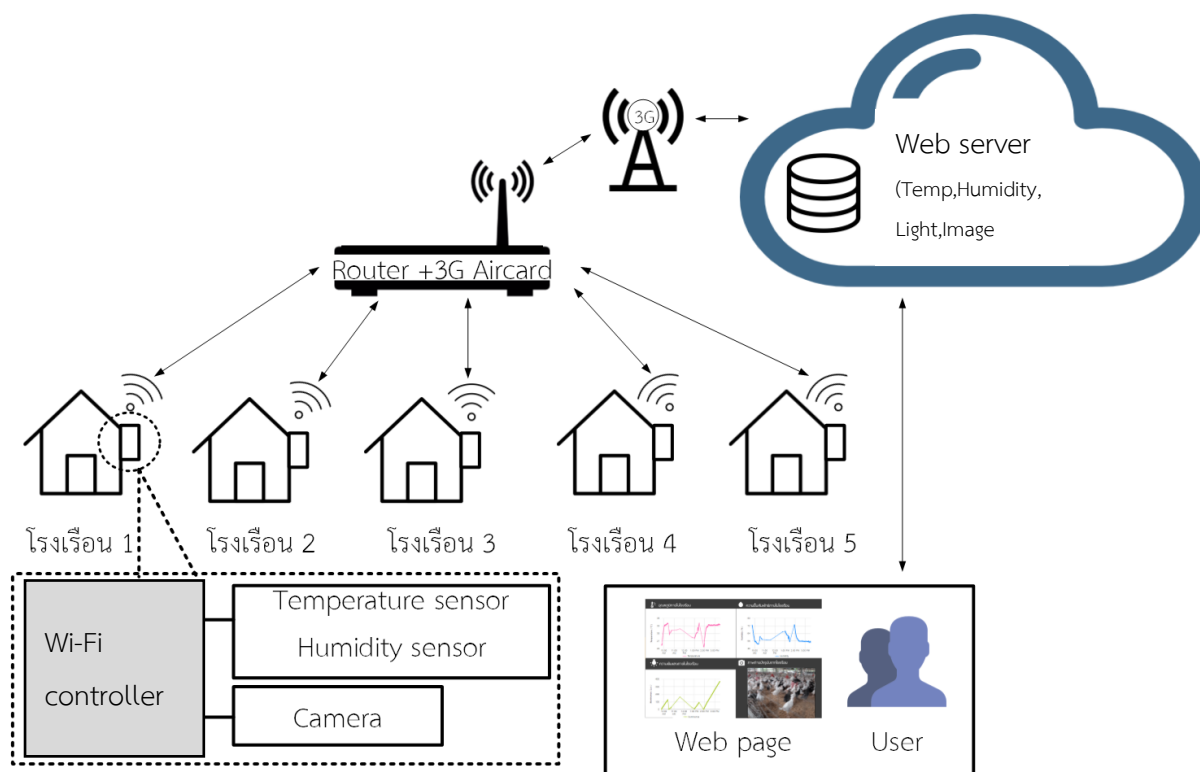
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.1 พัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบอากาศโรงเรือน รายงานผ่านโทรศัพท์มือถือ

วิธีดำเนินงานข้อที่ 2.1

จุดประสงค์หลักของการพัฒนาระบบและอุปกรณ์ตรวจสอบอากาศโรงเรือน รายงานอินเทอร์เน็ตหรือผ่านโทรศัพท์มือถือ คือ การอำนวยความสะดวกให้กับผู้เชี่ยวชาญในการเข้าถึง การตรวจติดตาม และการเก็บบันทึกข้อมูลสภาพอากาศของโรงเรือนเลี้ยงไก่ของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ ในระหว่างรอบการเลี้ยงไก่ โดยไม่ต้องเดินทางไปเก็บข้อมูลที่สถานที่ดังกล่าว ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์การจัดการโรงเรือนและวิธีการเลี้ยงไก่ของเกษตรกร เพื่อให้คำแนะนำต่อเกษตรกรในการเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงไก่

รูปที่ 3.2.1.1 แสดงหลักการออกแบบและหลักการทำงานของระบบตรวจสอบอากาศโรงเรือนเลี้ยงไก่ รายงานอินเทอร์เน็ต ภายในโรงเรือนแต่ละหลังจะติดตั้งเซนเซอร์วัดสภาพอากาศ เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความชื้น เซนเซอร์วัดความเข้มแสง รวมทั้งการติดตั้งกล้องรับภาพเพื่อถ่ายภาพภายในโรงเรือน การรับส่งข้อมูลระหว่างโรงเรือนหลัก (หลังที่ 1 ในรูปที่ 3.2.1.1) กับโรงเรือนอื่นๆ (หลังที่ 2-5 ในรูปที่ 3.2.1.1) จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Wi-Fi router ติดตั้งไว้ที่โรงเรือนหลัก และติดตั้งอุปกรณ์ส่งสัญญาณ Wi-Fi ไว้ที่โรงเรือนอื่นๆ การส่งสัญญาณจาก Wi-Fi router ผ่านอินเทอร์เน็ตจะใช้อุปกรณ์ Air card ส่งสัญญาณในระบบ 3G ผ่านผู้ให้บริการ เช่นเดียวกับโทรศัพท์ที่ใช้กันโดยทั่วไป (ใน Air card จะต้องติดตั้ง SIM ของผู้ให้บริการเครือข่าย เช่น AIS DTACTION หรือ True) ข้อมูลที่ส่งผ่านอินเทอร์เน็ตจะนำมาเก็บบันทึกข้อมูลไว้ที่ Web server เมื่อผู้ใช้งานต้องการเรียกดูข้อมูล สามารถเรียกดูได้โดยใช้คอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือ ผ่าน Web application ที่พัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้

ในเบื้องต้นผู้วิจัยได้กำหนดให้สามารถติดตั้งระบบตรวจสอบอากาศโรงเรือนเลี้ยงไก่ได้สูงสุด 5 ตำแหน่ง (Location) โดยติดตั้งในพื้นที่ใดก็ได้ทั่วประเทศ ทั้งนี้พื้นที่ดังกล่าวต้องสามารถรับส่งสัญญาณในระบบ 3G ได้ และกำหนดให้แต่ละตำแหน่ง สามารถติดตั้งชุดเซนเซอร์ได้ 5 จุดวัด (โรงเรือน) ภายในระยะ 50-100 เมตร ในอนาคตสามารถเพิ่มตำแหน่งและจุดวัดได้ตามความเหมาะสม



รูปที่ 3.2.1.1 แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบส่งข้อมูลจากโรงเรียนผ่านอินเทอร์เน็ต ไปยังฐานข้อมูลบน Web server ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลจากเซนเซอร์และกล้องรับภาพที่ติดตั้งไว้ในโรงเรียนได้โดยใช้ Web application ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้

การออกแบบเซนเซอร์และระบบประมวลผลสำหรับติดตั้งที่โรงเรียน

การออกแบบระบบฮาร์ดแวร์สำหรับระบบส่งข้อมูลจากโรงเรียนผ่านอินเทอร์เน็ตนี้ จะต้องคำนึงถึงราคาของระบบโดยรวมที่ต้องไม่แพงจนเกษตรกรไม่สามารถเข้าถึงได้ และอุปกรณ์ที่ใช้ต้องมีจำหน่ายโดยทั่วไป เพื่อให้การซ่อมบำรุงทำได้ง่ายและสะดวก

ภายในโรงเรียนแต่ละหลัง จะติดตั้งเซนเซอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลผ่านแบบไร้สาย 1 จุด อุปกรณ์ทั้งหมดที่ติดตั้งที่โรงเรียนประกอบด้วย ระบบประมวลผล เซนเซอร์ชนิดต่างๆ กล้องรับภาพ Wi-Fi router และ Air card (รูปที่ 3.2.1.2) อุปกรณ์เหล่านี้สามารถหาซื้อได้จากร้านขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยทั่วไปหรือซื้อจากเว็บไซต์ได้ รายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ มีดังนี้

(1) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีอุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบไร้สาย (Wi-Fi enabled microcontroller) โครงการวิจัยนี้เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น WeMos D1 mini (WeMos.cc) (รูปที่ 3.2.1.2 (ก)) เป็นบอร์ดที่มีราคาถูกและมีไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ESP-8266 เป็นระบบประมวลผล สามารถเชื่อมต่อสัญญาณไร้สายในการเข้าถึงสัญญาณอินเทอร์เน็ตได้ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นนี้มี Digital input/output 11 ช่องรับ และ Analog input 3.2 V 1 ช่อง การเขียนโปรแกรมลงบอร์ดรุ่นนี้ใช้ Library ที่พัฒนาขึ้นโดยผู้ผลิตบอร์ด ซึ่งพร้อมใช้งานสำหรับโปรแกรม LabVIEW การคอมไพล์โปรแกรม LabVIEW เพื่อให้บอร์ด

ดังกล่าวสามารถทำงานด้วยตนเองได้ ทั้งนี้ต้องใช้โปรแกรม Arduino compatible compiler for LabVIEW (TSXpert) ติดตั้งใน LabVIEW

(2) เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ โครงการนี้เลือกใช้เซ็นเซอร์รุ่น DHT22 (Aosong Electronics Co., Ltd.) (รูปที่ 3.2.1.2 (ข)) ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เซ็นเซอร์รุ่นนี้มีราคาถูกและนิยมใช้งานกันโดยทั่วไป เนื่องจากสามารถเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัท Arduino ได้ทันที รวมทั้งมี Library ที่พร้อมใช้งานในโปรแกรม LabVIEW เซ็นเซอร์จะส่งข้อมูลแบบดิจิตอลไปยังบอร์ด Wemos D1 mini ข้อมูลจากผู้ผลิตระบุว่าเซ็นเซอร์มีความแม่นยำ (Accuracy) ในการวัดความชื้นสัมพัทธ์ $\pm 5\%$ ในช่วงการวัด 0-100 %RH และมีความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ในช่วงการวัด -40°C ถึง 80°C

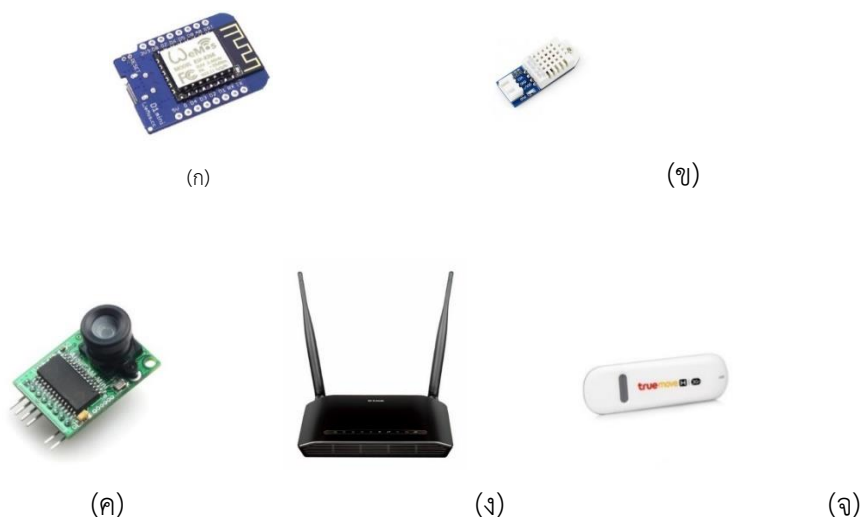
(3) กล้องรับภาพ โครงการนี้เลือกใช้บอร์ดกล้องรับภาพรุ่น ArduCAM Mini 2MP (รูปที่ 3.2.1.2 (ค)) เป็นกล้องที่มีความละเอียด 2MP (1600x1200 pixels) สามารถส่งภาพ 3-10 fps ขึ้นกับ Resolution ที่กำหนด บอร์ดกล้องรุ่นนี้สามารถเชื่อมต่อกับบอร์ด Wemos D1 mini ได้ง่าย โดยผ่านพอร์ต SPI และ I²C นอกจากนี้ยังมี Library ที่พร้อมใช้งานกับโปรแกรม LabVIEW ทำให้การเขียนโปรแกรมทำได้สะดวก

อุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตภายนอก

เพื่อให้เกิดความสะดวกในการส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์และกล้องรับภาพที่ติดตั้งในโรงเรือนยังระบบอินเทอร์เน็ต จะใช้ Wi-Fi Router ในการรับสัญญาณ ส่วนการเชื่อมต่อกับ อินเทอร์เน็ตจะใช้ Air card

(1) Wi-Fi router โครงการวิจัยนี้เลือกใช้ Router รุ่น DSL-2750E (D-Link) (รูปที่ 3.2.1.2 (ง)) ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณ Wi-Fi จากอุปกรณ์เซ็นเซอร์และกล้องรับภาพที่เชื่อมต่ออยู่กับบอร์ด Wemos D1 mini อุปกรณ์รุ่นนี้เป็น Router ที่มีพอร์ต USB สำหรับเชื่อมต่อ Air card ได้

(2) Air card เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายสัญญาณโทรศัพท์แบบไร้สาย สามารถเลือกใช้งานได้จากผู้ให้บริการโทรศัพท์ทุกราย โครงการนี้เลือกใช้ Air card (รูปที่ 3.2.1.2 (จ)) ของ TrumoveH 3G สามารถใส่ซิมการ์ดโทรศัพท์มือถือที่ลงทะเบียนเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบ 3G ซึ่งผู้ใช้ต้องเลือกรูปแบบการให้บริการ เช่น รายเดือน หรือ แบบเติมเงิน เป็นต้น



รูปที่ 3.2.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบสำหรับส่งภาพและข้อมูลจากเซ็นเซอร์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตที่ใช้ในโครงการนี้ (ก) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น WeMos D1 mini ทำหน้าที่ประมวลผลและรับส่งสัญญาณ Wi-Fi ระหว่างโรงเรือน (ข) เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิรุ่น DHT22 (ค) กล้องรับภาพรุ่น ArduCAM Mini (ง) Wi-Fi router และ (จ) Air card

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.2 อุปกรณ์และเทคนิคการลดการใช้พลังงานของเตาแก๊สอนุบาลลูกไก่ (ทดแทนพัฒนาเครื่องให้อาหารไก่แบบอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์มือถือ)

วิธีดำเนินงานข้อที่ 2.2

จากการสอบถามความเห็นของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อโคราช ส่วนใหญ่แล้วคิดว่ายังไม่ต้องการใช้เครื่องให้อาหารไก่แบบอัตโนมัติ เนื่องจากเกษตรกรต้องอยู่ดูแลไก่อยู่ตลอดเวลาอยู่แล้ว รวมทั้งสามารถใช้เวลาในการให้อาหารในการตรวจสอบสุขภาพของไก่ไปด้วย จากการประเมินเบื้องต้น โรงเรือนเลี้ยงไก่ของเกษตรกรส่วนใหญ่มีขนาดเล็กและมีหลายโรงเรือน จึงต้องติดตั้งเครื่องให้อาหารอัตโนมัติหลายเครื่อง ซึ่งจะทำให้ต้นทุนสูงและไม่คุ้มค่าสำหรับการลงทุน ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะขออนุมัติยุติการออกแบบและพัฒนาเครื่องให้อาหารไก่อัตโนมัติ และจะออกแบบอุปกรณ์และเทคนิคสำหรับการลดการใช้พลังงานสำหรับเตาแก๊สอนุบาลลูกไก่แทน

สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่รายย่อยโดยทั่วไป นิยมใช้เตาแก๊สในการให้ความร้อนกับลูกไก่ในเวลากลางคืนหรือเมื่อมีอากาศหนาวเย็น ค่าแก๊สที่ใช้ในการให้ความร้อนจะขึ้นกับจำนวนลูกไก่และสภาพอากาศ ลักษณะของเตาแก๊สที่ใช้ทั่วไปจะเป็นแบบเปิดโล่ง โดยวางหัวเตาให้ความร้อนสูงจากพื้นประมาณ 4 - 6 ฟุต บริเวณหัวเตาจะมี Thermostat ทำหน้าที่ตัดหรือลดการไหลของแก๊ส เมื่ออุณหภูมิสูงเกินไป การปรับอัตราการไหลของแก๊สจะช้าลง โดยผู้ใช้จะใช้วิธีสังเกตหรือประสบการณ์ในการปรับตั้งอัตราการไหลของแก๊ส เพื่อให้ไม่ให้อุณหภูมิต่ำเกินไป จนส่งผลต่อลูกไก่ ผู้ใช้นิยมตั้งอัตราการไหลเพื่อให้อุณหภูมิสูงไว้มาก่อน ในกรณีนี้จะทำให้ใช้แก๊สมากกว่าที่ควรจะใช้

อัตราการไหลของแก๊สและความสูงของหัวเตาจะมีผลต่ออุณหภูมิและขนาดของพื้นที่ให้ความร้อนบริเวณพื้น สำหรับเกษตรกรโดยทั่วไปจะไม่ทราบค่าอุณหภูมิและขนาดของพื้นที่ให้ความร้อน การถ่ายภาพ

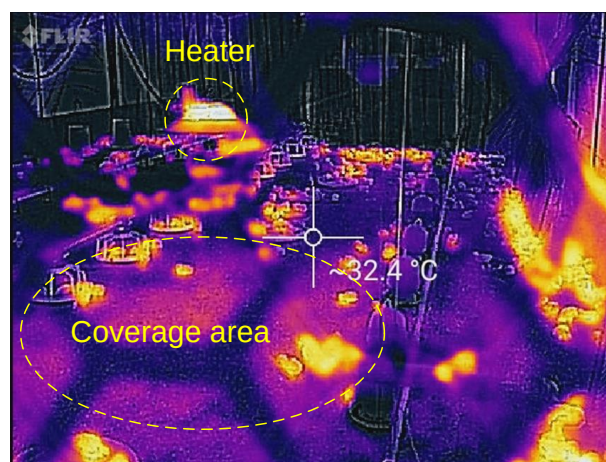
ด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนชนิดที่ใช้กับโทรศัพท์ (รูปที่ 3.2.2.1 ถ่ายโดยใช้กล้อง Flir One ราคาประมาณ 13,000 บาท) เป็นวิธีที่ง่ายในการตรวจสอบอุณหภูมิและขนาดพื้นที่ให้ความร้อน แต่อุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาค่อนข้างสูงสำหรับเกษตรกรโดยทั่วไป ผู้วิจัยจึงเสนอที่จะออกแบบเซนเซอร์วัดอุณหภูมิวางไว้ที่พื้นบริเวณใต้หัวเตา (รูปที่ 3.2.2.2) วางสูงจากพื้นในตำแหน่งเท่ากับลูกไก่ ข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ดังกล่าวจะส่งผ่านระบบส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต (หรือผ่านระบบส่งข้อมูลแบบไร้สาย) ที่มีอยู่แล้ว ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลได้ระหว่างการปรับตั้งอัตราการไหลของแก๊สผ่าน Web application (หรือ Android app.) รวมทั้งสามารถตรวจสอบการทำงานของเตาแก๊สว่าผิดปกติหรือไม่ได้ตลอดเวลา

รูปที่ 3.2.2.2 แสดงแนวทางการออกแบบเซนเซอร์วัดอุณหภูมิสำหรับใช้ควบคุมหรือตรวจสอบการทำงานของเตาแก๊ส เซนเซอร์ที่ใช้จะเป็นแบบ Thermistor ซึ่งจะเหมาะสำหรับการใช้งานในบริเวณที่ฝุ่นมากกว่าเซนเซอร์ในรูปที่ 3.2.1.1 เซนเซอร์ดังกล่าวจะบรรจุในท่อ PVC และออกแบบให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก รวมทั้งมีอุปกรณ์ป้องกันการจิกของไก่ได้

ผู้ใช้สามารถใช้อุปกรณ์ดังกล่าวในการตรวจวัดอุณหภูมิและขนาดพื้นที่ให้ความร้อนของหัวเตาที่ใช้งาน ซึ่งจะขึ้นกับความสูงของหัวเตาจากพื้นและอัตราการไหลของแก๊ส และเพื่อเป็นแนวทางให้กับเกษตรกรในการปรับตั้งค่าอัตราการไหลและความสูงที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้ศึกษาทดลองแนวทางที่เหมาะสมต่อไป รวมทั้งการศึกษาเทคนิคการปรับอัตราการไหลของแก๊สที่เหมาะสมกับสภาพอากาศภายในโรงเรือนและมีอัตราการใช้แก๊สต่ำที่สุด

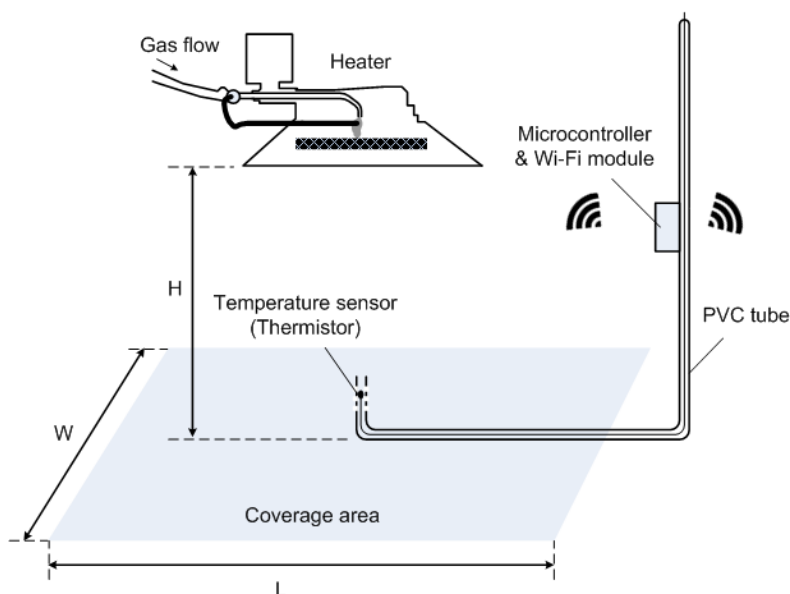


(ก)



(ข)

รูปที่ 3.2.2.1 (ก) ภาพถ่ายภายในโรงเรือนขณะเปิดเตาแก๊สให้ความอบอุ่นกับลูกไก่ และ (ข) ภาพถ่ายรังสีอินฟราเรดหรือภาพถ่ายความร้อนภายในโรงเรือนขณะเปิดเตาแก๊ส



รูปที่ 3.2.2.2 การออกแบบเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิใต้หัวเตา โดยใช้ Thermistor เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์จะต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ส่งข้อมูลแบบไร้สาย การอ่านค่าอุณหภูมิจะใช้โทรศัพท์เรียกดูข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตหรือระบบไร้สาย

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.3 พัฒนาระบบช่วยการตรวจวินิจฉัยโรคผ่านระบบ internet

วิธีดำเนินงานข้อที่ 2.3

แนวความคิดเบื้องต้นของการพัฒนา Mobile app. สำหรับใช้งานกับการเลี้ยงไก่เนื้อโคราช มีลักษณะคล้ายกับ Mobile applications สำหรับการเกษตรกรรม ที่เริ่มมีการพัฒนาและสามารถดาวน์โหลดเพื่อใช้งานกับโทรศัพท์ได้ ตัวอย่างเช่น “Poultry Diseases” พัฒนาโดย University of Missouri ผู้ใช้งานสามารถค้นหาโรคที่เกิดกับสัตว์ปีกชนิดต่างๆ ได้ อาการของโรคเบื้องต้น และการติดต่อ รวมทั้งมีรูปภาพหรือตัวอย่างประกอบเพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใจง่าย Application นี้มีราคาประมาณ 10 USD ในบาง Applications, นอกจากให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโรคแล้ว ผู้ใช้งานสามารถส่งรูปภาพของสัตว์หรือพืชที่เป็นโรคไปยังผู้พัฒนา Applications เพื่อการวินิจฉัยเพิ่มเติมได้ เช่น “Cotton Diseases” พัฒนาโดย University of Arizona สำหรับการวินิจฉัยโรคฝ้าย หรือ “Soybean Diseases of SD” พัฒนาโดย South Dakota State University สำหรับการวินิจฉัยโรคถั่วเหลือง เป็นต้น

ระหว่างการทำเนิงานพบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่โคราชจะสื่อสารผ่าน Social networks กับนักวิจัยของ มทส. เมื่อมีประสบปัญหาในการเลี้ยงไก่หรือเมื่อไก่เป็นโรค เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่เกษตรกรสามารถเข้าถึงและสามารถใช้ Social networks ในการส่งข้อมูล รูปภาพ หรือวิดีโอ ได้ง่ายอยู่แล้ว รวมทั้งจะใช้โทรศัพท์หาหรือนักวิจัยกรณีเร่งด่วน การพัฒนา Application เพื่อช่วยในการวินิจฉัยโรคในรูปแบบเดียวกับ Applications ที่อธิบายมาแล้วนั้น อาจจะไม่เหมาะสมกับกรณีของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื้อโคราช คณะผู้วิจัยจึงเห็นว่าน่าจะปรับจุดประสงค์ของ Applications เป็นการเก็บบันทึกข้อมูลการเลี้ยงไก่ของเกษตรกร เช่น ข้อมูลน้ำหนักไก่เฉลี่ยต่อวัน แสดงเป็นกราฟ เพื่อเปรียบเทียบกับกราฟการเจริญเติบโตของไก่โดย

เฉลี่ยที่แนะนำโดยนักวิจัย เป็นต้น ในกรณีนี้เกษตรกรจะต้องมีเครื่องชั่งน้ำหนักโกอัตโนมัติที่มีราคาไม่แพงนัก เพื่อให้สามารถชั่งน้ำหนักโกได้ โดยผู้ใช้ไม่ต้องจับโกมาชั่ง ซึ่งจะต้องใช้แรงงานในการจับโกในแต่ละวัน และอาจจะทำให้โกเครียดได้ คณะผู้วิจัยจึงได้ทดลองออกแบบเครื่องชั่งน้ำหนักโกอัตโนมัติ เพื่อประเมินประสิทธิภาพและต้นทุนเบื้องต้น

การออกแบบเครื่องชั่งน้ำหนักโกจะใช้เซนเซอร์ชนิดที่เรียกว่า Load cell ขนาดรับน้ำหนักสูงสุด 10 kg (Sparkfun, Straight bar, TAL220) Load cell ประกอบด้วยเซนเซอร์แบบ Strain gauge 4 ตัว ยึดติดกับแท่นรับน้ำหนักด้วยอีพอกซี เมื่อมีน้ำหนักตกลงบนแท่น จะทำให้แท่นเกิดการยืดตัวและเปลี่ยนแปลงค่าความต้านของ Strain gauge การต่อวงจรเข้ากับ Load cell จะใช้วงจรขยายสัญญาณสำหรับอุปกรณ์ชนิดนี้ (SparkFun, Load cell amplifier, HX711) การอ่านค่าน้ำหนักโกจะต่อวงจรขยายสัญญาณเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino UNO) จากนั้นต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลสัญญาณการใช้คอมพิวเตอร์ในต้นแบบนี้เพื่อให้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำได้ง่าย ในอนาคตสามารถเขียนโปรแกรมประมวลผลลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรง โดยไม่ต้องมีคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผล

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.4 พัฒนาอุปกรณ์เพื่อตรวจสอบเพศในลูกไก่แรกเกิด ด้วยเทคโนโลยีด้านแสง

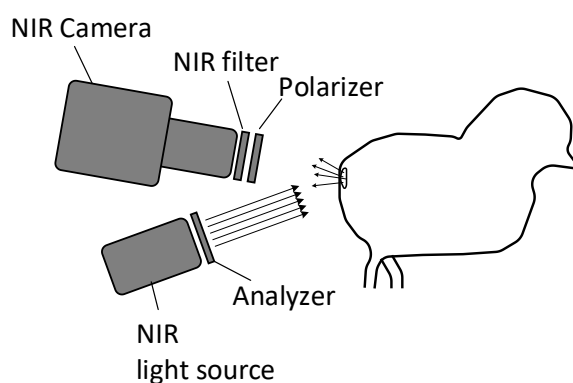
วิธีดำเนินงานข้อที่ 2.4

อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่เนื้อต้องการเลี้ยงไก่เพศเมีย ทำให้ต้องทำลายไก่เพศผู้ทันทีที่สามารถจำแนกเพศลูกไก่ได้ เทคนิคที่นิยมใช้ในการจำแนกเพศลูกไก่แรกเกิดประกอบด้วย การเปิดกันตรวด (Vent sexing) และการจำแนกเพศจากขนปีก (Feather sexing) เทคนิคการเปิดกันตรวดสามารถใช้ได้กับลูกไก่ทุกสายพันธุ์ ขณะที่การจำแนกเพศจากขนปีกจะขึ้นกับสายพันธุ์ด้วย เทคนิคการเปิดกันตรวดต้องใช้พนักงานที่มีความเชี่ยวชาญสูงมาก การฝึกฝนพนักงานแต่ละคนต้องใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง จึงมีความพยายามที่จะพัฒนาเครื่องมือหรือเทคนิคการตรวจวัดใหม่ๆ เพื่อทดแทนการจำแนกเพศลูกไก่แรกเกิดโดยใช้แรงงานคน รวมทั้งสามารถจำแนกเพศได้จากไข่ไก่อะหว่างการฟัก ซึ่งจะทำให้ไม่ต้องลดการทำลายลูกไก่แรกเกิดเพศผู้

เทคนิคการตรวจจำแนกเพศลูกไก่แรกเกิดที่มีรายงานในเอกสารวิชาการ เช่น การใช้เทคนิค UV-resonance Raman spectroscopy (Harz et al., 2008) ตรวจวัดสารตัวอย่างที่บิบบจากปลายขนไก่ สารตัวอย่างดังกล่าวมีความเข้มข้นของดีเอ็นเอสูง ทำให้สเปกตรัมแบบ Raman ของสารตัวอย่างที่ได้มีความแตกต่างกันระหว่างเพศผู้และเพศเมีย การใช้เทคนิคการวิเคราะห์สเปกตรัมแบบพหุตัวแปร (Multivariate analysis) ทำให้สามารถจำแนกเพศลูกไก่แรกเกิดได้ด้วยความแม่นยำ 95% อย่างไรก็ตามเครื่อง Raman spectrometer มีราคาแพงและเหมาะสำหรับการใช้งานในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างดี อีกวิธีการหนึ่งคือ การพัฒนากล้องส่องตรวจ (Endoscope) ผ่านทางทวารร่วม (Cloaca) (Otsuka, et al., 2016) เพื่อตรวจสอบภาพอวัยวะเพศหรือรังไข่ของลูกไก่ วิธีการดังกล่าวทำให้จำแนกเพศลูกไก่ด้วยความแม่นยำ 90% โดยผู้ใช้ไม่ต้องมีความเชี่ยวชาญมากนัก แต่วิธีการดังกล่าวสามารถสร้างความเครียดให้กับลูกไก่สูง เพื่อหลีกเลี่ยงการทำลายลูกไก่แรกเกิด ได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ของการตรวจจำแนกเพศจากไข่ไก่อะหว่างการฟัก โดยใช้การวัดสเปกตรัมการเรืองแสง (Fluorescence spectroscopy) ร่วมกับ Raman

spectroscopy (Galli et al., 2017) จากบริเวณเส้นเลือดที่เกิดภายในไข่ที่กำลังฟัก พบว่ามีความแม่นยำในการจำแนกเพศมากกว่า 90% โดยสามารถแยกเพศได้ในระหว่างวันฟักที่ 3-7 วิธีการดังกล่าวต้องเปิดเปลือกไข่ขนาด 1 เซนติเมตร และปิดทับด้วยโพลีเมอร์ทางชีวภาพ วิธีการดังกล่าวส่งผลต่ออัตราการฟักและการเจริญเติบโตของไก่เพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับไข่ที่ไม่ผ่านกระบวนการดังกล่าว (Galli et al., 2016) ในระหว่างการดำเนินโครงการวิจัยนี้ มีรายงานทางวิชาการว่าเทคนิค Hyperspectral imaging ในช่วงสเปกตรัมแสง Visible-near infrared (Göhler et al., 2017) สามารถใช้จำแนกเพศของไก่จากไข่ไก่ที่ฟักในวันที่ 13-14 ได้ โดยมีความแม่นยำ 95% ในวันที่ 14 ของการฟัก เทคนิคดังกล่าวมีศักยภาพสูงเพราะไม่ต้องเปิดเปลือกไข่ อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานผลกระทบต่ออัตราการฟักและอัตราการเจริญเติบโตของไก่ ทั้งนี้เทคนิคดังกล่าวต้องใช้ความเข้มแสงค่อนข้างสูง

ในโครงการวิจัยนี้เสนอที่จะพัฒนาเครื่องมือจำแนกเพศลูกไก่แรกเกิด โดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพ (Image processing) จากภาพถ่ายจากแสง Near infrared บริเวณกันไข่ และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำแนกเพศแบบอัตโนมัติ แผนผังการจัดอุปกรณ์เชิงแสงแสดงดังรูปที่ 3.2.4.1 การทดลองนี้เลือกใช้แสงในย่าน Near infrared ความยาวคลื่นประมาณ 850 nm ซึ่งโดยทั่วไปสามารถทะลุผ่านผิวหนังลงไปลึกประมาณ 5-7 mm แสงที่ทะลุเข้าไปใต้ผิวหนังบางส่วนจะสามารถสะท้อนหรือกระเจิงไปที่กล้องรับภาพ ทำให้กล้องรับภาพสามารถมองเห็นโครงสร้างเส้นเลือดดำใต้ผิวหนังบริเวณกันไข่ในระยะความลึกดังกล่าวได้ ทั้งนี้เนื่องจากเส้นเลือดดำมีการดูดกลืนแสงที่ต่างจากเนื้อเยื่อโดยรอบมาก เพื่อป้องกันแสงสะท้อนจากผิวหนังเข้าสู่กล้องโดยตรงโดยใช้แผ่นโพลาไรเซอร์ 2 แผ่น (Analyzer และ Polarizer) จัดหมุนมุมในทิศทางที่ทำให้แสงสะท้อนโดยตรงจากผิวหนังจะไม่สามารถทะลุไปที่กล้องรับภาพได้ เนื่องจากแสงสะท้อนดังกล่าวไม่มีการเปลี่ยนทิศทางโพลาไรเซชันของแสง และเพื่อป้องกันแสงจากภายนอกกระบวนการถ่ายภาพ จะใช้ NIR optical filter วางไว้หน้ากล้องรับภาพ เทคนิคการจัดแสงดังกล่าว ปกตินิยมใช้ในการถ่ายภาพเส้นเลือดดำใต้ผิวหนัง (Vein imager)

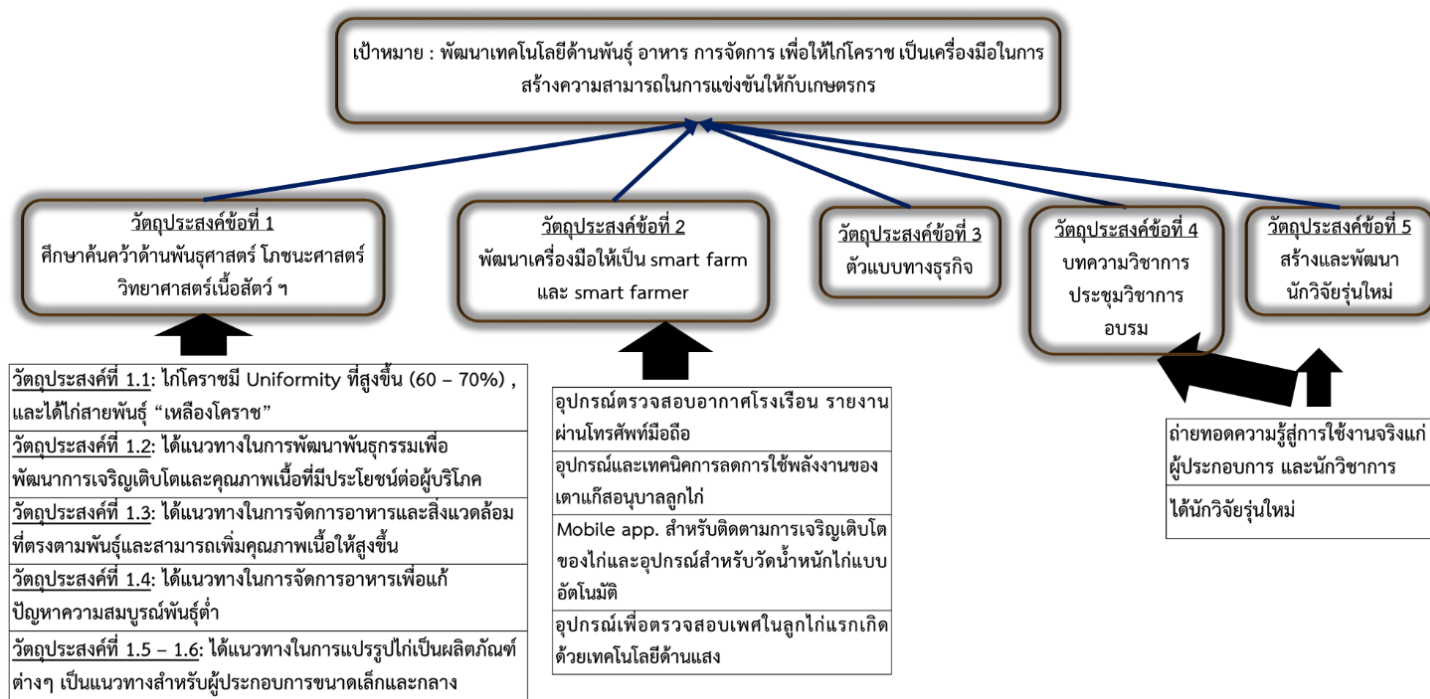


รูปที่ 3.2.4.1 แผนผังการจัดชุดทดลองการถ่ายภาพโดยใช้แสงย่าน Near infrared สำหรับถ่ายภาพโครงสร้างเส้นเลือดบริเวณกันไข่ แผ่นโพลาไรเซอร์ 2 แผ่น (Analyzer และ Polarizer) ทำหน้าที่ป้องกันแสงสะท้อนโดยตรงบริเวณผิวหนัง และ NIR filter ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แสงจากภายนอกทะลุไปที่กล้องรับภาพได้

ข้อสมมติฐานสำหรับชุดทดลองในรูปที่ 3.2.4.1 คือ ลักษณะโครงสร้างของเส้นเลือดดำบริเวณอวัยวะเพศของลูกไก่แตกต่างกันระหว่างเพศผู้และเพศเมีย และตำแหน่งอวัยวะเพศของลูกไก่ไม่ลึกจากผิวหนังมากนักจนไม่สามารถมองเห็นด้วยกล้องรับภาพได้

โดยทั่วไปภาพที่ถ่ายเส้นเลือดที่อยู่ใต้ผิวหนังจะไม่ชัดเจนเนื่องจากแสงต้องทะลุผ่านเนื้อเยื่ออื่น ๆ ด้วย ผู้วิจัยสามารถเพิ่มความคมชัดของภาพ (Image contrast enhancement) ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี โดยใช้ Tool boxes ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabView 2014 กรณีที่ได้ภาพที่มีความแตกต่างกันระหว่างเพศสามารถพัฒนาให้โปรแกรมจำแนกเพศจากภาพโดยใช้เทคนิค Pattern matching ซึ่งต้องมีภาพอ้างอิงจำนวนหนึ่งเก็บไว้ในหน่วยความจำเพื่อใช้เปรียบเทียบ

บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล



รูปที่ 4.1 แผนภาพสรุปผังการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ต่างๆของโครงการ

จากรูปที่ 4.1 สามารถสรุปผลการดำเนินงาน ผลผลิต และผลลัพธ์ที่ได้จากโครงการ ตามวัตถุประสงค์
ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 การศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม อาหาร สิ่งแวดล้อม
โครงสร้างเนื้อ องค์ประกอบต่างๆ ของเนื้อไก่เนื้อโคราช ในเชิงลึก เพื่อนำความรู้มาสู่การพัฒนาสายพันธุ์
อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่และเกษตรกร มุ่งเน้นการทำให้เนื้อไก่เป็นเนื้อเพื่อสุขภาพ
และเป็นที่ยอมรับของตลาด

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.1 พัฒนาพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราชให้มีความสามารถในการเจริญเติบโตด้วย heterosis
มากยิ่งขึ้น เพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขัน

ผลการศึกษาและการอภิปรายผลข้อที่ 1.1

ผลผลิตที่ได้จากวัตถุประสงค์ในข้อนี้ คือ ไก่โคราชรุ่นที่ 8 ที่มีสมรรถนะการผลิต (FCR, ADG) ที่ไม่
เปลี่ยนแปลงจากไก่โคราชรุ่นก่อนหน้านี้ และยังคงเป็นสามารถใช้เป็นเครื่องในการประกอบอาชีพที่เข้มแข็ง
ของเกษตรกรได้ นอกจากนี้ ยังมีผลผลิตคือไก่สายพันธุ์พ่อแม่พันธุ์และแม่พันธุ์ ที่สามารถยืนยันได้ว่าสามารถใช้ในการ
เป็นสายพันธุ์พ่อแม่ของไก่เนื้อโคราชที่ดีได้ เนื่องจากเมื่อประเมินจากสมรรถนะโดยรวม ทั้งในด้านผลผลิตไข่

อัตราการผสมติด อัตราการฟักออก และสมรรถนะการผลิตของไก่โคราช ของไก่ทั้งสองสายพันธุ์นี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่เลวลง รายละเอียดของผลการศึกษามีดังนี้

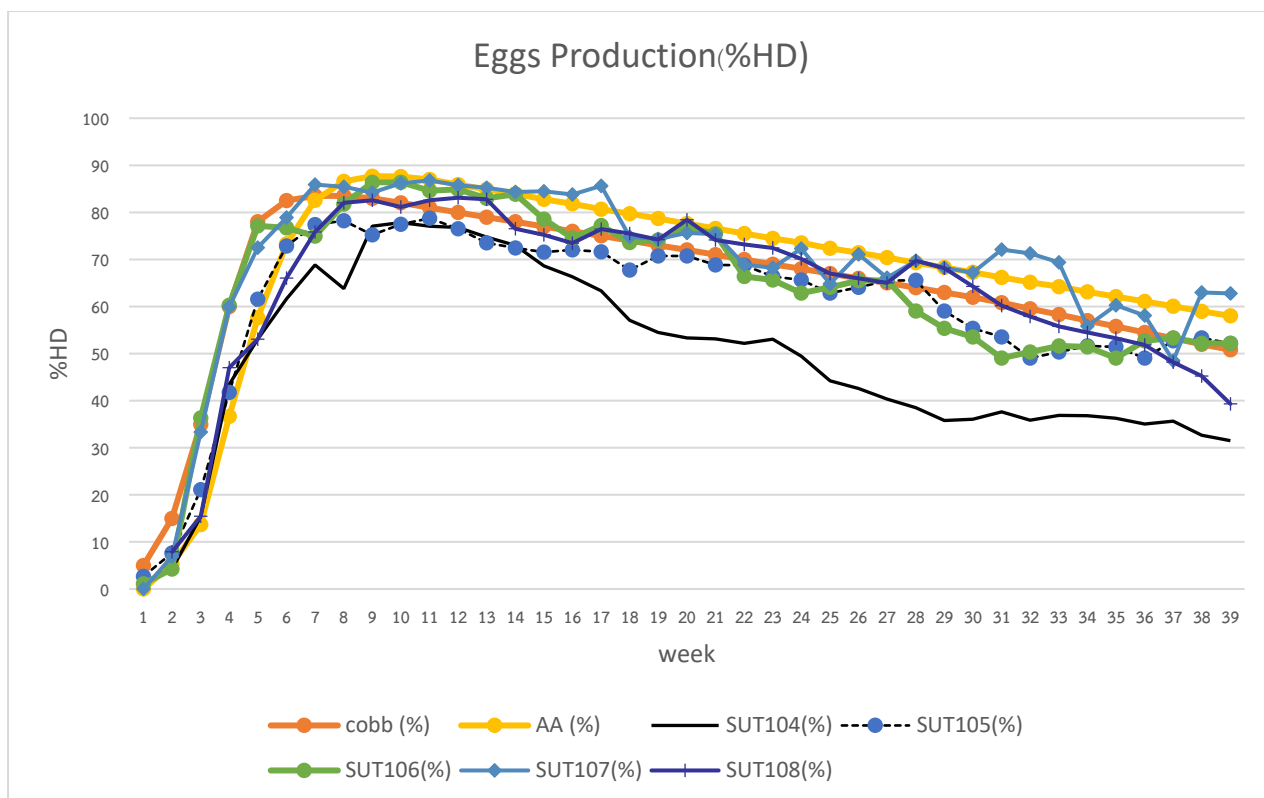
4.1.1 สมรรถนะการผลิตของไก่เหลืองหางขาว ไก่ มทส. และต้นทุนการผลิต

ในประเด็นของการเป็นไก่สายพ่อแม่และแม่พันธุ์ของไก่โคราช เมื่อผ่านการคัดเลือกตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ จนถึงปัจจุบันเท่ากับ 6 รุ่นในกรณีไก่ LK และ 8 รุ่นในกรณีไก่ มทส. สามารถประเมินได้ว่า ไก่ทั้งสองสายยังคงไว้ซึ่งคุณสมบัติที่เหมาะสมของการเป็นไก่พ่อแม่พันธุ์ของไก่โคราช โดยมีรายละเอียดดังนี้

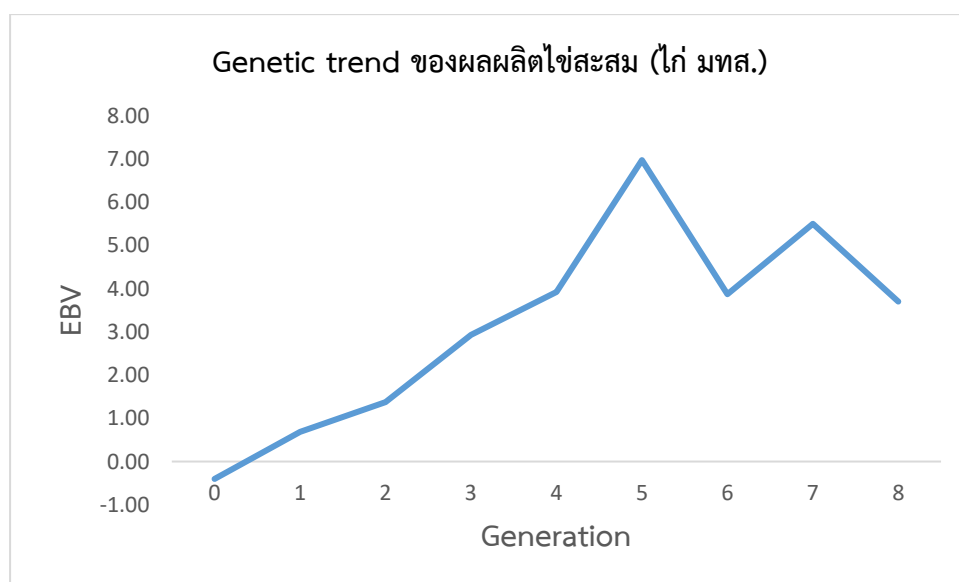
โดยในกรณีของไก่ LK สมรรถนะการผลิตของไก่เหลืองหางขาว (LK) ตั้งแต่ไก่ LK รุ่นที่ 01 - 06 ประเมินโดยรวมแล้ว LK มีผลผลิตไข่ อัตราการผสมติด อัตราการฟักออก ที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่เลวลง กล่าวคือมีผลผลิตไข่ไม่ต่ำกว่า 100 ฟอง มีอัตราการผสมติดประมาณ 80 - 90% และอัตราการฟักออกประมาณ 85 - 90% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ แม้ว่าในแต่ละรุ่นอาจมีการเปลี่ยนแปลงของค่าเหล่านี้บ้างเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม การเกิดโรคระบาด ที่อาจแตกต่างกันไปในแต่ละปี (ตารางที่ 4.1.1.1)

ในกรณีของไก่ มทส. ก็เช่นเดียวกันผลผลิตไข่รวมที่อายุไข่ 50 สัปดาห์ไม่ต่ำกว่า 200 ฟอง (ตารางที่ 4.1.1.2 และรูปที่ 4.1.1.1) อัตราการผสมติดประมาณ 80 - 90% และอัตราการฟักออกประมาณ 85 - 90% (ตารางที่ 4.1.1.3) ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ และเมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางพันธุกรรมของลักษณะผลผลิตไข่ (รูปที่ 4.1.1.2) แม้ว่าในรุ่นที่ 8 จะมีการถดถอยลงของความก้าวหน้าทางพันธุกรรม แต่ผู้วิจัยประเมินว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เป็นปกติ ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงแบบเพิ่มขึ้นบ้าง ลดลงบ้าง เล็กน้อยเมื่อรุ่นสัตว์เปลี่ยนไป นอกจากนี้เป็นไปได้ที่ genetic trend ผลผลิตไข่ของไก่ มทส. จะไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้วิจัยไม่ได้ทำการคัดเลือกลักษณะผลผลิตไข่อีกเพราะ ผลผลิตไข่ ณ ขณะนี้เป็นผลผลิตที่สามารถยอมรับได้แล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านต้นทุนการผลิตลูกไก่โคราชที่อายุ 1 วัน

สำหรับต้นทุนการผลิตไก่ มทส. สาว และ ไก่เนื้อโคราชที่อายุ 1 วัน ตั้งแต่รุ่นที่ 101 จนถึงรุ่นปัจจุบัน (108) ได้แสดงในตารางที่ 4.1.1.4 ต้นทุนมีแนวโน้มลดลงเป็นลำดับ และเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในรุ่นที่ 7 และ 8 ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตไข่ของไก่ มทส. รุ่นที่ 7 และ 8 ก็มีความแตกต่างกันเล็กน้อยเท่านั้น (รุ่นที่ 7 ผลผลิตไข่ประมาณ 231 ฟอง รุ่นที่ 8 ผลผลิตไข่ประมาณ 225 ฟอง)



รูปที่ 4.1.1.1 Hen-day production ของไก่สายพันธุ์ทางการค้า cobb, Arbor Acres, และไก่ SUT104, SUT105, SUT106 SUT107 และ SUT108



รูปที่ 4.1.1.2 genetic trend (ค่าเฉลี่ย EBV) ของผลผลิตไข่สะสมของไก่ มทส. ตั้งแต่รุ่นที่ 0 - 8

ตารางที่ 4.1.1.1 สมรรถนะการผลิต ($\pm$ ค่า standard deviation) ของไก่เหลืองหางขาว

รายการ	ไก่เหลืองหางขาว					
	01	02	03	04	05	06
ปริมาณไข่ตลอดช่วงเวลาที่ให้ไข่ 52 สัปดาห์ (ฟอง)	92.04 $\pm$ 46.75	101.57 $\pm$ 44.12	110.30 $\pm$ 51.39	117.02 $\pm$ 42.58	103.75 $\pm$ 45.61	123.27 $\pm$ 38.04
อัตราการผสมติด (%)	79	91	90	85	83	78
อัตราการฟักออก (%)	86	90	90	90	88	90
อายุเมื่อให้ไข่ฟองแรก (วัน)	224.14 $\pm$ 52.28	235.33 $\pm$ 35.32	214.33 $\pm$ 15.77	227.55 $\pm$ 11.01	215.06 $\pm$ 16.26	221.92 $\pm$ 12.70
น้ำหนักตัว (กรัม)						
- แรกเกิด	36.04 $\pm$ 3.12	33.72 $\pm$ 3.22	32.87 $\pm$ 3.20	31.83 $\pm$ 3.45	33.45 $\pm$ 2.9	35.29 $\pm$ 3.33
- อายุ 4 สัปดาห์	135.19 $\pm$ 33.64	151.18 $\pm$ 30.05	266.41 $\pm$ 38.99	189.25 $\pm$ 24.92	205.88 $\pm$ 36.23	211.96 $\pm$ 84.30
- อายุ 8 สัปดาห์	394.14 $\pm$ 91.33	411.10 $\pm$ 94.42	652.31 $\pm$ 96.31	440.94 $\pm$ 73.12	499.19 $\pm$ 101.59	549.09 $\pm$ 91.60
- อายุ 12 สัปดาห์	754.16 $\pm$ 147.81	824.65 $\pm$ 143.19	1,122.91 $\pm$ 166.14	803.28 $\pm$ 144.39	946.56 $\pm$ 147.90	983.61 $\pm$ 147.55
- อายุ 16 สัปดาห์	1,110.02 $\pm$ 194.69	1,332.50 $\pm$ 192.70	1,347.93 $\pm$ 174.57	1,205.28 $\pm$ 164.47	1,264.72 $\pm$ 151.47	1,439.36 $\pm$ 232.44
น้ำหนักตัวเมื่อให้ไข่ฟองแรก (กรัม)	1,778.60 $\pm$ 216.54	1860.16 $\pm$ 204.46	1,880.34 $\pm$ 223.10	1,871.31 $\pm$ 199.95	1,750.53 $\pm$ 165.47	1,887.09 $\pm$ 372.49
น้ำหนักไข่ฟองแรก (กรัม)	38.46 $\pm$ 5.31	39.06 $\pm$ 4.43	38.03 $\pm$ 2.93	38.35 $\pm$ 4.71	39.55 $\pm$ 3.82	37.55 $\pm$ 5.74
น้ำหนักไข่เฉลี่ย (กรัม)	49.31 $\pm$ 5.58	48.83 $\pm$ 5.53	47.70 $\pm$ 4.30	49.72 $\pm$ 5.66	48.52 $\pm$ 4.25	49.59 $\pm$ 4.95
อัตราการให้ไข่สูงสุด (%)	40.76	41.01	50.60	50.01	45	44.12
อัตราการตายและคัดทิ้ง (%)						
- แรกเกิดถึงก่อนไข่	5.28	6.61	5.66	6.12	5.74	5.50
- ช่วงให้ผลผลิตไข่	3.46	2.98	3.59	2.52	3.19	3.18
ปริมาณอาหารที่กินต่อตัว						
- แรกเกิดถึงก่อนไข่	7.17(kg)	7.17(kg)	7.17(kg)	7.17(kg)	7.17(kg)	7.17(kg)
- ช่วงให้ผลผลิตไข่	100g/วัน	100g/วัน	100g/วัน	100g/วัน	100g/วัน	100g/วัน

ตารางที่ 4.1.1.2 ผลผลิตไข่สะสมเป็นรายเดือนของไก่ มทส.

เดือนที่	ผลผลิตไข่สะสมของไก่ มทส. เป็นฟอง (SD)							
	101	102	103	104	105	106	107	108
1	2.7 (4.2)	3.47 (5.5)	9.75 (9.55)	5.32 (12.04)	2.28*	2.58 (2.2)	3.04	3.23
2	27 (7.1)	19.94 (12.2)	28.73 (15.86)	18.33 (18.22)	15.13 (8.36)	24.08 (8.11)	14.29 (7.05)	14.13 (8.07)
3	54 (7.8)	43.92 (15.3)	49.37 (19.57)	40.93 (20.68)	35.52 (13.46)	48.02 (10.35)	37.88 (10.04)	37.86 (13.01)
4	80 (9.4)	68.04 (19.2)	69.11 (22.99)	59.47 (23.41)	60.88 (11.03)	68.11 (14.12)	64.53 (12.32)	62.11 (16.2)
5	105 (13)	90.82 (19.3)	86.30 (27.38)	64.15 (15.38)	80.12(12.41)	88.34 (19.75)	90.73 (15.17)	83.55 (18.75)
6	128 (15)	111.08 (23.7)	101.9 (31.67)	87.19 (15.38)	100.63 (14.01)	107.62 (26.37)	113.95 (18.29)	111.20 (13.66)
7	150 (19)	127.24 (28.0)	117.50 (35.46)	107.62 (17.64)	122.04 (16.98)	131.93 (21.65)	134.10 (21.27)	133.90 (14.82)
8	170 (22)	141.16 (33.3)	132.60 (38.90)	125.32 (20.08)	140.79 (21.24)	150.81 (26.20)	155.58 (24.39)	155.91 (16.51)
9	188 (27)	154.21 (38.4)	144.80 (42.27)	141.81 (22.75)	155.75 (26.45)	168.82 (31.38)	177.23 (28.51)	173.95 (17.39)
10	203 (33)	168.59 (42.8)	154.40 (45.55)	157.88 (25.01)	171.43 (31.82)	188.22 (36.21)	194.26 (31.27)	190.66 (24.34)
11	218 (39)	182.42 (46.7)	169.6 (49.32)	172.27 (27.94)	188.14 (36.47)	204.55 (40.43)	212.71 (34.69)	211.13 (29.02)
12	229 (45)	190.8 (48)	175.57 (52.87)	183.97 (31.80)	203.74 (40.92)	218.12 (44.23)	231.68 (39.02)	225.94 (48.56)

หมายเหตุ * ไม่มีค่า SD เนื่องจากไม่สามารถนำไข่สาวขึ้นกรงเดี่ยวได้ เพราะโรงเรือนยังก่อสร้างไม่เสร็จดังนั้นจึงไม่มีข้อมูลรายตัวที่จะคำนวณค่า SD ได้

ตารางที่ 4.1.1.3 สมรรถนะการผลิตของไก่ มทส.

รายการ	โกกุกผสม มทส.							
	101	102	103	104	105	106	107	108
ปริมาณไข่ตลอดช่วงเวลาที่ให้ไข่ 52 สัปดาห์ (ฟอง)	229± 45	190.8±47.99	175.57±52.87	183.97±31.80	203.74±40.90	218.12±44.23	231.68±39.02	225.94±48.56
อัตราการผสมติด (%)	80	71	70	83	83	90	90	88
อัตราการฟักออก (%)	91	91	90	90	90	90	90	90
อายุเมื่อให้ไข่ฟองแรก (วัน)	172	181.48	207.41	197.46	189	181	170	169.66±8.17
น้ำหนักตัว (กรัม)								
• แรกเกิด	39.54±3.20	45.74±4.08	43.36±4.77	43.84±3.92	43.76±4.00	41.59±4.81	43.13±4.41	44.98±4.32
• อายุ 4 สัปดาห์	331±50.99	267.55±57.63	297.41±136.25	276.6±49.27	380.76±58.76	394.79±58.15	350.29±59.96	301.57±53.81
• อายุ 8 สัปดาห์	764.28±106.18	655.08±136.93	631.43±146.91	719.74±153.16	617.35±97.22	906.83±123.04	626.36±101.40	823.94±148.6
• อายุ 12 สัปดาห์	1,121.92 ± 174.33	1,102.98 ± 258.30	1,047.59 ± 255.34	1,226.6±222.46	1,204.61±178.08	1,141.80±136.56	1,313.67±387.80	1315.94±195.73
• อายุ 16 สัปดาห์	1,516.09 ± 216.85	1,512.63 ± 365.55	1,466.71 ± 320.69	1,583.57 ± 251.55	1,545.42±224.37	1532.98±153.05	1,727.51±231.97	1780.23±205.45
น้ำหนักตัวเมื่อให้ไข่ฟองแรก (กรัม)	2,768.31	2,943.22	2,722.92	2,593.60	2,716.24	2,712.46	2,610.05	2,562.99
น้ำหนักไข่ฟองแรก (กรัม)	47.55 ± 6.56	46.70 ± 7.79	50.92 ± 5.94	51.62 ± 21	56.61±8.13	46.89±5.77	46.30±5.78	55.66±8.2
น้ำหนักไข่เฉลี่ย (กรัม)	66.41	60.43	63.72	62.92	64.02	68.48	65.17	62.45
อัตราการให้ไข่สูงสุด (%)	90.11	78.41	76.32	77.83	78.6	86.41	86.24	83.94
อัตราการตายและคัตทิ้ง (%)								
- แรกเกิดถึงก่อนไข่	11.8	18.02	12.33	10.62	4.51	5.15	4.28	3.7
- ช่วงให้ผลผลิตไข่	2.74	40.06	20.78	11.84	10.35	10.30	6.59	9.5
ปริมาณอาหารที่กินต่อตัว								
- แรกเกิดถึงก่อนไข่	7.42 (kg)	7.17 (kg)	7.17 (kg)	8.01 (kg)	8.01 (kg)	8.01 (kg)	8.01 (kg)	8.01 (kg)
- ช่วงให้ผลผลิตไข่	117 g/วัน	117 g/วัน	117 g/วัน	120 g/วัน	120 g/วัน	120 g/วัน	120 g/วัน	120 g/วัน

ตารางที่ 4.1.1.4 ต้นทุนการผลิตไก่ มทส. ที่อายุ 1 วัน และที่เป็นไก่สาว (อายุ 20 สัปดาห์) ต้นทุนการผลิตไก่เนื้อลูกผสมโคราช ที่อายุ 1 วัน

รายการ	รุ่นที่							
	101	102	103	104	105	106	107	108
ต้นทุนการผลิตไก่ มทส.ที่อายุ 1 วัน (บาท/ ตัว)	8.56	10.24	11.34	12.39	12.04	11.90	10.04	10.77
ต้นทุนการผลิตไก่สาว มทส. (20 สัปดาห์) (บาท / ตัว)	162	164	165	204.12	359.59	359.46	362.80	358.33
ต้นทุนการผลิตไก่เนื้อโคราชที่อายุ 1 วัน (บาท / ตัว)	11.40	13.40	14.52	13.26	14.64	13.44	12.89	12.63

*ใช้ค่าเฉลี่ยของฟาร์มใหม่ที่เป็นระบบโรงเรือนปิด, ปรับค่าอาหารจาก 15 บาท/กก. เป็น 18 บาท/กก. ปรับค่าแรงจาก 250 บาท เป็น 300 บาท

4.1.2 ผลของการคัดเลือกแบบ RS ของลักษณะน้ำหนักตัวที่ส่งตลาด

ความคาดหวังจากผลการคัดเลือกแบบ RS คือ จะได้ไก่สายพันธุ์เหลืองโคราช (ที่คัดเลือกมาจากไก่เหลืองหางขาว กบินทร์บุรี) และไก่สายพันธุ์ มทส. ที่มีค่า inbreeding coefficient ประมาณ 30% ซึ่งผลที่จะตามมาจะทำให้ความสม่ำเสมอ (uniformity) และค่า heterosis ของการน้ำหนักตัวและการเจริญเติบโตของไก่โคราชสูงขึ้น

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า uniformity ซึ่งอยู่ในช่วง 50 – 60 % ทั้งในเพศผู้และเมีย (ตารางที่ 4.1.1.5) ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก และเมื่อพิจารณาค่า heterosis ที่ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในแต่ละรุ่น และไม่มีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของค่าดังกล่าว รวมถึงค่า inbreeding coefficient ก็ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4.1.1.6)

ผลการดำเนินงานนี้ไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ อธิบายได้ว่า ในการดำเนินการคัดเลือกไก่นั้น ไม่สามารถเพิ่มความเข้มข้นในการคัดเลือก (selection intensity) ให้สูงกว่า 0.5 ได้ เนื่องจาก ในสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ.2560 ฟาร์มมหาวิทยาลัยจำเป็นต้องคงจำนวนปู่ย่า ตายาย ทั้งหมดไว้เพื่อใช้ในการผลิตลูกไก่โคราชเพื่อจำหน่ายให้เกษตรกรเพื่อลดความรุนแรงของปัญหาไม่มีลูกไก่จำหน่ายให้เกษตรกร ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยจำเป็นต้องกำจัดพ่อแม่พันธุ์ทั้งหมดเพราะพื้นที่โดยรอบของมหาวิทยาลัยมีการระบาดของโรค หลังจากนั้น ในปี พ.ศ.2561 ก็ยังไม่สามารถเพิ่มความเข้มข้นในการคัดเลือกได้ เนื่องจากฟาร์มต้องใช้ไก่ปู่ย่า ตายาย ทั้งหมดในการผลิตพ่อแม่พันธุ์ชุดใหม่ทั้งหมดเพื่อให้ได้แม่พันธุ์จำนวน 6,000 ตัว ด้วยเหตุที่ไม่สามารถคัดเลือกแบบเข้มข้นได้ จึงเป็นผลให้ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับของพันธุกรรมตามที่กำหนดไว้ในแผนตั้งแต่แรก

สถานการณ์ปัจจุบันนี้เข้าสู่ภาวะปกติ คาดว่าจะสามารถเพิ่มความเข้มข้นในการคัดเลือกให้สูงกว่า 0.5 ได้แล้ว อย่างไรก็ตามเป้าหมายในการคัดเลือกในอนาคตต่อจากนี้ จำเป็นต้องทบทวน เช่น การเพิ่มความสม่ำเสมอของการเจริญเติบโตของไก่ยังคงมีความจำเป็น แต่การเพิ่มการเจริญเติบโตยังคงมีความจำเป็นหรือไม่ หรือมีลักษณะอื่นที่จำเป็นมากกว่าเช่น การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่โดยไม่ต้องให้ไก่มีการเจริญเติบโตที่มากขึ้น เป็นต้น

ตารางที่ 4.1.1.5 ความสม่ำเสมอของน้ำหนักตัวไก่เนื้อโคราชตั้งแต่รุ่นที่ 101 ถึง 108

Item	Uniformity % of Korat meat chicken							
	101	102	103	104	105	106	107	108
เพศผู้	45.49	43.71	56	61.9	64	57.65	ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้	50
เพศเมีย	52.64	47.36	60	61.3	47	56.66	เนื่องจากต้องทำลายไก่ทั้งหมด	60
รวม	32.35	34.94	38	35	36	58.96	เพราะเกิดโรคระบาด	39

ตารางที่ 4.1.1.6 ค่าทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักที่ส่งตลาด (10 สัปดาห์) ของประชากรไก่เนื้อโคราช

ค่าทางพันธุกรรม	101	102	103	104	105	106	107	108
Number of chickens	1,295	2,094	2,043	1,443	1,424	1,233	ไม่สามารถเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบได้	2,358
Least square mean (gram $\pm$ SE)	1,357 $\pm$ 0.06	1,216 $\pm$ 0.05	1,234 $\pm$ 0.04	1,379 $\pm$ 0.05	1,265 $\pm$ 0.05	1,232 $\pm$ 0.06	เนื่องจากต้องทำลายไก่ทั้งหมดในระหว่างการทดสอบเพราะเกิดโรคระบาด	1,260 $\pm$ 0.03
Heterosis (%) *	51.57	34.40	32.35	69.11	24.88	28.86		37.23
Heterosis (gram)	699.80	418.30	399.20	953.03	314.73	355.5		341.85
σ_a^2	493	2,640	5,490	7,676	6,640	6,860		9,490
h^2	0.01	0.05	0.11	0.14	0.20	0.2		0.2
σ_e^2	34,700	40500	32,800	35,000	18,500	18,700		30,400
σ_p^2	49,300	52,800	49,909	54,828	33,667	33,483		48,105
$\sigma_{PD}^2 / \sigma_P^2$	0.008	0.04	0.06	0.05	0.07	0.07	0.012	0.04
ΔF ไก่ มทส**	0	0	0	0.02	0.015	0.015		0.011
ΔF ไก่เหลืองขาว**	0	0.099	0.066	0.047	0.027	0.023		

หมายเหตุ * ค่า heterosis ที่คำนวณอาจเป็นค่าที่สูงกว่าที่ควรเป็นเนื่องจาก ไก่พ่อและแม่พันธุ์ ถูกควบคุมน้ำหนัก ด้วยการจำกัดอาหาร การทดสอบนี้ใช้อาหารทางการค้า แบ่งตามช่วงอายุ 0 – 3 สัปดาห์, 3 – 6 สัปดาห์ และ 6 – 10 สัปดาห์ ใช้อาหาร 21%, 19% และ 17% โปรตีนตามลำดับ

** เป็นค่า inbreeding coefficient เฉลี่ย

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.2 ศึกษาโครงสร้างพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราช รวมถึงการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อ กลิ่น และรสชาติ เพื่อนำไปสู่แนวทางในการพัฒนาพันธุกรรมของไก่ที่รวดเร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้น และยังสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อการจำแนกสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราชออกจากไก่ต่างๆ

ผลการศึกษาและการอภิปรายผลข้อที่ 1.2

การศึกษาที่ 1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง FCR และค่าที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ ได้ดำเนินการเสร็จแล้ว ผลแสดงในตารางที่ 4.1.2.1, 4.1.2.2 โดยผลแสดงให้เห็นว่า FCR มีความสัมพันธ์กับคุณภาพเนื้อในส่วน of pH0, %WHC (water holding capacity) เป็นความสัมพันธ์แบบ positive correlation ในขณะที่ FCR มีความสัมพันธ์แบบ negative correlation กับค่า AMP (Adenosine monophosphate) และ inosine ในขณะที่เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง FCR กับค่าของ spectrum profile ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SR-IR พบความสัมพันธ์แบบ positive correlation กับ spectrum ที่บ่งชี้ถึง molecule ของ glycogen ผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่า การพัฒนาไก่ให้มี FCR ที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีผลกระทบต่อคุณภาพของเนื้อแน่นอน

สำหรับการศึกษาที่ 2 ได้ดำเนินการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเสร็จแล้ว ผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการแสดงไว้ในตารางที่ 4.1.2.3 และ ตารางที่ 4.1.2.4 รูปที่ 4.1.2.1

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ค่าที่บ่งชี้คุณภาพเนื้อและ nucleotide contents ในเนื้อสะโพกของไก่โคราชเพศผู้ ในตารางที่ 4.1.2.1 พบว่าไก่ที่มีค่า FCR ต่ำ จะมีน้ำหนักตัวสูงและมีการเจริญเติบโตสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าไก่ที่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูง จะให้ผลผลิตเนื้อที่มีค่า pH0 สูง สามารถอุ้มน้ำได้ดี แต่มีปริมาณ AMP กับ Inosine ในเนื้อต่ำ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสอดคล้องกันกับผลในตารางที่ 4.1.2.3 ทั้งนี้อาจเป็นผลจากโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อของไก่ประสิทธิภาพอาหารสูงกับไก่ประสิทธิภาพอาหารต่ำแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยงานวิจัยของ Jaturasitha et al. (2008) พบว่าไก่พันธุ์ Rhode น้ำหนักเฉลี่ย 1,580 กรัม มีสัดส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type I และ Type IIA น้อยกว่าไก่พื้นเมืองไทย น้ำหนักเฉลี่ย 1,280 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้ามพบว่าไก่พันธุ์ Rhode มีสัดส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type IIB มากกว่าไก่พื้นเมืองไทย น้ำหนักเฉลี่ย 1280 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าไก่พันธุ์ Rhode มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type IIB มากกว่าไก่พื้นเมืองไทย ในการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type I และ Type IIA เป็นกล้ามเนื้อที่ใช้ออกซิเจนสูงในการหายใจ ในขณะที่เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type IIB เป็นกล้ามเนื้อที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการหายใจ เพราะฉะนั้นสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type I, Type IIA และ Type IIB กับเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type IIB อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อหลังการตาย (post mortem) กล่าวคือหลังการตายกล้ามเนื้อจะไม่สามารถใช้ออกซิเจนในการหายใจได้ จึงส่งผลให้กล้ามเนื้อสลายไกลโคเจน ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่เป็นแหล่งพลังงานในกล้ามเนื้อมาใช้ ในการสลายไกลโคเจนจะเกิด lactic acid สะสมในกล้ามเนื้อ ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH, ค่า WHC และค่า drip loss ซึ่ให้เห็นว่ามีเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type IIB มากจะมีพื้นที่เก็บสะสมไกลโคเจนในกล้ามเนื้อได้มาก ทำให้สามารถดึงไกลโคเจนจากกล้ามเนื้อมาใช้ได้มากกว่า ส่งผลให้สัตว์ที่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีให้ผลผลิตเนื้อที่มีค่า pH ต่ำ โดยข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกับผลในตารางที่ 4.1.2.2

การศึกษาค่าบ่งชี้คุณภาพเนื้อ ค่าองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อ ด้วยวิธี proximate analysis และ nucleotide contents ในโคราชเพศผู้ โดยการแบ่งไก่ออกเป็น 3 กลุ่ม ตามค่า FCR ได้แก่ ไก่โคราชเพศผู้ที่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูง ปานกลาง และต่ำ เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักตัวกับค่า ADG พบว่าไก่กลุ่มที่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูง (ค่า FCR ต่ำ) จะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าไก่กลุ่มที่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำ (ค่า FCR สูง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลการศึกษาในตารางที่ 4.1.2.3 พบว่า เนื้อสะโพกของไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารสูง มีค่าความเป็นกรด (pH24) ต่ำกว่าไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในปัจจุบันนี้ยังไม่พบรายงานค่ามาตรฐาน pH24 ในเนื้อสะโพกไก่ แต่อย่างไรก็ตามพบรายงานค่า pH24 ในเนื้ออกไก่ โดยพบว่าปกติค่า pH24 ในเนื้ออกไก่มีค่าเท่ากับ 6.00 ซึ่งค่า pH24 มีความสำคัญในการบ่งชี้คุณภาพเนื้อที่เกี่ยวข้องกับลักษณะเนื้อที่มีสีซีด เนื้อนิ่ม น้ำเยิ้ม (Pale Soft Exudative : PSE) มีค่า pH24 ประมาณ 5.7 หรือบ่งชี้ลักษณะเนื้อที่มีสีเข้ม เนื้อแน่นเหนียว ไม่ชุ่มน้ำ (Dark Firm Dry : DFD) (Garcia et al., 2010) จากข้อมูลงานวิจัยของ Sarsenbek et al. (2013) พบผลการศึกษาเป็นไปในทาง

ตรงกันข้ามกับการศึกษานี้ โดยพบว่าไก่พันธุ์ Acres broilers มีน้ำหนักเฉลี่ย 1,532 กรัม มีค่าความเป็นกรดในเนื้อสะโพก (pH₂₄=6.55) สูงกว่าไก่พันธุ์ Baicheng-You มีน้ำหนักเฉลี่ย 1,873 กรัม (pH₂₄=6.10)

นอกจากนี้การศึกษา nucleotide contents มีวัตถุประสงค์ในการศึกษา nucleotide contents เพื่อบ่งชี้ถึงปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับรสชาติความอร่อยในเนื้อสะโพกไก่ โดยปริมาณ IMP มีความสำคัญต่อรสชาติอร่อยในเนื้อ เมื่อ IMP ในเนื้อสลายจะกลายเป็น GMP AMP ATP และ Inosine ผลการศึกษาพบว่าเนื้อสะโพกของไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงมีปริมาณ AMP สูงกว่าไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า ปริมาณ IMP ในเนื้อสะโพกของไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงถูกสลายมากกว่าไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำ ซึ่งไม่พบงานวิจัยที่รายงานปริมาณ AMP ในเนื้อสะโพกไก่ แต่อย่างไรก็ตามพบงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่าไก่พันธุ์ Acres broilers มีน้ำหนักเฉลี่ย 1,532 กรัมมีปริมาณ IMP ในเนื้อสะโพกต่ำกว่าไก่พันธุ์ Baicheng-You มีน้ำหนักเฉลี่ย 1,873 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sarsenbek et al., 2013) ในทำนองเดียวกันงานวิจัยของ Guan et al. (2013) พบว่าไก่พันธุ์ Arbor Acres plus มีน้ำหนักเฉลี่ย 1,921.31 กรัม มีปริมาณ IMP ในกล้ามเนื้อน้อยกว่า ไก่พันธุ์ Ninghai chicken มีน้ำหนักเฉลี่ย 1,398.39 กรัม อย่างมีนัยสำคัญ ชี้ให้เห็นว่าไก่ที่มีการเจริญเติบโตดี จะให้ผลผลิตเนื้อสะโพกที่มีสาร IMP ต่ำ

ในส่วนของการศึกษาค่าองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อ ด้วยวิธี proximate analysis พบว่าเนื้อสะโพกของไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงมี %ไขมันสูงกว่าไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Jaturasitha et al. (2008) พบว่าไก่พันธุ์ Rhode น้ำหนักเฉลี่ย 1580 กรัม มีไขมันสูงกว่าไก่พื้นเมืองไทย น้ำหนักเฉลี่ย 1,280 กรัมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้ามพบว่าเนื้อสะโพกของไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงมี %โปรตีน สูงกว่าไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่งานวิจัยของ Guan et al. (2013) พบว่า %ไขมันของไก่ที่มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าไก่ที่มีการเจริญเติบโตช้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่งานวิจัยของ Sarsenbek et al. (2013), Guan et al. (2013) และ Jaturasitha et al. (2008) พบว่า %โปรตีนของไก่ที่มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าไก่ที่มีการเจริญเติบโตช้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การศึกษาค่า spectrum profile ที่ได้จากเทคนิค Synchrotron Fourier Transformation Infrared (SF-IR) Microspectrophotometer ในเนื้อสะโพกไก่เพศผู้ พบว่าเนื้อสะโพกของไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงมี Amide III (wavenumber = 1338) สูงกว่าไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชี้ให้เห็นว่าเนื้อสะโพกของไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงมีคอลลาเจนสูงกว่าไก่กลุ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำ เมื่อพิจารณา PCA ในรูปที่ 4.1.2.1 จะเห็นว่าไก่ทั้งสองกลุ่มมีองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.1.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (correlation coefficient) (ค่าบน) และค่า *P – value* (ค่าล่าง) ระหว่างน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ค่าที่บ่งชี้คุณภาพเนื้อและ nucleotide contents ในเนื้อสะโพกของไก่โคราชเพศผู้

	BW10	FCR	ADG	pH0	pH24	%WHC	%DL	GMP	IMP	AMP	Inosine
BW10	1										
FCR	-0.567** (0.000)	1									
ADG	1.000** (0.000)	-0.567** (0.000)	1								
pH0	-0.174 (0.136)	0.240* (0.038)	-0.176 (0.131)	1							
pH24	-0.066 (0.575)	0.130 (0.267)	-0.065 (0.577)	0.274* (0.017)	1						
%WHC	-0.349** (0.002)	0.299** (0.010)	-0.353** (0.002)	0.313** (.007)	0.257* (.027)	1					
%DL	0.185 (0.117)	-0.119 (0.316)	0.186 (0.116)	-0.117 (0.326)	-0.014 (0.910)	-0.286* (0.015)	1				
GMP	0.308** (0.007)	-0.212 (0.068)	0.311** (0.007)	-0.184 (0.114)	-0.328** (.004)	-0.306** (0.008)	0.269* (0.021)	1			
IMP	0.189 (0.104)	0.144 (0.218)	0.188 (0.106)	0.159 (0.174)	-0.179 (0.124)	0.083 (0.482)	-0.036 (0.765)	0.166 (0.155)	1		
AMP	0.155 (0.183)	-0.312** (.006)	0.159 (0.173)	-0.058 (0.624)	0.309** (.007)	-0.060 (0.613)	0.213 (0.071)	0.153 (0.191)	-0.480** (0.000)	1	
Inosine	0.239* (0.039)	-0.305** (0.008)	0.239* (0.039)	-0.125 (0.285)	0.153 (0.190)	-0.212 (0.070)	0.230* (0.050)	-0.026 (0.827)	-0.232* (0.045)	0.630** (0.000)	1

หมายเหตุ: BW10 : body weight at 10 weeks, FCR : Feed conversion ratio, ADG : Average dairy gain, %WHC : %Water holding capacity, %DL : %Drip loss, IMP : *inosine* monophosphate, GMP : *Guanosine* monophosphate, AMP :

Adenosine monophosphate, Hypoxanthine and ATP : *adenosine* triphosphate were non detected การทดสอบนี้ใช้อาหารทางการค้า แบ่งตามช่วงอายุ 0 – 3 สัปดาห์, 3 – 6 สัปดาห์ และ 6 – 10 สัปดาห์ ใช้อาหาร 21%, 19% และ 17% โปรตีน ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1.2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (correlation coefficient) (ค่าบน) และค่า *P* – value (ค่าล่าง) ระหว่างประสิทธิภาพการใช้อาหาร ค่าที่บ่งชี้คุณภาพเนื้อและองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อสะโพกของไก่โคราชเพศผู้

	FCR	Lipid	Ester	Amide1	Amide2	CH-Bend	Amide3	Carbohydrate, Glycogen
FCR	1							
Lipid	-0.044 (0 .871)	1						
Ester	0.113 (0 .688)	0.515* (0 .050)	1					
Amide1	-0.388 (0 .138)	0.332 (0 .209)	-0.151 (0 .591)	1				
Amide2	-0.386 (0 .139)	0.485 (0.057)	0.282 (0 .308)	0.523* (0 .038)	1			
CH-Bend	-0.065 (0 .810)	0.114 (0.673)	-0.076 (0.787)	-0.006 (0 .983)	-0.275 (0 .302)	1		
Amide3	0.372 (0 .364)	0.514 (0 .192)	-0.260 (0 .573)	0.269 (0 .520)	0.121 (0 .775)	-0.175 (0 .678)	1	
Carbo, Gly	0.712** (0 .002)	0 .138 (0.610)	0.211 (0 .450)	0.022 (0 .935)	0 .176 (0 .515)	-0.088 (0.745)	0.227 (0 .589)	1

หมายเหตุ: FCR : Feed Conversion Ratio, ADG : Average Dairy Gain, %WHC : %Water Holding Capacity, %DL : %Drip loss, Carbo : Carbohydrate, Gly : Glycogen

การทดสอบนี้ใช้อาหารทางการค้า แบ่งตามช่วงอายุ 0 – 3 สัปดาห์, 3 – 6 สัปดาห์ และ 6 – 10 สัปดาห์ ใช้อาหาร 21%, 19% และ 17% โปรตีนตามลำดับ

ตารางที่ 4.1.2.3 ค่าเฉลี่ย (standard deviation) ของน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR) และค่าบ่งชี้คุณภาพเนื้อและ nucleotide contents ในเนื้อสะโพกของไก่โคราชเพศผู้ โดยแยกเป็นกลุ่มที่มี FCR ต่ำ ปานกลาง และสูง

Parameters	Low FCR group (N=15)	Medium FCR group (N=45)	High FCR group (N=15)
BW 10 wks. (kg)	1585.00 (187.69)	1470.57 (172.55)	1296.00 (150.28)
FCR	2.17 (0.14)	2.61 (0.18)	3.11 (0.14)
ADG	22.03 (2.69)	20.36 (2.48)	17.90 (2.13)
pH0	6.57 (0.27)	6.76 (0.26)	6.75 (0.29)
pH24	6.09 (0.26)	6.26 (0.33)	6.71 (0.27)
%WHC	81.25 (3.74)	82.19 (4.27)	83.92 (5.87)
%DL	10.72 (4.30)	9.44 (3.84)	9.91 (7.02)
GMP (mg/g)	0.16 (0.04)	0.14 (0.04)	0.14 (0.04)
IMP (mg/g)	4.18 (1.06)	4.20 (0.86)	4.62 (0.71)
AMP(mg/g)	0.11 (0.03)	0.10 (0.03)	0.09 (0.01)
Inosine(mg/g)	0.49 (0.15)	0.48 (0.15)	0.39 (0.08)
%moisture	74.49 (0.43)	73.94 (1.93)	74.60 (1.45)
Crude fat (%dry)	16.23 (0.85)	12.49 (0.57)	15.91 (0.70)
Crude protein (%dry)	87.84 (1.60)	80.80 (2.12)	83.17 (2.18)

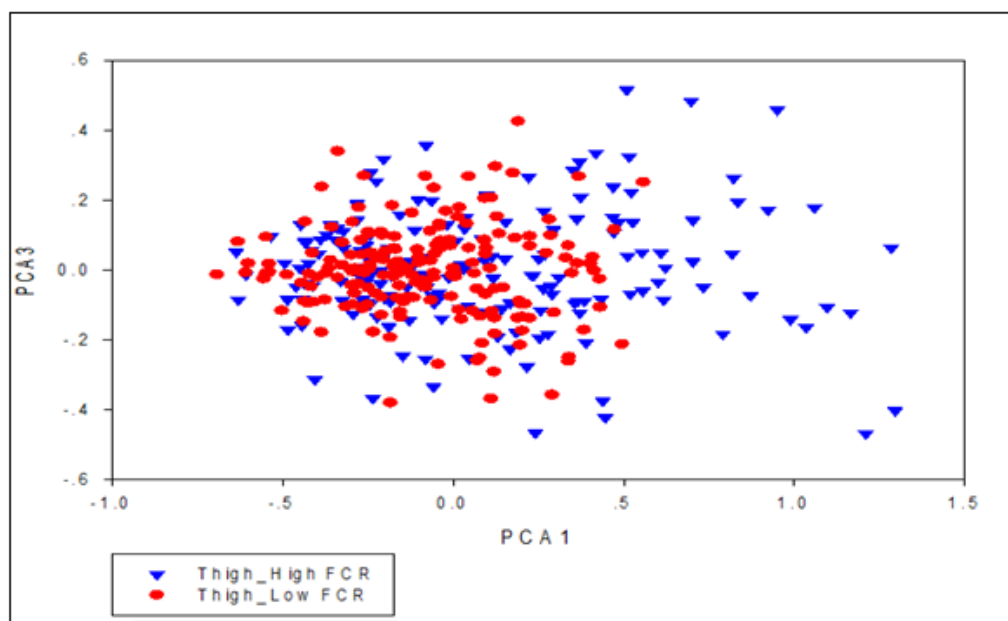
BW10: Body weight 10 wks., FCR: Feed Conversion Ratio, ADG: Average Dairy Gain, %WHC: %Water Holding Capacity, %DL: %Drip loss

การทดสอบนี้ใช้อาหารทางการค้า แบ่งตามช่วงอายุ 0 – 3 สัปดาห์, 3 – 6 สัปดาห์ และ 6 – 10 สัปดาห์ ใช้อาหาร 21%, 19% และ 17% โปรตีนตามลำดับ

ตารางที่ 4.1.2.4 ค่าเฉลี่ย (standard deviation) ของน้ำหนักตัว ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR) และค่า spectrum profile ด้วยเทคนิค Synchrotron Fourier Transformation Infrared (SF-IR) Microspectrophotometer

Parameters (Wavenumber)	Low FCR group in thigh (N=5)	High FCR group in thigh (N=5)	Low FCR group in breast (N=5)	High FCR group in breast (N=5)
Lipid (3000-2800)	0.024924 (0.004937)	0.023320 (0.008201)	0.021419 (0.004082)	0.016913 (0.002573)
Ester bond (1743)	0.003892 (0.004038)	0.004076 (0.004327)	0.001528 (0.000797)	0.000653 (0.000184)
Amide I (1700-1600)	0.075198 (0.003643)	0.071350 (0.005885)	0.063281 (0.010490)	0.069933 (0.009143)
Amide II (1600-1500)	0.040291 (0.004711)	0.253915 (0.004186)	0.035979 (0.004914)	0.040893 (0.005506)
CH bending (1450, 1380)	0.018079 (0.001316)	0.017913 (0.005506)	0.017694 (0.004668)	0.017875 (0.001707)
Amide III (1338)	0	0.000936 (0.000996)	0.002072 (0.001622)	0.000244 (0.000117)
Carbohydrate/glycogen (1250-900)	0.013221 (0.005977)	0.026541 (0.008840)	0.021055 (0.007145)	0.011713 (0.001276)

การทดสอบนี้ใช้อาหารทางการค้า แบ่งตามช่วงอายุ 0 – 3 สัปดาห์, 3 – 6 สัปดาห์ และ 6 – 10 สัปดาห์ ใช้อาหาร 21%, 19% และ 17% โปรตีนตามลำดับ



รูปที่ 4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มเนื้อสะโพกไก่ที่มี FCR สูง (สามเหลี่ยม สีน้ำเงิน) และ FCR ต่ำ (กลม สีแดง) ด้วยวิธี PCA จากข้อมูล spectrum profile ที่ได้จากเทคนิค Synchrotron Fourier Transformation Infrared (SF-IR) Microspectrophotometre

การศึกษาความแตกต่างระดับการแสดงออกของยีน (Differential analysis)

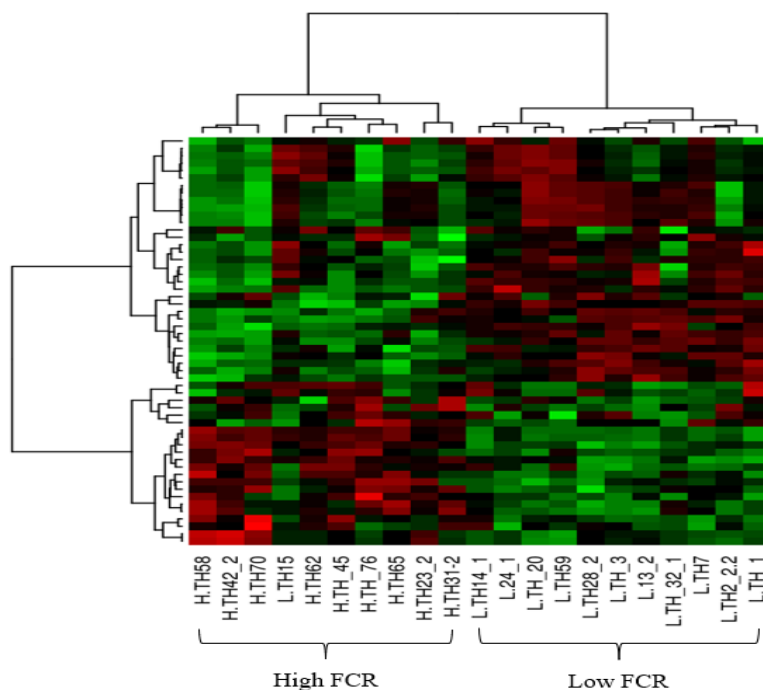
ผลการศึกษาความแตกต่างการแสดงออกของยีนระหว่างไก่กลุ่มที่มี FCR สูง (HFCR) และต่ำ LFCR พบว่า ไม่พบความแตกต่างการแสดงออกของยีนระหว่างไก่ทั้งสองกลุ่มนี้ ในการศึกษาครั้งนี้ อาจกล่าวได้ว่าการพยายามหาคำตอบว่ามียีนกลุ่มใดบ้างที่แสดงออกแตกต่างกันระหว่างไก่ HFCR และ LFCR อาจยังไม่เหมาะสมสำหรับไก่โคราชที่ยังมีความแตกต่างของประสิทธิภาพการใช้อาหารอยู่มาก อย่างไรก็ตามเมื่อคัดเลือก 50 ยีน ที่มีการแสดงออกต่ำที่สุด และแสดงออกสูงที่สุดในไก่กลุ่ม HFCR และ LFCR มาวิเคราะห์พบว่ายีนบางกลุ่มมีระดับการแสดงออกของยีนแตกต่างกันระหว่างไก่กลุ่ม HFCR กับ LFCR ดังรูปที่ 4.1.2.2 จากรูปแสดงชี้ให้เห็นสัญญาณความแตกต่างทาง molecular biology ของไก่ที่เป็น LFCR และ HFCR ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ใช้วิธีการทางสถิติอีกวิธีการหนึ่งคือ Weight Gene Co – Expression Network Analysis (WGCNA) ซึ่งเป็นวิธีการที่จะให้ข้อมูลว่า ระดับการแสดงออกของยีนทั้งหมดที่พบในไก่แต่ละตัวมีความสัมพันธ์กับลักษณะต่างๆ ที่สนใจ เช่น ประสิทธิภาพการใช้อาหาร คุณภาพเนื้อ องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหรือไม่ ถ้ามีความสัมพันธ์กัน ยีนกลุ่มใดสัมพันธ์กับลักษณะใดบ้าง ผลการศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์วิธีนี้จะทำให้สามารถทราบได้ว่ามียีนกลุ่มใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับลักษณะประสิทธิภาพการใช้อาหารไปพร้อมๆ กัน

Weight Gene Co – Expression Network Analysis (WGCNA) ระหว่างระดับการแสดงออกของยีนกับประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพเนื้อ

การศึกษานี้สามารถสร้าง modules ได้จำนวน 38 modules จากยีนจำนวน 10,562 ยีน โดยแต่ละ module บรรจุจำนวนยีน แสดงดังตารางที่ 4.1.2.5 โดยพบว่า MEdiumpurple module มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ค่า FCR (ที่อายุ 10 สัปดาห์) กับ ค่า WHC, IMP, AMP และ Inosine แสดงดังรูปที่ 4.1.2.3 ดังนั้นยีนที่บรรจุใน MEdiumpurple module ถูกนำไปวิเคราะห์ Functional gene ontology enrichment

Functional gene ontology enrichment

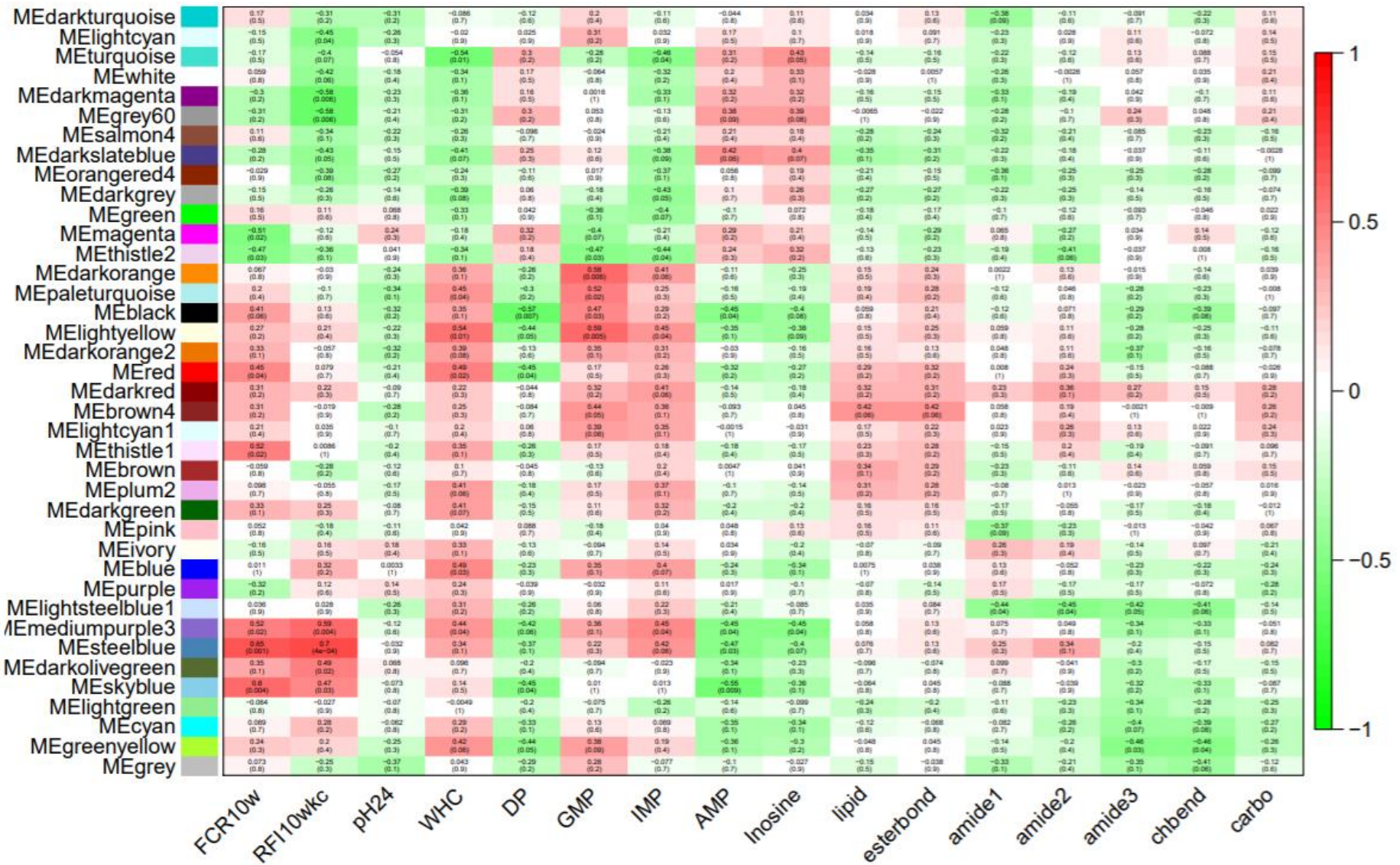
จากการนำ MEdiumpurple module ไปวิเคราะห์ Functional gene ontology enrichment การศึกษานี้พบ 24 Gene Ontology (GO) term มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารกับคุณภาพเนื้อในสะโพกไก่เพศผู้ แสดงดังตารางที่ 4.1.2.6 เมื่อพิจารณาจาก heat map enriched GO term ของ MEdiumpurple module (รูปที่ 4.1.2.4) พบว่า pathways ที่เกี่ยวข้องกับ mitochondrial activity ได้แก่ mitochondrial gene expression, mitochondria respiratory chain complex assembly, mitochondrial translation and positive regulation of mitochondrial translation มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพเนื้อ จากการศึกษาของ Rochard et al. (2000) ซึ่งให้เห็นว่าการยับยั้งการทำงานของ mitochondrial translation ใน avian myoblast cell line (QM7) เชื่อมโยงกับการยับยั้งการพัฒนาระบบกล้ามเนื้อ นอกจากนี้พบว่าไก่ที่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำ มีการทำงานของ mitochondrial electron transport chain coupling ต่ำ ในขณะที่การทำงานของ higher hydrogen peroxide สูง เมื่อเทียบกับไก่ที่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูง (Bottje et al., 2006; Bottje and Carstens, 2009) ไก่ที่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูญเสียพลังงานระบายความร้อนในร่างกาย โดยเชื่อมโยงกับ inner mitochondrial membrane (Raimbault et al., 2001) และเป็นที่น่าสนใจว่าไก่ที่มีประสิทธิภาพอาหารสูงจะมีความทำงานของ fatty acid oxidation and cholesterol biosynthesis สูง ซึ่งส่งผลให้เกิดการสะสม reactive oxygen species (ROS) และเกิด oxidative stress ในกล้ามเนื้อสูง นำไปสู่การเพิ่มการสลายนิวคลีโอไทป์ในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น และส่งผลให้การทำงานของ mitochondrial ผิดปกติ (Abasht et al., 2019; Petracci et al., 2019) จากข้อมูลชี้ให้เห็นว่าไก่ที่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงมีความไวต่อการเกิด oxidative stress ในกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นสาเหตุในการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อ และเกี่ยวข้องกับการทำงานที่บกพร่องของ mitochondrial ในไก่



รูปที่ 4.1.2.2 Heat map of top 50 genes (lowest p-values) ระหว่างไก่อกลุ่ม HFCR กับ LFCR กลุ่มอื่น over-expression คือ สีแดง ในขณะที่กลุ่มอื่น under-expression คือ สีเขียว

ตารางที่ 4.1.2.5 จำนวนยีนที่บรรจุอยู่ในแต่ละ module

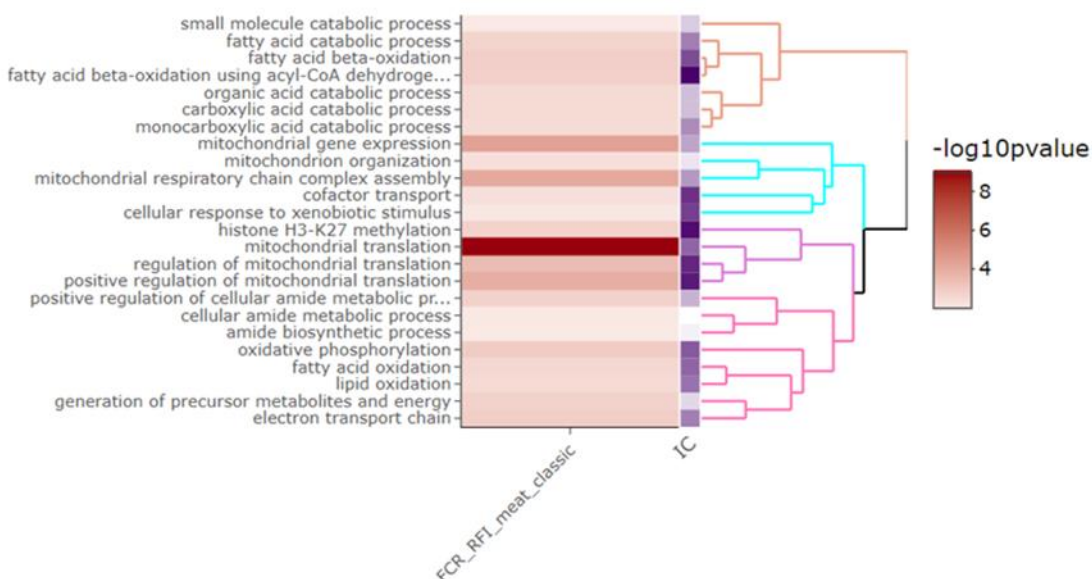
Modules	Number of genes	Modules	Number of genes	Modules	Number of genes
MEdarkturquoise	277	MEthistle2	53	MEpink	860
MElightcyan	164	MEdarkorange	122	MEivory	73
MEwhite	121	MEpaleturquoise	114	MEblue	907
MEdarkmagenta	112	MEblack	329	MEpurple	266
MEgrey60	152	MElightyellow	151	MElightsteelblue1	79
MEsalmon4	32	MEdarkorange2	66	MEmediumpurple3	82
MEdarkslateblue	58	MEred	340	MEsteelblue	116
MEorangered4	190	MEdarkred	148	MEdarkolivegreen	112
MEdarkgrey	718	MEbrown4	62	MEskyblue	118
MEgreen	681	MEplum2	166	MElightgreen	152
MEmagenta	289	MEdarkgreen	145	MEcyan	207
MEgreenyellow	238	MEgrey	1267	MEturquoise	1886
MElightcyan1	73	MEthistle1	48	MEbrown	855



รูปที่ 4.1.2.3 สหสัมพันธ์ระหว่าง modules กับ ประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพเนื้อในสะโพกไก่โคราชเพศผู้

ตารางที่ 4.1.2.6 Enriched GO terms จาก MEdiumpurple3 module ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้
อาหารและคุณภาพเนื้อในสเปกโกโคราชเพศผู้

GO Name	FCR_RFI_meat gene frequency	P-value	Genes symbol
Generation of precursor metabolites and energy	4.76% (5/105)	0.002	ATP5O, C26H6ORF125, NDUFV2, ETFDH, ETFRF1
Oxidative phosphorylation	12% (3/25)	0.001	ATP5O, C26H6ORF125, NDUFV2
Fatty acid beta-oxidation	11.11% (3/27)	0.001	HSD17B4, ACADS, ETFDH
Mitochondrion organization	3.14% (6/191)	0.005	CHCHD6, C26H6ORF125, NDUFB9, AARS2, NDUFB5, COA3
Fatty acid catabolic process	9.68% (3/31)	0.002	HSD17B4, ACADS, ETFDH
Organic acid catabolic process	5.48% (4/73)	0.003	HSD17B4, MTHFS, ACADS, ETFDH
Fatty acid oxidation	8.82% (3/34)	0.003	HSD17B4, ACADS, ETFDH
Electron transport chain	11.54% (3/26)	0.001	NDUFV2, ETFDH, ETFRF1
Mitochondrial translation	16.13% (5/31)	0.000	C26H6ORF125, AARS2, QRSL1, RPUSD4, COA3
Mitochondrial respiratory chain complex assembly	9.43% (5/53)	7.00E-05	C26H6ORF125, NDUFB9, AARS2, NDUFB5, COA3
Fatty acid beta-oxidation using acyl-CoA dehydrogenase	28.57% (2/7)	0.001	ACADS, ETFDH
Positive regulation of cellular amide metabolic process	6.45% (4/62)	0.002	C26H6ORF125, CYR61, RPUSD4, COA3
Lipid oxidation	8.33% (3/36)	0.003	HSD17B4, ACADS, ETFDH
Cellular amide metabolic process	2.22% (8/360)	0.009	MTHFS, C26H6ORF125, AARS2, QRSL1, RPS3A, CYR61, RPUSD4, COA3
Amide biosynthetic process	2.41% (7/291)	0.009	C26H6ORF125, AARS2, QRSL1, RPS3A, CYR61, RPUSD4, COA3
Small molecule catabolic process	3.92% (4/102)	0.010	HSD17B4, MTHFS, ACADS, ETFDH
Carboxylic acid catabolic process	5.48% (4/73)	0.003	HSD17B4, MTHFS, ACADS, ETFDH
Cofactor transport	15.38% (2/13)	0.005	SLC48A1, TCN2
Regulation of mitochondrial translation	17.65% (3/17)	0.000	C26H6ORF125, RPUSD4, COA3
Positive regulation of mitochondrial translation	25% (3/12)	0.000	C26H6ORF125, RPUSD4, COA3
Histone H3-K27 methylation	25% (2/8)	0.002	CHD3, SUPT6H
Cellular response to xenobiotic stimulus	11.76% (2/17)	0.008	NR3C1, CRYZ
Monocarboxylic acid catabolic process	7.89% (3/38)	0.004	HSD17B4, ACADS, ETFDH
Mitochondrial gene expression	10.64% (5/47)	4.00E-05	C26H6ORF125, AARS2, QRSL1, RPUSD4, COA3



รูปที่ 4.1.2.4 Heat map of enriched 24 GO terms ของ MEmediumpurple3 module จากวิธี Wang distance clustering

การศึกษาในวัตถุดิบประสงค้ข้อนี้สามารถสรุปได้ว่า การพัฒนาพันธุ์กรรมด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ อาหาร โดยใช้ FCR มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pHu (ultimate pH) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) การสูญเสีย น้ำ (drip loss) ค่าเหล่านี้มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นลักษณะเด่น ของไก่โคราช

นอกจากนี้ในการศึกษาเพื่อค้นหากลุ่มยีน และ pathway ที่เกี่ยวข้องประสิทธิภาพการใช้อาหาร และ คุณภาพเนื้อ พบกลุ่มยีนที่มีบทบาทที่เกี่ยวข้องทั้งลักษณะประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพเนื้อในกลุ่มของ pHu, WHC และ drip loss ซึ่งเป็นกลุ่มยีนที่อยู่ pathway mitochondrial gene expression, mitochondrial respiratory chain complex assembly, mitochondrial translation, positive regulation of mitochondrial translation, และ lipid oxidation

ข้อค้นพบดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาพันธุ์ไก่โคราช รวมถึงไก่กลุ่มโตช้าที่ไม่ ต้องการพัฒนาด้านการเจริญเติบโตแต่ยังจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการ แข่งขัน

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.3 ศึกษาปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม อาหาร และสิ่งแวดล้อม ในเชิงลึก เพื่อนำความรู้มาสู่การพัฒนาสายพันธุ์ อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่และเกษตรกร

จากที่กล่าวมาไว้ในบทที่ 3 หัวข้อวิธีการศึกษา การศึกษาในประเด็นนี้ จะแบ่งออกเป็น 2 วัตถุประสงค์คือ

1. การศึกษาปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม อาหาร ในประเด็น การศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาพันธุกรรม ร่วมกับการเสริมวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของ n-3 PUFA และสมุนไพรที่มีบทบาทในกระบวนการantioxidation ในอาหารต่อการสะสม n-3 PUFA ในเนื้อเพื่อเพิ่มการสะสม n-3 PUFA ในเนื้อไก่ โดยการศึกษาในส่วนนี้ แบ่งออกเป็น อีก 2 ประเด็นย่อย คือ

1.1 เพื่อศึกษาถึงการเพิ่มปริมาณของกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในเนื้อไก่โคราช โดยการเสริมน้ำมันปลาหรือน้ำมันลินซีดทดแทนน้ำมันรำข้าวในสูตรอาหาร รายละเอียดของผลการศึกษาได้รายงานไปแล้วในรายงานครั้งก่อนหน้า ซึ่งสามารถสรุปผลได้โดยรวมดังนี้

1. การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 6% ในสูตรอาหารไก่โคราช มีผลทำให้น้ำหนักตัวไก่ลดลง และค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) สูงขึ้น ในขณะที่การเสริมน้ำมันลินซีดที่ระดับ 6% ทำให้ค่า Cooking loss ในเนื้ออกสูงที่สุด
2. การเสริมน้ำมันลินซีดหรือน้ำมันปลาในสูตรอาหารไก่โคราช ไม่มีผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อ
3. การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 4% ในสูตรอาหาร มีผลทำให้มีกรดไขมัน DHA สูงที่สุด ทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพก
4. การเสริมน้ำมันปลาอย่างน้อย 2% ในสูตรอาหาร สามารถผลิตเนื้อไก่โคราชที่มีโอเมก้า-3 สูง (C20:5n-3 (EPA) + C22:6n-3 (DHA) ไม่น้อยกว่า 80 mg/เนื้อ 100 g) ทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพก
5. การเสริมน้ำมันลินซีดอย่างน้อย 2% ในสูตรอาหาร สามารถผลิตเนื้อไก่ที่มีโอเมก้า-3 สูง (C20:5n-3 (EPA) + C22:6n-3 (DHA) ไม่น้อยกว่า 80 mg/เนื้อ 100 g) ในเนื้ออก และการเสริมน้ำมันลินซีด 6% ในสูตรอาหาร สามารถผลิตเนื้อไก่โคราชที่มีโอเมก้า-3 สูง (C18:3n-3 (ALA) ไม่น้อยกว่า 600 mg/เนื้อ 100 g) ในเนื้อสะโพกได้

1.2 เพื่อศึกษาระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาในอาหารต่อคุณภาพเนื้อองค์ประกอบของ n-3 PUFA และการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสะสมกรดไขมันในไก่โคราช มีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

1. ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราช

ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราชแสดงดังตารางที่ 4.1.3.1 จากตารางสามารถสรุปได้ว่าระดับน้ำมันปลาในอาหารและระยะเวลาในการเสริมไม่มี

ปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ($P>0.05$) ต่อน้ำหนักตัว (BW), น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (BWG), ปริมาณอาหารที่กิน (FI) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Lopez-Ferrer et al. (2001) และ Morales-Barrera et al. (2013) ซึ่งพบว่าการเสริมน้ำมันปลาในอาหารไก่ไม่ส่งผลต่ออัตราการกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่ เนื่องจากระดับน้ำมันปลาในอาหารไม่สูงจนทำให้เกิดกลิ่นจำเพาะที่ทำให้ไก่ไม่ชอบ ซึ่งจะส่งผลให้ความน่ากินของอาหารลดลง อีกทั้งไก่ยังมีอัตราการกินได้ที่ไม่แตกต่างกัน และได้รับโภชนาในอาหาร เช่น พลังงานและโปรตีนที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นการเสริมน้ำมันปลาในอาหารจึงไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตในไก่โคราช

ตารางที่ 4.1.3.1 ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาในอาหาร ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราช ที่อายุ 9 สัปดาห์

Tuna oil (%)	Period (wk)	Final BW (g)	BWG (g)	FI (g)	FCR
0 (Control)	-	1,134.29	889.27	2,835.78	3.19
1.5	3-9	1,127.05	881.68	2,792.76	3.19
	6-9	1,098.58	853.34	2,799.49	3.29
3.0	3-9	1,112.40	866.66	2,941.27	3.40
	6-9	1,145.07	898.02	2,849.71	3.18
4.5	3-9	1,098.00	852.56	2,784.24	3.34
	6-9	1,150.00	903.43	2,851.98	3.09
Pooled SEM		39.703	56.149	148.342	0.204
P-value		NS	NS	NS	NS

NS = Non significant different

2. ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาในอาหาร ต่อส่วนประกอบซากในไก่โคราช

ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาในอาหาร ต่อส่วนประกอบซากในไก่โคราช แสดงดังตารางที่ 4.1.3.2 จากตารางสามารถสรุปได้ว่าระดับน้ำมันปลาในอาหารและระยะเวลาในการเสริมไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ($P>0.05$) ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ซาก (carcass) ไขมันในช่องท้อง (abdominal fat) เนื้ออกส่วนใน (inner breast) เนื้ออกส่วนนอก (outer breast) เนื้อสะโพก (thigh) และเนื้อน่อง (drumstick) จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของ Lopez-Ferrer et al. (2001) และ Mirghelenj et al. (2009) แต่ผลการทดลองในครั้งนี้ให้ผลตรงกันข้ามกับการศึกษาของ Chashnidel et al. (2010) ซึ่งพบว่าการเสริมน้ำมันปลา 4.5% ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ซากเพิ่มสูงขึ้น เปอร์เซ็นต์เนื้ออกและไขมันในช่องท้องลดลง เนื่องจากน้ำมันปลาประกอบด้วย n-3 PUFA ซึ่งมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการกดการแสดงออกของ lipogenic gene ที่บริเวณตับ (Kaur and Sinclair, 2010) นอกจากนั้นยังพบว่า n-3 PUFA ยังมีบทบาทในการกระตุ้นกระบวนการเกิด β -oxidation ซึ่งท้ายสุดแล้วจะส่งผลให้ไขมันในช่องท้องของไก่เนื้อลดลง และช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อให้ดีขึ้น

3. ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อคุณภาพเนื้อในไก่โคราช

ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อคุณภาพเนื้อในไก่โคราช แสดงดังตารางที่ 4.1.3.3 จากตารางสามารถสรุปได้ว่าระดับน้ำมันปลาทูน่าในอาหารและระยะเวลาในการเสริมไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ($P>0.05$) ค่า drip loss ในเนื้ออก, pH, cooking loss, shear force ในเนื้ออกและเนื้อสะโพก แต่ในทางตรงข้ามพบว่า ระดับน้ำมันปลาทูน่าในอาหารและระยะเวลาในการเสริมส่งผลต่อค่า drip loss ในเนื้อสะโพก เนื่องจากเนื้อสะโพกมีขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่เล็กกว่าเมื่อเทียบกับเนื้ออกจึงง่ายต่อการสูญเสีย น้ำ (Janisch et al., 2011 and Jaturasitha et al., 2008) จากผลการทดลองพบว่าอาหารในกลุ่ม control (4.5% RBO) ส่งผลให้เนื้อสะโพกมีเปอร์เซ็นต์ drip loss สูงกว่าเมื่อเทียบกับการเสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 3% เป็นระยะเวลา 3-9 สัปดาห์ ทั้งนี้อาจเป็นผลอันเนื่องมาจากองค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 3% มีสัดส่วนและองค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะกลุ่มของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวที่มีผลต่อการเกิดออกซิเดชันของไขมันและโปรตีนในเนื้อ นำมาซึ่งการสูญเสียสภาพของโปรตีนซึ่งส่งผลกระทบต่อค่า drip loss ในเนื้อไก่ (Yang et al., 2010 and Zhang et al., 2010)

ตารางที่ 4.1.3.2 ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อส่วนประกอบซากในไก่โคราช ที่อายุ 9 สัปดาห์

Tuna oil (%)	Period (wk)	Dressing (%) ¹	% of carcass weight				
			Abdominal fat	Outer Breast	Inner Breast	Thigh	Drumstick
0 (Control)	-	68.12	1.23	10.03	3.10	10.65	10.75
1.5	3-9	68.33	0.91	10.05	3.14	10.32	11.16
	6-9	68.36	0.95	10.16	3.13	11.05	10.91
3.0	3-9	68.07	0.83	10.19	3.46	10.61	11.21
	6-9	68.11	0.88	9.98	3.26	10.41	10.97
4.5	3-9	67.82	1.16	10.04	3.36	10.74	11.40
	6-9	67.92	0.89	10.02	3.10	10.62	10.93
Pooled SEM	-	1.157	0.482	0.720	0.486	0.994	1.133
<i>P</i> -value	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS

ตารางที่ 4.1.3.3 ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อคุณภาพเนื้อในไก่โคราช ที่อายุ 9 สัปดาห์

Tuna oil (%)	Period (wk)	pH 45 min	pH 24 hr.	Breast meat (% of total)		Thigh meat (% of total)		WBS	
				Drip loss	Cooking loss	Drip loss	Cooking loss	Breast	Thigh
0 (Control)	-	5.47	5.68	10.09	26.24	7.11 ^a	30.40	3.25	2.37
1.5	3-9	5.51	5.56	9.10	27.53	6.24 ^{ab}	28.39	3.10	2.09
	6-9	5.55	5.62	8.03	24.73	4.95 ^{ab}	28.14	3.08	2.08
3.0	3-9	5.40	5.61	8.58	26.68	4.24 ^b	29.07	3.15	2.19
	6-9	5.47	5.56	9.01	25.79	5.04 ^{ab}	27.10	3.10	2.13
4.5	3-9	5.52	5.65	9.36	25.70	6.71 ^{ab}	27.80	3.13	2.14
	6-9	5.59	5.69	7.84	26.56	5.44 ^{ab}	28.47	3.09	2.11
Pooled SEM		0.159	0.134	0.134	3.151	1.751	3.130	0.781	0.316
Source of variance		-----P-value-----							
Control vs Other treatment		NS	NS	NS	NS	0.016	NS	NS	NS
Period		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Level		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Level x Period		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^{a,b} Means with in the same row with different superscripts are significantly different at $P < 0.05$.

NS = Non significant different

WBS² : Warner-Bratzler shear force expressed as kgf/0.5 cm²

4. ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาในอาหาร ต่อ องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่

จากการศึกษาพบว่า ระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาในอาหารไม่มีอิทธิพลร่วมต่อ องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่โคราช ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณากลุ่มที่เสริมน้ำมันปลากับกลุ่มควบคุม พบว่ากลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาส่งผลให้สัดส่วนของ n-3 PUFA, EPA และ DHA ทั้งในเนื้ออก และ เนื้อสะโพกสูงกว่า ($P<0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อสัดส่วนของ α -linolenic acid (ALA; C18:3n-3) ($P>0.05$) อีกนัยหนึ่งพบว่าสัดส่วนของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-6 (n-6 PUFA), linoleic acid (LA; C18:2n-6) และ arachidonic acid (AA; C20:4n-6) ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) เนื่องจากอาหารในกลุ่มควบคุมใช้น้ำมันรำข้าว (rice bran oil) เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งมีสัดส่วนของ LA ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของกรดไขมันกลุ่ม n-6 PUFA สูง จึงส่งผลให้อาหารในกลุ่มควบคุมมีสัดส่วนของ LA สูงเช่นกันเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ

หากพิจารณาปัจจัยหลัก (main factor) ในส่วนของระดับในการเสริมน้ำมันปลา พบว่าระดับในการเสริมน้ำมันปลาส่งผลต่อสัดส่วน n-3 PUFA และ n-6 PUFA โดยพบว่าการเสริมน้ำมันปลาในระดับที่สูงขึ้นจะส่งผลให้สัดส่วนของ n-3 PUFA ในเนื้ออก และเนื้อสะโพกสูงขึ้นตามลำดับเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Lopez-Ferrer et al. (2001); Morales-Barrera et al. (2013); Bou et al. (2004); Farhoomand and Checaniazzer (2009) เนื่องจากน้ำมันปลาเป็นแหล่งของ EPA และ DHA ซึ่งในการทดลองครั้งนี้น้ำมันปลาที่นำมาใช้มีสัดส่วนของ DHA สูงถึง 23.89 g/100 g fat ซึ่งการเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 4.5% จะส่งผลทำให้ EPA และ DHA ในเนื้อไก่โคราชสูงที่สุด แต่ในทางตรงข้ามพบว่าจะส่งผลทำให้สัดส่วนของ n-6 PUFA, LA, AA และ สัดส่วนของ n-6/n-3 ทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่โคราชลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Yang et al. (2010) พบว่าสัดส่วนของ n-6 PUFA ลดลง เมื่อสัดส่วนของ n-3 PUFA เพิ่มขึ้น เนื่องจากกรดไขมันตั้งต้น (LA, LNA) มีการแข่งขันเพื่อใช้เอนไซม์ในกลุ่มเดียวกัน (desaturase, elongase) ในกระบวนการ biosynthesis ของกรดไขมันซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อสัดส่วนของ PUFA ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Betti et al., 2009a) ดังนั้นจึงจะเห็นได้ว่าสัดส่วนของ n-6/n-3 ลดลงเนื่องจากในเนื้อไก่มีสัดส่วนของ n-3 PUFA สูงกว่าเมื่อเทียบกับสัดส่วนของ n-6 PUFA (Saleh et al., 2009) จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าเมื่อผู้บริโภคได้รับประทานอาหารที่มีสัดส่วนของ n-6/n-3 ในปริมาณที่สูงจะส่งผลให้เกิดโรคต่าง ๆ ตามมา เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular disease) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ถ้าลดสัดส่วนของ n-6/n-3 ในอาหารลงเหลือประมาณ 4/1 จะส่งผลให้ความเสี่ยงในการเกิดโรคลดลงถึง 70% (Simopoulos, 2004) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีเพียงสัตว์ที่ได้รับอาหารในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1.5% (เสริม 3 สัปดาห์ก่อนเชือด) และได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม ที่ส่งผลให้อัตราส่วนของ n-6/n-3 ในเนื้ออกและเนื้อสะโพกมีสัดส่วนสูงกว่า 4/1 อีกทั้งการเสริมน้ำมันปลาในระดับที่สูงยังส่งผลทำให้สัดส่วนของ MUFA ในเนื้ออกลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Lopez-Ferrer et al. (2001) พบว่าสัดส่วนของ PUFA ที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลต่อการกีดขวางสังเคราะห์ MUFA ผ่านการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ delta 9-desaturase complex ซึ่งเป็นเอนไซม์หลักในการเปลี่ยน SFA ไปเป็น MUFA (Bostami et al., 2017) จากผลการทดลองสอดคล้องกับหลักการที่ว่าชนิดและปริมาณของกรดไขมันในอาหารที่สัตว์กินเข้าไปนั้นจะส่งผลโดยตรงต่อชนิด

และปริมาณของกรดไขมันในเนื้อสัตว์ (Bou et al., 2004) ดังนั้น n-3 PUFA ในอาหารมีปริมาณที่สูงจึงส่งผลให้การสะสมกรดไขมันในกล้ามเนื้อของไก่สูงเช่นกัน (Lopez-Ferrer et al., 1999)

เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาพุน่าในอาหารไก่โคราช พบว่าระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาพุน่าไม่ส่งผลต่อสัดส่วนของ n-3 PUFA ในเนื้ออก ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sadeghi et al. (2012) พบว่า ระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาพุน่าที่ต่างกันไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณของ n-3 PUFA ในเนื้อไก่ เนื่องจากการเสริมน้ำมันปลาจะส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนปริมาณ n-3 PUFA ในเนื้อโดยตรง แต่ในทางตรงข้ามพบว่าระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาพุน่าส่งผลต่อสัดส่วนของ n-3 PUFA, EPA และ DHA ในเนื้อสะโพก ($P<0.05$) โดยพบว่าเสริมเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ก่อนเชือด จะส่งผลให้สัดส่วนของ n-3 PUFA, EPA และ DHA ในเนื้อสะโพกสูงกว่าเมื่อเทียบกับเสริมในระยะสั้นเพียง 3 สัปดาห์ก่อนเชือด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Konieczka et al. (2017) พบว่าการเสริมน้ำมันปลาร่วมกับน้ำมัน flaxseed เป็นระยะเวลานานส่งผลให้สัดส่วนของ n-3 PUFA และ DHA ในเนื้อสะโพกสูงขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อเนื้ออกในไก่เนื้อ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากที่บริเวณเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่มีลักษณะการเกิดเมแทบอลิซึมของไขมันที่แตกต่างกัน ซึ่งความต่างนั้นเกิดขึ้นตั้งแต่ในระดับการแสดงออกของยีน ซึ่งยีนเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดในการควบคุมการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเมแทบอลิซึมของไขมัน จากการศึกษาของ Cui et al. (2018) ซึ่งศึกษาถึงความแตกต่างของการเกิดเมแทบอลิซึมของไขมันระหว่างเนื้ออกและเนื้อสะโพกในไก่พื้นเมืองของประเทศจีน พบว่าการแสดงออกของกลุ่มยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ไขมัน (lipogenic gene) ที่บริเวณเนื้ออกและเนื้อสะโพกมีปริมาณการแสดงออกที่แตกต่างกัน และในขั้นตอนสุดท้ายของการเกิดเมแทบอลิซึมของไขมันเพื่อจะนำกรดไขมันไปสะสมในเนื้อเยื่อต่างๆ เอนไซม์ lipoprotein lipase จะสลายไขมันเป็นกรดไขมัน และกลีเซอรอล โดยกรดไขมันในกลุ่ม PUFA โดยเฉพาะ n-3 PUFA โดยส่วนใหญ่จะไปจับอยู่กับพอสฟอลิพิด ซึ่งจะเห็นได้ว่าในเนื้ออกมีสัดส่วนของพอสฟอลิพิดต่อไตรกลีเซอไรด์สูงกว่าเมื่อเทียบกับเนื้อสะโพก (Bou et al., 2004) อีกทั้งองค์ประกอบและขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันในเนื้อเยื่อแต่ละชนิดทำให้ความสามารถในการสะสมไขมันแตกต่างกัน (Betti et al., 2009b)

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การเสริมน้ำมันปลาพุน่าที่ระดับ 4.5% เป็นระยะเวลา 3 และ 6 สัปดาห์ก่อนเชือด สามารถสร้างให้เนื้อไก่โคราชเป็นเนื้อไก่ที่อุดมไปด้วย n-3 PUFA สูงได้ แต่ด้วยข้อจำกัดทางด้านต้นทุนค่าอาหารนั้น การเสริมน้ำมันปลาพุน่าในระยะเวลา 3 สัปดาห์ก่อนเชือดจึงเพียงพอสำหรับการสร้างเนื้อไก่โคราชสุขภาพ เนื่องจากการเสริมน้ำมันปลาพุน่าที่ระดับ 4.5% เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ก่อนเชือดนั้นสามารถสร้างให้เนื้ออกและเนื้อสะโพกไก่มีปริมาณ DHA, DHA + EPA และ n-3 PUFA มีค่าเท่ากับ 381.79, 478.68 และ 389.35 mg/100 g fresh breast meat และ 277.11, 344.44 และ 371.65 mg/100 g fresh thigh meat ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1.3.6 และ 4.1.3.7) จากการรายงานของ The European Food Safety Authority (EFSA, 2010) พบว่าการที่ผู้บริโภคได้รับ DHA และ DHA + EPA ปริมาณ 250 mg ต่อวันนั้นก็เพียงพอสำหรับการทำงานของสมองและการมองเห็น อีกทั้งยังได้มีการระบุไว้ว่า เนื้อไก่ต้องมีปริมาณ total n-3 PUFA อย่างน้อย 300 mg/100 g meat ถึงจะเรียกได้ว่าเป็นเนื้อไก่ที่มี n-3 PUFA สูง

ตารางที่ 4.1.3.4 ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้ออกไก่ (g/100g total FA)

Tuna oil (%)	Period (wk)	Fatty acid											
		C14:0	C16:0	C18:0	C20:0	C22:0	C16:1	C18:1n-9	C20:1	C18:2n-6	C18:3n-6	C20:3n-6	C20:4n-6
0 (Control)		0.70	22.56	12.06 ^{ab}	1.85	0.89	0.81	24.74	0.12	21.54 ^a	0.12	0.46	10.46 ^a
1.5	3-9	0.60	24.12	10.99 ^b	0.20	0.10	0.85	23.93	0.00	19.14 ^{abc}	0.00	0.71	7.35 ^{bcd}
	6-9	0.59	23.43	11.66 ^a	0.60	0.47	0.84	25.14	0.12	19.80 ^{ab}	0.00	0.58	7.72 ^{ab}
3.0	3-9	1.12	24.74	12.26 ^b	1.07	0.61	0.98	23.50	0.00	18.96 ^{abc}	0.44	0.39	4.45 ^{cd}
	6-9	0.73	23.38	11.14 ^{ab}	1.00	0.34	1.11	22.39	0.11	17.41 ^{bc}	0.00	0.53	6.65 ^{bc}
4.5	3-9	0.90	25.52	11.64 ^{ab}	0.35	0.2	1.39	23.02	0.06	15.82 ^c	0.10	0.28	3.47 ^d
	6-9	0.90	24.98	13.30 ^a	0.37	0.44	1.07	21.75	0.07	15.54 ^c	0.04	0.57	5.53 ^{bcd}
Pooled SEM		0.123	1.341	0.790	0.593	0.472	0.337	1.2225	0.101	1.238	0.101	0.201	1.072
Source of variance		-----P-value-----											
Control vs Other													
treatment		NS	NS	NS	0.0097	NS	NS	NS	NS	0.0002	NS	NS	0.0001
Period		NS	NS	0.0033	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.0012
Level		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.0004	NS	NS	0.0015
Period x Level		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = Non significant different

ตารางที่ 4.1.3.4 ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้ออกไก่ (g/100g total FA) (ต่อ)

Tuna oil (%)	Period (wk)	Fatty acid									
		C18:3n3	C20:3n3	EPA	DHA	SFA	MUFA	PUFA	n-6	n-3	n-6/n-3
0 (Control)		0.99	-	0.62 ^d	1.63 ^d	38.72 ^{ab}	25.80	35.38	31.89 ^a	3.49 ^d	14.50 ^a
1.5	3-9	0.30	0.09	1.65 ^{cd}	8.52 ^{bc}	37.25 ^{ab}	24.78	38.60	28.27 ^{ab}	10.33 ^{bc}	2.16 ^{bc}
	6-9	0.40	0.08	1.50 ^{cd}	7.72 ^c	36.17 ^b	26.14	36.23	26.79 ^{bc}	9.43 ^c	2.81 ^b
3.0	3-9	0.85	0.12	1.97 ^{bc}	9.96 ^{bc}	37.18 ^{ab}	25.67	37.02	23.69 ^{bcd}	13.33 ^{abc}	1.56 ^{bc}
	6-9	1.06	0.35	1.66 ^{cd}	9.40 ^{bc}	36.74 ^b	24.66	37.47	24.72 ^{bc}	12.76 ^{bc}	1.69 ^{bc}
4.5	3-9	0.25	-	3.24 ^a	14.73 ^a	38.02 ^{ab}	24.39	37.89	19.67 ^d	18.22 ^a	1.05 ^c
	6-9	0.58	-	2.80 ^{ab}	11.96 ^{ab}	39.59 ^a	22.90	37.05	22.22 ^{cd}	14.83 ^{ab}	1.29 ^c
Pooled SEM		0.465	0.250	0.343	1.238	1.173	1.684	1.559	1.537	1.609	0.629
Source of variance		-----P-value-----									
Control vs Other											
treatment		NS	NS	0.0001	0.0001	NS	NS	NS	0.0001	0.0001	0.0001
Period		NS	NS	NS	0.0606	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Level		NS	NS	0.0001	0.0001	0.0354	NS	NS	0.0001	0.0001	0.0006**
Period x Level		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^{a-d} Means within column carrying no common superscripts are significantly different at $P < 0.05$.

NS = Non significant difference **quadratic

ตารางที่ 4.1.3.5 ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพก (g/100g total FA)

Tuna oil (%)	Period	Fatty acid											
		C14:0	C16:0	C18:0	C20:0	C22:0	C16:1	C18:1n-9	C20:1	C18:2n-6	C18:3n-6	C20:3n-6	C20:4n-6
0 (Control)		0.35 ^b	20.93	10.40	1.05	0.04	1.41	29.27 ^a	0.46	27.31 ^a	0.12	0.50	5.52 ^a
1.5	3-9 wk	0.88 ^{ab}	22.04	11.83	1.34	0.10	2.08	25.97 ^{abc}	0.44	24.14 ^{bc}	0.10	0.52	3.89 ^{bc}
	6-9 wk	0.51 ^b	22.48	11.00	1.07	0.06	2.20	28.07 ^{ab}	0.46	24.99 ^b	0.04	0.44	4.72 ^{ab}
3.0	3-9 wk	0.88 ^{ab}	22.38	10.75	0.50	0.11	2.25	26.21 ^{abc}	0.51	23.95 ^{bc}	0.14	0.50	3.58 ^c
	6-9 wk	0.77 ^{ab}	20.61	11.64	2.07	0.18	1.92	25.86 ^{abc}	0.44	23.27 ^{bc}	0.15	0.42	3.46 ^c
4.5	3-9 wk	1.26 ^a	22.05	12.81	0.75	0.14	2.39	23.51 ^c	0.60	20.92 ^d	0.13	0.45	2.98 ^c
	6-9 wk	0.90 ^{ab}	21.73	12.19	1.99	0.09	1.96	24.15 ^{bc}	0.53	22.3 ^{cd}	0.15	0.43	3.33 ^c
Pooled SEM		0.152	0.677	0.937	1.114	0.121	0.326	1.352	0.139	0.783	0.066	0.055	0.353
Source of variance		-----P-value-----											
Control vs Other													
treatments		0.0013	NS	0.0297	NS	NS	0.0069	0.0011	NS	0.0001	NS	NS	0.0001
Period		0.0187	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.0775
Level		0.0252	NS	NS	NS	NS	NS	0.0087	NS	0.0001	NS	NS	0.0001
Period x Level		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = Non significant different

ตารางที่ 4.1.3.5 ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อสะโพก (g/100g total FA) (ต่อ)

Tuna oil (%)	Period	Fatty acid									
		C18:3n3	C20:3n3	EPA	DHA	SFA	MUFA	PUFA	n-6	n-3	n-6/n-3
0 (Control)		0.68	0.00	0.00 ^d	1.02 ^d	32.08	30.96 ^a	36.68	34.66 ^a	1.54 ^d	24.02 ^a
1.5	3-9 wk	0.72	0.57	1.57 ^{ab}	5.70 ^c	34.38	28.34 ^{ab}	36.74	28.36 ^{bc}	8.50 ^{bc}	3.07 ^c
	6-9 wk	0.68	0.00	0.92 ^c	4.58 ^c	33.94	29.99 ^{ab}	36.47	29.92 ^b	5.73 ^c	5.34 ^b
3.0	3-9 wk	0.75	0.02	1.65 ^{bc}	6.76 ^{bc}	34.20	28.04 ^{ab}	36.98	28.35 ^{bc}	9.12 ^{ab}	2.93 ^c
	6-9 wk	0.70	0.04	1.32 ^{bc}	6.58 ^{bc}	35.27	24.71 ^b	36.30	27.75 ^{bcd}	9.03 ^{ab}	3.08 ^c
4.5	3-9 wk	0.79	0.08	2.77 ^a	10.12 ^a	35.32	26.65 ^b	37.84	25.10 ^d	13.70 ^a	1.77 ^d
	6-9 wk	0.77	0.66	1.91 ^{ab}	7.66 ^{ab}	34.94	26.51 ^b	38.47	26.69 ^{cd}	11.77 ^{ab}	2.24 ^{cd}
Pooled SEM		0.067	0.310	0.285	0.700	1.101	1.325	1.081	0.892	1.185	0.068
Source of variance		-----P-value-----									
Control vs Other											
treatments		NS	NS	0.0001	0.0001	0.0030	0.0018	NS	0.0001	0.0001	0.0001
Period		NS	NS	0.0002	0.0086	NS	NS	NS	NS	0.0431	0.0609
Level		NS	NS	0.0001*	0.0001*	NS	0.0285	0.0794	0.0001	0.0001	0.0001
Period x Level		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = Non significant different

ตารางที่ 4.1.3.6 ปริมาณของ n-3 PUFA ที่สำคัญในเนื้ออก

Tuna oil (%)	Period (wk)	Breast (mg/100g fresh meat)				
		ALA	EPA	DHA	EPA+DHA	Total n-3
0 (Control)		16.49	3.15	28.03	31.18	47.67
1.5	3-9	11.59	60.63	305.08	365.71	316.67
	6-9	23.14	54.11	273.74	327.85	296.88
3.0	3-9	13.74	71.41	338.26	409.67	352.00
	6-9	7.22	68.09	341.24	409.33	348.46
4.5	3-9	5.85	68.77	448.42	517.19	454.27
	6-9	7.56	96.89	381.79	478.68	389.35

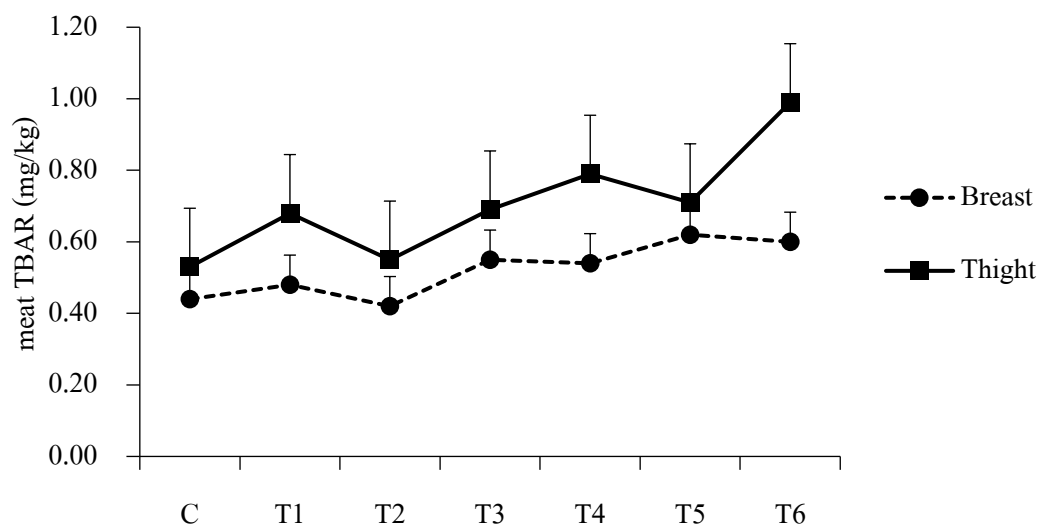
ตารางที่ 4.1.3.7 ปริมาณของ n-3 PUFA ที่สำคัญในเนื้อสะโพก

Tuna oil (%)	Period (wk)	Thight (mg/100g fresh meat)				
		ALA	EPA	DHA	EPA+DHA	Total n-3
0 (Control)		25.98	0	24.89	24.89	50.87
1.5	3-9	21.72	42.27	163.64	205.91	227.63
	6-9	22.73	30.05	164.76	194.81	217.54
3.0	3-9	31.40	46.04	223.75	269.79	301.19
	6-9	31.37	41.56	214.92	256.48	287.85
4.5	3-9	26.56	71.75	340.56	412.31	438.87
	6-9	27.21	67.33	277.11	344.44	371.65

5. ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อค่าการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อไก่

จากการศึกษาพบว่าการเสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับและระยะเวลาในการเสริมที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า TBAR ในเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่โคราช ($P < 0.05$) (รูปที่ 4.1.3.1) อีกทั้งผลการศึกษาในครั้งนี้ยังสอดคล้องกับการทดลองของ Hang (2016) ที่พบว่าการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในระดับที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า TBAR ในเนื้อไก่โคราช ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลอันเนื่องมาจากการทดลองครั้งนี้อาหารทดลองทุกกลุ่มการทดลองได้มีการเสริมวิตามินอี (vitamin E) ปริมาณ 200 mg/kg ซึ่งวิตามินอีจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ที่มีบทบาทสำคัญในการหยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (Burtan, 1994) ซึ่งมีความสามารถในการช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์ได้ จากผลการทดลองที่ได้กล่าวมาข้างต้นสอดคล้องกับการทดลองของ O'Neill et al. (1998) ซึ่งพบว่าการเสริม α -tocopherol ปริมาณ 200 mg/kg ร่วมกับไขมันวัว หรือน้ำมันมะกอกที่ระดับ 6% ไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่ อีกทั้งจะสังเกตได้ว่าสัดส่วนของ PUFA ในเนื้ออกและเนื้อสะโพก (ตารางที่ 4.1.3.4 และ 4.1.3.5) ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีสัดส่วนที่ไม่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ค่า TBAR ในเนื้ออกและเนื้อสะโพกไม่แตกต่างกัน ซึ่ง

สอดคล้องกับการทดลองของ Ebrahimi et al. (2018) ซึ่งพบว่าปริมาณของ total PUFA ในกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน ส่งผลให้ค่า TBAR ในกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.1.3.1 ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อค่า TBAR ในเนื้ออกและเนื้อสะโพก

C = control of Korat chicken fed 4.5% RBO from 3-9 wk; T1 = Korat chickens fed 1.5% of TO from 3-9 wk; T2 = Korat chickens fed 1.5% of TO from 6-9 wk; T3 = Korat chickens fed 3.0% of TO from 3-9 wk; T4 = Korat chickens fed 3.0% of TO from 6-9 wk; T5 = Korat chickens fed 4.5% of TO from 3-9 wk; T6 = Korat chickens fed 4.5% of TO from 6-9 wk

6. ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อระดับการแสดงออกของยีน L-FABP, PPARA และยีน LPL ที่บริเวณตับ และเนื้ออกในไก่โคราชเพศผู้

องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารสามารถปรับการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเมแทบอลิซึม (metabolism) ของไขมันในร่างกายได้ ซึ่งในการศึกษานี้มีความสนใจที่จะศึกษาถึงการแสดงออกของยีน L-FABP, PPARA และ LPL ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเมแทบอลิซึมของกรดไขมันในไก่โคราช ซึ่งท้ายที่สุดจะส่งผลต่อการสะสมกรดไขมันในเนื้อไก่ ดังแสดงในตารางที่ 4.1.3.8

จากการศึกษาพบว่า การเสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับและระยะเวลาที่แตกต่างกันมีอิทธิพลร่วมต่อการแสดงออกของยีน LPL ($P < 0.05$) ที่บริเวณเนื้ออก ในทางตรงกันข้ามกลับไม่พบอิทธิพลร่วมต่อการแสดงออกของยีน L-FABP และยีน PPARA ($P > 0.05$) ที่บริเวณตับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าระดับการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหารส่งผลต่อการแสดงออกของยีน L-FABP และยีน PPARA ($P < 0.05$) รวมถึงระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าก็มีอิทธิพลต่อการแสดงออกของยีน PPARA ($P < 0.05$) เช่นกัน

กรดไขมันในอาหารมีผลต่อการปรับการแสดงออกของยีนที่อวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายสัตว์ ยีน L-FABP ซึ่งมีการแสดงออกมากที่บริเวณตับ ทำหน้าที่ขนส่งกรดไขมันสายยาวเข้าสู่เซลล์เพื่อเข้าสู่กระบวนการ esterification เปลี่ยนกรดไขมันสายยาวไปเป็นเยื่อหุ้มเซลล์ (phospholipid) และสะสมในรูปไตรกลีเซอไรด์

อีกทั้งยังทำหน้าที่ในการขนส่งกรดไขมันสายยาวเข้าสู่บริเวณ mitochondria และ peroxisome เพื่อเข้าสู่กระบวนการเกิด β -oxidation (Wang et al., 2006) จากการศึกษาพบว่าไก่กลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 4.5% ส่งผลให้มีการแสดงออกของยีน L-FABP ที่บริเวณตับสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น ๆ ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลจากอาหารในกลุ่มที่มีการเสริมน้ำมันปลาทูน่าถึง 4.5% มีสัดส่วนของ DHA สูง ซึ่ง DHA มีความสามารถในการกระตุ้นการทำงานของยีน L-FABP ที่บริเวณตับ (Norris and Spector, 2002; Zhang et al., 2011)

ในส่วนของ PPARA นั้นจากผลการศึกษาพบว่า การเสริมน้ำมันปลาทูน่าในสูตรอาหารที่ระดับ 4.5% เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ก่อนเชือดมีแนวโน้มส่งผลให้การแสดงออกของยีน PPARA สูงที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น ๆ ทั้งนี้ น่าจะเป็นเนื่องจากการเสริมน้ำมันปลาทูน่าเป็นระยะเวลานาน รวมถึงสัดส่วนของ n-6/n-3 และสัดส่วนของ DHA ในสูตรอาหาร จากการทดลองก่อนหน้านี้พบว่า การเสริมอาหารที่มีสัดส่วนของ n-6/n-3 ในสัดส่วนที่ต่ำ รวมถึงเสริม DHA ในปริมาณที่สูงจะส่งผลให้การแสดงออกของยีน PPARA ที่บริเวณตับเพิ่มสูงขึ้น (Berge et al., 1999; Jon Meadus et al., 2011; Royan et al., 2011; Yan and Chao, 2011; Zhang et al., 2011; Ebrahimi et al., 2018) จากตารางองค์ประกอบของกรดไขมันในสูตรอาหารทดลอง (ตารางที่ 4.1.3.4 และ 4.1.3.5) จะเห็นได้ว่าอาหารในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 4.5% จะมีสัดส่วนของ n6/n3 ต่ำ และมีสัดส่วนของ DHA ในสัดส่วนที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาในช่วงระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่า พบว่าการเสริมน้ำมันปลาทูน่าเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ก่อนเชือดจะส่งผลให้การแสดงออกของยีน PPARA สูงกว่าเมื่อเทียบกับการเสริมน้ำมันปลาทูน่าเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ก่อนเชือด ซึ่งยีน PPARA จะทำหน้าที่ในการเหนี่ยวนำการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ elongase และ desaturase ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการ biosynthesis ของกรดไขมัน (Yan and Chao, 2011) อีกทั้งยังเหนี่ยวนำการทำงานของ β -oxidation enzyme ใน peroxisome และ mitochondria ที่บริเวณตับ ซึ่งส่งผลให้เพิ่มการสังเคราะห์ DHA มากขึ้น เนื่องจากขั้นตอนสุดท้ายในการสังเคราะห์ DHA คือ กระบวนการในการเกิด β -oxidation ที่ peroxisome (Li et al., 2005) และในทางตรงกันข้ามจะส่งผลให้การสะสมไขมันในร่างกายไก่ลดลงเนื่องจาก PPAR α mRNA จะไปยับยั้งการทำงานของยีนในกลุ่ม lipogenesis (Zhang et al., 2011) แต่ในทางตรงข้ามจะไปเหนี่ยวนำการแสดงออกของยีนในกลุ่ม lipolysis (Li et al., 2005; Yan and Chao, 2011) ท้ายที่สุดจึงทำให้การสะสมไขมันในร่างกายไก่ลดลง แต่มีปริมาณกรดไขมันดีเพิ่มสูงขึ้น

แต่ในทางตรงกันข้ามการแสดงออกของยีน LPL กลับพบว่าการเสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 4.5% เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ก่อนเชือด ส่งผลให้ระดับการแสดงออกของยีน LPL ที่บริเวณเนื้ออกไก่โคราชไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม และมีระดับการแสดงออกที่ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 1.5% และ 3% เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ก่อนเชือด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Li et al. (2005) ซึ่งพบว่า DHA ส่งผลให้การแสดงออกของยีน LPL ที่บริเวณเนื้ออก และไขมันในช่องท้องลดลงแต่ในทางตรงกันข้ามกลับมีการแสดงออกเพิ่มสูงขึ้นที่บริเวณตับ ทั้งนี้ เนื่องจากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าการแสดงออกของยีนในสัตว์ประชากรเดียวกันแต่ต่างเนื้อเยื่อ (tissue) จะมีการแสดงออกของยีนที่แตกต่างกันเพราะ แต่ละ

อวัยวะบทบาทการทำงานของยีนก็จะแตกต่างกันไปด้วย (Whitehead and Crawford, 2005) และเนื่องจากยีน LPL มีบทบาทในการสลายไตรกลีเซอไรด์ที่บริเวณ chylomicron และ VLDL ให้เปลี่ยนไปเป็นกรดไขมัน และกลีเซอรอล เพื่อสะสมใน fatty acid organ (Goldberg, 1996; Yan and Chao, 2011) ซึ่งจะเห็นได้ว่าอาหารที่เสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 4.5% นั้นจะมีสัดส่วนของ EPA และ DHA ในสัดส่วนที่สูงเมื่อเทียบกับอาหารสูตรที่เสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 3% และ 1.5% โดย EPA และ DHA ส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์ phospholipids มากกว่าการรวมตัวกันเป็น triglyceride เพื่อเข้าไปสะสมภายในเซลล์ (Li et al., 2005; Echeverria et al., 2016) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่า EPA และ DHA ส่วนใหญ่จะเข้าสู่กระบวนการ esterification ที่บริเวณ endoplasmic reticulum เพื่อสังเคราะห์เยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อโดยตรง และมีเพียงบางส่วนที่รวมตัวกันเป็นไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งไปกระตุ้นการทำงานของยีน LPL ที่ผลิตเอนไซม์ lipoprotein lipase เพื่อสลายไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นกรดไขมัน และกลีเซอรอลเพื่อสะสมภายในเซลล์ อีกทั้งไตรกลีเซอไรด์นั้นประกอบไปด้วยสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวเป็นหลัก ซึ่งอีกทั้งจากการทดลองของ Cui et al. (2018) พบว่าเนื้ออกมีสัดส่วนของ EPA และ DHA สูง แต่มีสัดส่วนของ SFA ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับเนื้อสะโพก ในทางเดียวกันนั้นยังพบว่าที่บริเวณเนื้ออกมีการแสดงออกของยีน LPL ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับเนื้อสะโพก ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่า การแสดงออกของยีน LPL จะมีการแสดงออกต่ำในเนื้ออกซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากหลายปัจจัย เช่น พันธุกรรม ลักษณะของเนื้อเยื่อ และปัจจัยภายนอกได้แก่ อาหารที่มีสัดส่วนของ DHA ที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้การแสดงออกของยีน LPL ลดลง

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าถึงแม้จะไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าต่อการแสดงออกของยีน L-FABP และ PPARA ที่บริเวณตับของโกโคราช แต่อย่างไรก็ตามพบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำมันปลาทูน่าส่งผลต่อการแสดงออกของยีน L-FABP และ PPARA ที่ตับรวมถึง ยีน LPL ที่บริเวณเนื้ออก ซึ่งการแสดงออกของยีน L-FABP บ่งบอกได้ถึงกรดไขมันสายยาวมีการถูกขนส่งเข้าสู่เซลล์เพื่อดูดซึมไปใช้ประโยชน์ และรวมตัวกันในรูป phospholipid หรือไตรกลีเซอไรด์ และถูกขนส่งในรูป VLDL เพื่อเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อต่าง ๆ อีกทั้งยังไปกระตุ้นการทำงานของยีน PPARA ซึ่งจะทำให้หน้าทีในการเหนี่ยวนำการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ elongase และ desaturase ที่มีความสำคัญต่อกระบวนการ biosynthesis ของกรดไขมัน และมีบทบาทในการกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา β -oxidation ใน peroxisome ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการสังเคราะห์ DHA ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 4.5% เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ มีแนวโน้มส่งผลให้การแสดงออกของยีน L-FABP และ PPARA ที่บริเวณตับสูงที่สุดซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณการสะสม EPA และ DHA รวมถึง total n-3 PUFA ในเนื้ออกไก่ตัวผู้ซึ่งมีสัดส่วนที่สูงเช่นกัน (ตารางที่ 4.1.3.9) แต่ในทางกลับกันกลับพบว่ายีน LPL ที่บริเวณเนื้ออกมีการแสดงออกที่ลดลงเมื่อความเข้มข้นของกรดไขมันเพิ่มสูงขึ้นทั้งนี้อาจจะเป็นผลอันเนื่องมาจากที่บริเวณตับมีการแสดงออกของยีน PPARA สูง ซึ่ง PPAR α mRNA จะไปเหนี่ยวนำการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมัน และไปยับยั้งกระบวนการ lipogenesis จึงส่งผลให้ความเข้มข้นของไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง อีกทั้งอาจจะเป็นผลมาจาก EPA และ DHA ส่วนใหญ่จะเข้าสู่กระบวนการ esterification ที่บริเวณ endoplasmic

reticulum เพื่อสังเคราะห์เป็น phospholipid และมีการรวมตัวเป็นไตรกลีเซอไรด์ในสัดส่วนที่ต่ำ จึงส่งผลให้การแสดงออกของยีน LPL ต่ำเมื่อความเข้มข้นของ EPA และDHA เพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 4.1.3.8 ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อการแสดงออกของยีน L-FABP, PPARA ที่บริเวณตับ และ LPL ที่บริเวณเนื้ออก

Tuna oil (%)	Period (wk)	Relative gene expression		
		L-FABP	PPARA	LPL
0 (Control)		1.01 ^c	1.29 ^{ab}	1.01 ^{bc}
1.5	3-9	0.77 ^c	1.49 ^{ab}	0.80 ^{bc}
	6-9	1.30 ^{bc}	0.97 ^{ab}	1.75 ^a
3.0	3-9	0.81 ^c	1.01 ^{ab}	0.61 ^c
	6-9	1.54 ^{bc}	0.87 ^b	1.29 ^{ab}
4.5	3-9	3.69 ^a	1.88 ^a	0.83 ^{bc}
	6-9	2.90 ^{ab}	1.15 ^{ab}	0.80 ^{bc}
Pooled SEM		0.546	0.290	0.176
Source of variance		-----P-value-----		
Control vs Other treatment		NS	NS	NS
Period (A)		NS	0.0108	0.0001
Level (B)		0.0001	0.0202	0.0118
PeriodxLevel		NS	NS	0.0028 [*]

- Relative mRNA abundance of fatty acid metabolism-related genes in the liver and breast of Korat chicken in different treatments. C= control of Korat chicken fed 4.5% RBO from 3-9wk; T1= Korat chickens fed 1.5% of TO from 3-9 wk; T2= Korat chickens fed 3.0% of TO from 3-9 wk; T3= Korat chickens fed 4.5% of TO from 3-9 wk; T4= Korat chickens fed 1.5% of TO from 6-9 wk; T5= Korat chickens fed 3.0% of TO from 6-9 wk; T6= Korat chickens fed 1.5% of TO from 3-9 wk. Data reported as least-squares means $\pm$ SEM (n = 4). Relative quantification of mRNA abundance for each gene was analyzed by the $2^{-\Delta\Delta C_t}$ method with the C treatment as the reference expression point. L-FABP = Liver fatty acid binding protein; PPAR- α = Peroxisome Proliferator-Activated Nuclear Receptor Alpha; LPL = Lipoprotein lipase. TO= Tuna oil; RBO = Rice bran oil.

^{a-c} Different letters are significantly different ($P < 0.05$). ** quadratic, *linear

ตารางที่ 4.1.3.9 ผลของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในอาหาร ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้ออกไก่โคราชเพศผู้ (g/100 g total FA)

Tuna oil (%)	Period (wk)	Fatty acid				
		EPA	DHA	n-3 PUFA	n-6 PUFA	n-6/n-3
0 (Control)	-	1.23 ^b	1.41 ^c	5.18 ^d	30.44 ^a	17.89 ^a
1.5	3-9	1.77 ^{ab}	10.42 ^{ab}	12.19 ^{bc}	26.23 ^{abc}	2.19 ^b
	6-9	1.33 ^b	6.52 ^{bc}	8.19 ^{dc}	27.11 ^{ab}	3.14 ^b
3.0	3-9	1.88 ^{ab}	10.32 ^{ab}	14.69 ^{ab}	23.52 ^{bc}	1.89 ^b
	6-9	1.69 ^{ab}	10.72 ^{ab}	15.23 ^{ab}	24.61 ^{abc}	1.65 ^b
4.5	3-9	2.81 ^a	14.72 ^a	17.86 ^a	19.87 ^c	1.02 ^b
	6-9	2.90 ^a	12.28 ^a	16.44 ^{ab}	22.08 ^{bc}	1.13 ^b
Pooled SEM		0.550	1.676	1.837	2.145	2.237
Source of variance		-----P-value-----				
Control vs Other						
treatments		NS	0.0001	0.0001	0.0005	0.0001
Period		NS	0.0377	NS	NS	NS
Level		0.0109	0.0002	0.0001	0.0045	NS
Period x Level		NS	NS	NS	NS	NS

NS = Non significant different

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ ดังนี้

1) อิทธิพลร่วมของระดับและระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่าไม่ส่งผลต่อ สมรรถนะการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก คุณภาพเนื้อ และการสะสม n-3 PUFA ในเนื้อไก่โคราช แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยหลักพบว่าระดับในการเสริมน้ำมันปลาที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณ n-3 PUFA ในเนื้อไก่มีการสะสมที่แตกต่างกัน อีกทั้งระยะเวลาในการเสริมน้ำมันปลาทูน่ายังส่งผลต่อปริมาณการสะสม n-3 PUFA ในเนื้อสะโพกไก่โคราช

2) การเสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 4.5% เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ก่อนเชือด ส่งผลให้ปริมาณกรดไขมัน n-3 PUFA, EPA และ DHA ในเนื้อไก่ รวมถึงการแสดงออกของยีน L-FABP และยีน PPARG ที่บริเวณตับ ซึ่งเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเมแทบอลิซึมของกรดไขมัน มีการแสดงออกเพิ่มสูงที่สุด แต่ในทางตรงข้ามส่งผลให้การแสดงออกของยีน LPL ที่บริเวณเนื้ออกลดลง

3) หากคำนึงถึงเรื่องต้นทุนการผลิต การเสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 4.5% เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ก่อนเชือด ก็เพียงพอสำหรับการสร้างเนื้อไก่โคราชโอเมก้า-3

4) การเสริมวิตามินอีในปริมาณ 200 mg/kg feed สามารถช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันในเนื้อไก่ได้ ซึ่งจะช่วยให้ระดับของคุณค่าทางโภชนาการในเนื้อไก่โดยเฉพาะ n-3 PUFA ในเนื้อไก่คงอยู่

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้และผลการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Hang et al. (2018) ทำให้มั่นใจได้ว่าการเสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 4 ถึง 4.5% สามารถป้องกันองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่ และสร้างให้เนื้อไก่โคราชเป็นเนื้อไก่ที่มี n-3 PUFA สูงได้ ยิ่งไปกว่านั้นยังได้ข้อมูลเพิ่มเติมว่าการเสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 4.5% ถึงน้ำหนักส่งตลาด (ไก่อายุ 9 สัปดาห์ น้ำหนักประมาณ 1.1 ถึง 1.2 กิโลกรัม) ก็เพียงพอในการสร้างเนื้อไก่ n-3 PUFA สูง ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยคาดหวังว่าจะเป็นประโยชน์กับทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเนื้อไก่สุภาพ เริ่มตั้งแต่ต้นน้ำคือ ผู้ผลิตอาหารสัตว์ เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่โคราช ร้านอาหารที่จะนำผลิตภัณฑ์ไปปรุงอาหารเพื่อจำหน่าย รวมถึงผู้บริโภคที่จะได้รับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพ และยังมีข้อมูลที่น่าสนใจที่เป็นประโยชน์กับนักวิจัยที่สนใจจะศึกษาในเรื่องการสะสมกรดไขมันในเนื้อไก่ แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมดังนี้

- 1) เนื่องจากองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปลาทูน่า จะผันแปรตามฤดูกาลในการจับปลา ดังนั้นจึงควรมีการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันทุกครั้งก่อนนำน้ำมันปลาทูน่ามาประกอบสูตรอาหาร
- 2) ในการประกอบสูตรอาหารเพื่อสร้างเนื้อไก่ n-3 PUFA สูง ควรมีการเสริมวิตามินอีลงในอาหารเพื่อช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมัน
- 3) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory test) และระยะเวลาในการเก็บรักษา (storage time) เนื้อไก่ เพื่อให้ผลในเรื่องของคุณภาพเนื้อเกิดความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค
- 4) ในเรื่องการแสดงออกของยีน จากบทสรุปจะเห็นได้ว่าองค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารจะส่งผลต่อระดับการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสะสมกรดไขมันในไก่โคราช แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากกระบวนการเกิดเมแทบอลิซึมของกรดไขมันเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน และการสะสมกรดไขมันนั้นเป็นผลมาจากความสมดุลระหว่างการดูดซึมกรดไขมันในอาหาร การสังเคราะห์กรดไขมันภายในร่างกายสัตว์ และการสลายไขมันผ่านวิถีการเกิด β -oxidation ภายในเซลล์ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ในการอธิบายถึงเหตุผลของการสะสมกรดไขมันในเนื้อไก่โคราช จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการแสดงออกของยีนทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเมแทบอลิซึมของกรดไขมัน เช่น กลุ่มของ lipogenic gene ซึ่งเป็นกลุ่มของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ไขมัน และกลุ่มของ lipolysis gene ซึ่งเป็นกลุ่มของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสลายไขมัน และควรมีการศึกษาตั้งแต่บริเวณลำไส้เล็ก ตับ และบริเวณเนื้อ เนื่องจากเป็นบริเวณหลักในการเกิดเมแทบอลิซึมและการสะสมกรดไขมันในสัตว์ปีก อีกทั้งควรมีการศึกษาทั้งในไก่เพศผู้และเพศเมีย เนื่องจากปัจจัยในเรื่องเพศก็ส่งผลต่อการแสดงออกของยีนเช่นกัน

2. ผลของการเลี้ยงไก่โคราชในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการผลิต ซาก เนื้อและองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีประโยชน์ในเนื้อไก่ มีวิธีการศึกษาดังนี้

เนื่องจากการวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ 2559 ในชื่อเรื่อง “ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต

ส่วนประกอบซาก และคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองลูกผสม” แต่เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงใช้ “ไก่โคราช” เป็นตัวแทนของ “ไก่พื้นเมืองลูกผสม” และได้ใช้ทุนเพิ่มเติมจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ผ่านโครงการวิจัยไก่โคราช เพื่อศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการวัดปริมาณคอลลาเจน การวัดปริมาณนิวคลีโอไทด์ และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อออกด้วยวิธี Synchrotron FTIR

ทั้งนี้รายงานในส่วนของสมรรถนะการเจริญเติบโต ส่วนประกอบซาก และคุณภาพเนื้อ ได้รายงานไว้ในรายงานฉบับสมบูรณ์ที่นำเสนอสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) แล้ว โดยสรุปดังนี้

1. ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต พบว่าไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ มีน้ำหนักตัวสุดท้ายที่อายุ 84 วัน ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่มีปริมาณการกินอาหารได้ต่ำกว่า และมีค่า FCR ต่ำกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม

2. ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อส่วนประกอบซาก พบว่าไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ มีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ซาก เนื้ออกนอก เนื้ออกใน เนื้อสะโพก และเนื้อน่อง ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่มีสัดส่วนของไขมันช่องท้องต่ำกว่ากลุ่มควบคุม

3. ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อคุณภาพเนื้อ พบว่าไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ มีค่า ultimate pH ที่เนื้อสะโพกต่ำกว่าไก่ที่เลี้ยงในกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับค่า cooking loss ที่สูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่า drip loss ทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพก และยังพบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์มีค่า shear force สูงกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังพบอีกว่าสีเนื้อและสีหนังของไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์มีค่าสีแดงness และ yellowness สูงกว่าไก่ที่เลี้ยงในกลุ่มควบคุม

4. ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อ พบว่าไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ มีสัดส่วนของกรดไขมันชนิดดี ได้แก่ α -linolenic acid (C18:3n-3) และ total n-3 PUFA สูงกว่าไก่ที่เลี้ยงในกลุ่มควบคุม และมีสัดส่วนของ n-6/n-3 ต่ำกว่าไก่ที่เลี้ยงในกลุ่มควบคุม

ในส่วนที่ได้ทำเพิ่มเติมโดยใช้ทุนวิจัยของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ผ่านโครงการวิจัยไก่โคราช มีดังนี้คือ

5. ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อปริมาณคอลลาเจนและนิวคลีโอไทด์ในเนื้อ

จากการวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจน (total collagen) และนิวคลีโอไทด์ (IMP และ GMP) ในเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับไก่ในกลุ่มควบคุม (ตารางที่ 4.1.3.10) พบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์มีปริมาณคอลลาเจนในเนื้อสะโพกสูงกว่าไก่ในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานงานวิจัย เนื่องจากการที่ไก่สามารถออกสู่แปลงหญ้าได้ ส่งผลทำให้ไก่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายเพิ่มมากขึ้น ซึ่งไม่เพียงเป็นการกระตุ้นให้ร่างกายของไก่มีการเพิ่มขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ (hypertrophy) เพียงอย่างเดียว แต่การเคลื่อนไหวของร่างกายที่เพิ่มมากขึ้นยังสามารถกระตุ้นการเพิ่มของปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งสามารถดูได้จากปริมาณคอลลาเจนที่เพิ่มมากขึ้นในไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ โดยปริมาณคอลลาเจนจะขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของตัวสัตว์ ซึ่งกล้ามเนื้อส่วนสะโพกเป็นกล้ามเนื้อที่ต้องใช้ในการเคลื่อนไหว และทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักของร่างกาย ดังนั้นการเคลื่อนไหวหรือ

การออกกำลังกายของไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ในระหว่างวันจึงมีผลต่อปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับ Lin et al. (2014) ที่พบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมีปริมาณ collagen ในเนื้อสะโพกที่สูงกว่าทั้งในไก่ที่เลี้ยงขังและเลี้ยงในกรงตับ

ตารางที่ 4.1.3.10 ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อปริมาณคอลลาเจนและนิวคลีโอไทด์ในเนื้อ

Parameters	Treatment		P-value	SEM
	Control	Organic		
Breast				
Total collagen (mg/g)	2.23	2.28	0.65	1.22
IMP (mg/g meat)	0.14	0.13	0.15	0.06
GMP (mg/g meat)	4.92 ^a	5.42 ^b	0.00	0.16
Thigh				
Total collagen (mg/g meat)	3.24 ^a	4.59 ^b	0.00	1.56
IMP (mg/g meat)	0.15 ^a	0.16 ^b	0.01	0.03
GMP (mg/g meat)	4.64 ^a	5.67 ^b	0.00	0.16

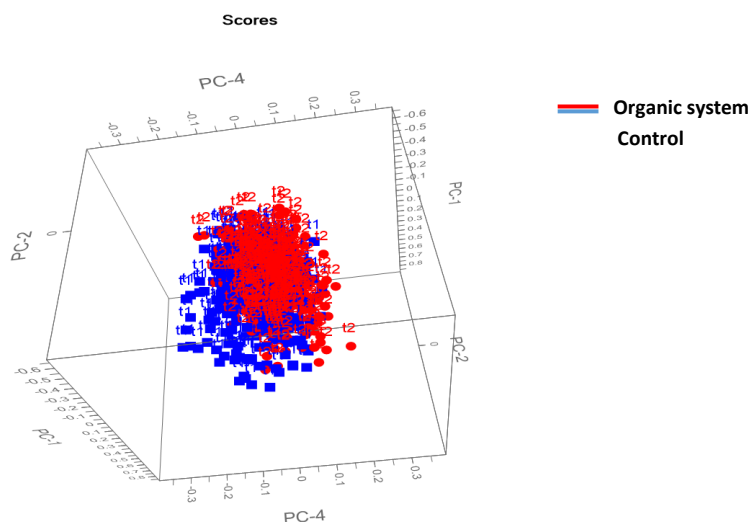
^{a,b} Means within a row with different superscript letters differ significantly at $P < 0.05$.

จากผลการศึกษาปริมาณนิวคลีโอไทด์ 2 ชนิด คือ inosine monophosphate (IMP) และ guanosine monophosphate (GMP) ในเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่โคราชทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์มีปริมาณ IMP และ GMP สูงกว่าไก่ในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยนิวคลีโอไทด์ทั้งสองชนิดบ่งบอกถึงรสอูมามิ (umami) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ มีรสชาติดีกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม

6. ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้ออก

จากการวิเคราะห์เนื้ออกของไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยใช้ Synchrotron FTIR พบความแตกต่างขององค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อ ดังแสดงในภาพที่ 4.1.3.2 ซึ่งเป็นภาพที่แสดงให้เห็นถึง Principal component analysis (PCA) ระหว่างเนื้ออกไก่ทั้ง 2 กลุ่ม เห็นว่าไก่ทั้ง 2 กลุ่ม มีความแตกต่างกันขององค์ประกอบทางชีวเคมี และเมื่อนำค่าเฉลี่ย spectra ของพื้นที่ได้กราฟที่ได้จากการใช้ Synchrotron FTIR มาเปรียบเทียบกับกันแล้ว ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ของช่วง wave number ที่แสดงถึง Fatty acid ($2800-3000\text{ cm}^{-1}$), Amide 1 ($1700-1600\text{ cm}^{-1}$), Amide 2 ($1600-1500\text{ cm}^{-1}$), CH bending ($1450, 1380\text{ cm}^{-1}$), Amide 3 (1338 cm^{-1}) และ Carbohydrate/glycogen ($1250-900\text{ cm}^{-1}$) แต่พบว่ามี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ช่วง wave number ที่แสดงถึง Ester bond (1740 cm^{-1}) (ตารางที่ 4.1.3.11) โดย Ester bond เป็นพันธะที่แสดงถึง triglyceride จึงสามารถอธิบายได้ว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ มี triglyceride ที่ต่ำกว่าไก่

ในกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานงานวิจัย และให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับ Castellini et al. (2002) โดยการสะสมไขมันที่ต่ำลงอาจเนื่องมาจากการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยและอินทรีย์ ทำให้ไก่สามารถเข้าถึงแปลงหญ้า ซึ่งถือว่าการเพิ่มการออกกำลังกาย และมีผลโดยตรงในการลดการสะสมของไขมัน โดยเฉพาะไขมัน triglyceride ที่เป็นไขมันส่วนเกินที่ร่างกายเก็บสะสมไว้เป็นพลังงานสำรอง ซึ่งการออกกำลังกายที่มากขึ้นสามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างกล้ามเนื้อแทนการสร้างไขมันได้ จึงเป็นผลทำให้ไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีการสะสมของไขมัน triglyceride ที่ต่ำกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม



รูปที่ 4.1.3.2 Principal component analysis (PCA) ในเนื้ออกไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับไก่ในกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4.1.3.11 ค่าเฉลี่ยของ % integral area ในเนื้ออกไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับไก่ในกลุ่มควบคุม

Functional group (wave number)	Control	Organic	P-value	SEM
	% integral area	% integral area		
Fatty acids (2800-3000 cm^{-1})	1.41	1.379	0.10	0.015
Ester bond (1740 cm^{-1})	0.025 ^a	0.023 ^b	0.00	0.001
Amide 1 (1700-1600 cm^{-1})	3.599	3.543	0.49	0.074
Amide 2 (1600-1500 cm^{-1})	2.810	2.680	0.36	0.128
CH bending (1450, 1380 cm^{-1})	1.525	1.50	0.52	0.027
Amide 3 (1338 cm^{-1})	0.044	0.042	0.59	0.003
Carbohydrate/glycogen (1250-900 cm^{-1})	1.103	1.118	0.83	0.066

^{a,b} Means within a row with different superscript letters differ significantly at $P < 0.05$.

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาอิทธิพลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และคุณภาพเนื้อในไก่โคราช จากผลการทดลองสรุปได้ว่า

1) ไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ มีค่าปริมาณอาหารที่กินได้ต่ำกว่า ส่งผลทำให้ค่า FCR ดีกว่า แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักตัว และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ในกลุ่มควบคุม

2) ไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ มีสัดส่วนของไขมันช่องท้องต่ำกว่า แต่มีสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ซาก เนื้ออกนอก เนื้ออกใน เนื้อสะโพก และเนื้อน่อง ไม่แตกต่างจากไก่ในกลุ่มควบคุม

3) ไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ มีค่า ultimate pH ที่เนื้อสะโพกต่ำกว่าไก่ที่เลี้ยงในกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับค่า cooking loss แต่ไม่มีผลต่อค่า drip loss ทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพก และยังพบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์มีค่า shear force สูงกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังพบอีกว่าสีเนื้อและสีหนังของไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ มีค่าสี redness และ yellowness สูงกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม

4) ไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ มีสัดส่วนของกรดไขมันชนิด α -linolenic acid และ total n-3 PUFA สูงกว่า และมีสัดส่วนของกรดไขมัน n-6/n-3 ต่ำกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม

5) ในส่วนขององค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อ จากการวิเคราะห์โดยใช้ Synchrotron FTIR พบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์มีการสะสมของไขมัน triglyceride ที่ต่ำกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่า

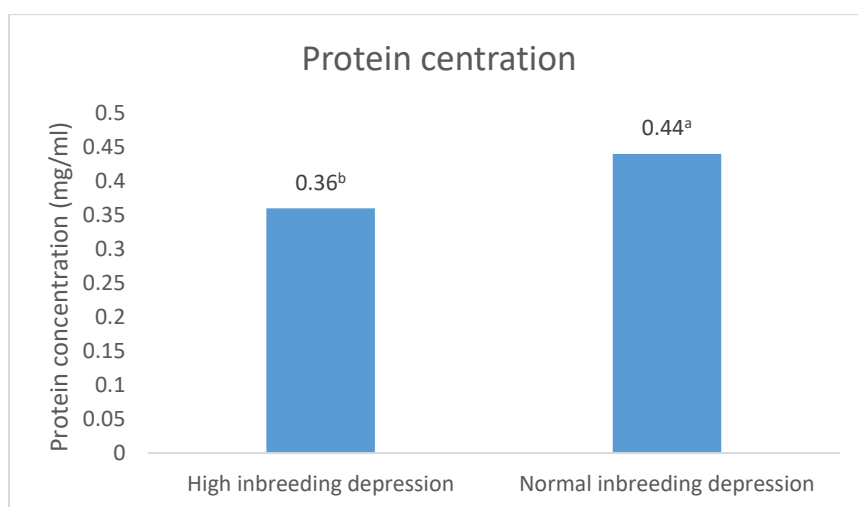
ปริมาณคอลลาเจนในเนื้อสะโพกที่สูงกว่า และมีรสชาติของเนื้อที่ดีกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม ซึ่งจากผลการศึกษาสามารถแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไก่โคราชในระบบอินทรีย์สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเนื้อไก่โคราชได้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.4 ศึกษาเรื่องอาหารและการจัดการที่ช่วยลดความรุนแรงของ inbreeding depression ต่อความสมบูรณ์พันธุ์ในไก่ ที่เกิดขึ้นเมื่อระดับ inbreeding coefficient ของไก่สายพ่อและสายแม่พันธุ์เพิ่มสูงขึ้นอันเนื่องจากการคัดเลือก

ผลการศึกษาและการอภิปรายผลข้อที่ 1.4

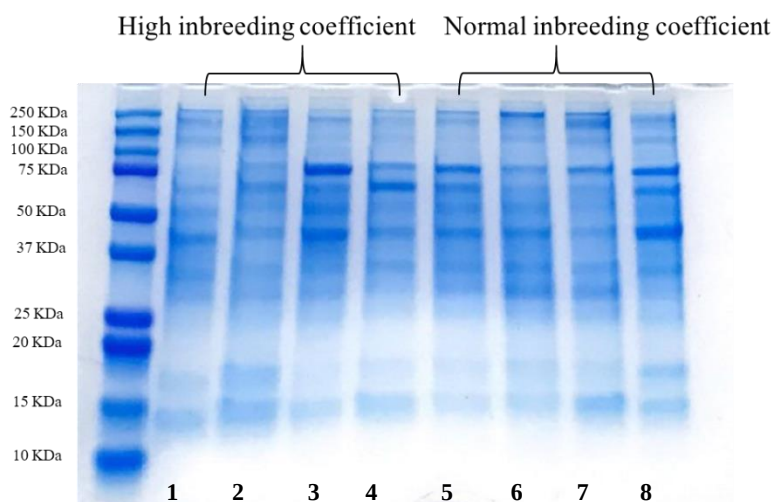
1.4.1 การศึกษาค่าทางชีวเคมีของของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ (uterine fluid) ในไก่แม่พันธุ์ มทส. ผูกที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และไก่แม่พันธุ์ มทส. ที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง

จากการศึกษาเปรียบเทียบไก่แม่พันธุ์ มทส. ระยะให้ไข่ 2 กลุ่ม คือ 1) ไก่แม่พันธุ์ มทส. ผูกที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และ 2) ไก่แม่พันธุ์ มทส. ที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง ที่เกิดจากการผสมแบบ full-sib inbreeding โดยไก่ผูกที่ทำการศึกษา มีค่า inbreeding coefficient ที่ประมาณ 30% ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณโปรตีน (protein concentration) จากตัวอย่างของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ของไก่แม่พันธุ์ มทส. ผูกที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ มีค่าที่สูงกว่าผูกไก่แม่พันธุ์ มทส. ที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ย 0.44 และ 0.36 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ (รูปที่ 4.1.4.1) ซึ่งปริมาณโปรตีนในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่เป็นตัวบ่งชี้สุขภาพอีกทางหนึ่งของแม่ไก่ ทั้งนี้ในแม่ไก่ มทส. ผูกปกติอาจมีการสร้างภูมิคุ้มกันโรคที่ดี ทำให้มีการสร้างโปรตีนในของเหลวได้ดีกว่าผูก มทส. ที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง อันเนื่องมาจากภาวะการเกิดภาวะเลือดชิดทำให้สุขภาพสัตว์อ่อนแอ (Marete et al., 2011) โดย Ezzat et al. (2011) รายงานว่าโปรตีนในเลือดที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการสร้างภูมิคุ้มกันโรคในแม่ไก่



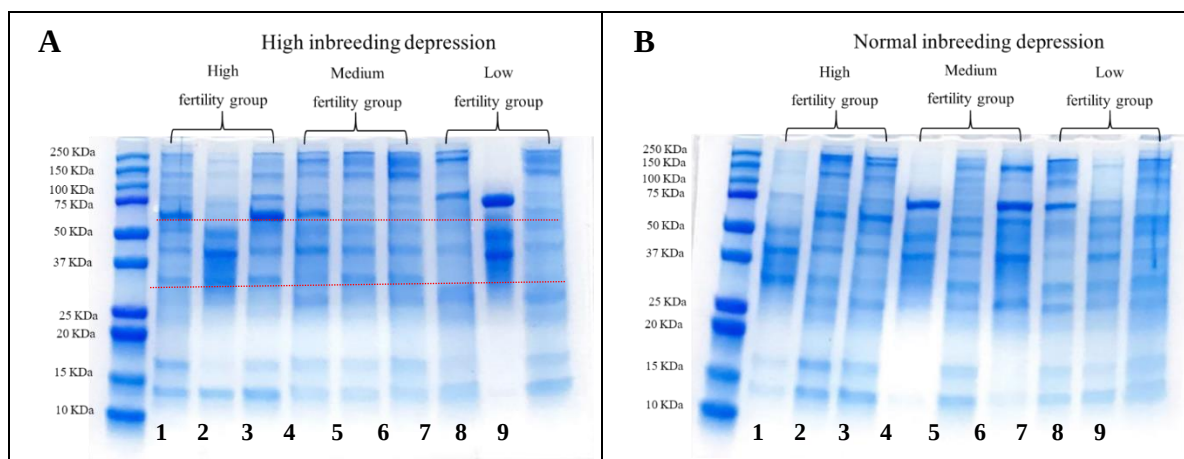
รูปที่ 4.1.4.1 ปริมาณโปรตีนในของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ในไก่ มทส. ผูกที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และผูกที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง

ส่วนการศึกษาน้ำหนักโมเลกุลและรูปแบบของโปรตีนที่สกัดได้โดยใช้ SDS-PAGE และย้อมสีด้วย Coomassie brilliant blue เพื่อดูลักษณะการแสดงออกของโปรตีนของไก่ทั้ง 2 ฝูงในเบื้องต้น พบว่า ไก่แม่พันธุ์ มทส. ทั้งสองฝูงมีการแสดงออกโปรตีนที่หลากหลายไม่เป็นไปในแนวทางเดียวกัน โดยโปรตีนแต่ละเลนในรูปที่ 4.1.4.2 เกิดจากการรวมตัวอย่างจากไก่จำนวน 3 ตัว รวมทั้งหมด 12 ตัว (ฝูงละ 4 เลน) และเมื่อพยายามลดความแปรปรวนดังกล่าว โดยทำการศึกษารูปแบบโปรตีนในแต่ละฝูงแยกกลุ่มตามอัตราการผสมติด (ผสมติดต่ำ ปานกลาง และสูง) ซึ่งแม่ไก่ มทส. ฝูงปกติแบ่งกลุ่มตามอัตราการผสมติดต่ำ ปานกลาง และสูง มีค่าเป็น 82.4 91.9 และ 98.6% ตามลำดับ ส่วนแม่ไก่ฝูง มทส. ที่มีอัตราเลือดชิดสูง แบ่งกลุ่มตามอัตราการผสมติดต่ำ ปานกลาง และสูง เป็น 64.7 88.8 และ 98.3% ตามลำดับ (รูปที่ 4.1.4.3) ลักษณะโปรตีนที่แสดงออกก็ยังคงมีความหลากหลายเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะในฝูงที่มีค่า inbreeding coefficient สูง ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากแม่ไก่ มทส. ฝูงที่มีภาวะเลือดชิดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่า inbreeding coefficient ประมาณ 30% ซึ่งอาจจะยังไม่สูงพอที่จะลดความแปรปรวนโปรตีนในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่ของไก่แต่ละตัว (individual variation) ทำให้ไม่สามารถบ่งชี้ถึงโปรตีนที่จำเพาะ (specific protein) ที่มีความสัมพันธ์กับภาวะการเกิดเลือดชิดได้ โดย Jeyaruban et al. (1995) รายงานว่าอัตราการเกิดภาวะเลือดชิดที่ 15% ส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อผลผลิต และเป็นระดับภาวะเลือดชิดที่ยังไม่เหมาะสมนำมาใช้ศึกษา อย่างไรก็ตามโปรตีนที่มีโมเลกุลประมาณ 62 และ 34 (รูปที่ 4.1.4.3) อาจเป็นตัวแทนของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการผสมติดต่ำ เพราะโปรตีนดังกล่าวพบมากในไก่ฝูง inbreeding coefficient ที่ยังมีอัตราการผสมติดสูง แต่พบน้อยในกลุ่มที่มีอัตราการผสมติดต่ำ อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการศึกษาโดยใช้ไก่ในจำนวนที่มากขึ้นเพื่อยืนยันผลให้ชัดเจนมากกว่านี้



Lane 1 – 4 = High inbreeding coefficient; Lane 5 – 8 = Normal inbreeding coefficient

รูปที่ 4.1.4.2 น้ำหนักโมเลกุลและรูปแบบของโปรตีนในฝูงไก่ มทส. ฝูงที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และฝูงที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง สกัดโดยใช้ SDS-PAGE



Lane 1 – 3 = High fertility group; Lane 4 – 6 = Medium fertility group; Lane 7 - 9 Low fertility groups

รูปที่ 4.1.4.3 น้ำหนักโมเลกุลและรูปแบบของโปรตีนในฟองไข่ มทส. ฟองที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง (A) และฟองที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ (B) สกัดโดยใช้ SDS-PAGE

1.4.2. การศึกษาผลของวิตามินและแร่ธาตุในอาหารไก่แม่พันธุ์ มทส. ต่ออัตราการให้ไข่ อัตราการผสมติดระยะเวลาการมีชีวิตรอดของอสุจิในท่อนำไข่ ค่าทางชีวเคมี และการต้านอนุมูลอิสระในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่

ผลของการเสริมสารต้านอนุมูลอิสระในรูปของวิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีนในอาหารต่ออัตราการให้ผลผลิตไข่ อัตราการผสมติด และอัตราการมีชีวิตรอดของอสุจิของไก่แม่พันธุ์ มทส. ฟองที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และฟองที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1.4.1 จากการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองแบบ orthogonal contrasts พบว่าไก่แม่พันธุ์ มทส. ฟองที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง (ภาวะเลือดชิด) มีอัตราการให้ผลผลิตไข่ และอัตราการผสมติด ต่ำกว่าไก่แม่พันธุ์ มทส. กลุ่มปกติ ($P < 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามภาวะเลือดชิดดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนไข่และอัตราการมีชีวิตรอดของอสุจิในท่อนำไข่ ($P > 0.05$) รวมถึงการเสริมวิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีนในอาหารไม่มีผลในการเพิ่มอัตราการให้ผลผลิตไข่ อัตราการผสมติด น้ำหนักไข่ และอัตราการมีชีวิตรอดของอสุจิ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริม ($P > 0.05$)

อัตราการให้ผลผลิตไข่และการผสมติดที่ลดลงในฟองไข่แม่พันธุ์ มทส. ที่มีภาวะเลือดชิดสูงนั้น สอดคล้องกับ Sysa and Jaszczak (1997) ที่พบว่าอัตราการเกิดภาวะเลือดชิด หรือ inbreeding coefficient ที่เพิ่มขึ้น 1% ต่อปี มีผลทำให้อัตราการผสมติดลดลง 0.4 - 1% แต่ภาวะเลือดชิดไม่ส่งผลกระทบต่อตัวอัตราการฟักออก Szwaczkowski et al. (2003) รายงานว่าไก่ไข่สายพันธุ์ N88 – New Hampshire ที่มีภาวะเลือดชิด 3.5% มีน้ำหนักไข่ลดลง ในไก่ Rhode Island ที่มีระดับ inbreeding coefficient สูงขึ้น ก่อให้เกิดผลกระทบต่อความสมบูรณ์พันธุ์และสมรรถนะการผลิต เช่น จำนวนไข่ลดลง อายุเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ช้า น้ำหนักไข่และน้ำหนักตัวไก่ที่อายุ 40 สัปดาห์ลดลง (Flock et al. 1993; Smith et al., 1998; Nwagu et al., 2007) นอกจากนี้ Sewalem et al. (1999) และ Christensen (2001)

รายงานค่า inbreeding coefficient ที่สูงในสัตว์ปีก จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตและการสืบพันธุ์ ทำให้อัตราการให้ผลผลิตไข่ การผสมติดและการฟักออกลดลง อัตราการตายของตัวอ่อนเพิ่มขึ้น จำนวนลูกที่ได้ต่อแม่ลดลง ส่งผลให้การผลิตมีต้นทุนเพิ่มสูงขึ้น

การเสริมวิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีนในอาหาร ไม่มีผลในการเพิ่มอัตราการให้ไข่ อัตราการผสมติด น้ำหนักไข่ และอัตราการมีชีวิตรอดของอสุจิ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเสริม ($P>0.05$) ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ว่า การเสริมสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในอาหารไก่แม่พันธุ์ มทส. น่าจะสามารถปรับปรุงสภาพแวดล้อมทางชีวเคมีของเหลวภายในท่อนำไข่ให้เหมาะสม และสามารถยืดอายุการมีชีวิตของอสุจิได้นานขึ้นและนำไปสู่การผสมติดที่มากขึ้น แม้ว่าได้มีการรายงานในผู้ชายที่มีภาวะเป็นหมันชั่วคราว โดยพบสาเหตุ 25 - 80% มาจากการมีสารอนุมูลอิสระสูงเกินไปทั้งในอสุจิและน้ำเลี้ยงอสุจิ (seminal plasma) (Agarwal et al., 2014) เช่นเดียวกับผู้หญิงที่หากมีสารอนุมูลอิสระสูง ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาไข่และการฝังตัวของตัวอ่อนในมดลูก (Gupta et al., 2014) เนื่องจากอนุมูลอิสระมีผลในการกระตุ้นการแสดงออกของยีนบางกลุ่มที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการสร้างโปรตีนที่ก่อให้เกิดความสมบูรณ์พันธุ์ต่ำ และยังพบว่าหากกลุ่มคนเหล่านี้ได้รับสารต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นจะสามารถลดสถานะการเป็นหมันแบบชั่วคราวได้ก็ตาม แต่ไม่พบผลดังกล่าวในไก่แม่พันธุ์ มทส. ที่มี inbreeding coefficient สูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าทางชีวเคมีในของเหลวภายในท่อนำไข่อาจไม่ได้เป็นปัจจัยหลักเพียงปัจจัยเดียวที่มีผลกระทบท่อการมีชีวิตรอดของอสุจิ จนนำไปสู่การเกิดปัญหาอัตราการผสมติดต่ำ ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับค่าการมีชีวิตรอดของอสุจิในไก่ที่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในไก่ทั้งสองฝูง รวมถึงอัตราการผสมติดที่ได้จากการวัดในการทดลองนี้ เป็นค่าที่ได้จากการผสมเทียมวันละ 1 ครั้งต่อเนื่องกันเพียง 2 วัน แล้วทำการเก็บไข่เข้าฟักเพื่อดูอัตราการผสมติดต่อเนื่องกันจนครบ 21 วัน นอกจากค่าที่ได้ดังกล่าวจะมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานทั่วไป อาจต้องเพิ่มการศึกษาโดยวัดอัตราการผสมติดจากการผสมเทียมในรูปแบบที่ปฏิบัติทั่วไปในฟาร์มเพื่อจะได้ผลที่ชัดเจนขึ้น

นอกจากนี้การเสริมวิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีนในอาหาร ไม่มีผลในการปรับปรุงอัตราการให้ผลผลิตไข่ อัตราการผสมติด น้ำหนักไข่ และอัตราการมีชีวิตรอดของอสุจิ ในไก่ทั้งสองฝูง ซึ่งดังที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่า ค่าทางชีวเคมีในของเหลวภายในท่อนำไข่อาจไม่ได้เป็นปัจจัยหลักเพียงปัจจัยเดียวที่มีผลกระทบท่อการมีชีวิตรอดของอสุจิจนนำไปสู่การเกิดปัญหาอัตราการผสมติดต่ำ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเฉพาะในไก่แม่พันธุ์ มทส. ฝูงปกติ ที่ถึงแม้ว่าการเสริมวิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีนในอาหารสามารถเพิ่มอัตราการให้ผลผลิตไข่ และอัตราการผสมติดได้ 2.20 และ 4.41% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับไก่กลุ่มที่ไม่เสริมสารต้านอนุมูลอิสระ แต่ไม่พบความแตกต่างดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้ อาจเป็นไปได้ว่าแม่ไก่ มทส. ถูกเลี้ยงในโรงเรือนระบบปิด (evaporative cooling system) ที่มีการควบคุมอุณหภูมิทำให้สัตว์อยู่สบาย ไม่ก่อให้เกิดความเครียด ส่งผลให้วิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีนแสดงผลได้ไม่ชัดเจน (Urso et al., 2015)

ตารางที่ 4.1.4.1 ผลของสารต้านอนุมูลอิสระต่อสมรรถนะการผลิตและการมีชีวิตรอดของสุจิ ในไก่ มทส. ฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง

		Egg production (%)	Egg weight (g)	Fertility (%)	Fertile period length of sperm (day)
Inbreeding	Non supplement	83.98 ^b	61.80	65.35 ^b	14.14
	Supplement	84.21 ^b	60.98	65.98 ^b	13.30
Normal breed	Non supplement	88.53 ^a	62.89	69.42 ^{ab}	14.78
	Supplement	90.48 ^a	62.42	72.48 ^a	15.43
Pooled SEM		0.7497	0.3338	1.0151	0.2352
Orthogonal contrasts ¹					
Inbreeding vs. Normal breed		0.001	NS	0.009	NS
Non supplement vs. Supplement		0.438	NS	0.357	NS

^{a-b} Means in each column with different letters differ significantly ($P < 0.05$)

¹ Orthogonal contrast: 1) High inbreeding depression vs. normal breed and 2) non-supplement vs. supplement (200 mg/kg of vitamin C, 150 mg/kg of vitamin E, 0.3 mg/kg of Se and 150 mg/kg carnitine)

ผลของการเสริมสารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร ต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณโปรตีนในไข่แม่พันธุ์ มทส. ฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1.4.2 จากการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองแบบ orthogonal contrasts พบว่า กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่วัดในรูปแบบค่า %DPPH และ SOD มีค่าไม่แตกต่างกันในไก่ทั้งสองฟุ้ง ($P > 0.05$) แต่การเสริมสารต้านอนุมูลอิสระในรูปวิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีน สามารถเพิ่มกิจกรรมการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ (%DPPH) ได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่มีการเสริม ($P < 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแม่ไก่ มทส. กลุ่มปกติ ที่ได้รับอาหารเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าแม่ไก่สถานะเดียวกันที่ไม่ได้รับอาหารเสริม ($P < 0.05$) โดยค่า DPPH เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการยับยั้ง หรือการกำจัดอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่าง ในงานทดลองนี้ค่าการต้านอนุมูลอิสระในของเหลวที่เหลือจากต่อมสร้างเปลือกไข่เพิ่มขึ้น เป็นผลจากการทำงานของวิตามินซีและคาร์นิทีนซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มที่ไม่ใช่เอนไซม์ โดยวิตามินซีและคาร์นิทีนละลายได้ในน้ำ และอาจถูกนำมาสะสมในของเหลวที่เหลือจากต่อมสร้างเปลือกไข่ ซึ่งเป็นผลดีในการเพิ่มระยะการมี

ชีวิตรอดของอสุจิ (Jena et al., 2013) แต่อย่างไรก็ตามค่าการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นไม่ได้มีผลในการเพิ่มอัตราการผสมติด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไก่ทั้งสองกลุ่มเลี้ยงในสภาวะปกติที่ไม่ได้ก่อให้เกิดความเครียด

ตารางที่ 4.1.4.2 ผลของสารต้านอนุมูลอิสระ ต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณโปรตีนในของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ ในไก่ มทส. ฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง

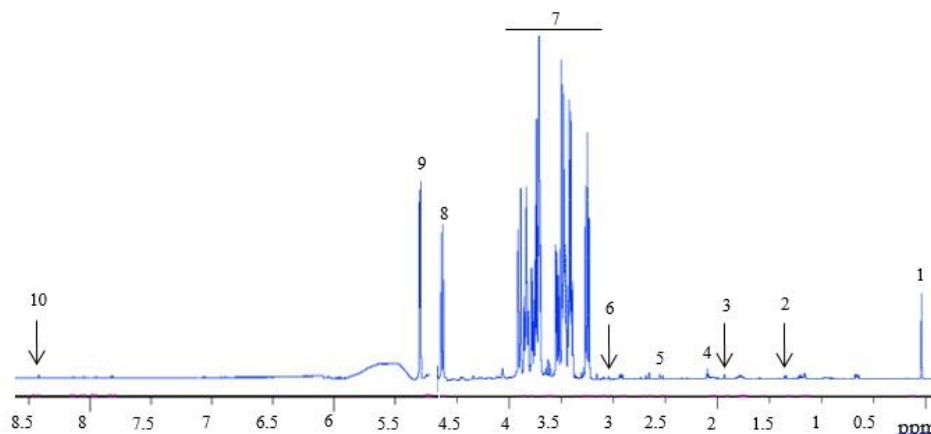
		DPPH (%)	SOD (U/mg protein)	Protein (mg/ml)
Inbreeding	Non supplement	30.46 ^{ab}	7.72	0.46
	Supplement	32.19 ^a	11.09	0.54
Normal breed	Non supplement	27.64 ^b	9.54	0.65
	Supplement	31.45 ^a	10.57	0.77
Pooled SEM		0.576	0.539	0.073
Orthogonal contrasts				
Inbreeding vs Normal breed		0.083	NS	NS
Non supplement vs Supplement		0.020	NS	NS

^{a-b} Means in each column with different letters differ significantly ($P < 0.05$)

¹ Orthogonal contrast: 1) High inbreeding depression vs. normal breed and 2) non-supplement vs. supplement (200 mg/kg of vitamin C, 150 mg/kg of vitamin E, 0.3 mg/kg of Se and 150 mg/kg of carnitine).

ผลของการเสริมสารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร ต่อองค์ประกอบของสารชีวเคมีภายในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่ ในไก่แม่พันธุ์ มทส. ฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1.4.4 และ ตารางที่ 4.1.4.3 โดยสารเมแทบอลิท์ที่พบในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่ ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วย Lactate, Acetate, Creatin-cratin, alpha-glucose, beta-glucose, formate, N-acetyl group และ Citrate จากการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองแบบ orthogonal contrasts พบว่าสารเหล่านี้ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างไก่ทั้งสองฟุ้ง ($P > 0.05$) แต่การเสริมวิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีน สามารถเพิ่ม N-acetyl group ได้สูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีการเสริม ($P < 0.05$) โดย N-acetyl group เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์หลายชนิดในกระบวนการเมแทบอลิซึม ทั้งในด้านการสร้างภูมิคุ้มกัน และการปรับสมดุลของสารชีวเคมีต่าง ๆ ในร่างกาย (Szu and Slavomir, 2003) อย่างไรก็ตามค่าน้ำหนักโมเลกุลและรูปแบบของโปรตีนในฟุ้งไก่ มทส. ทั้ง 2 ฟุ้งที่ได้รับและไม่ได้รับอาหารเสริมวิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีน ยังมีคงความแปรปรวนค่อนข้างสูง

(รูปที่ 4.1.4.5) ยังไม่สามารถใช้บ่งชี้โปรตีนเป้าหมายที่น่าจะเป็นตัวแทนของอัตราเลือดชิดและการได้รับอาหารเสริมต้านอนุมูลอิสระได้ ซึ่งอาจต้องมีการตรวจสอบในแม่ไก่เป็นรายตัวอีกครั้ง



รูปที่ 4.1.4.4 ตัวอย่าง ^1H -NMR สเปกตรัมของของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่

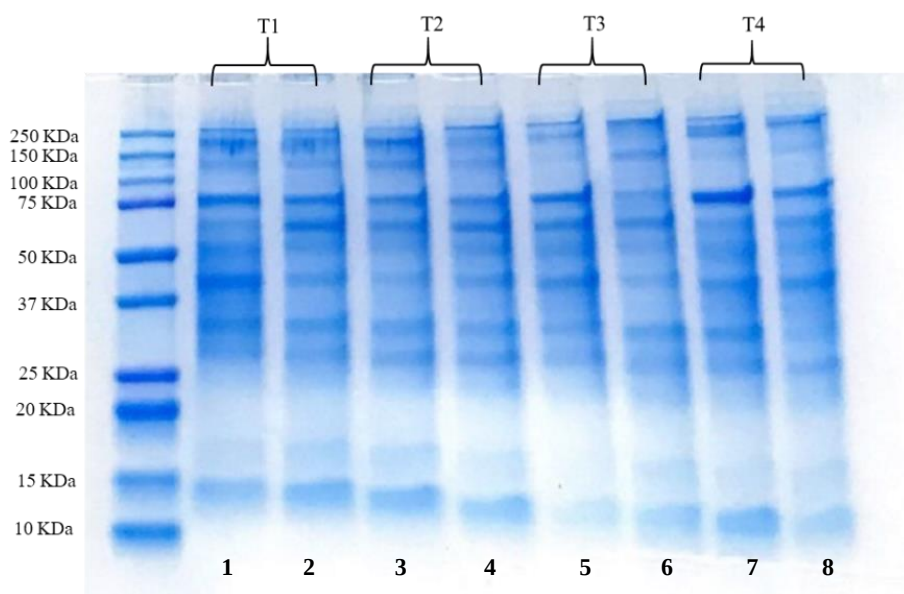
(1) DSS, (δ 0); (2) lactate, (δ 1.33); (3) acetate, (δ 1.91); (4) N-acetyl groups, (δ 2.02-2.07); (5) citrate, (δ 2.69); (6) creatine-creatinine, (δ 3.02); (7) glucose, (δ 3.26-3.90); (8) β -glucose, (δ 4.64); (9) α -glucose, (δ 5.22) and (10) formate (δ 8.45) ใช้ฐานข้อมูลเลขเคมีคัลชิฟท์ (chemical shift, δ) ในการจำแนกสารเคมี อ้างอิงจาก Nicholson et al. (1995); Gerard et al. (2015); Settachaimongkon et al. (2014)

ตารางที่ 4.1.4.3 องค์ประกอบสารชีวเคมีในของเหลวที่หลังจากต่อมสร้างเปลือกไข่ในไก่ มทส. ฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ และฟุ้งที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง

	Inbreeding		Normal breed		Pooled SEM	Orthogonal contrasts	
	Non Supplement	Supplement	Non Supplement	Supplement		1 vs. 2	3 vs. 4
Lactate	0.0053	0.0066	0.0072	0.008	0.0006	NS	NS
Acetate	0.0013	0.0024	0.0027	0.0144	0.0031	NS	NS
Creatin-creatinin	0.0082	0.0083	0.0099	0.0071	0.0005	NS	NS
alpha-glucose	0.6485	0.7749	0.7372	0.7205	0.0347	NS	NS
beta-glucose	0.6015	0.7322	0.6972	0.6739	0.0038	NS	NS
Glucose	6.2016	7.5063	6.9475	6.9083	0.2172	NS	NS
Formate	0.0031	0.0045	0.0036	0.0031	0.0004	NS	NS
N-acetyl group	0.0348 ^b	0.0372 ^b	0.0342 ^b	0.0521 ^a	0.0026	0.139	0.037
Citrate	0.0136	0.0126	0.0124	0.0137	0.0008	NS	NS

^{a-b} Means in each column with different letters differ significantly ($P < 0.05$)

¹ Orthogonal contrast: 1) High inbreeding depression vs. normal breed and 2) non-supplement vs. supplement (200 mg/kg of vitamin C, 150 mg/kg of vitamin E, 0.3 mg/kg of Se and 150 mg/kg carnitine).



Lane 1 -2 = High inbreeding coefficient; Lane 3- 4 = High inbreeding coefficient supplemented vitamin C, vitamin E, Se and carnitine; Lane 5 -6 = Normal inbreeding coefficient; Lane 7-8 = Normal inbreeding coefficient supplemented vitamin C, vitamin E, Se and carnitine

รูปที่ 4.1.4.5 น้ำหนักโมเลกุลและรูปแบบของโปรตีนในฝูงไก่ มทส. ฝูงที่มีระดับ inbreeding coefficient สูง (เลน 1-4) และฝูงที่มีระดับ inbreeding coefficient ปกติ (เลน 5-8) สกัดโดยใช้ SDS-PAGE

ในสถานะที่แม่ไก่ มทส. มีอัตราเลือดชิดที่สูงขึ้น ส่งผลกระทบทำให้การให้ผลผลิตไข่และการผสมติดต่ำกว่าไก่ มทส. ฝูงปกติ ซึ่งการเสริมวิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีนในอาหาร สามารถเพิ่มกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปรับเปลี่ยนสารชีวเคมีบางชนิดในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่ได้ดีขึ้น แต่ยังไม่สามารถนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตไข่และการผสมติดได้

อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของอัตราการฟักออก รวมถึงผลต่อเนื่องไปจนถึงลูกไก่ที่เกิดจากแม่ไก่ทั้งสองฝูง เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะในส่วน of วิตามินอีและซีลีเนียมที่ศึกษาในครั้งนี้ อาจมีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบไข่ที่นำไปสู่การเพิ่มการฟักออกและการพัฒนาการของลูกไก่ได้ อีกทั้งการเกิดเลือดชิดในฝูงไก่ มทส. มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตไข่ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมที่มีปัญหา อาจต้องมีการเก็บตัวอย่างจากส่วนอื่น ๆ เพื่อวัดผลเพิ่มเติม เช่น จากตับและรังไข่ เพื่อดูการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมันและโปรตีน เป็นต้น

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.5 ศึกษาองค์ประกอบทางชีวเคมีที่มีผลต่อการเป็นเนื้อสุกภาพ รสชาติของเนื้อ และกลิ่น โดยธรรมชาติ รวมถึงโครงสร้างกล้ามเนื้อของเนื้อไก่ เพื่อนำไปสู่การสร้างจุดต่าง และจุดเด่นในการเป็นเนื้อเพื่อสุกภาพ ทั้งเนื้อสด และเนื้อที่ปรุงสุกด้วยวิธีการต่างๆ รวมถึงนำไปสู่การออกแบบวิธีเก็บรักษา และกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

การศึกษาตามวัตถุประสงค์นี้ประกอบด้วยการศึกษาใน 3 ประเด็น คือ **ประเด็นที่ 1** สารให้กลิ่นรสของไก่โคราชเมื่อเทียบกับไก่พื้นเมืองและไก่เนื้อทางการค้า **ประเด็นที่ 2** การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อ และความสามารถของเนื้อเมื่อได้รับความร้อนด้วยวิธีการต่างๆ และระดับอุณหภูมิต่างๆ และ **ประเด็นที่ 3** การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อไก่เมื่ออายุเพิ่มขึ้น การศึกษาทั้ง 3 ประเด็นมีรายละเอียดของผลการศึกษา ดังนี้

ประเด็นที่ 1 สารให้กลิ่นรสของไก่โคราชเมื่อเทียบกับไก่พื้นเมืองและไก่เนื้อทางการค้า

ในประเด็นเรื่องกลิ่นรสของเนื้อไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ เนื่องจากได้รายงานผลในประเด็นนี้ไปแล้วในรายงานความก้าวหน้าในครั้งที่ 4 ดังนั้นในการรายงานฉบับสมบูรณ์นี้จะเป็นการสรุปผลการศึกษา โดยรายละเอียดของผลได้แสดงไว้ในภาคผนวกที่ 1

ผลการศึกษาองค์ประกอบของสารระเหยที่ต่างกันเนื้อปรุงสุก สรุปได้ว่า กลิ่นรส (flavor) ของเนื้อไก่ทั้งสามสายพันธุ์แตกต่างกัน ทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพก โดยสาเหตุหนึ่งที่ไก่ทั้งสามสายพันธุ์มีสารให้กลิ่นรสต่างกัน เนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดไขมันที่ต่างกัน การเสื่อมสลายของกรดไขมันระหว่างการให้ความร้อน รวมถึงปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เป็นปฏิกิริยาสำคัญที่ทำให้เกิดสารที่ให้กลิ่นรสในเนื้อไก่ต่างกัน อย่างไรก็ตามยังมีองค์ประกอบอื่นในเนื้อไก่ที่ทำให้เกิดสารระเหยที่ต่างกัน เช่น ปริมาณและชนิดของกรดอะมิโนอิสระ รูปแบบของกรดอะมิโนในเนื้อไก่ รวมถึงปริมาณและชนิดของน้ำตาลรีดิวซ์ในเนื้อไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ ข้อมูลขององค์ประกอบดังกล่าวจะทำให้สามารถอธิบายถึงความแตกต่างของสารระเหยที่เกิดขึ้นในแต่ละสายพันธุ์ได้ดียิ่งขึ้น แม้การศึกษานี้จะทราบว่ารูปแบบของกลิ่นรสของเนื้อไก่ 3 สายพันธุ์แตกต่างกันอย่างไร แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าผู้บริโภคมีความชอบในกลิ่นรสของไก่สายพันธุ์ใด และสารให้กลิ่นรสใดเป็นสารสำคัญต่อการกำหนดความชอบของผู้บริโภค ข้อมูลเชิงลึกเหล่านี้จะนำไปสู่การปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้กลิ่นรสตามความต้องการของผู้บริโภค และ/หรือ นำไปสู่การพัฒนากระบวนการแปรรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสตามความต้องการของผู้บริโภคต่อไป

ประเด็นที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อ และความสามารถของเนื้อเมื่อได้รับความร้อนด้วยวิธีการต่างๆ และระดับอุณหภูมิต่างๆ

ผลการศึกษาเพิ่มเติมด้านค่าสีพบว่าเนื้ออกไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ ไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราช และไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว (ตารางที่ 4.1.5.1) เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจะมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น โดยเนื้ออกไก่ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70 และ 90°C จะมีความสว่างมากกว่าเนื้ออกไก่ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 121°C ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแดงที่เพิ่มขึ้นในเนื้ออกไก่ที่ได้รับความ

ร้อนที่อุณหภูมิ 121°C จากผลการทดลองบ่งชี้ถึงเนื้ออกไก่ที่ผ่านความร้อนจะมีความสว่างมากขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 121°C จะมีสีเข้มมากกว่าที่อุณหภูมิ 70 และ 90°C นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้าพบว่าเนื้ออกของไก่โคราชและไก่พื้นเมืองเหลืองหางขาวมีค่าความสว่างน้อยกว่า

ตารางที่ 4.1.5.1 ค่าสีของเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C เป็นระยะเวลา 40 นาที

อุณหภูมิ (°C)	สายพันธุ์	L*	a*	b*
เนื้อดิบ	ไก่เนื้อทางการค้า	63.71±4.64 ^b	2.56±2.38 ^{bcd}	10.90±5.32 ^a
	ไก่โคราช	57.53±4.69 ^a	2.39±3.11 ^{bcd}	11.72±5.89 ^{ab}
	ไก่พื้นเมือง	60.81±7.34 ^{ab}	3.30±2.31 ^{cde}	12.70±4.16 ^{abc}
70	ไก่เนื้อทางการค้า	80.73±2.88 ^f	2.31±0.54 ^{bcd}	16.23±1.02 ^d
	ไก่โคราช	79.67±1.57 ^{ef}	2.33±0.82 ^{bcd}	14.56±1.39 ^{bcd}
	ไก่พื้นเมือง	79.34±0.76 ^{ef}	1.82±0.59 ^{abc}	15.30±1.55 ^{cd}
90	ไก่เนื้อทางการค้า	79.43±2.46 ^{ef}	2.38±0.74 ^{bcd}	16.25±1.43 ^d
	ไก่โคราช	78.69±2.19 ^{ef}	1.51±0.47 ^{ab}	14.59±1.40 ^{bcd}
	ไก่พื้นเมือง	79.25±2.18 ^{ef}	0.54±0.55 ^a	15.44±1.04 ^{cd}
121	ไก่เนื้อทางการค้า	76.09±2.81 ^{de}	2.95±0.50 ^{bcd}	17.11±1.45 ^d
	ไก่โคราช	72.11±2.55 ^c	4.35±0.97 ^e	21.39±1.97 ^e
	ไก่พื้นเมือง	74.38±1.53 ^{cd}	3.62±0.93 ^{de}	21.75±1.98 ^e

โดยตัวอักษรพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างระหว่างระหว่างอุณหภูมิที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าสีในเนื้อสะโพกไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ ไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราชและไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว (ตารางที่ 4.1.5.2) เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจะมีค่าความสว่าง (L*) และความเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความแดง (a*) ลดลง โดยค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่ 70, 90 และ 121°C โดยค่าความสว่างเนื้อสะโพกของไก่เนื้อทางการค้าสูงที่สุด รองลงมาคือไก่เนื้อโคราช และไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว ตามลำดับ จากผลการทดลองบ่งชี้ถึงเนื้อสะโพกไก่เมื่อได้รับความร้อนจะมีความสว่างและความเหลืองมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Wattanachant et al. (2005) พบว่าเมื่อให้ความร้อนเนื้อสะโพกไก่ (*Pectoralis muscle*) เพิ่มขึ้นจาก 50 เป็น 70°C เนื้อไก่จะมีความสว่างและความเหลืองมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงของสีสัมพันธ์กับการเสียสภาพธรรมชาติของไมโอโกลบิน (myoglobin) ที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 80 - 85°C และค่าสีแดงที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับ Globin hemochrome (Fe^{2+}) ที่มีสีแดงคล้ำเปลี่ยนเป็น Globin hemichrome (Fe^{3+}) ซึ่งมีสีน้ำตาลเทา (Lawrie, 1994)

ตารางที่ 4.1.5.2 ค่าสีของเนื้อสะโพกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C เป็นระยะเวลา 40 นาที

อุณหภูมิ (°C)	สายพันธุ์	L*	a*	b*
70	เนื้อไก่ดิบ			
	ไก่เนื้อทางการค้า	51.87±3.00 ^a	6.09±2.10 ^{ef}	13.52±3.94 ^b
	ไก่โคราช	53.19±7.71 ^a	5.42±3.35 ^{def}	9.87±5.13 ^a
	ไก่พื้นเมือง	52.90±8.04 ^a	6.85±3.47 ^f	11.12±4.93 ^{ab}
	ไก่เนื้อทางการค้า	75.38±1.67 ^e	3.34±0.71 ^{bc}	17.86±0.37 ^c
	ไก่โคราช	71.11±6.05 ^{cde}	3.93±1.55 ^{bcd}	16.55±1.42 ^c
	ไก่พื้นเมือง	69.27±3.72 ^{bcd}	4.36±0.88 ^{cde}	18.30±0.54 ^c
	ไก่เนื้อทางการค้า	72.92±3.37 ^{de}	2.91±0.74 ^{abc}	18.28±1.27 ^c
	ไก่โคราช	66.37±5.92 ^{bc}	2.94±0.89 ^{abc}	16.89±1.29 ^c
90	ไก่พื้นเมือง	66.75±6.05 ^{bc}	1.38±0.82 ^a	19.02±0.70 ^c
	ไก่เนื้อทางการค้า	70.19±3.15 ^{cde}	2.37±0.38 ^{ab}	18.91±2.14 ^c
	ไก่โคราช	65.48±5.76 ^{bc}	3.32±0.62 ^{bc}	19.11±2.22 ^c
121	ไก่โคราช	65.48±5.76 ^{bc}	3.32±0.62 ^{bc}	19.11±2.22 ^c
	ไก่พื้นเมือง	63.83±4.93 ^b	3.65±1.15 ^{bcd}	19.18±1.14 ^c

โดยตัวอักษรพิมพ์เล็กแสดงความแตกต่างระหว่างระหว่างอุณหภูมิที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คอลลาเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและมีการรายงานว่าคุณค่าคอลลาเจนสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัส (Sims and Bailey, 1981) ผลการวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจน (ตารางที่ 4.1.5.3 และ 4.1.5.4) พบว่าในเนื้ออกของไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวมีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำไม่ได้สูงที่สุด รองลงมาคือ ไก่เนื้อโคราชและไก่เนื้อทางการค้า ตามลำดับ โดยพบแนวโน้มเช่นเดียวกันในเนื้อส่วนสะโพก ยกเว้นปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำไม่ได้ในเนื้อไก่โคราชและไก่เนื้อทางการค้าเท่านั้นที่มีค่าไม่แตกต่างกัน และเนื้อส่วนสะโพกเนื้อไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์มีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำไม่ได้สูงกว่าเนื้ออก เมื่อเนื้อไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด แต่ทำให้ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายน้ำไม่ได้ลดลงทั้งในเนื้อส่วนอกและสะโพก

ตารางที่ 4.1.5.3 ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและคอลลาเจนที่ไม่ละลายน้ำของเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C เป็นระยะเวลา 40 นาที

อุณหภูมิ (°C)	สายพันธุ์	คอลลาเจนทั้งหมด (มก/กรัมตัวอย่าง โดยน้ำหนักแห้ง)	คอลลาเจนที่ไม่ละลายน้ำ (มก/กรัมตัวอย่าง โดยน้ำหนักแห้ง)
เนื้อไก่ดิบ	ไก่เนื้อทางการค้า	19.59±2.96 ^{ab}	8.19±1.42 ^b
	ไก่โคราช	20.19±2.48 ^{ab}	11.76±1.37 ^{cd}
	ไก่พื้นเมือง	24.14±6.91 ^{abc}	19.25±1.48 ^e
70	ไก่เนื้อทางการค้า	14.88±7.75 ^a	12.12±1.04 ^d
	ไก่โคราช	24.10±3.41 ^{abc}	21.90±1.01 ^f
	ไก่พื้นเมือง	48.92±11.03 ^d	26.82±1.00 ^g
90	ไก่เนื้อทางการค้า	21.12±3.38 ^{ab}	11.80±1.46 ^{cd}
	ไก่โคราช	36.49±7.62 ^c	25.47±1.76 ^g
	ไก่พื้นเมือง	27.15±5.06 ^{bc}	27.10±1.33 ^g
121	ไก่เนื้อทางการค้า	20.92±2.47 ^{ab}	5.77±0.55 ^a
	ไก่โคราช	27.15±8.01 ^{bc}	5.44±1.03 ^a
	ไก่พื้นเมือง	19.45±1.52 ^{ab}	9.42±0.47 ^{bc}

โดยตัวอักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างระหว่างระหว่างอุณหภูมิที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.1.5.4 ปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดและคอลลาเจนที่ไม่ละลายน้ำของเนื้อสะโพกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C เป็นระยะเวลา 40 นาที

อุณหภูมิ (°C)	สายพันธุ์	คอลลาเจนทั้งหมด (มก/กรัมตัวอย่าง โดยน้ำหนักแห้ง)	คอลลาเจนที่ไม่ละลายน้ำ (มก/กรัมตัวอย่าง โดยน้ำหนักแห้ง)
เนื้อไก่ดิบ	ไก่เนื้อทางการค้า	25.78±4.91 ^a	23.69±0.75 ^{cde}
	ไก่โคราช	48.20±3.59 ^{cde}	32.08±3.53 ^{fg}
	ไก่พื้นเมือง	49.25±11.19 ^{cde}	47.91±9.64 ^h
70	ไก่เนื้อทางการค้า	40.21±8.22 ^{bc}	21.64±4.03 ^{cde}
	ไก่โคราช	68.89±7.82 ^g	17.97±0.12 ^{bc}
	ไก่พื้นเมือง	55.58±9.14 ^{def}	35.49±3.51 ^g
90	ไก่เนื้อทางการค้า	43.85±3.51 ^{cd}	19.06±2.33 ^{cd}
	ไก่โคราช	57.97±7.13 ^{efg}	25.32±1.60 ^{def}
	ไก่พื้นเมือง	62.26±4.29 ^{fg}	28.23±1.27 ^{ef}
121	ไก่เนื้อทางการค้า	25.25±2.03 ^a	8.18±0.77 ^a
	ไก่โคราช	30.23±2.25 ^{ab}	11.26±1.37 ^{ab}
	ไก่พื้นเมือง	49.64±4.14 ^{cde}	11.49±0.05 ^{ab}

โดยตัวอักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างระหว่างระหว่างอุณหภูมิที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สารนิวคลีโอไทด์และอนุพันธ์ ได้แก่ GMP และ IMP เป็นสารที่ให้รสอร่อย (umami) ส่วนอินโนซีน และไฮโปแซนทีน สามารถเป็นดัชนีบ่งชี้การแตกตัวของนิวคลีโอไทด์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณนิวคลีโอไทด์ และอนุพันธ์ในเนื้ออกและสะโพกของไก่ 3 สายพันธุ์เมื่อได้รับความร้อนแสดงในตารางที่ 4.1.5.5 และ 4.1.5.6 ตามลำดับ พบว่าปริมาณ IMP ในไก่ทั้งสามสายพันธุ์มีปริมาณลดลง เมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 70, 90 และ 121°C โดยในเนื้ออกมีปริมาณ IMP ไม่ต่างกันเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในขณะที่เนื้อส่วนสะโพกพบว่าที่อุณหภูมิ 70°C ทำให้ปริมาณ IMP ลดลงมากที่สุด การลดลงของ IMP เมื่อได้รับความร้อนสอดคล้องกับการ ทดลองของ (Vani et al., 2006) ซึ่งให้ความร้อนในระบบที่ประกอบด้วยน้ำ เส้นใยกล้ามเนื้อและ IMP ที่ อุณหภูมิ 80, 100 และ 120°C พบว่าปริมาณ IMP ลดลงเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น ส่วน ปริมาณ GMP พบว่าเมื่อให้ความร้อนถึงอุณหภูมิ 121°C ทำให้ปริมาณ GMP ในอกไก่ทั้งสามสายพันธุ์เพิ่มขึ้น ในขณะที่เนื้อสะโพกของไก่เนื้อโคราชและไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวพบว่าปริมาณ GMP จะเพิ่มขึ้นเมื่อ ให้ความร้อนถึงอุณหภูมิ 90°C และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อทางการค้า นั้นปริมาณ GMP จะเพิ่มขึ้นเมื่อให้ความ ร้อนถึงอุณหภูมิ 121°C

ความร้อนที่เพิ่มขึ้นจาก 70, 90 และ 121°C ส่งผลให้ปริมาณ ATP ในไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ทั้งเนื้อส่วน อกและสะโพกเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณ ADP และ AMP ลดลงโดยจะลดลงอย่างชัดเจนที่อุณหภูมิ 90 และ 121°C ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอินโนซีนที่ลดลงและไฮโปแซนทีนที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนที่อุณหภูมิ 90 และ 121°C

ตารางที่ 4.1.5.5 ปริมาณนิวคลีโอไทด์และอนุพันธ์ของเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C เป็นระยะเวลา 40 นาที

อุณหภูมิ (°C)	สายพันธุ์	ปริมาณนิวคลีโอไทด์และอนุพันธ์ (ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง โดยน้ำหนักแห้ง)						
		GMP	IMP	ATP	ADP	AMP	Inosine	Hypoxanthine
เนื้อไก่ดิบ	ไก่เนื้อทางการค้า	180.13±26.88 ^{cd}	3776.51±131.08 ^d	93.40±7.21 ^{ab}	452.20±1.88 ^{de}	115.06±8.82 ^{de}	1061.78±51.39 ^a	66.58±38.05 ^a
	ไก่เนื้อโคราช	129.50±20.14 ^{bc}	3335.62±391.48 ^{cd}	93.36±12.09 ^{de}	509.28±24.83 ^e	126.79±2.36 ^e	1575.19±82.82 ^c	4.70±0.53 ^a
	ไก่พื้นเมือง	101.73±5.37 ^{ab}	3239.55±211.16 ^{cd}	0.00±0.00 ^a	532.43±19.77 ^e	99.32±4.28 ^c	1828.92±79.36 ^d	0.00±0.00 ^a
70	ไก่เนื้อทางการค้า	147.78±22.86 ^{bc}	2023.03±288.41 ^a	89.20±27.54 ^{de}	146.06±84.93 ^{ab}	110.67±8.39 ^{cd}	1586.18±175.74 ^c	126.06±5.29 ^a
	ไก่เนื้อโคราช	109.94±6.05 ^{ab}	2981.04±186.90 ^{bc}	71.41±5.82 ^{bcd}	378.29±9.64 ^{cd}	119.33±4.16 ^{de}	1555.96±111.09 ^c	25.58±5.07 ^a
	ไก่พื้นเมือง	60.64±9.35 ^a	2429.80±336.00 ^{ab}	0.00±0.00 ^a	329.02±27.79 ^c	101.01±3.91 ^c	1798.91±122.85 ^d	91.18±11.56 ^a
90	ไก่เนื้อทางการค้า	141.13±20.87 ^{bc}	2437.81±179.66 ^{ab}	87.52±33.55 ^{de}	121.41±19.70 ^{ab}	71.55±8.56 ^{ab}	930.92±93.67 ^a	904.20±137.40 ^{bc}
	ไก่เนื้อโคราช	115.06±7.48 ^{ab}	3218.97±99.83 ^c	96.57±5.01 ^{de}	170.41±6.56 ^b	76.37±6.54 ^b	1029.13±48.99 ^a	745.83±279.15 ^b
	ไก่พื้นเมือง	221.75±42.81 ^{de}	3074.19±303.76 ^c	34.90±20.22 ^{abc}	102.17±16.11 ^{ab}	78.73±11.52 ^b	1134.74±191.21 ^{ab}	744.07±71.95 ^b
121	ไก่เนื้อทางการค้า	240.99±13.33 ^e	2092.62±211.08 ^a	76.98±32.43 ^{cd}	89.63±12.53 ^a	69.14±11.14 ^{ab}	1036.25±22.13 ^a	969.36±260.00 ^{bc}
	ไก่เนื้อโคราช	1560.99±72.27 ^g	3017.16±308.92 ^c	113.70±10.42 ^e	111.44±13.11 ^{ab}	65.74±2.83 ^{ab}	1043.20±56.01 ^a	969.36±259.10 ^c
	ไก่พื้นเมือง	1427.49±44.24 ^f	2038.58±475.87 ^a	19.53±1.27 ^a	86.50±5.27 ^a	58.11±1.03 ^a	1288.63±63.68 ^b	969.36±259.10 ^{bc}

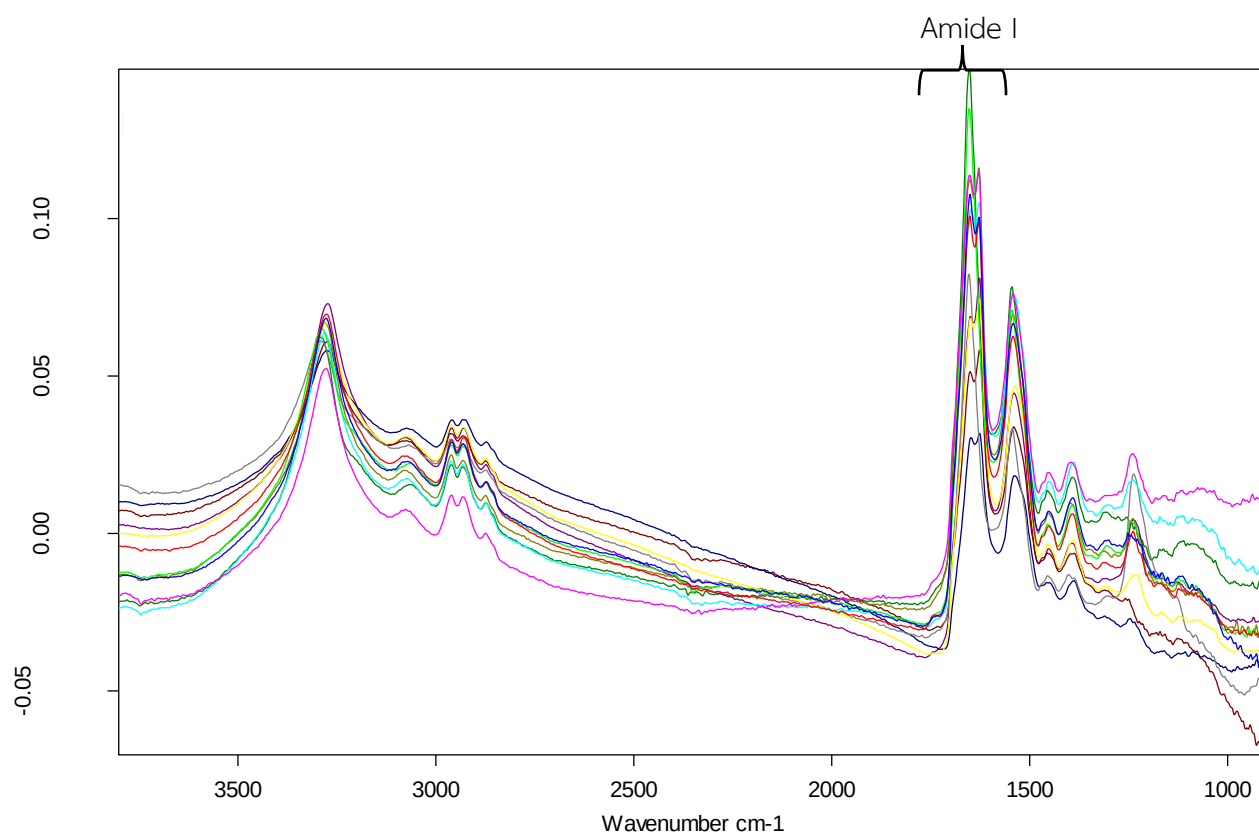
โดยตัวอักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างระหว่างระหว่างอุณหภูมิที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.1.5.6 ปริมาณนิวคลีโอไทด์และอนุพันธ์ของเนื้อสะโพกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C เป็นระยะเวลา 40 นาที

อุณหภูมิ (°C)	สายพันธุ์	ปริมาณนิวคลีโอไทด์และอนุพันธ์ (ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง โดยน้ำหนักแห้ง)						
		GMP	IMP	ATP	ADP	AMP	Inosine	Hypoxanthine
เนื้อไก่ดิบ	ไก่เนื้อทางการค้า	97.92±10.05 ^{ab}	2890.17±632.3 ^e	0.00±0.00 ^a	558.19±19.87 ^c	160.43±31.28 ^c	816.25±42.97 ^a	0.00±0.00 ^a
	ไก่เนื้อโคราช	186.22±6.11 ^{cd}	2272.00±348.09 ^d	53.07±7.33 ^d	561.60±21.10 ^c	199.04±3.46 ^d	819.65±61.55 ^a	0.00±0.00 ^a
	ไก่พื้นเมือง	101.54±9.04 ^{ab}	2317.38±242.81 ^d	0.00±0.00 ^a	401.08±46.17 ^b	179.29±14.24 ^{cd}	894.04±83.46 ^{ab}	0.00±0.00 ^a
70	ไก่เนื้อทางการค้า	53.79±25.15 ^a	313.37±120.61 ^a	70.47±13.41 ^f	321.81±11.84 ^a	179.95±24.22 ^{cd}	1519.68±168.42 ^{de}	39.80±10.71 ^a
	ไก่เนื้อโคราช	130.45±9.73 ^{abc}	220.13±56.03 ^a	54.42±10.20 ^d	341.78±31.59 ^b	178.70±12.89 ^{cd}	1711.58±141.08 ^f	0.00±0.00 ^a
	ไก่พื้นเมือง	134.69±21.64 ^{bc}	510.56±80.62 ^{ab}	32.23±4.63 ^c	319.81±29.56 ^b	149.72±18.45 ^c	1605.94±85.72 ^{ef}	0.00±0.00 ^a
90	ไก่เนื้อทางการค้า	114.89±21.07 ^{abc}	875.71±182.83 ^{bc}	17.45±2.48 ^{ab}	112.84±30.25 ^a	98.80±16.26 ^{ab}	1354.65±64.72 ^d	504.25±191.50 ^b
	ไก่เนื้อโคราช	232.12±7.31 ^d	1098.74±110.84 ^c	83.94±9.55 ^f	124.13±12.06 ^a	112.37±5.17 ^b	1045.29±11.76 ^{bc}	742.59±26.94 ^{de}
	ไก่พื้นเมือง	235.32±15.16 ^d	1198.71±74.80 ^c	59.64±2.20 ^{de}	83.22±5.28 ^a	90.76±5.10 ^{ab}	872.71±85.37 ^{ab}	661.15±20.37 ^{cd}
121	ไก่เนื้อทางการค้า	961.13±68.33 ^e	1020.22±131.30 ^c	19.83±1.60 ^{bc}	81.54±5.17 ^a	73.64±6.58 ^a	1089.02±46.88 ^c	546.77±22.07 ^{bc}
	ไก่เนื้อโคราช	1429.00±91.56 ^g	1020.91±222.15 ^c	89.82±8.61 ^f	72.37±2.91 ^a	108.54±8.67 ^b	982.73±65.22 ^{abc}	805.29±60.16 ^e
	ไก่พื้นเมือง	1255.46±64.32 ^f	1159.42±153.67 ^c	74.67±8.78 ^e	57.78±2.55 ^a	83.33±3.72 ^{ab}	833.36±25.29 ^a	675.46±43.24 ^{de}

โดยตัวอักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างระหว่างระหว่างอุณหภูมิที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษาด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Infrared spectroscopy) เพื่อติดตามการเปลี่ยนโครงสร้างโปรตีน (protein conformation) ในเนื้อส่วนอกของไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยวิเคราะห์ปริมาณของโครงสร้างทุติยภูมิ (%) ของโปรตีนในเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ (ตารางที่ 4.1.5.7) จากอินฟราเรดสเปกตรัมช่วง Amide I ($1600 - 1700 \text{ cm}^{-1}$) (รูปที่ 4.1.5.1) พบว่าในเนื้อดิบของไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์มีโครงสร้าง α -helix, β -sheet และ β -turn ในโปรตีนเริ่มต้นไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเนื้อไก่ได้รับความร้อนจะเกิดเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนจาก α -helix เป็น β -sheet และ β -turn โดยที่อุณหภูมิสูงคือ 90 และ 121°C จะส่งผลให้โครงสร้าง α -helix ในเนื้อไก่เนื้อทางการค้าลดลงอย่างชัดเจน แต่ไม่ส่งผลที่ชัดเจนต่อการลดลงของโครงสร้าง α -helix ในเนื้อไก่โคราชและไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาว จากผลการทดลองบ่งชี้ว่าไก่เนื้อโคราชและไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวสามารถทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้ดี



รูปที่ 4.1.5.1 อินฟราเรดสเปกตรัมของเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C เป็นระยะเวลา 40 นาที

ตารางที่ 4.1.5.7 โครงสร้างทุติยภูมิ (α -helix, β -sheet และ β -turn) ของโปรตีนในเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C เป็นระยะเวลา 40 นาที

อุณหภูมิ (°C)	โครงสร้างทุติยภูมิ (%)			
	สายพันธุ์	α -helix	β -sheet	β -turn
70	เนื้อไก่ติดกระดูก	45.46±0.58 ^e	22.68±4.19 ^{ab}	22.68±1.90 ^{ab}
	เนื้อไก่ติดกระดูก	46.70±5.35 ^e	9.93±3.76 ^a	9.93±1.74 ^a
	เนื้อไก่ติดกระดูก	38.02±2.32 ^{de}	14.78±11.06 ^a	14.78±1.36 ^a
	เนื้อไก่ติดกระดูก	38.25±2.28 ^{de}	41.42±2.26 ^c	41.42±1.81 ^c
	เนื้อไก่ติดกระดูก	33.25±2.50 ^{bcd}	41.29±4.97 ^c	41.29±2.61 ^c
	เนื้อไก่ติดกระดูก	34.27±4.24 ^{cd}	40.14±9.38 ^{bc}	40.14±6.77 ^{bc}
	เนื้อไก่ติดกระดูก	24.72±0.36 ^{ab}	36.45±5.78 ^{bc}	36.45±2.66 ^{bc}
	เนื้อไก่ติดกระดูก	30.43±3.37 ^{abcd}	46.76±2.63 ^c	46.76±0.46 ^c
	เนื้อไก่ติดกระดูก	27.83±3.98 ^{abc}	48.20±6.05 ^c	48.20±1.25 ^c
121	เนื้อไก่ติดกระดูก	23.94±1.85 ^a	44.53±3.32 ^c	44.53±1.62 ^c
	เนื้อไก่ติดกระดูก	31.70±1.36 ^{abcd}	40.16±8.45 ^{bc}	40.16±1.6 ^{bc}
	เนื้อไก่ติดกระดูก	28.05±3.08 ^{abc}	47.98±1.22 ^c	47.98±1.24 ^c

โดยตัวอักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างระหว่างระหว่างอุณหภูมิที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าการย่อยได้ของโปรตีน (In vitro protein digestibility) แสดงในตารางที่ 4.1.5.8 โดยพบว่าเนื้ออกติดกระดูกของไก่เนื้อทางการค้าและไก่โคราชมีค่าการย่อยได้ของโปรตีนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่มีค่าสูงกว่าค่าการย่อยได้ของโปรตีนของเนื้ออกติดกระดูกของไก่พื้นเมืองเหลืองหางขาว ($p<0.05$) เมื่อให้ความร้อนกับเนื้ออกของไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C มีผลทำให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนลดลงอย่างไม่มีแตกต่างกัน ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C เหมาะสมสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากเนื้ออกไก่โคราชและไก่พื้นเมืองพันธุ์เหลืองหางขาวเนื่องจากส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนสูงที่สุด ในขณะที่เนื้ออกไก่เนื้อทางการค้าพบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ (70°C) ส่งผลให้มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนสูงที่สุด

ส่วนเนื้อสะโพกติดกระดูกของไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าการย่อยได้ของโปรตีนไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อให้ความร้อนกับเนื้อสะโพกของไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C มีผลทำให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนลดลง ($p > 0.05$) การให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ (70°C) เหมาะสมสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากเนื้อสะโพกไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ เนื่องจากส่งผลให้มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนยังคงสูงใกล้เคียงกับเนื้ออกติดกระดูก อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง (90 และ 121°C) ส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนของเนื้อสะโพกไก่เนื้อทางการค้ามีค่าลดลงมากที่สุด โดยค่าการย่อยได้ของโปรตีนของเนื้อสะโพกของไก่โคราชและไก่พื้นเมืองเหลืองหางขาวมีค่าสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ที่ได้รายงานก่อนหน้านี้พบว่าปริมาณคาร์บอนิล (carbonyl content) ซึ่งบ่งชี้ถึงการเกิดโปรตีนออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เมื่อได้รับความ

ร้อนเพิ่มขึ้น โดยงานวิจัยของ Wen et al. (2015) พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิปานกลาง (60 - 70°C) ส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น (100°C) ส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนลดลง เนื่องจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นเหนี่ยวนำให้โปรตีนเกิดออกซิเดชัน เกิดการเปิดตัวโครงสร้างโปรตีนส่วนที่ไม่มีขั้วและเกิดการรวมตัวกันของโปรตีนเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.1.5.8 ค่าการย่อยได้ของโปรตีน (*in vitro* protein digestibility) ในเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C เป็นระยะเวลา 40 นาที

อุณหภูมิ (°C)	ค่าการย่อยได้ของโปรตีน (%)		
	สายพันธุ์	เนื้ออก	เนื้อสะโพก
เนื้อไก่ดิบ	ไก่เนื้อทางการค้า	64.59±3.29 ^{cd}	56.38±5.43 ^{abcd}
	ไก่เนื้อโคราช	59.22±1.12 ^{bcd}	72.09±17.92 ^d
	ไก่พื้นเมือง	44.72±5.33 ^a	60.41±3.34 ^{bcd}
70	ไก่เนื้อทางการค้า	66.58±1.54 ^{cd}	58.15±14.94 ^{abcd}
	ไก่เนื้อโคราช	66.01±2.79 ^{cd}	63.29±3.68 ^{cd}
	ไก่พื้นเมือง	53.52±1.92 ^{abc}	60.02±4.87 ^{bcd}
90	ไก่เนื้อทางการค้า	58.98±8.87 ^{bcd}	35.57±5.87 ^a
	ไก่เนื้อโคราช	68.82±8.94 ^d	45.67±4.06 ^{abc}
	ไก่พื้นเมือง	59.67±4.86 ^{bcd}	57.80±6.90 ^{abcd}
121	ไก่เนื้อทางการค้า	53.70±1.23 ^{abc}	36.47±5.81 ^{ab}
	ไก่เนื้อโคราช	57.98±2.74 ^{abcd}	50.86±6.11 ^{abcd}
	ไก่พื้นเมือง	47.48±0.96 ^{ab}	52.34±4.59 ^{abcd}

ตัวอักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างระหว่างคอลัมน์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิเคราะห์รามาน

ผลการศึกษาด้วยเทคนิครามานสเปกโทรสโกปีสนับสนุนผลการติดตามการเปลี่ยนโครงสร้างโปรตีนที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีซึ่งได้รายงานไว้ก่อนหน้านี้ โดยแสดงผลเป็นค่าความเข้มของรามานสเปกตรัมแสดงในตารางที่ 4.1.5.1 พบว่าเมื่อเนื้อไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 70 ถึง 121°C จะเกิดการเปิดตัวส่วนที่ไม่มีขั้วในโครงสร้างโปรตีนสัมพันธ์กับค่าความเข้มของรามานสเปกตรัมของพันธะ C-H stretching และ Tryptophan ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากเนื้อดิบ โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 70°C ในเนื้อไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ จะมีค่าความเข้มของรามานสเปกตรัมของพันธะ C-H stretching สูงที่สุด แสดงถึงเกิดการเปิดตัวของโครงสร้างโปรตีนได้มากที่สุด และมีค่าลดลงเมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 90 และ 121°C แสดงถึงการรวมตัวกันของโครงสร้างโปรตีน (hydrophobic interaction) (Howell et al., 1999) ร่วมกับการลดลงของค่าความเข้มของรามานสเปกตรัมของพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide bond) ในเนื้อไก่ที่ได้รับความร้อนที่ 121°C แสดงถึงการสูญเสียโครงสร้างของพันธะไดซัลไฟด์จาก *gauche-gauche-trans* ซึ่งพบในเนื้อไก่ (native form) ไปเป็นโครงสร้างอื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Berhe et al. (2014) นอกจากนี้ยังพบว่าใน

ไก่อื่นื่อทางการค้ำนั้นมืค่าความเข้มของรามานสเปคตราของพันธะไดซัลไฟด์ต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อให้ความร้อนกับเนื้อไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของรามานสเปคตราที่สัมพันธ์กับ Tyrosine doublet

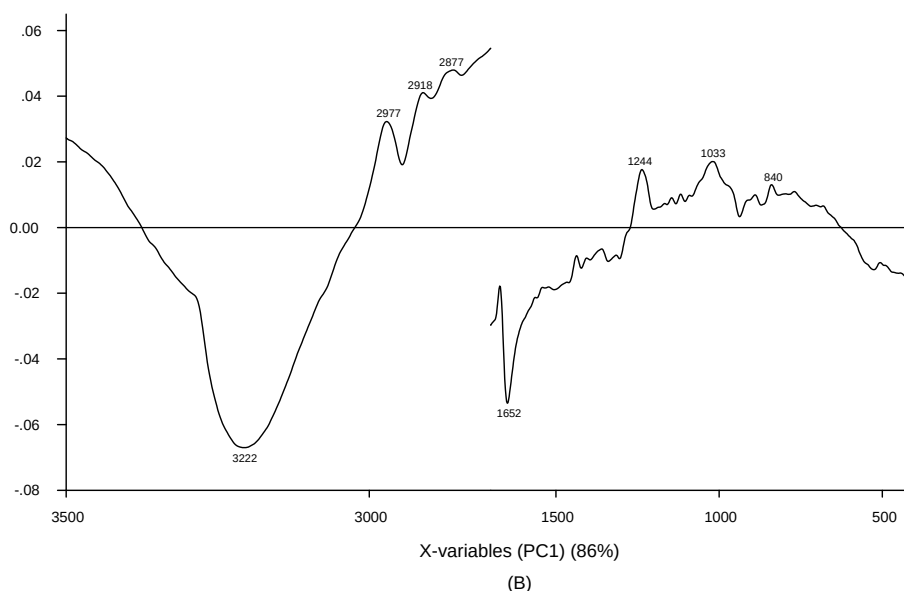
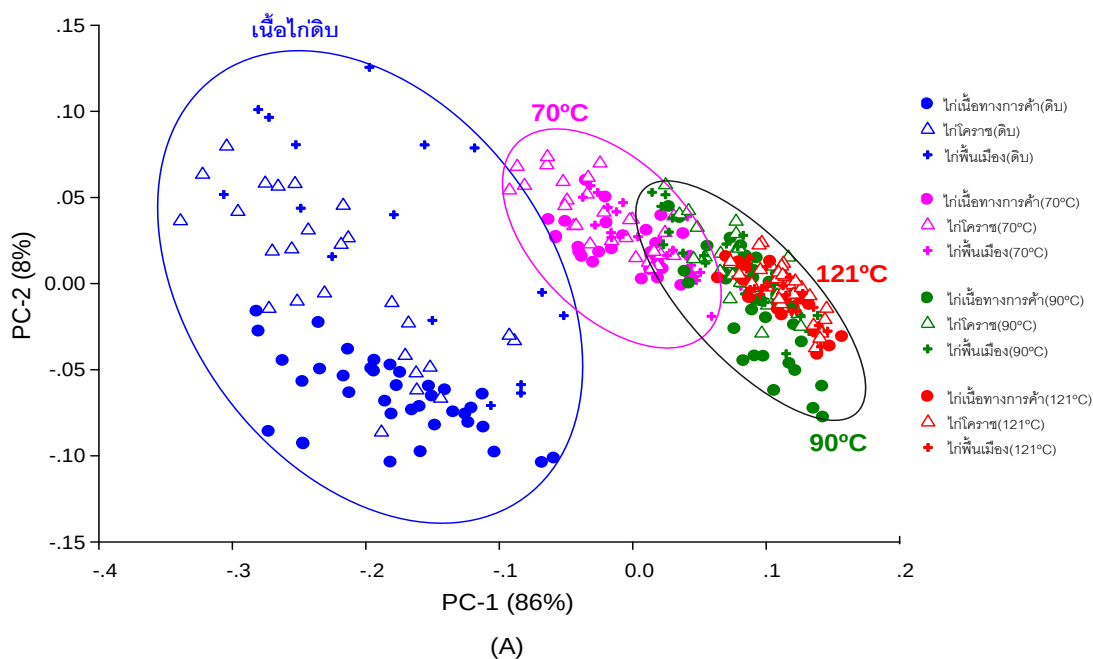
ตารางที่ 4.1.5.9 ค่าความเข้มของรามานสเปคตราในเนื้ออกไก่ 3 สายพันธุ์ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121°C เป็นระยะเวลา 40 นาที

อุณหภูมิ (°C)	สายพันธุ์	ค่าความเข้มของรามานสเปคตรา			
		C-H stretching (3100-2800 cm ⁻¹)	Tyrosine doublet (856/827 cm ⁻¹)	Tryptophan (756 cm ⁻¹)	Disulfide bond (530 cm ⁻¹)
เนื้อไก่ดิบ	ไก่นื้อทางการค้ำ	0.105±0.001 ^a	1.333±0.577	0.001±0.000 ^a	0.002±0.001 ^b
	ไก่นื้อโคราช	0.111±0.003 ^a	1.111±0.192	0.002±0.001 ^b	0.003±0.001 ^c
	ไก่นื้นเมือง	0.109±0.004 ^{ab}	1.167±0.289	0.001±0.000 ^a	0.003±0.001 ^c
	ไก่นื้อทางการค้ำ	0.136±0.000 ^{ef}	0.833±0.144	0.002±0.000 ^b	0.002±0.001 ^{bc}
	ไก่นื้อโคราช	0.138±0.001 ^f	1.000±0.000	0.002±0.000 ^b	0.003±0.000 ^c
	ไก่นื้นเมือง	0.135±0.002 ^{def}	0.917±0.144	0.002±0.000 ^b	0.003±0.001 ^{bc}
	ไก่นื้อทางการค้ำ	0.130±0.001 ^c	1.000±0.000	0.002±0.000 ^b	0.002±0.000 ^b
	ไก่นื้อโคราช	0.133±0.002 ^{cde}	0.833±0.144	0.002±0.000 ^b	0.002±0.001 ^{bc}
	ไก่นื้นเมือง	0.132±0.002 ^{cde}	1.000±0.433	0.002±0.000 ^b	0.002±0.000 ^b
70	ไก่นื้อทางการค้ำ	0.130±0.002 ^{cd}	1.333±0.289	0.002±0.000 ^b	0.001±0.000 ^a
	ไก่นื้อโคราช	0.132±0.001 ^{cde}	1.500±0.000	0.002±0.000 ^b	0.002±0.000 ^b
	ไก่นื้นเมือง	0.131±0.001 ^{cde}	1.500±0.000	0.002±0.000 ^b	0.002±0.000 ^b
90	ไก่นื้อทางการค้ำ	0.130±0.002 ^{cd}	1.333±0.289	0.002±0.000 ^b	0.001±0.000 ^a
	ไก่นื้อโคราช	0.132±0.001 ^{cde}	1.500±0.000	0.002±0.000 ^b	0.002±0.000 ^b
	ไก่นื้นเมือง	0.131±0.001 ^{cde}	1.500±0.000	0.002±0.000 ^b	0.002±0.000 ^b
121	ไก่นื้อทางการค้ำ	0.130±0.002 ^{cd}	1.333±0.289	0.002±0.000 ^b	0.001±0.000 ^a
	ไก่นื้อโคราช	0.132±0.001 ^{cde}	1.500±0.000	0.002±0.000 ^b	0.002±0.000 ^b
	ไก่นื้นเมือง	0.131±0.001 ^{cde}	1.500±0.000	0.002±0.000 ^b	0.002±0.000 ^b

ตัวอักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์เดียวกัน (a-f) แสดงความแตกต่างระหว่างคอลัมน์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบหลักจากรามานสเปคตรา (รูปที่ 4.1.5.2, A) พบว่าสามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างเนื้อไก่ดิบและเนื้อไก่ที่ผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูง (90 และ 121°C) โดยใช้ PC1 ซึ่งอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ 86% และเมื่อพิจารณา Loading plot (PC-1) (รูปที่ 4.1.5.2, B) พบว่าเนื้อไก่ดิบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเข้มของรามานสเปคตราที่เลขคลื่น 3222 cm⁻¹ (O-H stretching; H₂O) และ 1652 cm⁻¹ (amide I; α -helix) ในขณะที่เนื้อไก่สุกหลังผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูงสัมพันธ์เชิงบวกกับความเข้มของรามานสเปคตราที่เลขคลื่น 2977, 2918, 2877 cm⁻¹ (C-H stretching; CH, CH₂, CH₃ groups), 1244 cm⁻¹ (amide III; β -sheet), 1033 cm⁻¹ (C-C stretching; β -sheet) และ 840 cm⁻¹ (Tyrosine) แสดงถึงเนื้อไก่ดิบยังคงมีความฉ่ำเนื้อและมีโครงสร้าง α -helix สูง ในขณะที่เนื้อไก่ที่ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการเปิดตัวของโครงสร้างโปรตีนและเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนจาก α -helix เป็น β -sheet เพิ่มขึ้น มีงานวิจัยรายงานว่า การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัส โดยความเข้มของรามานสเปคตราที่สัมพันธ์กับ β -sheet และ Tyrosine ที่เพิ่มขึ้นจะสัมพันธ์เชิงบวกกับความ

เหนียวเนื้อ (tough meat) ที่เพิ่มขึ้น (Herrero et al., 2008) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อเมื่อได้รับความร้อนระหว่างไก่ 3 สายพันธุ์ พบว่ากระบวนการให้ความร้อนทั้ง 3 สภาวะส่งผลให้สเปกตรัมของไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์แตกต่างกันตามอุณหภูมิที่ใช้ แต่ความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ไม่ชัดเจน (รูปที่ 4.1.5.2, A) จากผลการทดลองบ่งชี้ว่าเนื้อไก่ทั้ง 3 สายพันธุ์มีองค์ประกอบทางเคมี-กายภาพ ที่แตกต่างกันซึ่งสามารถจัดจำแนกได้ด้วยเทคนิครามานสเปกโตรสโคปี แต่ในเนื้อไก่ปรุงสุก อิทธิพลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนมีสูงกว่าสายพันธุ์



รูปที่ 4.1.5.2 PC-score plot (PC-1 และ PC-2) (A) และ Loading plot (PC-1) (B) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ของรามานสเปกตรัมที่ได้จากเนื้อส่วนนอกของไก่โคราช ไก่พื้นเมืองและไก่เนื้อทางการค้า เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 90 และ 121 °ซ เป็นระยะเวลา 40 นาที เปรียบเทียบกับเนื้อดิบ

คุณสมบัติเนื้อไก่หลังการนวดภายใต้สุญญากาศ

เนื่องจากอยู่ในระหว่างศึกษาและเก็บทดลองเปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า จึงอาจยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัด แต่จากการทดลองซ้ำแรกจะเห็นได้ว่าความสามารถในการดูดซับเครื่องผสมของเนื้อสะโพกมีแนวโน้มสูงกว่าส่วนอก (ตารางที่ 4.1.5.10) แต่ก็มี การสูญเสียน้ำหนักหลังการทำให้สุก (cooking loss) สูงกว่าด้วย (ตารางที่ 4.1.5.11) โดยเนื้อสะโพกมีค่าแรงเฉือนที่ต่ำกว่าเนื้ออก อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยจะดำเนินการเปรียบเทียบทางสถิติเมื่อได้ชุดการทดลองตามที่วางแผนไว้คือตัวอย่างไก่เนื้อทางการค้าและไก่เนื้อโคราช 2 ซ้ำ และตรวจวัด ความสามารถในการดูดซับของเหลวหลังการนวด การสูญเสียน้ำหนักหลังการทำให้สุก สมบัติทางเนื้อสัมผัส (แรงเฉือน) และ ความชอบโดยผู้บริโภค ผลการศึกษาในส่วนนี้จะทำให้ทราบถึงสมบัติของไก่เนื้อโคราชเพื่อใช้ในกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทานต่อไป

ตารางที่ 4.1.5.10 ค่าการดูดซับของเหลวหลังการนวดด้วยเครื่องนวดสุญญากาศ

สายพันธุ์	ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	ชิ้นส่วนไก่	Absorption (%)
ไก่เนื้อโคราช	1	ส่วนอก	13.38
		ส่วนสะโพก	15.28

ตารางที่ 4.1.5.11 ค่าการสูญเสียน้ำจากการปรุงสุก (cooking loss)

สายพันธุ์	ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	ชิ้นส่วนไก่	Cooking loss (%)
ไก่เนื้อโคราช	1	ส่วนอก	23.10±1.54
		ส่วนสะโพก	28.12±1.79

ตารางที่ 4.1.5.12 ค่าแรงเฉือนของตัวอย่างไก่ปรุงสุก

สายพันธุ์	ชุดการทดลอง (ซ้ำ)	ชิ้นส่วนไก่	Shear force (g)
ไก่เนื้อโคราช	1	ส่วนอก	4783.2±868.17
		ส่วนสะโพก	3061.3±690.71

หมายเหตุ ส่วนอกมีจุดที่หนาที่สุดอยู่ที่ 14.48±3.13 มิลลิเมตร และบางที่สุด 3.26±0.76 มิลลิเมตร

ส่วนสะโพกมีจุดที่หนาที่สุดอยู่ที่ 12.63±3.36 มิลลิเมตร และบางที่สุด 2.72±1.16 มิลลิเมตร

ประเด็นที่ 3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อไก่เมื่ออายุเพิ่มขึ้น

ในการศึกษาผลของอายุต่อคุณสมบัติของเนื้อไก่นั้น นักวิจัยได้ศึกษาผลของอายุต่อองค์ประกอบโดยประมาณ ปริมาณคอเลสเตอรอล การเปลี่ยนแปลงปริมาณ IMP and GMP การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือน

และคอลลาเจน การเปลี่ยนแปลงปริมาณพิวรีน ทั้งในเนื้ออกและสะโพก ซึ่งผลการศึกษาสรุปเป็นประเด็นได้ดังนี้

เมื่ออายุเพิ่มขึ้นพบว่าไคโคราซมีปริมาณความชื้นลดลง (ตารางที่ 1, $P < 0.05$) แต่มีโปรตีนเพิ่มขึ้นทั้งในเนื้อส่วนอกและสะโพก ส่วนปริมาณไขมันพบว่าไม่แตกต่างกันในเนื้อส่วนอก ($P > 0.05$) โดยเนื้อส่วนสะโพกของไคโคราซอายุ 12 สัปดาห์มีปริมาณไขมันสูงที่สุด นอกจากนี้ที่อายุทางการค้า 10 สัปดาห์ พบว่าไคโคราซมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแต่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าไคเนื้อทางการค้าทั้งในเนื้อส่วนอกและสะโพก

ตารางที่ 4.1.5.13 องค์ประกอบโดยประมาณในเนื้ออกและสะโพกไคโคราซที่อายุต่างกัน เปรียบเทียบกับไคเนื้อทางการค้า

ชนิดกล้ามเนื้อ	อายุ (สัปดาห์)	ความชื้น (%)	% น้ำหนักแห้ง		
			โปรตีน	ไขมัน	เถ้า
อก	ไคเนื้อทางการค้า (6 สัปดาห์)	$76.91 \pm 0.38^{d*}$	84.76 ± 2.89^a	5.95 ± 1.06^b	4.93 ± 0.05^b
	8	75.54 ± 0.15^c	86.00 ± 0.54^a	3.59 ± 0.68^a	4.94 ± 0.16^b
	10	75.80 ± 0.11^c	90.84 ± 1.50^b	3.88 ± 0.77^a	4.35 ± 0.14^a
	12	75.33 ± 0.56^{bc}	92.65 ± 1.77^b	3.08 ± 0.32^a	4.40 ± 0.09^a
	16	74.79 ± 0.23^{ab}	90.02 ± 1.39^b	3.77 ± 0.58^a	4.85 ± 0.10^b
	20	74.43 ± 0.22^a	90.16 ± 1.32^b	3.90 ± 0.52^a	4.82 ± 0.17^b
สะโพก	ไคเนื้อทางการค้า (6 สัปดาห์)	75.41 ± 0.92^a	75.36 ± 3.77^a	16.87 ± 1.72^c	4.38 ± 0.24^{ab}
	8	76.63 ± 0.39^b	75.84 ± 1.34^a	9.98 ± 2.29^a	4.38 ± 0.37^{ab}
	10	76.71 ± 0.46^b	81.74 ± 6.04^{ab}	10.57 ± 1.32^{ab}	4.12 ± 0.14^a
	12	76.82 ± 0.41^b	79.91 ± 4.36^{ab}	13.13 ± 1.12^b	4.39 ± 0.05^{ab}
	16	76.03 ± 0.83^{ab}	80.68 ± 2.59^{ab}	10.81 ± 1.38^{ab}	4.53 ± 0.21^b
	20	76.13 ± 0.88^{ab}	83.28 ± 2.79^b	8.85 ± 1.47^a	4.74 ± 0.11^b

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 6)

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในชนิดกล้ามเนื้อเดียวกันในแต่ละค่าตรวจวัด ($P < 0.05$)

เมื่อไคมีอายุเพิ่มขึ้น ปริมาณคอเลสเทอรอลในเนื้อส่วนสะโพกไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$, ตารางที่ 4.1.5.14) แต่เนื้อส่วนอกมีปริมาณคอเลสเทอรอลลดลง ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Michalczuk et al. (2016) ซึ่งพบว่าคอเลสเทอรอลในเนื้ออกไคลดลงจาก 93.7 - 105 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง ในสัปดาห์ที่ 7 เป็น 81.7 - 88.7 มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง ในสัปดาห์ที่ 8 เนื่องจากมีอัตราการเจริญลดลงจึงส่งผลให้ปริมาณคอเลสเทอรอลลดลง และเนื้อส่วนสะโพกมีปริมาณคอเลสเทอรอลสูงกว่าเนื้อส่วนอก อย่างไรก็ตามที่อายุทางการค้าไคโคราซ (10 สัปดาห์) และไคเนื้อทางการค้า (6 สัปดาห์) มีปริมาณคอเลสเทอรอลในเนื้อส่วนอกและสะโพกไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

ตารางที่ 4.1.5.14 ปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้ออกและสะโพกไก่โคราชที่อายุต่างกัน เปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า

ชนิดกล้ามเนื้อ	อายุ (สัปดาห์)	คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม/100 กรัม ตัวอย่าง, น้ำหนักแห้ง)
อก	ไก่เนื้อทางการค้า (6 สัปดาห์)	266.55 ± 12.07 ^{a*}
	8	233.50 ± 29.02 ^{abc}
	10	253.60 ± 21.39 ^{ab}
	12	226.82 ± 25.98 ^{bc}
	16	208.40 ± 18.94 ^{cd}
	20	177.86 ± 21.17 ^d
สะโพก	ไก่เนื้อทางการค้า (6 สัปดาห์)	336.63 ± 26.77
	8	388.64 ± 56.75
	10	410.35 ± 72.98
	12	386.77 ± 16.45
	16	352.88 ± 27.39
	20	339.12 ± 34.49

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 6)

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในชนิดกล้ามเนื้อเดียวกัน (P<0.05)

เมื่ออายุเพิ่มขึ้น เนื้อส่วนอกและสะโพกมีปริมาณ IMP ลดลง (P<0.05, ตารางที่ 4.1.5.15) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chen et al. (2002) ที่พบว่าเมื่อไก่มีอายุเพิ่มขึ้นจาก 2-28 สัปดาห์ เนื้อส่วนอก (musculus pectoralis) และน่อง (musculus peroneus) จะมีปริมาณ IMP ลดลงจาก 3.73 - 6.43 มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่าง ในสัปดาห์ที่ 2 เป็น 2.98 - 4.56 มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่าง ในสัปดาห์ที่ 28 นอกจากนี้เมื่อไก่โคราชมีอายุเพิ่มขึ้น เนื้อส่วนอกมีปริมาณ GMP ลดลง ในขณะที่เนื้อส่วนสะโพกมีปริมาณ GMP สูงขึ้นในช่วงอายุตั้งแต่ 10 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.1.5.15) รวมถึงที่อายุทางการค้าพบว่าในเนื้อส่วนสะโพกของไก่โคราชมีปริมาณ IMP สูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า ในขณะที่เนื้อส่วนอกของไก่เนื้อทางการค้ามีปริมาณ GMP สูงกว่าไก่โคราช

ตารางที่ 4.1.5.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ IMP and GMP ในเนื้ออกและสะโพกไก่โคราชที่อายุต่างกัน เปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า

ชนิดกล้ามเนื้อ	อายุ (สัปดาห์)	IMP (ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง , น้ำหนักแห้ง)	GMP (ไมโครกรัม/กรัมตัวอย่าง , น้ำหนักแห้ง)
อก	ไก่เนื้อทางการค้า (6 สัปดาห์)	3766.0 ± 147.1 ^{bc*}	179.5 ± 26.2 ^a
	8	5254.7 ± 246.1 ^a	156.1 ± 7.2 ^{ab}
	10	4465.6 ± 350.2 ^b	127.1 ± 9.7 ^{bc}
	12	2722.5 ± 383.9 ^d	119.9 ± 8.3 ^c
	16	3756.0 ± 915.1 ^{bc}	128.8 ± 33.4 ^{bc}
	20	3196.1 ± 576.3 ^{cd}	116.5 ± 16.0 ^c
สะโพก	ไก่เนื้อทางการค้า (6 สัปดาห์)	1585.9 ± 504.6 ^c	239.0 ± 15.2 ^a
	8	2419.8 ± 427.2 ^{ab}	112.0 ± 38.8 ^c
	10	2591.2 ± 262.6 ^a	197.7 ± 16.5 ^b
	12	1789.1 ± 351.4 ^c	185.3 ± 7.2 ^b
	16	1973.7 ± 201.2 ^{bc}	162.3 ± 7.4 ^b
	20	1637.6 ± 314.0 ^c	166.5 ± 48.3 ^b

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 6)

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในชนิดกล้ามเนื้อเดียวกัน ในแต่ละค่าตรวจวัด (P<0.05)

ค่าแรงเหวี่ยงของเนื้อสะโพกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อไก่โคราชมีอายุเพิ่มขึ้น (P<0.05, ตารางที่ 4.1.5.16) เนื่องจากเสถียรภาพเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อไก่มีอายุมากขึ้น (Nakamura et al., 2004; Purslow, 2005) รวมถึงเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้นและความหนาแน่นมากขึ้นตามอายุ (An et al., 2010) แต่ในกล้ามเนื้ออกพบว่าไก่อายุ 10-12 สัปดาห์ มีค่าแรงเหวี่ยงต่ำที่สุด และในเนื้อส่วนสะโพกมีค่าแรงเหวี่ยงสูงกว่าเนื้อส่วนอก (ตารางที่ 4.1.5.16) เนื่องจากเนื้อส่วนสะโพกมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและปริมาณคอลลาเจนสูงกว่าเนื้อส่วนอก สัมพันธ์กับงานวิจัยของ Nishiumi et al. (1995) ซึ่งรายงานว่ากล้ามเนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนสูงจะมีความเหนียวมากกว่ากล้ามเนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนต่ำ นอกจากนี้พบว่าไก่โคราชที่อายุ 10 สัปดาห์ ซึ่งมีน้ำหนักตามท้องตลาด มีค่าแรงเหวี่ยงสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้าทั้งในส่วนอกและสะโพก อาจเนื่องจากไก่เนื้อทางการค้ามีอัตราการเจริญที่สูงกว่าไก่โคราช เกิดการเพิ่มมวลมัดกล้ามเนื้อ (muscle fibers) ที่รวดเร็วทำให้สัดส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในมัดกล้ามเนื้อมีน้อยกว่าไก่โคราช รวมถึงไก่โคราช (10 สัปดาห์) มีอายุมากกว่าไก่เนื้อทางการค้า (6 สัปดาห์) จึงเกิดการสร้างเชื่อมข้าม (crosslinking) ระหว่างโครงสร้างคอลลา

เจนในปริมาณสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ishamri and Joo (2017) ซึ่งรายงานว่าแรงต้านการดึง (tensile strength) ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการเชื่อมข้ามในโครงสร้างคอลลาเจนเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.1.5.16 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเหวี่ยงและคอลลาเจนในเนื้ออกและสะโพกไก่โคราชที่อายุต่างกัน เปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า

ชนิด กล้ามเนื้อ	อายุ (สัปดาห์)	ค่าแรงเหวี่ยง (กิโลกรัม)	คอลลาเจนทั้งหมด (มิลลิกรัม/100 กรัม ตัวอย่าง, น้ำหนักแห้ง)	คอลลาเจนที่ละลายน้ำไม่ได้ (มิลลิกรัม/100 กรัม ตัวอย่าง, น้ำหนักแห้ง)
อก	ไก่เนื้อทางการค้า (6 สัปดาห์)	1.00 ± 0.06^{dx}	24.95 ± 3.19	7.27 ± 1.64^c
	8	2.50 ± 0.36^{ab}	22.60 ± 2.24	18.86 ± 4.67^a
	10	2.16 ± 0.29^{bc}	25.66 ± 3.18	11.46 ± 0.59^{bc}
	12	1.85 ± 0.33^c	30.15 ± 10.11	9.83 ± 2.17^{bc}
	16	2.90 ± 0.13^a	31.76 ± 10.53	11.28 ± 2.27^{bc}
	20	2.55 ± 0.41^{ab}	29.76 ± 7.03	12.26 ± 0.66^b
สะโพก	ไก่เนื้อทางการค้า (6 สัปดาห์)	1.82 ± 0.35^d	23.39 ± 4.63^c	16.05 ± 2.07^b
	8	2.79 ± 0.52^{bc}	33.42 ± 4.84^{bc}	43.41 ± 7.01^a
	10	2.32 ± 0.55^{cd}	32.92 ± 5.57^{bc}	49.25 ± 6.30^a
	12	3.10 ± 0.54^b	44.31 ± 18.99^b	40.25 ± 17.06^a
	16	4.49 ± 0.75^a	66.03 ± 11.98^a	52.70 ± 3.96^a
	20	4.01 ± 0.48^a	50.51 ± 11.80^{ab}	44.15 ± 9.28^a

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 6)

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในชนิดกล้ามเนื้อเดียวกัน ในแต่ละค่าตรวจวัด ($P < 0.05$)

อายุที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อปริมาณพิวรีนในเนื้ออก ($P > 0.05$, ตารางที่ 4.1.5.17) แต่ในเนื้อสะโพกพบว่าในช่วงอายุ 8-12 สัปดาห์ ปริมาณพิวรีนมีแนวโน้มสูงกว่าไก่ที่มีอายุมากกว่า 16 สัปดาห์ นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้ออกมีปริมาณพิวรีนสูงกว่าเนื้อสะโพก ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ IMP ที่พบในปริมาณสูงในเนื้อส่วนอกของไก่อายุน้อย ดังนั้นจึงสามารถสลายเป็นพิวรีนได้มากกว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Karasawa et al. (1989) พบว่าในเนื้อส่วนอกมีปริมาณอินโนซีน (inosine) และ IMP สูงกว่าเนื้อส่วนสะโพกซึ่งส่งผลต่อการมีปริมาณพิว

รินสูง อย่างไรก็ตาม พบว่าเนื้อไก่โคราชที่อายุ 10 สัปดาห์ ซึ่งมีน้ำหนักตามท้องตลาด มีปริมาณพิวรีนในเนื้อส่วนอกต่ำกว่าไก่เนื้อทางการค้า ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4.1.5.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณพิวรีนในเนื้ออกและสะโพกไก่โคราชที่อายุต่างกัน เปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า

ชนิดกล้ามเนื้อ	อายุ (สัปดาห์)	ปริมาณพิวรีน (มิลลิกรัม/100 กรัม ตัวอย่าง, น้ำหนักแห้ง)
อก	ไก่เนื้อทางการค้า (6 สัปดาห์)	$808.36 \pm 34.57^{a*}$
	8	644.38 ± 32.59^b
	10	613.18 ± 35.72^b
	12	739.84 ± 26.08^b
	16	656.96 ± 26.01^b
	20	606.61 ± 23.31^b
สะโพก	ไก่เนื้อทางการค้า (6 สัปดาห์)	507.31 ± 32.54^{ab}
	8	522.07 ± 56.53^{bc}
	10	625.40 ± 50.53^a
	12	532.24 ± 47.95^{bc}
	16	494.41 ± 36.55^c
	20	471.14 ± 37.44^c

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 6)

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในชนิดกล้ามเนื้อเดียวกัน ($P < 0.05$)

จากผลการศึกษาทั้งหมดนี้ โดยภาพรวมแล้วสามารถกล่าวได้ว่า ไก่โคราชนอกจากจะมีความโดดเด่นด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นเป็นความโดดเด่นที่ผู้บริโภคสามารถจำแนกความแตกต่างได้แล้ว และมีโปรตีนที่มนุษย์ใช้ประโยชน์ได้สูง ไขมันต่ำ และ purine ที่ต่ำกว่าไก่เนื้อทางการค้าแล้ว (ผลการศึกษาจากรายงานวิจัยโครงการพัฒนาสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราช เพื่อเป็นอาชีพวิสาหกิจชุมชน ระยะที่ 2) จากผลการศึกษาครั้งนี้พบจุดเด่นที่น่าสนใจเพิ่มเติมอีกว่า ในกรณีที่นำเนื้อไก่มาผ่านความร้อนเพื่อให้สุกเนื้อไก่โคราชสามารถคงสภาพของความเป็นเนื้อสัมผัสที่ดีไว้ได้ โดยมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของคอลลาเจนน้อยกว่า มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนที่มนุษย์สามารถใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่า และเมื่อทดสอบการย่อยได้ของโปรตีนโดยจำลองสภาพการย่อยโปรตีนของมนุษย์ พบว่า เนื้อไก่โคราชก็สามารถย่อยได้สูงกว่าเมื่อเทียบกับไก่

เนื้อทางการค้า ในกรณีของสารให้ความอร่อย (IMP, GMP) เมื่อเนื้อได้รับความร้อน เนื้อไก่โคราช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของสะโพก สามารถรักษาสารให้ความอร่อยเหล่านี้ไว้ได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า ผลการศึกษานี้มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำไปออกแบบการแปรรูปเนื้อไก่เป็นอาหารชนิดต่างๆ ซึ่งนักวิจัยได้นำข้อเด่นเหล่านี้มาใช้ในการออกแบบเมนูอาหาร ซึ่งจะได้อ่านรายละเอียดในวัตถุประสงค์ข้อที่ 1.6

ในประเด็นเรื่องอายุที่มีผลต่อคุณสมบัติของเนื้อไก่ สามารถสรุปได้ว่า อายุมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อของไก่โคราชทั้งในเนื้อส่วนอกและสะโพก จากผลการวิจัยพบว่าเนื้อไก่โคราชที่เลี้ยงเป็นเวลา 8-10 สัปดาห์ มีลักษณะเด่นคือมีสารส่งเสริมให้เกิดรสชาติอร่อยสูง เนื้อสัมผัสนุ่ม ในขณะที่เนื้อไก่ที่เลี้ยงมากกว่า 16 สัปดาห์ มีลักษณะเด่นคือมีปริมาณโปรตีนสูง รวมถึงมีปริมาณไขมัน คอเลสเตอรอลและพิวรีนต่ำ เนื้อสัมผัสแน่น ดังนั้นไก่โคราชที่มีอายุน้อยจึงเหมาะสมในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเน้นรสชาติและเนื้อสัมผัสที่นุ่ม ในขณะที่ไก่โคราชที่เลี้ยงมากกว่า 16 สัปดาห์เหมาะในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเน้นคุณค่าทางโภชนาการ เนื้อส่วนอกของไก่โคราชมีปริมาณโปรตีนและ IMP สูง แต่ปริมาณไขมัน ค่าแรงเฉือนและคอลลาเจนต่ำ รวมถึงมีปริมาณพิวรีนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสะโพก นอกจากนี้ไก่โคราชมีลักษณะเฉพาะคือในเนื้อส่วนอกและสะโพกมีปริมาณโปรตีน IMP และคอลลาเจนสูง ในขณะที่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าไก่เนื้อทางการค้า

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1.6 พัฒนาระบบการแปรรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน มีคุณภาพและรสชาติที่สม่ำเสมอ หรือสามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ภายใต้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่ผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถนำไปใช้ได้

ผลิตภัณฑ์แปรรูปไก่ที่เหมาะสมกับคุณสมบัติของเนื้อ

ผลิตภัณฑ์หมั่นพร้อมรับประทาน

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่หมั่นพร้อมรับประทานที่เตรียมจากเนื้อไก่โคราชและไก่เนื้อทางการค้า จากการศึกษา พบว่า ชนิดของกล้ามเนื้อระหว่างอกและสะโพกของไก่เนื้อโคราช มีค่าแรงเฉือนแตกต่างกัน ($P < 0.05$) โดยเนื้อสะโพกมีค่าแรงเฉือนสูงกว่าเนื้ออก ดังตารางที่ 4.1.6.1 เนื่องจากเนื้อสะโพกมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและมีปริมาณคอลลาเจนสูงกว่าเนื้ออก (Nakamura et al., 2004) นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่เนื้อโคราชและไก่เนื้อทางการค้าที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน มีค่าแรงเฉือนไม่ต่างกัน ($P < 0.05$) ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างไก่เนื้อทางการค้าและไก่เนื้อโคราช พบว่า ไก่เนื้อทางการค้ามีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าไก่เนื้อโคราช เนื่องจากไก่โคราชเป็นไก่พันธุ์ผสมระหว่างไก่เหลืองหางขาวและไก่มทส. 101 มีปริมาณคอลลาเจนสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้าถึง 2 เท่า มีความแน่นของเนื้อเหมือนไก่พื้นเมือง และยังมีปริมาณโปรตีนสูงแต่ไขมันต่ำ (คณะผู้วิจัยโครงการ การสร้างสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราชเพื่อการผลิตเป็นอาชีพวิสาหกิจชุมชน, 2557) เมื่อเนื้อไก่ได้รับความร้อนสูง กล้ามเนื้อของไก่เนื้อทางการค้าถูกทำลายด้วยความร้อนมากกว่าไก่เนื้อโคราช ทำให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ยุย ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ ดังนั้นการใช้ไก่เนื้อโคราชเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อนสูง จึงมีข้อได้เปรียบในด้านเนื้อ

สัมผัสในเนื้อไก่โคราช เมื่อโปรตีนกล้ามเนื้อเสียสภาพ เนื่องจากได้รับความร้อน โครงสร้างกล้ามเนื้อเกิดการหดตัว เนื้อสัมผัสที่ได้จึงมีความแน่นและเหนียวขึ้น (Barbanti and Pasquini., 2005) การทดลองต่อไปจึงเตรียมตัวอย่างจากเฉพาะไก่เนื้อโคราช เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการรักษา

ตารางที่ 4.1.6.1 ค่าแรงเฉือน (shear force) ของไก่เนื้อและไก่โคราช หลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121°C และ 115°C

กล้ามเนื้อ	อุณหภูมิ (°C)	แรงเฉือน (force, g)	
		ไก่เนื้อทางการค้า**	ไก่เนื้อโคราช**
อก	115	2900.8±169.9 ^{aB}	3389.8±543.3 ^{bA}
	121	2744.7±661.6 ^{aB}	3157.5±417.5 ^{bA}
สะโพก	115	1691.2±168.9 ^{bB}	3679.4±390.2 ^{aA}
	121	1934.7±312.6 ^{bB}	4317.5±987.2 ^{aA}

^{a, b} ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ในกล้ามเนื้อชนิดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

^{A, B} ค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

**ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสีในผลิตภัณฑ์หมักเนื้อไก่โคราชพร้อมรับประทาน พบว่า ค่าสีของน้ำแกงหมักเนื้อสะโพกไก่โคราชที่ทั้ง 2 อุณหภูมิในแต่ละเดือนมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น สีของน้ำแกงจะมีค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความแดง (a^*) มีแนวโน้มลดลง และค่าความเหลือง (b^*) มีแนวโน้มลดลง ดังตารางที่ 4.1.6.2 อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตด้วยตา ไม่พบการเปลี่ยนสีที่เด่นชัด นอกจากนี้ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ส่งผลให้กะทิเกิดการแยกชั้น ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อเทียบกับตอนเริ่มต้น ในขณะที่อุณหภูมิการให้ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเนื้อไก่ในระหว่างการเก็บรักษา การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121°C ส่งผลให้เนื้อไก่มีค่า L^* เพิ่มขึ้นมากกว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115°C นอกจากนี้ ค่าความแดง (a^*) และค่าความเหลือง b^* มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน แม้ค่าสีจะมีการเปลี่ยนแปลง แต่ไม่เด่นชัดโดยสายตา จึงอาจกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ไม่มีนัยสำคัญในช่วงเวลาที่ศึกษา

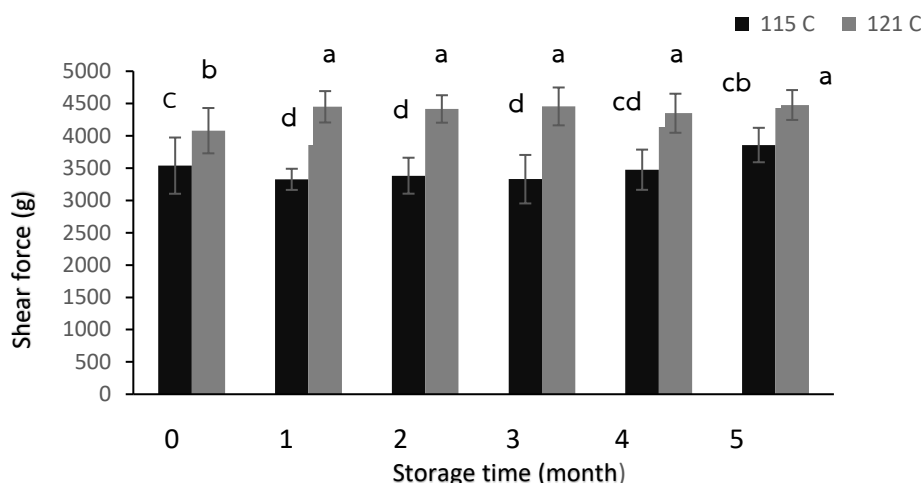
ตารางที่ 4.1.6.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของแกงมัสมั่นสะโพกไก่เนื้อโคราชในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะ เวลา (เดือน)	อุณหภูมิ (°C)	สี					
		น้ำแกง**			เนื้อไก่**		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	115	30.94±0.98 ^c	25.51±1.19 ^a	41.50±1.80 ^a	50.01±1.48 ^b	11.71±0.21 ^d	28.49±1.08 ^d
	121	34.22±1.05 ^b	20.30±1.59 ^a	30.96±1.83 ^f	44.99±1.63 ^d	12.83±1.04 ^c	28.14±0.76 ^d
1	115	40.92±1.55 ^a	14.93±1.98 ^c	37.66±1.24 ^{bc}	51.67±1.58 ^{ab}	14.56±0.63 ^b	29.66±0.89 ^{cd}
	121	40.12±0.55 ^a	17.92±0.82 ^b	39.21±0.52 ^{ab}	50.18±1.98 ^b	13.65±1.45 ^c	27.99±1.38 ^d
2	115	35.31±0.15 ^b	17.67±0.23 ^b	37.38±0.86 ^{bc}	52.12±1.68 ^a	15.67±1.51 ^a	30.52±1.04 ^c
	121	40.27±0.54 ^a	17.33±0.53 ^b	38.21±1.05 ^b	48.99±0.91 ^c	15.34±1.11 ^a	32.06±1.22 ^{bc}
3	115	39.11±0.22 ^a	17.22±0.34 ^b	36.57±0.72 ^c	53.44±1.44 ^a	16.33±0.89 ^a	32.44±1.34 ^{bc}
	121	39.87±0.17 ^a	17.51±0.28 ^b	38.19±1.21 ^b	49.78±0.53 ^{bc}	15.98±0.33 ^a	33.22±0.54 ^b
4	115	39.33±0.31 ^a	16.97±0.51 ^b	36.33±0.83 ^c	53.76±0.63 ^a	16.78±0.77 ^a	33.57±0.47 ^b
	121	39.64±0.43 ^a	17.03±0.44 ^b	37.73±0.54 ^{bc}	50.55±1.02 ^b	16.22±1.03 ^a	34.11±0.83 ^a
5	115	34.20±0.58 ^a	21.89±0.51 ^a	35.49±0.90 ^c	52.64±1.20 ^a	16.78±0.91 ^a	34.09±0.61 ^a
	121	34.33±0.33 ^a	20.91±0.37 ^a	33.64±1.47 ^d	51.96±0.96 ^{ab}	16.64±0.82 ^a	35.00±0.39 ^a

**ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

^{a,b} ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน โดยมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เมื่อพิจารณาจากการศึกษา พบว่า เนื้อสะโพกไก่โคราชที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115°C มีค่าแรงเหวี่ยงน้อยกว่าตัวอย่างที่ได้รับที่อุณหภูมิ 121°C เมื่อระยะการเก็บที่นานขึ้น ซึ่งค่าแรงเหวี่ยงของสะโพกไก่โคราชที่อุณหภูมิ 115°C และที่อุณหภูมิ 121°C มีค่าแตกต่างกัน (p<0.05) ดังรูปที่ 4.1.6.1 เนื่องจากเนื้อส่วนสะโพกมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและมีปริมาณคอลลาเจนสูง เมื่อได้รับความร้อนสูง โปรตีนกล้ามเนื้อเกิดการเชื่อมข้ามด้วยความร้อนสูง โดยเฉพาะเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Ishamri and Joo, 2017) ส่งผลให้เนื้อสัมผัสมีความแน่นและเหนียวขึ้น (Barbanti and Pasquini, 2005)



รูปที่ 4.1.6.1 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนของเนื้อสะโพกของมัสมันไก่เนื้อโคราชหลังการกระบวนให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 และ 121°C ในระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.1.6.3 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของแกงมัสมันสะโพกไก่เนื้อโคราชในระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลา (เดือน)	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)	pH
0	115	2.62	5.77
	121	2.45	5.77
3	115	3.97	5.67
	121	3.97	5.67
6	115	4.61	5.66
	121	4.50	5.66

การเก็บในสภาวะกึ่งเร่ง (38°C) ปริมาณจุลินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (ดังตารางที่ 4.1.6.3) กระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115°C มีผลให้ปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าการให้ความร้อนที่ 121°C เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออาจยังไม่เหมาะสม ไม่สามารถทำลายสปอร์ได้โดยสมบูรณ์ โดยมีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมด คือ 2.62 และ 2.45 log CFU/g ตามลำดับ ซึ่งมัสมันไก่พร้อมรับประทานมีปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา 3 เดือน อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้คือ พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 10,000 ต่อ 1 กรัม อาหาร หรือ 4 log CFU ต่อ 1 กรัมอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท ฉบับที่ 355 ปี พ.ศ. 2556 มัสมันไก่พร้อมรับประทานจัดเป็น

อาหารกรดต่ำ (low acid food) มีค่า pH อยู่ที่ 5.66 (ตารางที่ 3) ซึ่งในการผลิตผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน จำเป็นต้องหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการให้ความร้อน (F_0) ของผลิตภัณฑ์ต่อไป



(a)



(b)

รูปที่ 4.1.6.2 ผลิตภัณฑ์น้ำมันไก่พร้อมรับประทาน (a) น้ำมันไก่หลังจากฉีกบรรจุภัณฑ์ (b)

ผลิตภัณฑ์อกไก่ปั่น

อกไก่ปั่นเป็นที่นิยมสำหรับผู้นิยมออกกำลังกายและเสริมสร้างกล้ามเนื้อ ไก่เนื้อโคราชมีสมบัติโดดเด่นกว่าไก่เนื้อทางการค้า เนื่องจากมีไขมันต่ำกว่าและมีคอเลสเตอรอลน้อยกว่าซึ่งอาจสามารถนำมาเป็นจุดขายของไก่เนื้อโคราชได้ ข้อจำกัดของอกไก่ปั่นคือความยุ่งยากในการเตรียม การผลิตผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มอาจเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าของไก่เนื้อโคราช อย่างไรก็ตามความท้าทายของผลิตภัณฑ์ไก่ปั่นคือการแยกชั้นและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารให้ความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์อกไก่ปั่นพร้อมดื่ม จากการศึกษาพบว่า ชนิดของสารให้ความคงตัวมีผลต่อค่าความหนืดและลักษณะปรากฏ อกไก่ปั่นที่ไม่เติมสารให้ความคงตัว มีค่าความหนืดต่ำ มีการแยกชั้นระหว่างน้ำและเนื้อไก่สูงมาก เมื่อเทียบกับอกไก่ปั่นที่เติมสารให้ความคงตัว ซึ่งจากการใช้สารให้ความคงตัวชนิดต่างกัน แชนแทนกัมมีลักษณะเป็นของเหลว มีความหนืดเล็กน้อย มีค่าความหนืดอยู่ที่ 53 cP และมีการแยกชั้นน้อยกว่าสารชนิดอื่น (ดังตารางที่ 4.1.6.4) การทดลองต่อไปจึงเตรียมตัวอย่างจากสารให้ความคงตัวชนิดแชนแทนกัมในการผลิตอกไก่ปั่นพาสเจอร์ไรซ์พร้อมดื่ม เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.1.6.4 การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของเดิมสารให้ความคงตัวชนิดต่างกัน

สารให้ความคงตัว	ความหนืด (cP)	ลักษณะปรากฏ
ตัวอย่างควบคุม	38	มีการแยกชั้นสูงมาก
แซนแทนกัม 0.3%	41	มีการแยกชั้นมาก มีลักษณะค่อนข้างเหลว
แซนแทนกัม 0.5%	53	มีความหนืดเล็กน้อย มีลักษณะเป็นของเหลว แยกชั้นเล็กน้อย
กัวกัม 0.3%	46	มีการแยกชั้นมาก มีลักษณะค่อนข้างเหลว มีความหนืดเล็กน้อย
กัวกัม 0.5%	53	มีความหนืดมาก มีลักษณะเป็นเนื้อครีม
คาราจีแนน 0.3%	42	มีความหนืดเล็กน้อย มีการแยกชั้นมาก มีลักษณะค่อนข้างเหลว
คาราจีแนน 0.5%	55	มีความหนืดมาก มีลักษณะเป็นเนื้อครีม

ตารางที่ 4.1.6.5 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี-กายภาพ ลักษณะปรากฏและคุณภาพทางจุลินทรีย์ของอกไก่ปั่น

เวลา (วัน)	ความเป็นกรดต่าง (pH)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)	ความหนืด (cP)	ลักษณะปรากฏ
0	6.5	3.01 ^a	54	มีการแยกชั้นตกตะกอนเล็กน้อย
2	6.5	3.43 ^{ab}	53	มีการแยกชั้นเล็กน้อย
4	6.5	5.91 ^b	52	มีการแยกชั้น
6	6.5	7.20 ^c	52	มีการแยกชั้นมาก
8	6.5	8.42 ^{cd}	50	มีการแยกชั้นสูงมาก

a, b, c... ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากการศึกษาพบว่า ความหนืดและความเป็นกรดต่าง (pH) ของอกไก่ปั่น มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยมีค่าความหนืดอยู่ที่ 50 – 54 cP และค่า pH 6.5 ตามลำดับ อกไก่ปั่นที่มีส่วนผสมของแซนแทนกัม ช่วยเพิ่มความข้นหนืดและทำให้อนุภาคแขวนลอยได้ดี ซึ่งในวันแรกที่ทำตัวอย่างมีการแยกชั้นเพียงเล็กน้อย เมื่อการติดตามผลเป็นเวลา 8 วัน พบว่า อกไก่ปั่นมีการแยกชั้นเพิ่มมากขึ้น โปรตีนเนื้อไก่รวมตัวกัน นอกจากนี้ระยะเวลาที่มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในอกไก่ปั่น โดยมีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดคือ 3.01 log cfu/g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เรื่องเกณฑ์คุณภาพจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 ปี พ.ศ. 2560 ประเภทอาหารปรุงสุกทั่วไป ซึ่งอกไก่ปั่นเริ่มยอมรับไม่ได้เมื่อเวลาผ่านไป 6 วัน มีการแยกชั้นมากขึ้น ดังรูปที่ 4.1.6.3 และมีกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย ซึ่งบ่งชี้ถึงการเน่าเสียทางจุลินทรีย์ เนื่องจาก

เป็นกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ สามารถทำลายเพียงเชื้อ (Vegetative cells) ไม่สามารถทำลายสปอร์ได้ ผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่าออกไก่นี้อายุการเก็บรักษาไม่เกิน 4 วัน



Day 0

Day 2

Day 4

Day 6

Day 8

รูปที่ 4.1.6.3 แสดงการแยกชั้นของตะกอนโปรตีนของไก่อกับน้ำ ณ ช่วงวันที่ 0, 2, 4, 6 และ 8 ของออกไก่นี้น

จากการศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์ไก่อโคราชนั้น ในประเด็นของการแปรรูปเป็นแกงมัสมั่น สามารถสรุปได้ว่า ไก่อเนื้อโคราชมียุทธศาสตร์เด่นด้านเนื้อสัมผัส ที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน การผ่านกระบวนการให้ความร้อนสูงไม่ทำให้เนื้อสัมผัสเสื่อมสลาย เมื่อเทียบกับไก่อเนื้อทางการค้า อย่างไรก็ตามในการนำไปผลิตจริงจำเป็นต้องวิเคราะห์หากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม รวมถึงการศึกษการเปลี่ยนแปลงด้านประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษา

ส่วนในกรณีของออกไก่นี้น สามารถสรุปได้ว่า เนื้อไก่อโคราชเมื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ออกไก่นี้น และใช้กระบวนการผลิตดังที่ได้กล่าวมา สามารถเก็บไว้ได้ไม่เกิน 4 วัน โดยยังคงรักษาคุณสมบัติที่ดีไว้ได้ อย่างไรก็ตามการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค เป็นประเด็นที่นักวิจัยยังต้องดำเนินการต่อ ทั้งนี้เพื่อให้ทราบแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

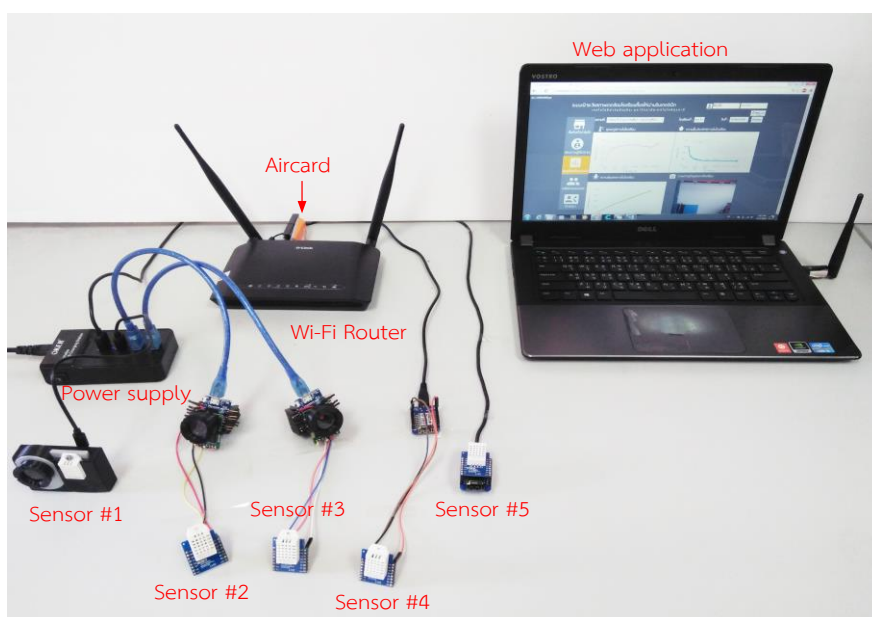
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องมือช่วยในการจัดการฟาร์มไก่อัจฉริยะ ที่เป็นรูปธรรมและเกษตรกรสามารถเข้าถึงเครื่องมือเหล่านี้ได้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.1 พัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบอากาศโรงเรือน รายงานผ่านโทรศัพท์มือถือ

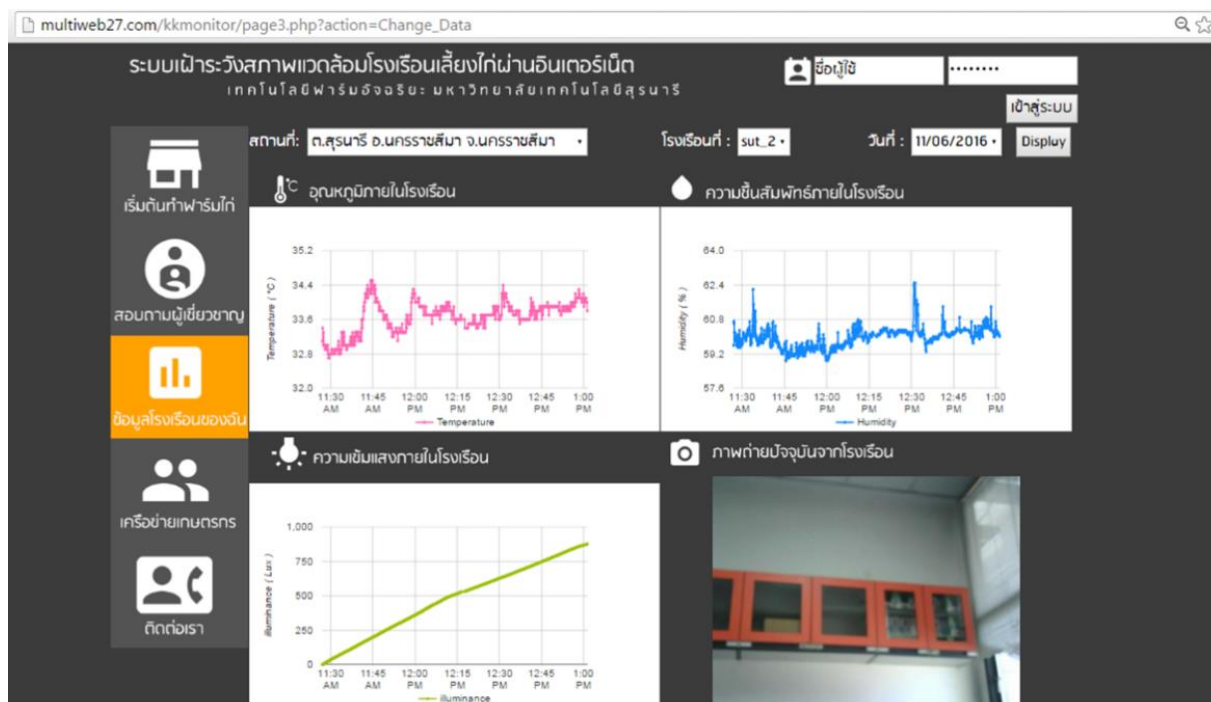
ได้ต้นแบบเชิงปฏิบัติการระบบตรวจสอบอากาศโรงเรือน รายงานผลการวัดผ่านอินเทอร์เน็ตหรือผ่านโทรศัพท์มือถือ ระบบประกอบด้วยเซนเซอร์ 3 ชนิด กล้องรับภาพ อุปกรณ์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต และเว็บไซต์ สำหรับเก็บบันทึกและแสดงผลข้อมูล โดยต้นแบบดังกล่าวได้ผ่านการทดสอบระบบเบื้องต้น โดยใช้เซนเซอร์ 5 จุดวัด จำลองการส่งข้อมูลจาก 5 โรงเรือน ในบริเวณใกล้เคียงกัน ผลการทดลองพบว่า ระบบสามารถทำงานได้ดี

การทดสอบการใช้งานเบื้องต้น

การทดลองการใช้งานเบื้องต้นจะทำการทดลองที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยมีเซนเซอร์ 5 จุด (สำหรับ 5 โรงเรือนที่อยู่ในบริเวณหรือตำแหน่งใกล้เคียงกันไม่เกิน 100 เมตร) รูปที่ 4.2.1.1 แสดงรูปถ่ายของระบบสำหรับส่งภาพและข้อมูลจากเซนเซอร์ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต การรับส่งข้อมูลแบบไร้สายผ่าน Wi-Fi router และเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตโดยใช้ Air card 1 ชุด เมื่อผู้ใช้งานต้องการเรียกดูข้อมูล สามารถ Log in ไปยัง Web site ที่กำหนด จะพบหน้าต่างการแสดงผลข้อมูลซึ่งแสดงว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้จริง (รูปที่ 4.2.1.2) การเรียกดู Web site ดังกล่าวสามารถใช้คอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือรุ่นใดก็ได้ ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ กรณีที่ต้องการบันทึกข้อมูลเก็บไว้ ควรใช้คอมพิวเตอร์เนื่องจากการใช้งานจะสะดวกกว่า



รูปที่ 4.2.1.1 การทดสอบการทำงานเบื้องต้นของระบบส่งข้อมูลจากโรงเรือนผ่านอินเทอร์เน็ต โดยส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ 5 จุดวัดพร้อมกัน หมายเหตุ ชุดเซนเซอร์แต่ละชุดอาจจะมีจำนวนอุปกรณ์ไม่เท่ากันได้ ขึ้นกับความต้องการใช้งานและต้นทุนที่ต้องการ



รูปที่ 4.2.1.2 ผลการทดสอบระบบเบื้องต้น แสดงข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ชุดที่ 2 (ในกรณีการใช้งานจริงคือ ข้อมูลจากโรงเรือนที่ 2) ข้อมูลที่บันทึกไว้อัตโนมัติที่ Web server ประกอบด้วยอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสงในแต่ละวัน ส่วนภาพถ่ายในโรงเรือนจะไม่บันทึกไว้ที่ Web server เนื่องจากต้องใช้พื้นที่หน่วยความจำสูงมาก ผู้ใช้สามารถบันทึกภาพถ่ายโดยสั่งงานด้วยตนเอง อนึ่งข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ยังไม่ได้รับการสอบเทียบ ใน Web application สามารถเพิ่มเติมข้อมูลอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการโรงเรือนของเกษตรกรได้

ราคาต้นทุนของเซนเซอร์และอุปกรณ์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

ราคาต้นทุนอุปกรณ์ของระบบส่งข้อมูลสภาพอากาศโรงเรือนผ่านอินเทอร์เน็ต จะขึ้นอยู่กับจำนวนชุดเซนเซอร์และจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องการใช้งาน กรณีผู้ใช้งานต้องการติดตั้งชุดเซนเซอร์โดยไม่รวมกล่องรับภาพดังกล่าวเพียง 1 โรงเรือนต่อตำแหน่ง ราคาอุปกรณ์ทั้งระบบประมาณ 3,020 บาท เมื่อต้องการเพิ่มจำนวนโรงเรือนหรือต้องการติดตั้งกล่องรับภาพเพิ่มเติม ราคาทั้งระบบจะสูงขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.2.1.1

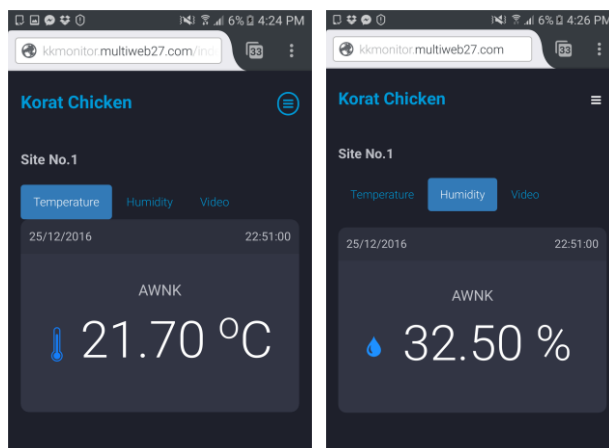
ตารางที่ 4.2.1.1 ราคาของวัสดุอุปกรณ์สำหรับใช้ในระบบส่งข้อมูลสภาพอากาศโรงเรือนผ่านอินเทอร์เน็ต

ชื่ออุปกรณ์	แหล่งจัดซื้อ	ราคาต่อชุด (บาท)	หมายเหตุ
- เซ็นเซอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลผ่านแบบไร้สาย			
เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT22)	Q-Wave Systems	200	
เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง (BH1750)	เว็บไซต์ทั่วไป	170	
บอร์ด WeMos D1 mini	Q-Wave Systems	690	
บอร์ด ArduCAM Mini 2MP	Q-Wave Systems	1,690	อาจเลือกกล้องรุ่นอื่นที่มีจำนวนพิกเซลน้อยกว่า 2 MP ก็ได้ ซึ่งจะมีราคาถูกกว่า
- อุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตภายนอก			
Wi-Fi router	ร้านไอทีทั่วไป	970	
Aircard (TrueMoveH)	ร้านไอทีทั่วไป	990	ไม่รวมอัตราค่าบริการรายเดือนหรือต่อนาที
- ราคาอุปกรณ์ทั้งระบบ			
กรณีที่ 1: อุปกรณ์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต + เซ็นเซอร์ 3 ชนิด 1 ชุด			3,020 บาท
กรณีที่ 2: อุปกรณ์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต + เซ็นเซอร์ 3 ชนิด 5 ชุด			7,260 บาท
กรณีที่ 3: อุปกรณ์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต + เซ็นเซอร์ 3 ชนิด 1 ชุด + กล้อง 1 ชุด			4,710 บาท
กรณีที่ 4: อุปกรณ์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต + เซ็นเซอร์ 3 ชนิด 5 ชุด + กล้อง 1 ชุด			8,950 บาท

การทดสอบการใช้งานที่ฟาร์มไก่เนื้อโคราช อ.วังน้ำเขียว

ก่อนนำไปใช้งานจริง ผู้วิจัยได้ปรับปรุงหน้าจอให้ Web application อ่านผลได้ง่ายขึ้นเมื่อใช้โทรศัพท์ในการอ่านข้อมูล (รูปที่ 4.2.1.3) ซึ่งหน้าจอจะปรับตามขนาดของหน้าจอโทรศัพท์ของผู้ใช้ และเพื่อทดสอบการใช้งานจริงที่ฟาร์มเกษตรกร ผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์ระบบส่งข้อมูลจากโรงเรือนผ่านอินเทอร์เน็ตไปติดตั้งที่ฟาร์มไก่เนื้อโคราช บริเวณตำบลสุขสมบูรณ์ อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา (ฟาร์มของ รศ. ดร. กนก ผลารักษ์, รูปที่ 4.2.1.4) โดยติดตั้งเซ็นเซอร์ที่โรงเรือนที่ 1 จำนวน 1 ชุด เพื่อวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน และโรงเรือนที่ 2 จำนวน 1 ชุด เพื่อตรวจสอบการทำงานของเตาแก๊สสำหรับให้ความร้อนลูกไก่ว่าทำงานตามที่กำหนดไว้หรือไม่

ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถรับส่งข้อมูลจากโรงเรือนเลี้ยงไก่ได้ ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลจากที่ใดก็ได้ อย่างไรก็ตามพบว่ามีปัญหาสัญญาณขาดหายเป็นช่วงๆ ผู้วิจัยคาดว่าน่าจะเกิดจากสัญญาณโทรศัพท์แบบ 3G ในบริเวณดังกล่าวมีความเข้มของสัญญาณต่ำ เนื่องจากอยู่ห่างไกลเสาส่ง รวมทั้งอาจเกิดจากมีนกทองเทียวใช้โทรศัพท์พร้อมกันๆ ในบริเวณดังกล่าวเป็นจำนวนมาก ทำให้ความเร็วในการส่งข้อมูลต่ำลงมากเมื่อเทียบกับการใช้งานที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.2.1.3 หน้าจอ Web application ที่ได้ปรับปรุงการออกแบบให้อ่านผลได้ง่ายขึ้นเมื่อใช้โทรศัพท์ในการอ่านข้อมูล



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.2.1.4 ติดตั้งและทดสอบการใช้งานระบบส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตที่ฟาร์มไก่เนื้อโคราช บริเวณตำบลสุขสมบูรณ์ อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา (ฟาร์มของ รศ. ดร. กนก ผลารักษ์) โดยติดตั้งเซนเซอร์ที่โรงเรือนที่ 1 เพื่อวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน และโรงเรือนที่ 2 เพื่อตรวจสอบการทำงานของเตาแก๊สสำหรับให้ความร้อนลูกไก่ สำหรับโรงเรือนที่ 2 นี้ได้ทดลองติดตั้งกล่องแบบ IP camera 1 ชุด การส่งข้อมูลภาพจากกล้องนี้จะไม่ผ่านอินเทอร์เน็ต แต่จะใช้การส่งข้อมูลแบบไร้สาย เนื่องจากอินเทอร์เน็ตบริเวณพื้นที่ดังกล่าวมีความเร็วต่ำ

การแก้ไขระบบ 3G มีความเข้มสัญญาณต่ำ โดยพัฒนาระบบส่งข้อมูลแบบไร้สาย

เพื่อแก้ไขปัญหาสัญญาณระบบ 3G ในบริเวณฟาร์มดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบส่งข้อมูลแบบไร้สาย (Wi-Fi communication) สำหรับส่งข้อมูลจากโรงเรือนกับบ้านพัก ทดแทนการส่งข้อมูลผ่านสัญญาณโทรศัพท์แบบ 3G การทำงานของระบบส่งข้อมูลแบบไร้สายแสดงในรูปที่ 4.2.1.5 ซึ่งจะใช้อุปกรณ์ส่วนใหญ่ร่วมกับระบบส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต สิ่งต่างจากระบบเดิมมีดังนี้

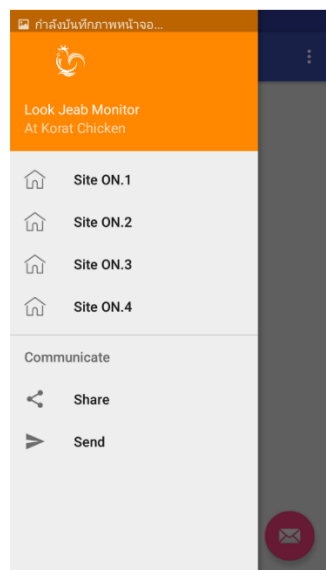
การใช้อุปกรณ์รับส่งแบบไร้สายที่เรียกว่า “Access point” 2 ชุด ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่างกัน โดยติดตั้ง Access point ชุดแรกไว้ที่โรงเรือน (รูปที่ 4.2.1.5) และต่ออยู่กับ Wi-Fi router ส่วน Access point ชุดที่สองติดตั้งไว้ที่บ้านพัก ทำหน้าที่กระจายสัญญาณไร้สายบริเวณบ้านพัก อุปกรณ์ Access point สามารถใช้ส่งข้อมูลระหว่างกันได้ระยะทางไกลประมาณ 1 กิโลเมตร กรณีไม่มีสิ่งกีดขวาง ราคาของ Access point ที่ใช้ในระบบนี้เท่ากับ 2,250 บาท/ชุด

ข้อแตกต่างจากระบบเดิมอีกประการหนึ่ง คือ โปรแกรมสำหรับอ่านข้อมูล ในกรณีนี้โปรแกรมที่ใช้จะพัฒนาอยู่ในรูป Android app. (รูปที่ 4.2.1.6) ผู้ใช้งานต้องติดตั้ง App. ที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้กับโทรศัพท์ จึงจะสามารถใช้โทรศัพท์อ่านข้อมูลจากระบบดังกล่าวได้ ซึ่งต่างจากระบบเดิมที่ใช้ Web application ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลผ่าน Web browsers ได้โดยตรง โดยไม่ต้องติดตั้ง App. ที่โทรศัพท์

ข้อดีประการหนึ่งของอุปกรณ์รับส่งแบบไร้สายคือ สามารถส่งข้อมูลได้ไม่จำกัด ในกรณีการส่งข้อมูลแบบวิดีโอที่มีขนาดไฟล์ใหญ่มาก จะสามารถเรียกดูภาพวิดีโอได้โดยไม่จำกัด ถ้าต้องส่งข้อมูลดังกล่าวผ่านระบบ 3G จะมีค่าใช้จ่ายสูง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ทดลองใช้กล้องชนิดที่เรียกว่า “IP camera” ซึ่งเป็นกล้องรับภาพที่มีระบบส่งข้อมูลแบบไร้สายในตัว มีมอเตอร์สำหรับปรับมุมมองของกล้องได้ รวมทั้งมีไมโครโฟนสำหรับฟังเสียงในตัว นอกจากนี้บางรุ่น ยังออกแบบให้สามารถดูภาพโดยใช้แหล่งกำเนิดแสงแบบอินฟราเรดช่วงใกล้ได้ รูปแบบการใช้งานแบบนี้นิยมเรียกว่า “Night mode” ซึ่งเหมาะสำหรับดูภาพภายในโรงเรือนตอนกลางคืน โดยไม่ต้องเปิดไฟส่องสว่าง กล้องแบบ IP camera สามารถติดตั้งใช้งานร่วมกับระบบส่งข้อมูลแบบไร้สายดังกล่าวได้เลย โดยไม่ต้องพัฒนา App. เพิ่มเติม ทั้งนี้การใช้งานกล้องแบบ IP camera ดังกล่าว (ราคา 1,200 บาท) ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบการใช้งานกับกล้องชนิดที่ใช้ร่วมกับบอร์ด Arduino หรือที่เรียกว่า ArduCAM (ราคา 1,900 บาท) (รูปที่ 4.2.1.7)

ผลการทดสอบการใช้งานจริงพบว่า กล้องแบบ IP camera มีคุณภาพภาพสูงกว่ากล้องแบบ ArduCAM สามารถปรับตำแหน่งมุมมองกล้องผ่านโทรศัพท์หรือ Tablet (รูปที่ 4.2.1.7) ใช้ฟังเสียงได้ รวมทั้งสามารถใช้ดูภาพตอนกลางคืนได้โดยไม่ต้องเปิดไฟส่องสว่าง เหตุผลที่กล้องแบบ IP camera มีขีดความสามารถสูงกว่า ในราคาที่ใกล้เคียงกันหรือถูกกว่า เป็นเพราะกล้องชนิดนี้ได้รับความนิยมมากขึ้น การผลิตในปริมาณมาก ทำให้ราคาต่อหน่วยลดลง



(ก)



(ข)

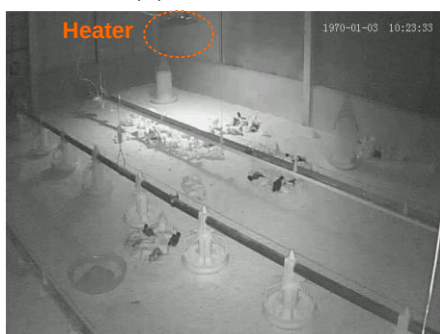
รูปที่ 4.2.1.7 หน้าจอโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือ Android app. ที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้อ่านข้อมูลจากเซนเซอร์ผ่านระบบไร้สาย (ก) ผู้ใช้เลือกชื่อโรงเรือน (4 โรงเรือน) ที่ต้องการเรียกดูข้อมูล และ (ข) ตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น เมื่อเลือกอ่านจากโรงเรือนที่ 1



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

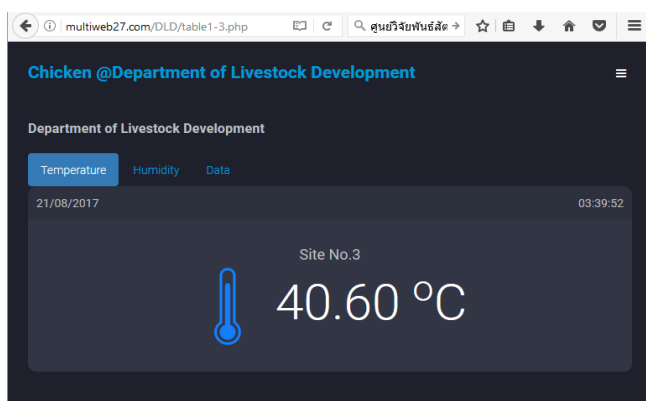
รูปที่ 4.2.1.8 ภาพถ่ายภายในโรงเรือนในเวลากลางวัน (ก)-(ข) และภาพถ่ายในเวลากลางคืน (ค)-(ง) โดยใช้ “Night mode” ของกล้องแบบ IP camera ผู้ใช้งานบันทึกภาพดังกล่าวจาก Tablet ที่บ้านพัก นอกจากผู้ใช้งานจะสามารถตรวจสอบตำแหน่งของไก่และการกระจายตัวแล้ว ยังสามารถฟังเสียงไก่ผ่านไมโครโฟนที่อยู่ภายในกล้องดังกล่าวได้ด้วย

การทดลองติดตั้งระบบส่งข้อมูลที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ปีกกบินทร์บุรี

ที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ปีกกบินทร์บุรี ผู้วิจัยได้ทดลองติดตั้งระบบและอุปกรณ์ตรวจสอบอากาศภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่ของศูนย์ฯ จำนวน 1 คอก โดยได้ติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่บริเวณพื้น 4 ชุด สำหรับตรวจสอบการให้ความอบอุ่นกับลูกไก่ และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นอีก 1 ชุด สูงประมาณ 2 m จากพื้น สำหรับวัดข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน

สำหรับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่บริเวณพื้น ผู้วิจัยเลือกใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบ Thermistor ซึ่งเหมาะสมสำหรับใช้ในบริเวณที่มีฝุ่นจำนวนมาก รวมทั้งได้ออกแบบท่อสำหรับป้องกันไก่จิก ระบบการส่งข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์แบบ 3G (รูปแบบที่ 1 กรณีที่อำเภอวังน้ำเขียว) ทั้งนี้บริเวณโรงเรือนเลี้ยงไก่ของศูนย์ฯ อยู่ในบริเวณที่มีสัญญาณโทรศัพท์ชัดเจน การส่งข้อมูลผ่าน Air card จึงส่งได้ตลอดเวลา ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลผ่านโดยโทรศัพท์หรือคอมพิวเตอร์ได้ที่ <http://multiweb27.com/DLD/> (รูปที่ 4.2.1.9)

นอกจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นแล้ว ผู้วิจัยยังได้ติดตั้งกล้องแบบ IP camera จำนวน 1 เครื่องไว้ที่โรงเรือนด้วย ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สามารถเรียกดูภาพภายในโรงเรือนผ่านอินเทอร์เน็ต โดยใช้โทรศัพท์หรือคอมพิวเตอร์ก็ได้ ทั้งนี้การส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายโทรศัพท์แบบ 3G จะใช้เวลาค่อนข้างนาน โดยเฉพาะเมื่อข้อมูลที่ใช้เกินจำนวนที่ผู้ให้บริการกำหนดไว้ อย่างไรก็ตาม กล้องดังกล่าวก็สามารถใช้ตรวจสอบการทำงานของเครื่องให้ความอบอุ่นลูกไก่หรือตรวจสอบภายในโรงเรือนได้โดยสะดวก การเรียกดูภาพจากกล้อง จะใช้ Android app. ของผู้ผลิตกล้อง



(ก)



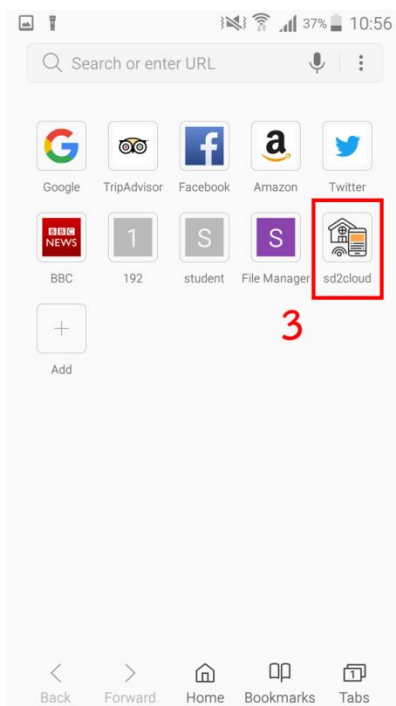
(ข)

รูปที่ 4.2.1.9 (ก) ข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ปีกกบินทร์บุรี เซนเซอร์ที่ 1-4 เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิบริเวณพื้น ส่วนเซนเซอร์ที่ 5 จะให้ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนสามารถเรียกดูได้ตลอดเวลาโดยพิมพ์ <http://multiweb27.com/DLD/> และ (ข) ภาพถ่ายภายในโรงเรือน

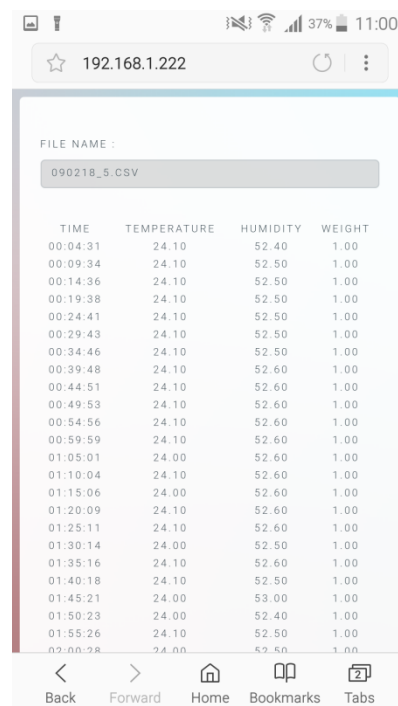
การพัฒนาระบบสำรองข้อมูล (Data Server) ราคาประหยัด

จากการทดสอบการใช้งานที่ฟาร์ม อ.วังน้ำเขียว พบว่าการเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตหลุดบ่อย ทั้งนี้ อาจเกิดจากพื้นที่ดังกล่าวมีสัญญาณโทรศัพท์ 3G/4G มีระดับต่ำ ทำให้การส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมจาก โรงเรือนไม่สามารถส่งได้เป็นช่วงๆ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้พัฒนาระบบสำรองข้อมูลราคา ประหยัด พร้อมทั้ง Mobile app. สำหรับใช้ในการส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลโดยใช้ โทรศัพท์ของผู้ใช้งานเอง ระบบสำรองข้อมูลที่พัฒนาขึ้นจะติดตั้งไว้ที่บ้านของผู้ใช้งาน ข้อมูลจากเซนเซอร์ ภายในโรงเรือนจะถูกเก็บไว้ที่ระบบสำรองข้อมูลทุกๆ 5 นาที เมื่อครบแต่ละวัน ระบบจะบันทึกข้อมูลเก็บไว้ หน่วยความจำแบบ SD card ของไมโครคอนโทรลเลอร์และตั้งชื่อไฟล์เป็นรหัสวันที่และหมายเลขโรงเรือน เช่น ชื่อ “090218_5.CVS” หมายถึงข้อมูลของวันที่ 9th February 2018 โรงเรือนหมายเลข 5 เป็นต้น ระบบ สำรองข้อมูลจะเก็บข้อมูลไว้ทุกวัน ตลอดการเลี้ยงหรือจนกว่าข้อมูลจะเต็มหน่วยความจำ

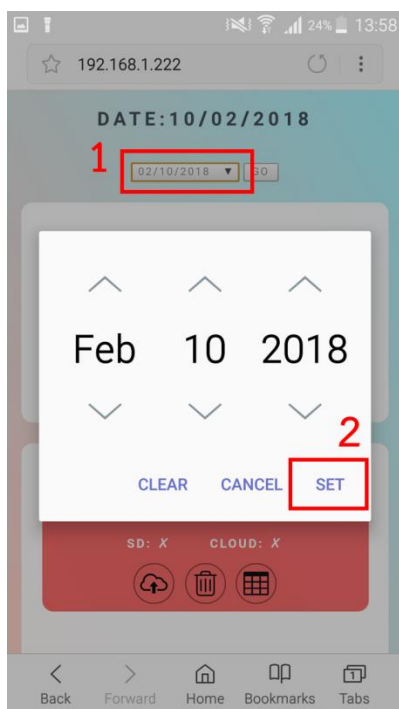
เมื่อผู้ใช้งานต้องการส่งข้อมูลจากระบบสำรองข้อมูลดังกล่าวไปเก็บไว้ที่อินเทอร์เน็ต ผู้ใช้ต้องติดตั้ง Mobile app. “SD 2 Cloud” ไว้ที่โทรศัพท์ของผู้ใช้งานเอง (รูปที่ 4.2.1.10(ก)) เมื่อเชื่อมต่อกับระบบสำรอง ข้อมูลผ่าน Wi-Fi ได้แล้ว ผู้ใช้เปิด App. ดังกล่าว ตรวจสอบและเลือกชื่อไฟล์ที่ต้องการส่งข้อมูล (รูปที่ 4.2.1.10(ข)) ที่หน้าจอการใช้งานของ App. ผู้ใช้จะตรวจสอบได้ว่า ข้อมูลของวันที่เลือกมีอยู่ใน SD Card หรือไม่ รวมทั้งข้อมูลของวันดังกล่าวมีอยู่ในฐานข้อมูลแล้วหรือไม่ (รูปที่ 4.2.1.10(ค)) จากนั้นผู้ใช้งานสามารถอัป โหลดข้อมูลดังกล่าวขึ้นบนอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะนำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลเดียวกันกับที่พัฒนาไว้ในหัวข้อก่อน หน้านี้ นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถจัดเก็บไว้ใน SD card ได้ (รูปที่ 4.2.1.10(ง)) ระบบสำรองข้อมูลนี้สามารถ จัดเก็บข้อมูลได้ไม่น้อยกว่า 90 วัน ต่อเนื่อง ราคาตัววัสดุอุปกรณ์ 1,000 บาท/ชุด



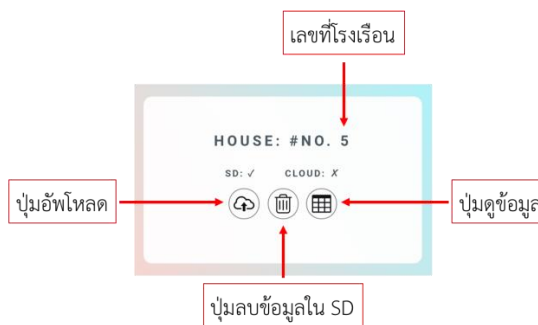
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.2.1.10 Mobile app. สำหรับการจัดการและส่งข้อมูลจากระบบสำรองข้อมูลไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต (ก) ผู้ใช้สามารถติดตั้ง App ชื่อ “sd2cloud” ไว้ที่โทรศัพท์ (ข) ข้อมูลในแต่ละวันจะถูกบันทึกเก็บไว้ที่ SD card ของระบบสำรองข้อมูลอัตโนมัติ (ค) เมื่อต้องการส่งข้อมูล ผู้ใช้งานสามารถเลือกวันที่ที่ต้องการดูข้อมูลหรือออฟโหลด และ (ง) ส่วนประกอบของหน้าต่างข้อมูล มีปุ่มควบคุมอยู่สามปุ่มคือ ปุ่มออฟโหลด ปุ่มลบข้อมูล และปุ่มดูข้อมูล

ระบบวัดเวลาแม่ไก่ออกไข่ผ่านอินเทอร์เน็ต

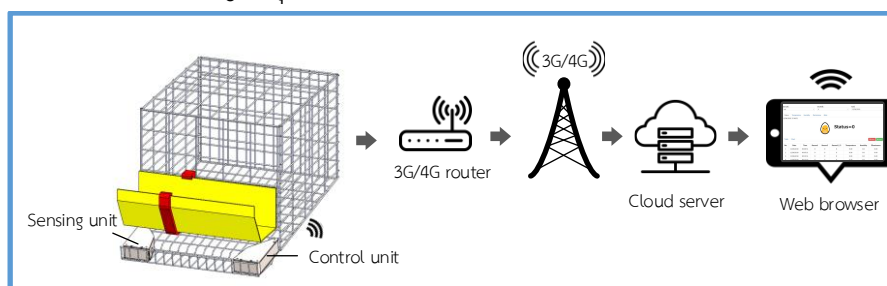
ที่ฟาร์มแม่ไก่พันธุ์ของ มทส. การทราบเวลาออกไข่ที่แน่นอนของแม่ไก่ในแต่ละกรงจะช่วยให้การเก็บสารตัวอย่างที่สนใจจากแม่ไก่สามารถทำได้ในเวลาที่เหมาะสม นอกจากนี้การทราบเวลาแม่ไก่ออกไข่ก็อาจจะมีประโยชน์ในการศึกษาวิจัยผลของเวลาเก็บไข่ที่มีผลต่ออัตราการฟักไข่หรือการเจริญเติบโตของไก่ ตัวอย่างเช่น ฟาร์มแม่พันธุ์ไก่โคราชของ มทส. มีการเก็บไข่ทุกวันในช่วงเวลา 14.00-15.00 น เวลาออกไข่ของไก่แต่ละกรงจะต่างกัน ไก่บางกรงอาจจะออกไข่หลายชั่วโมงก่อนเวลาเก็บไข่ สำหรับไข่ที่มีเชื้อพร้อมฟักอาจจะมีการเจริญเติบโตภายในไข่ต่างจากไข่ที่ออกก่อนเวลาเก็บไข่ไม่นานนัก เมื่อนำไข่เหล่านี้ไปเก็บไว้ในตู้เย็นก่อนเข้าเครื่องฟักไข่พร้อมกัน ก็เป็นไปได้ที่ไข่จะมีอัตราฟักต่างกันหรือมีการเจริญเติบโตของไก่ที่แตกต่างกันได้

เพื่อจะได้ทราบเวลาออกไข่ที่แน่นอนของแต่ละกรง คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดเวลาออกไข่ของแม่ไก่ พร้อมระบบเก็บข้อมูลผ่าน Cloud และโปรแกรมสำหรับคำนวณเวลาพบไข่ (รูปที่ 4.2.1.11) เซนเซอร์เป็นชนิดวัดการสะท้อนของแสง และใช้แสง Near infrared เพื่อไม่ให้รบกวนการมองเห็นของไก่ เมื่อมีไข่ไหลมาที่หน้ากรง แสงสะท้อนจากไข่จะทำให้เซนเซอร์อ่านสัญญาณเป็น “1” เมื่อไม่มีไข่เซนเซอร์จะอ่านสัญญาณเป็น “0” ข้อมูลจากเซนเซอร์จากแต่ละกรงจะส่งผ่านระบบ Wi-fi ไปยัง Wi-fi router

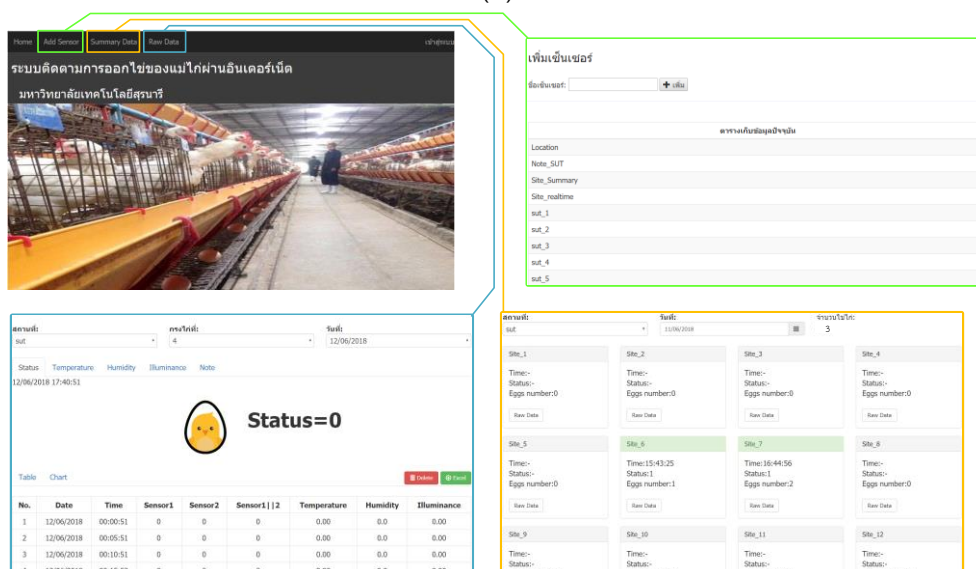
และส่งผ่านอินเทอร์เน็ตไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล Cloud ที่ได้ออกแบบไว้ โดยส่งข้อมูลทุกๆ 5 นาที ติดตั้งเซนเซอร์ไว้ทั้งหมด 20 กรง นอกจากนี้ยังได้ติดตั้งกล้องรับภาพ 2 ตัว เพื่อใช้ตรวจสอบและยืนยันเวลาที่พบไข่

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณเวลาพบไข่แต่ละกรง โดยโปรแกรมจะเรียกข้อมูลที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลมาวิเคราะห์ เงื่อนไขที่จะระบุว่าพบไข่คือสัญญาณจะต้องเป็น “1” ต่อเนื่องนาน 30 นาที ซึ่งจะทำให้สามารถตัดข้อมูลที่เกิดจากการที่เจ้าหน้าที่ให้อาหารไก่และมีมืออยู่ในตำแหน่งหน้ากรงออกไปจากการคำนวณได้ ผลการทดลองวัดเวลาพบไข่ในแต่ละกรงเป็นเวลา 30 วัน จำนวน 20 กรง พบว่าระบบทำนายเวลาพบไข่ได้ถูกต้อง 99% เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ได้จากการตรวจสอบภาพวิดีโอที่บันทึกไว้ (รูปที่ 4.2.1.12)

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังได้พัฒนาโปรแกรมประมวลผลภาพ สำหรับระบุเวลาพบไข่แต่ละกรงจากภาพวิดีโอที่บันทึกไว้แบบอัตโนมัติ พบว่ามีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกับการใช้เซนเซอร์ติดตั้งที่หน้ากรงซึ่งมีข้อจำกัดคืออยู่ใกล้กับรางให้น้ำและอาหาร ทำให้เกิดรอยเปื้อนที่เซนเซอร์จากฝุ่นหรือน้ำได้ง่าย การติดตั้งกล้องจะอยู่สูงจากพื้นประมาณ 2 เมตร จึงลดปัญหาฝุ่นหรือความชื้นลงได้

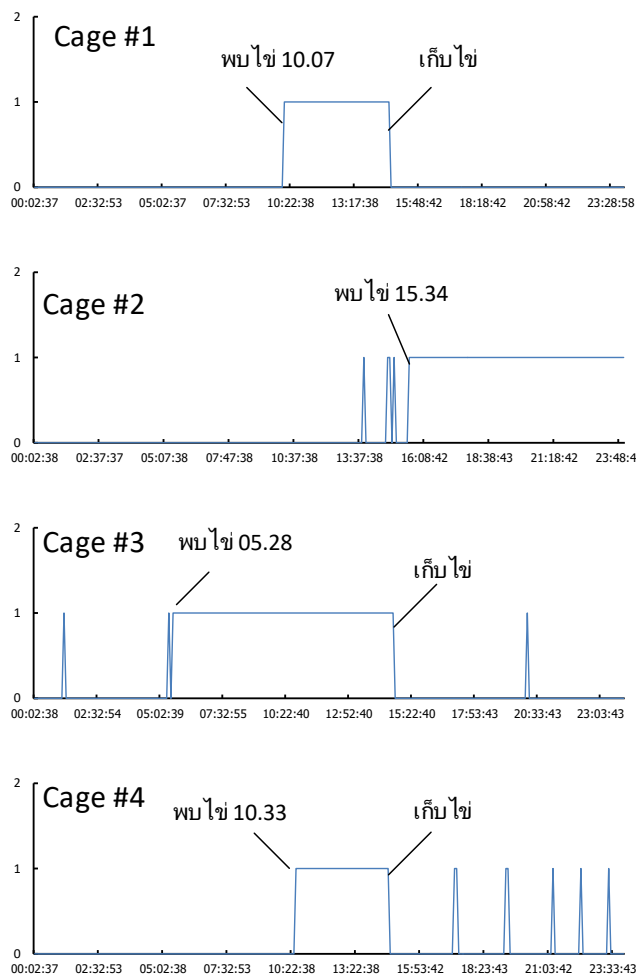


(ก)



(ข)

รูปที่ 4.2.1.11 (ก) การออกแบบเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดเวลาแม่ไก่ออกไข่ที่รางหน้ากรง เซนเซอร์จะใช้แสง Near infrared เพื่อไม่ให้รบกวนการมองเห็นของไก่ เมื่อมีไข่บริเวณหน้ารางจะเกิดแสงสะท้อนไปที่เซนเซอร์ ข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์จะส่งไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล Cloud และ (ข) หน้าจอแสดงผลการบันทึกข้อมูลและเวลาพบไข่ที่คำนวณได้ในแต่ละวัน ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลและภาพที่บันทึกไว้ผ่านโทรศัพท์



รูปที่ 4.2.1.12 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้หน้ากรงไก่ 4 กรง สัญญาณจากเซนเซอร์จะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อมีไข่ตกลงมาที่หน้ากรง และสัญญาณจะลดลงเป็นศูนย์เมื่อมีการเก็บไข่ โปรแกรมจะคำนวณเวลาพบไข่จากข้อมูลที่สูงต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 20 นาที ในรูปจะพบว่าสัญญาณเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วอยู่จำนวนหนึ่งซึ่งเกิดจากเจ้าหน้าที่ให้อาหารหรือมีการเก็บไข่ โปรแกรมจะไม่ข้อมูลรูปแบบดังกล่าวมาคำนวณเวลาออกไข่ ข้อมูลเวลาออกไข่ที่คำนวณได้จะตรงกับเวลาที่ได้จากภาพวิดีโอ

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.2 อุปกรณ์และเทคนิคการลดการใช้พลังงานของเตาแก๊สอนุบาลลูกไก่ (ทดแทน พัฒนาเครื่องให้อาหารไก่แบบอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์มือถือ)

รูปที่ 4.2.2.1 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบ Thermistor ไว้ที่ใต้เตาแก๊สสำหรับอนุบาลลูกไก่ ซึ่งติดตั้งที่ฟาร์มเลี้ยงไก่ อำเภอวังน้ำเขียว เซนเซอร์วัดอุณหภูมิชนิดนี้สามารถใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นจำนวนมากได้ดีกว่าชนิดที่ใช้ในวัตถุประสงค์ข้อที่ 2.1 ในรูปจะติดตั้งไว้ 5 ชุด เพื่อวัดอุณหภูมิบริเวณรอบเตา ในการใช้งานจริงสามารถใช้เพียง 1 จุดที่ใต้เตาเท่านั้น การอ่านค่าอุณหภูมิจากเซนเซอร์แต่ละจุดจะใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วส่งสัญญาณผ่านระบบ Wi-fi ไปยังระบบส่งข้อมูลในวัตถุประสงค์ข้อที่ 2.1 ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูค่าอุณหภูมิผ่านโทรศัพท์ได้เช่นเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ทราบอุณหภูมิใต้เตาได้ ถ้าอุณหภูมิ

สูงหรือต่ำเกินไป ผู้ใช้งานสามารถปรับอัตราการไหลของแก๊สให้เหมาะสมได้ หรือกรณีที่แก๊สหมดก็สามารถดูจากค่าอุณหภูมิที่ได้เตาได้ ซึ่งจะลดลงต่ำกว่าปกติ

นอกจากการใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบ Thermistor เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิที่ได้เตาแก๊ส ผู้เลี้ยงสามารถประมาณค่าอุณหภูมิของเตาได้จากภาพจากกล้องที่ติดตั้งไว้ในโรงเรือน กรณีที่อุณหภูมิที่ได้เตาต่ำ ไก่จะมารวมกันหนาแน่นที่บริเวณใต้เตา ส่วนกรณีที่อุณหภูมิสูงไก่จะอยู่ห่างจากบริเวณใต้เตามากขึ้น

การทราบข้อมูลอุณหภูมิใต้เตา น่าจะช่วยให้ผู้เลี้ยงสามารถปรับตั้งอัตราการไหลของแก๊สได้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยทั่วไปผู้เลี้ยงจะตั้งอัตราการไหลของแก๊สตามความเคยชิน บางกรณีอัตราการไหลอาจจะสูงเกินความจำเป็น ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน การปรับตั้งอัตราการไหลจนได้ค่าอุณหภูมิใต้เตาตามที่กำหนด น่าจะช่วยประหยัดพลังงานได้มากกว่า ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถตั้งค่าอุณหภูมิให้สอดคล้องกับลักษณะอากาศในแต่ละพื้นที่ได้



รูปที่ 4.2.2.1 การติดตั้งเซนเซอร์แบบ Thermistor เพื่อวัดอุณหภูมิใต้เตาแก๊สอนุบาลลูกไก่ ในรูปติดตั้งเซนเซอร์ไว้ 5 จุด เพื่อวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิบริเวณใต้เตา ในการใช้งานจริงจะใช้เพียง 1 จุด เท่านั้น

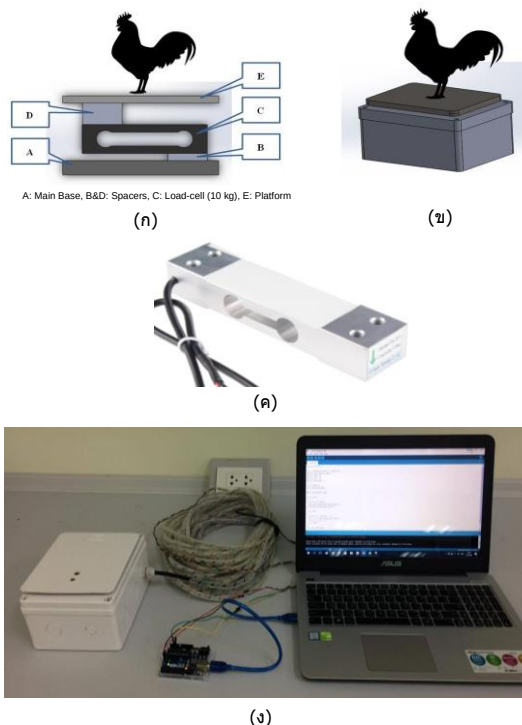
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.3 Mobile app. สำหรับติดตามการเจริญเติบโตของไก่และอุปกรณ์สำหรับวัดน้ำหนักไก่แบบอัตโนมัติ (ทดแทน พัฒนาระบบช่วยการตรวจวินิจฉัยโรคผ่านระบบ internet)

การทดลองใช้งาน ผู้วิจัยได้นำต้นแบบเครื่องชั่งน้ำหนักไก่ไปติดตั้งที่โรงเรือนวิจัยสัตว์ปีก 6 ฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (รูปที่ 4.2.3.1) ไก่ภายในโรงเรือนมีทั้งไก่ตัวผู้และตัวเมีย ไก่ส่วนใหญ่จะมีน้ำหนักมากกว่า 2 kg (รูปที่ 4.2.3.2) แสดงผลการอ่านค่าน้ำหนักไก่ในเวลาประมาณ 10 ชั่วโมง โดยเครื่องมือจะอ่านค่าน้ำหนักทุกๆ 1s ข้อมูลจากรูปที่ 4.2.3.3 (ก) พบว่ามีไก่อินบนเครื่องชั่ง 310 ครั้ง ในช่วงเวลาดังกล่าว เมื่อพิจารณารายละเอียดของข้อมูลจะพบว่า บางครั้งไก่อะขึ้นยืนบนเครื่องชั่งในระยะเวลานาน ทำให้การอ่านค่าน้ำหนักน้อยกว่าน้ำหนักไก่อจริง บางครั้งไก่อีกบริเวณรองด้านข้างของเครื่องชั่ง ทำให้น้ำหนักเป็นลบ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจะเลือกเฉพาะค่าที่ไก่อินบนเครื่องชั่งนานตั้งแต่ 4s ขึ้นไป ดังรูปที่ 4.2.3.3 (ข) รวมทั้งโปรแกรมจะตัดค่าน้ำหนักที่เกิดจากไก่อมีการเคลื่อนไหวระหว่างยืนบนเครื่องชั่ง เช่น กระพือ

ปีกหรือจิกกัน เป็นต้น รูปที่ 4.2.3.3 (ค) เป็นน้ำหนักไก่ที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประมวลผลได้ 19 ครั้ง จากจำนวนครั้งที่ไก่อินบนเครื่องชั่ง 310 ครั้ง/10 ชั่วโมง โดยน้ำหนักไก่เฉลี่ยเท่ากับ $2,226 \pm 268$ g ซึ่งอยู่ในช่วงน้ำหนักที่เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลโรงเรือนระบุไว้ ต้นทุนวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องชั่งดังกล่าว พบว่าเครื่องมือมีต้นทุนค่าวัสดุและอุปกรณ์ประมาณ 3,000 - 4,000 บาท

จากผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่า การพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักไก่อัตโนมัติที่มีราคาถูกเพื่อใช้กับการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชนั้น มีความเป็นไปได้ทางเทคนิค การออกแบบและการสร้างเครื่องมือไม่ซับซ้อน สามารถผลิตได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน

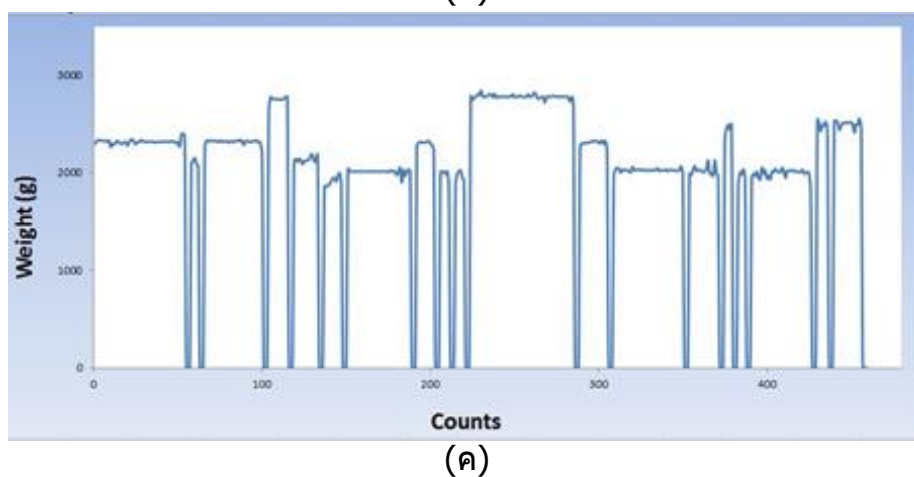
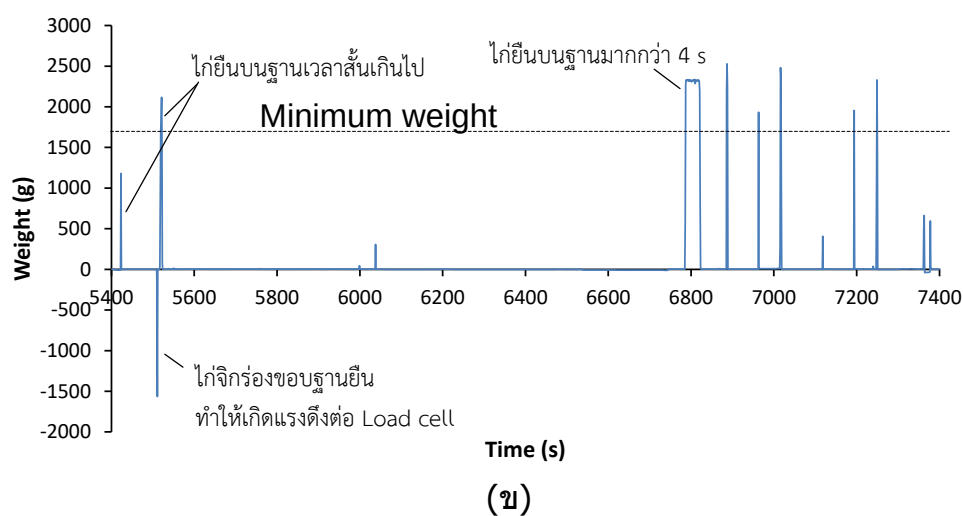
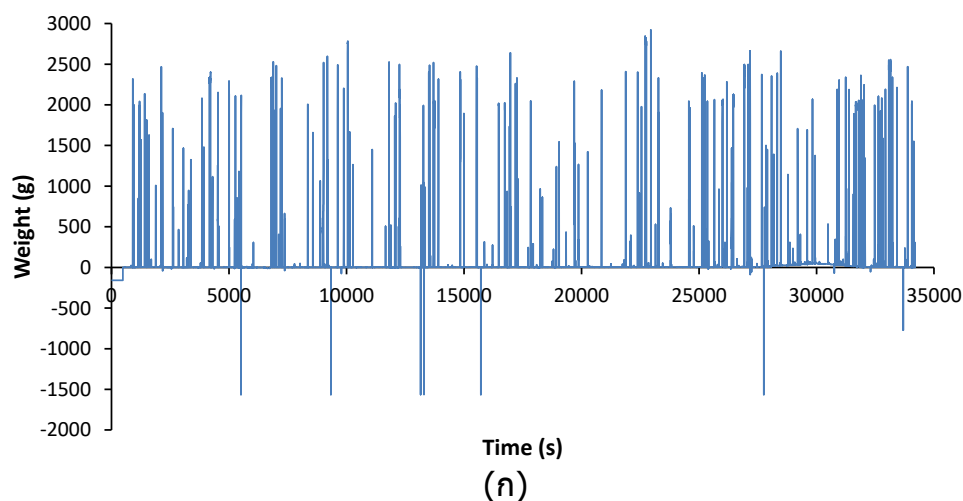
คณะผู้วิจัยได้ปรับปรุงการออกแบบให้สามารถใช้โทรศัพท์สามารถอ่านค่าน้ำหนักไก่แต่ละตัวจากเครื่องชั่งน้ำหนักผ่านสัญญาณ Wi-Fi ได้ (รูปที่ 4.2.3.4) ซึ่งจะทำให้สามารถใช้โทรศัพท์ในการอ่านค่าน้ำหนัก บันทึกผล ประมวลผลและแสดงผลแทนการใช้คอมพิวเตอร์ได้ คณะผู้วิจัยได้พัฒนา Mobile app. เพื่อควบคุมการทำงานและประมวลผล (รูปที่ 4.2.3.4(ข)) เครื่องชั่งน้ำหนักที่พัฒนาขึ้นใหม่จะเก็บข้อมูลน้ำหนักทุกๆ 0.2 s ไว้ในแผ่นเก็บข้อมูลของเครื่อง (SD card) เมื่อผู้ใช้สั่งงาน โปรแกรมจะเรียกข้อมูลที่เก็บไว้ทั้งหมดในแต่ละวันมาประมวลผล โดยโปรแกรมจะเลือกอ่านค่าเฉพาะน้ำหนักไก่ที่ยืนนิ่งในเวลาไม่เกิน 3 s เท่านั้น ข้อมูลอื่นๆ ที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่โปรแกรมกำหนดจะถูกลบทิ้ง เมื่อนำไปทดสอบกับการวัดน้ำหนักลูกไก่ที่ฟาร์ม มทส. พบว่าเครื่องมือและโปรแกรมทำงานได้ถูกต้อง (รูปที่ 4.2.3.4(ค)และ(ง)) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเรียกดูข้อมูลดิบที่ละเอียดโดยคณะผู้วิจัยเอง เครื่องมือนี้จึงมีศักยภาพที่จะพัฒนาต่อยอดให้สามารถใช้กับโรงเรือนหรือฟาร์มขนาดเล็กได้



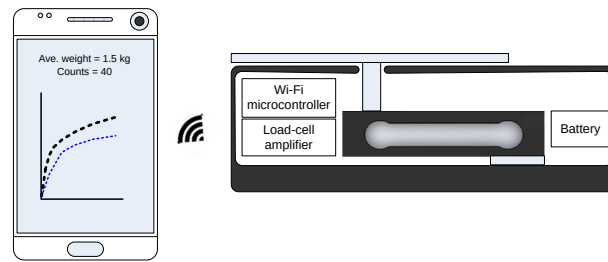
รูปที่ 4.2.3.1 ต้นแบบเชิงปฏิบัติการ เครื่องชั่งน้ำหนักไก่อัตโนมัติ (ก) และ (ข) การออกแบบเครื่องชั่งน้ำหนักไก่โดยใช้เซนเซอร์รับน้ำหนักแบบ Load cell ขนาด 10 kg (ค) การอ่านค่าน้ำหนักไก่จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อประมวลหาน้ำหนักไก่อินอยู่บนเครื่องชั่งและหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักไก่ต่อวัน



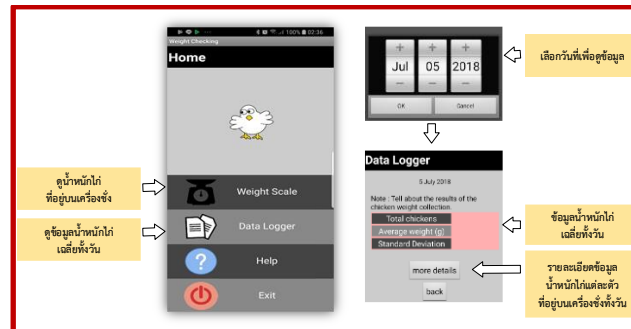
รูปที่ 4.2.3.2 การทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องชั่งน้ำหนักไก่อัตโนมัติ ที่โรงเรียนวิจัยสัตว์ปีก 6 ฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ไก่ภายในโรงเรียนมีทั้งไก่ตัวผู้และตัวเมีย เมื่อไก่อินบนเครื่องชั่งน้ำหนักประมาณ 4s เครื่องชั่งจะอ่านค่าน้ำหนัก



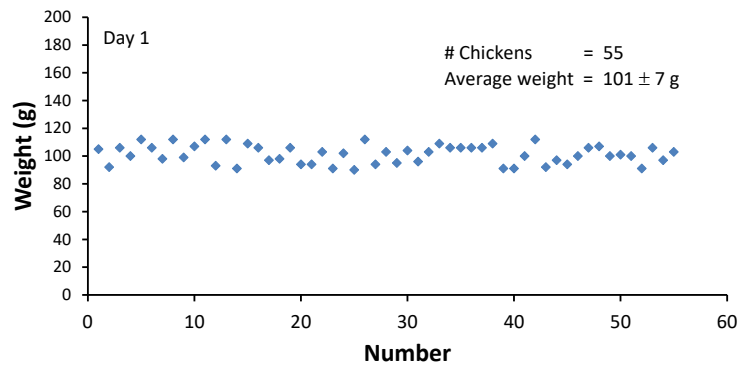
รูปที่ 4.2.3.3 ผลการคำนวณน้ำหนักโกโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น (ก) ข้อมูลน้ำหนักโกที่อ่านค่าได้ในเวลา 10 ชั่วโมง โดยเครื่องซึ่งจะอ่านค่าน้ำหนักทุกๆ 1s (ข) รายละเอียดของข้อมูลน้ำหนักโก ในช่วงเวลา 30 นาที ช่วงหนึ่งจากข้อมูลในข้อ (ก) และ (ค) ข้อมูลน้ำหนักโก 19 ตัว ที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณได้ โดยเลือกเฉพาะข้อมูลที่ไถ่ยืนบนเครื่องซึ่งตั้งแต่ 4s ขึ้นไป น้ำหนักโกเฉลี่ยเท่ากับ $2,226 \pm 268$ g



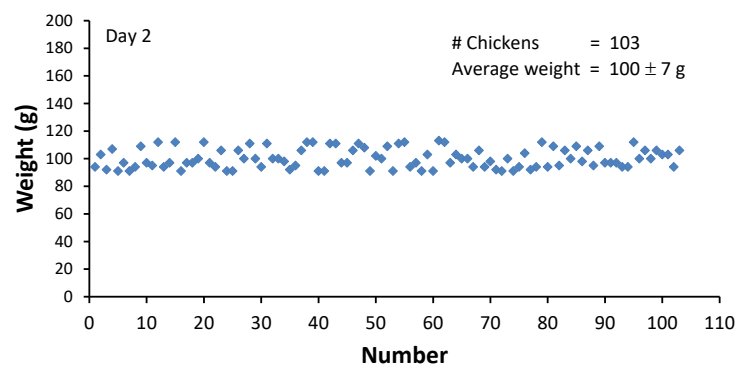
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.2.3.4 การพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักไก่แบบอัตโนมัติและ Mobile app. (ก) ผู้ใช้งานสามารถใช้โทรศัพท์อ่านค่าน้ำหนักไก่ในแต่ละวันได้โดยใช้โทรศัพท์ รวมทั้งสามารถใช้โทรศัพท์ในการบันทึกข้อมูล ประมวลผล หรือแสดงผลน้ำหนักไก่ในแต่ละวัน ตลอดรอบการเลี้ยงได้ (ข) Mobile app. สำหรับคำนวณน้ำหนักไก่อัตโนมัติและการบันทึกข้อมูลรายวัน (ค) และ (ง) ผลการทดลองกับลูกไก่ที่ฟาร์ม มทส ต่อเนื่อง 2 วัน พบว่าโปรแกรมสามารถคำนวณน้ำหนักไก่ได้ถูกต้อง

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.4 พัฒนาอุปกรณ์เพื่อตรวจสอบเพศในลูกไก่แรกเกิดด้วยเทคโนโลยีด้านแสง

เพื่อศึกษาการถ่ายภาพด้วยแสง Near infrared สำหรับบริเวณก้นไก่ คณะผู้วิจัยได้ใช้กล้อง Near-infrared camera พร้อมชุดเลนส์ที่มีอยู่แล้วเพื่อประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค และแหล่งกำเนิดแสงแบบ NIR ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการวิจัย พบว่าเมื่อต้องการถ่ายภาพขนาดประมาณ $1 - 2 \text{ cm}^2$ (ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับบริเวณก้นไก่) พบว่าภาพของวัตถุตัวอย่างไม่คมชัดเพียงพอที่จะใช้ทดลองต่อไปได้ เนื่องจากกล้องมีชุดเลนส์ที่มีอยู่แล้วสามารถใช้ถ่ายภาพวัตถุที่มีอัตราการขยายไม่สูงมากนัก ชุดเลนส์ไม่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพระยะใกล้หรือเมื่อต้องการอัตราการขยายสูง คณะผู้วิจัยจึงยังไม่สามารถใช้กล้องและชุดเลนส์ที่มีอยู่แล้วดังกล่าวในการศึกษาการจำแนกเพศของลูกไก่ได้ ดังนั้น แนวทางพัฒนาต่อไปคือ การจัดหาเลนส์ชนิด Near infrared ที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพที่มีอัตราการขยายสูง และสามารถถ่ายภาพในบริเวณพื้นที่ประมาณ $1 - 2 \text{ cm}^2$ เพื่อนำใช้งานร่วมกับกล้องชนิด Near infrared ที่มีอยู่แล้ว ทดลองถ่ายภาพวัตถุตัวอย่าง เช่น เส้นเลือดดำใต้ผิวหนัง เป็นต้น และศึกษาเทคนิคการประมวลผลภาพที่เหมาะสมที่สามารถเพิ่มความคมชัดของภาพเส้นเลือดดำในพื้นที่ถ่ายที่ขนาดเล็กดังกล่าว ในกรณีได้ผลดีจึงขยายผลไปใช้กับการถ่ายภาพที่บริเวณก้นไก่

แนวทางการพัฒนาแบบที่สองคือการใช้เทคนิคแบบ VIS/NIR hyperspectral imaging ในการจำแนกเพศลูกไก่จากไข่ที่กำลังฟัก มีรายงานทางวิชาการโดย Göhler และคณะ พบว่าสามารถใช้ข้อมูลสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของไข่ที่ฟักในวันที่ 14 จำแนกเพศลูกไก่ในไข่ชนิดที่ชนไก่มีสีต่างกันเมื่อเพศต่างกันได้ มีความแม่นยำ 95% โดยไม่ต้องเปิดเปลือกไข่ แต่ยังไม่มียางานว่าสามารถใช้กับลูกไก่ในไข่สายพันธุ์อื่นที่มีขนสีไม่ต่างกันได้ จากข้อมูลผลการศึกษาดังกล่าวและประกอบกับคณะผู้วิจัยมีเครื่องมือเชิงแสงที่มีคุณสมบัติคล้ายกันในห้องปฏิบัติการอยู่แล้ว คณะผู้วิจัยจะทดลองวัดสเปกตรัมแสงจากเฉพาะบริเวณ Germinal disk ของไข่ ซึ่งมีความเข้มข้นของดีเอ็นเอสูง และมีการศึกษาก่อนหน้าว่าสเปกตรัมการดูดกลืนแสงจากบริเวณดังกล่าวมีความแตกต่างกันกรณีเพศต่างกัน เพื่อที่จะไม่ต้องเปิดเปลือกไข่ ทีมวิจัยจะศึกษาเทคนิคทางแสงแบบไม่ทำลายสำหรับใช้ระบุตำแหน่งของ Germinal disk จากนั้นจึงใช้เครื่องมือวัดสเปกตรัมวัดสเปกตรัมแสงจากเฉพาะบริเวณดังกล่าว

แนวทางการพัฒนาทั้ง 2 แนวทางนี้ ผู้วิจัยจะได้ดำเนินการต่อไปหลังจากเสร็จสิ้นโครงการนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3. เพื่อสร้างตัวแบบทางธุรกิจสำหรับผู้ประกอบการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชและไก่พ่อแม่พันธุ์

ผลการดำเนินงานปรากฏในรายงานอีกเล่มหนึ่ง

วัตถุประสงค์ข้อที่ 4. เพื่อเผยแพร่ความรู้ที่ผลิตได้ในรูปแบบของบทความทางวิชาการที่มีคุณภาพในระดับชาติ และระดับนานาชาติ ซึ่งเป็นความรู้ที่เกิดจากโจทย์และความต้องการของเกษตรกรอย่างแท้จริง และในรูปแบบของการฝึกอบรม และการให้คำปรึกษากับเกษตรกร

4.1 เขียนบทความทางวิชาการเพื่อตีพิมพ์ในระดับนานาชาติ ในฐานข้อมูล ISI ในวารสารคุณภาพระดับ Q1 และ Q2 ได้ตีพิมพ์แล้วจำนวน 9 เรื่อง คือ

Amonrat Molee, Petladda Kuadsantia and Porntiwa Kaewnakain. 2018. Gene Effects on Body Weight, Carcass Yield and Meat Quality in Thai Indigenous Chickens. *Journal of Poultry Science*. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0160159> (Q2)

Hang Thi-Thuy Tran, Wittawat Molee, Sutisa Khempaka, and Nuanchan Paraksa. 2018. Supplementation of curcuminoids and tuna oil influenced skin yellowness, carcass composition, oxidation status and meat fatty acids of slow-growing chickens. *Poultry Science*. 97, 901-909. (Q1)

Hang Thi-Thuy Tran, Wittawat Molee, and Sutisa Khempaka. 2018. Linseed oil or tuna oil supplementation in slow-growing chicken diets: Can its meat reach the threshold of product high in n-3 polyunsaturated fatty acids. *Journal of Applied Poultry Research*, 27: 389 - 400. (Q2)

Maliwan, P., Khempaka, S., Molee W. and Schonewille J.T. 2018. Effect of energy density of diet on growth performance of Thai indigenous (50% crossbred) Korat chickens from hatch to 42 days of age. *Trop Anim Health Prod*: doi: 10.1007/s11250-018-1628-1. (Q2)

Maliwan, P., W. Molee and S. Khempaka. 2019. Responses of Thai indigenous crossbred chickens to various dietary protein levels at different ages. *Tropical Animal Health and Production*: 51(6):1427-1439. (Q2)

Sangawad, P., Roytrakul, S., Choowongkamon, K., Kitts, D.D., Chen, X., Meng, G., Li-Chan, E.C.Y., Yongsawatdigul, J. 2018. Transepithelial transport across Caco-2 cell monolayers of angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory peptides derived from simulated *in vitro* gastrointestinal digestion of cooked chicken muscles. *Food Chem*. 251: 77-85.

Sangawad, P., Roytrakul, S., Yongsawatdigul, J. 2017. Angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory peptides derived from the simulated *in vitro* gastrointestinal digestion of cooked chicken breast. *J. Funct. Foods* 29: 77-83.

Sangsawad, P., Kiatsongchai, R., Chitsomboon, B. and **Yongsawatdigul, J.** 2016. Chemical and cellular antioxidant activities of chicken breast muscle subjected to various thermal treatments followed by simulated gastrointestinal digestion. **J. Food Sci.** **81(10):C2431-C2438.** doi: 10.1111/1750-3841.13418.

Satoshi Kubota, Achiraya Vandee, Porntiwa Keawnakient, Wittawat Molee, Jirawat Yongsawatdikul, **Amonrat Molee.** (2019). Effects of the *MC4R*, *CAPN1*, and *ADSL* genes on body weight and purine content in slow-growing chickens. *Journal of Poultry Science*. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez262>. (Q1)

4.2 อบรมเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย

เดือนกุมภาพันธ์ 2560 อบรมกลุ่มเกษตรกรที่อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ เรื่องการเลี้ยง การจัดการไก่พ่อแม่พันธุ์ และประเมินผลการเลี้ยงร่วมกันระหว่างนักวิจัย และกลุ่มเกษตรกร จำนวน 1 ครั้ง และมีแผนติดตามและอบอรมการจัดโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการเก็บ และวิเคราะห์ข้อมูล ในช่วง

23 สิงหาคม 2560 จัดประชุมเครือข่ายเกษตรกร ผู้ทำตลาด และนักวิจัย ไกโคราชเพื่อถ่ายทอดผลการวิจัยของศูนย์สู่การใช้งาน และรับฟังปัญหาเพื่อการพัฒนา โดยมีผู้เข้าร่วมประชุม 60 คน

4.3 จัดประชุมวิชาการ ได้ดำเนินการจัดการประชุมแบบ symposium ในระดับนานาชาติ 2 ครั้ง และระดับชาติ 1 ครั้ง ดังนี้

วันที่ 11 พฤษภาคม 2561 เป็นเจ้าภาพจัด

International Symposium “Chicken Embryonic Stem Cells and Synchrotron Light Technology for Jumping the S curve of Chicken Production” ณ ห้อง C2-124 อาคารวิชาการ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วันที่ 19 มิถุนายน 2561 เป็นเจ้าภาพร่วมกับ ศูนย์เครือข่ายการวิจัยด้านเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการจัด

Symposium ภายใต้หัวข้อ เรื่อง “สถานการณ์ความรู้และเทคโนโลยีเนื้อไก่พื้นเมืองไทย”

“Updating Science and Technology in Poultry Meat with Special Reference of Native Chicken” ณ โรงแรมรามารการ์เด้น กรุงเทพฯ

วันที่ 9 – 12 กรกฎาคม 2562 เป็นเจ้าภาพจัดประชุม International conference on Native chicken (ICONC) 2019 ครั้งที่ 2 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์ข้อที่ 5 รับปัญหาจากเกษตรกรและผู้ประกอบการเพื่อนำมาสู่การออกแบบโจทย์วิจัยและพัฒนาอันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาด้วยฐานของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

5.1 สร้างช่องทางในการติดต่อสื่อสาร ได้แก่ website, facebook เพื่อให้เกษตรกรและผู้ประกอบการสามารถติดต่อได้ในกรณีที่มีปัญหา

5.2 นักวิจัย หรือผู้ที่มีความรู้ให้คำแนะนำ

วัตถุประสงค์ข้อที่ 6. เพื่อสร้างและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ในการทำงานวิจัยเชิงลึกแบบบูรณาการ อันเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาประเทศ

6.1 จัดสัมมนาวิชาการระหว่างนักศึกษา คณาจารย์ ของศูนย์ และผู้สนใจ ปีละ 1 ครั้ง

สรุปผลการดำเนินงาน

สามารถสรุปผลตามวัตถุประสงค์ ได้ดังนี้

1. การศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม อาหาร สิ่งแวดล้อม โครงสร้างเนื้อ องค์ประกอบต่างๆ ของเนื้อไก่เนื้อโคราช ในเชิงลึก เพื่อนำความรู้มาสู่การพัฒนาสายพันธุ์ อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่และเกษตรกร มุ่งเน้นการทำให้เนื้อไก่เป็นเนื้อเพื่อสุขภาพ และเป็นที่ยอมรับของตลาด ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ย่อย 6 ข้อ มีผลที่สรุปได้ดังนี้

- 1.1 พัฒนาพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราชให้มีความสามารถในการเจริญเติบโตด้วย heterosis มากยิ่งขึ้น เพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขัน

Output: ไกโคราชรุ่นที่ 8 (108) ไกพ่อพันธุ์เหลืองโคราชรุ่นที่ 6 และแม่พันธุ์ มทส. รุ่นที่ 8 ที่สามารถเป็นเครื่องมือในการประกอบอาชีพของเกษตรกร ทั้งในการผลิตไก่ขุน แลผลิตลูกไก่ที่อายุ 1 วันจำหน่าย โดย

ไกโคราช 108 มีต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมประมาณ 65 บาทต่อกิโลกรัม

ไก่มทส. มีผลผลิตไข่ประมาณ 225 ฟองเมื่อให้ไข่ได้ 12 เดือน มีต้นทุนการผลิต ลูกไกโคราชที่อายุ 1 วันเท่ากับ 10.77 บาทต่อตัว มีอัตราการผสมติดอยู่ในช่วง 85 – 90% อัตราการฟักออกประมาณ 90% มีค่า inbreeding coefficient ประมาณ 0.06%

ไก่เหลืองโคราช มีผลผลิตไข่ประมาณ 123 ฟองเมื่อให้ไข่ได้ 12 เดือน มีอัตราการผสมติดอยู่ในช่วง 79 – 90% อัตราการฟักออกประมาณ 90% มีค่า inbreeding coefficient ประมาณ 0.023%

- 1.2 ศึกษาโครงสร้างพันธุกรรมของไก่เนื้อโคราช รวมถึงการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อ กลิ่น และรสชาติ เพื่อนำไปสู่แนวทางในการพัฒนาพันธุกรรมของไก่ที่รวดเร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้น และยังสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อการจำแนกสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราชออกจากไก่ต่างๆ

Output: ได้ข้อค้นพบ 2 ข้อดังนี้

- การพัฒนาพันธุกรรมด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร โดยใช้ FCR มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pHu (ultimate pH) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) การสูญเสียน้ำ (drip loss) ค่าเหล่านี้มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของไก่โคราช
- พบกลุ่มยีนที่มีบทบาทที่เกี่ยวข้องทั้งลักษณะประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพเนื้อในกลุ่มของ pHu, WHC และ drip loss ซึ่งเป็นกลุ่มยีนที่อยู่ pathway mitochondrial gene expression, mitochondrial respiratory chain complex assembly, mitochondrial translation, positive regulation of mitochondrial translation, และ lipid oxidation

ข้อค้นพบดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาพันธุ์ไก่โคราช รวมถึงไก่กลุ่มโตช้าที่ไม่ต้องการพัฒนาด้านการเจริญเติบโตแต่ยังจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขัน

- 1.3 ศึกษาปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม อาหาร และสิ่งแวดล้อม ในเชิงลึก เพื่อนำความรู้มาสู่การพัฒนาสายพันธุ์ อาหาร และการจัดการสิ่งแวดล้อม ที่เหมาะสมกับไก่และเกษตรกร ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ย่อย 2 วัตถุประสงค์

1.3.1 การศึกษาผลการเสริมวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของ n-3 PUFA และสมุนไพรที่มีบทบาทในกระบวนการ antioxidant ในอาหาร ต่อการสะสม n-3 PUFA ในเนื้อ เพื่อเพิ่มการสะสม n-3 PUFA ในเนื้อไก่

Output: ได้สูตรอาหารที่สามารถเพิ่ม n – 3 PUFA ในเนื้อไก่โคราช และไขมันชั้นที่เป็นแหล่งของสาร curcuminoid สามารถใช้เป็นสาร antioxidant ได้ โดยพบว่า การเสริมน้ำมันปลาห่านที่ระดับ 4.5% เป็นเวลา 3 สัปดาห์ก่อนเชือด (เชือดที่ 9 สัปดาห์) สามารถทำให้เนื้อไก่มีระดับของ omega 3 ที่จัดให้เป็นเนื้อไก่ omega 3 ตามมาตรฐานที่ยุโรปกำหนดได้

1.3.2 ผลของการเลี้ยงไก่โคราชในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการผลิตซาก เนื้อและองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีประโยชน์ในเนื้อไก่

Output: เป็นการศึกษาเกี่ยวกับระบบการเลี้ยงไก่โคราชแบบอินทรีย์และระบบการเลี้ยงแบบเชิง ผลการศึกษาพบว่า ไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์มีการสะสมของไขมัน triglyceride ที่ต่ำ มีปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อสะโพกที่สูง และมีรสชาติของเนื้อที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับไก่ที่เลี้ยงในระบบปกติ ซึ่งจากผลการศึกษาสามารถแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไก่โคราชในระบบอินทรีย์สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเนื้อไก่โคราชได้ศึกษาเรื่องอาหารและการจัดการที่ช่วยลดความรุนแรงของ inbreeding depression ต่อความสมบูรณ์พันธุ์ในไก่ ที่เกิดขึ้นเมื่อระดับ inbreeding coefficient ของไก่สายพ่อและสายแม่พันธุ์เพิ่มสูงขึ้นอันเนื่องจากการคัดเลือก

- 1.4 ศึกษาเรื่องอาหารและการจัดการที่ช่วยลดความรุนแรงของ inbreeding depression ต่อความสมบูรณ์พันธุ์ในไก่ ที่เกิดขึ้นเมื่อระดับ inbreeding coefficient ของไก่สายพ่อและสายแม่พันธุ์เพิ่มสูงขึ้นอันเนื่องจากการคัดเลือก

Output: ในสถานะที่แม่ไก่ มทส. มีอัตราเลือดชิดที่สูงขึ้น และมีอัตราการผสมติดต่ำการเสริมวิตามินซี วิตามินอี ซีลีเนียม และคาร์นิทีนในอาหาร สามารถเพิ่มกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปรับเปลี่ยนสารชีวเคมีบางชนิดในของเหลวจากต่อมสร้างเปลือกไข่ได้ดีขึ้น แต่ยังไม่สามารถนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตไข่และการผสมติดได้

- 1.5 ศึกษาคุณสมบัติและองค์ประกอบทางชีวเคมีที่มีผลต่อการเป็นเนื้อสุภาพ รสชาติของเนื้อ และกลิ่นโดยธรรมชาติของเนื้อ รวมถึงโครงสร้างกล้ามเนื้อของเนื้อไก่ เพื่อนำไปสู่

การสร้างจุดต่างและจุดเด่นในการเป็นเนื้อเพื่อสุขภาพ ทั้งเนื้อสด และเนื้อที่ปรุงสุกด้วยวิธีการต่างๆ รวมถึงนำไปสู่การออกแบบวิธีเก็บรักษา และกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

Output: ได้ข้อมูลที่บ่งชี้ความแตกต่างของเนื้อไก่โคราช ไก่เนื้อการค้า และไก่พื้นเมืองเหลืองหางขาว ซึ่งสามารถระบุได้ว่า ไก่โคราชมีความโดดเด่นด้านเนื้อสัมผัส มีโปรตีนที่มนุษย์ใช้ประโยชน์ได้สูง ไขมันต่ำ และ purine ที่ต่ำกว่าไก่เนื้อทางการค้า นอกจากนี้เนื้อไก่โคราชเมื่อผ่านความร้อน เนื้อไก่โคราชสามารถคงสภาพของความเป็นเนื้อสัมผัสที่ดีไว้ได้ ดีกว่าเมื่อเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า

ในประเด็นเรื่องอายุพบว่าที่มีผลต่อคุณสมบัติของเนื้อไก่ โดยเนื้อไก่ที่เลี้ยงถึงอายุ 8-10 สัปดาห์ มีลักษณะเด่นคือมีสารส่งเสริมให้เกิดรสชาติอร่อยสูง เนื้อสัมผัสนุ่ม ในขณะที่เนื้อไก่ที่เลี้ยงมากกว่า 16 สัปดาห์ มีลักษณะเด่นคือมีปริมาณโปรตีนสูง รวมถึงมีปริมาณไขมันคอเลสเตอรอลและพิวรีนต่ำ เนื้อสัมผัสแน่น

1.6 พัฒนาระบบการแปรรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน มีคุณภาพและรสชาติที่สม่ำเสมอ หรือสามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ภายใต้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่ผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถนำไปใช้ได้

Output: ข้อมูลคุณภาพของเนื้อ เมื่อได้รับการปรุงด้วยวิธีการต่างๆ ซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับเนื้อไก่โคราช ซึ่งได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้น 2 ชนิดคือ แกงมัสมั่นไก่บรรจุใน retort pouch และอกไก่ปั่นสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน

2. เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องมือช่วยในการจัดการฟาร์มไก่อัจฉริยะ ที่เป็นรูปธรรมและเกษตรกรสามารถเข้าถึงเครื่องมือเหล่านี้ได้ โดยกรอบการพัฒนามีดังนี้

Output:

1. Mobile app. สำหรับใช้ในการส่งข้อมูลเข้าไปจัดเก็บในฐานข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต
2. Electronic timer พร้อม Mobile app. สำหรับตั้งเวลา
3. อุปกรณ์และเทคนิคการลดการใช้พลังงานของเตาแก๊สอนุบาลลูกไก่
4. Mobile app. สำหรับติดตามการเจริญเติบโตของไก่และอุปกรณ์สำหรับวัดน้ำหนักไก่แบบอัตโนมัติ

3. เพื่อสร้างตัวแบบทางธุรกิจสำหรับผู้ประกอบการเลี้ยงไก่เนื้อโคราชและไก่พ่อแม่พันธุ์

Output: ได้แนวทางในการสร้างตัวแบบทางธุรกิจ

4. เพื่อเผยแพร่ความรู้ที่ผลิตได้ในรูปแบบของบทความทางวิชาการที่มีคุณภาพในระดับชาติ และระดับนานาชาติ ซึ่งเป็นความรู้ที่เกิดจากโจทย์และความต้องการของเกษตรกรอย่างแท้จริง และในรูปแบบของการฝึกอบรม และการให้คำปรึกษากับเกษตรกร

Output: มีผลงานตีพิมพ์ระดับนานาชาติจำนวน 9 เรื่อง จัดอบรมจำนวน 2 ครั้ง จัดประชุมวิชาการนานาชาติ 2 ครั้ง จัดประชุมวิชาการระดับชาติ 1 ครั้ง

5. ทำหน้าที่รับปัญหาจากเกษตรกรและผู้ประกอบการเพื่อนำมาสู่การออกแบบโจทย์วิจัยและพัฒนาอันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาด้วยฐานของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Output: สร้างช่องทางในการติดต่อสื่อสาร ได้แก่ website, facebook เพื่อให้เกษตรกรและผู้ประกอบการ สามารถ

6. เพื่อสร้างและพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ในการทำงานวิจัยเชิงลึกแบบบูรณาการ อันเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาประเทศ

Output: นักศึกษาปริญญาเอกจำนวน 11 คน นักศึกษาปริญญาโทจำนวน 15 คน (ทั้งที่กำลังศึกษาอยู่และจบการศึกษาแล้ว)

Outcome ที่เกิดขึ้นแล้วมีดังนี้

1. ปัจจุบันมีเกษตรกรใช้โกโคราซเป็นอาชีพแล้วประมาณ ประมาณ 400 ราย กระจายอยู่ในพื้นที่จังหวัด นครราชสีมา สุรินทร์ บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ ยโสธร ชัยภูมิ กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ปราจีนบุรี ลพบุรี สระแก้ว ราชบุรี จำนวนเกษตรกรเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยตลาด
2. การเลี้ยงโกโคราซทำให้เกษตรกรสามารถสร้างรายได้ (หักค่าใช้จ่าย) ตั้งแต่ 10 – 20 บาทต่อตัว ขึ้นอยู่กับราคาตลาดของไก่ในแต่ละช่วง
3. กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโกโคราซอินทรีย์ที่จังหวัดราชบุรี จำนวน 3 รายได้เริ่มต้นนำโกโคราซเลี้ยงระบบอินทรีย์ และกลุ่มเกษตรกรนี้ใช้ข้อมูลที่ได้จากผลงานวิจัยของศูนย์วิจัยนี้ในการสร้างการรับรู้กับผู้บริโภคเนื้อไก่อินทรีย์ แม้ว่าจำนวนเกษตรกรกลุ่มนี้มียังไม่มาก แต่มีแนวโน้มของขยายตัว โดยหัวหน้ากลุ่มเริ่มขยายฟาร์มและมีแผนที่จะนำไก่พ่อแม่พันธุ์มาทดสอบการเลี้ยงในระบบอินทรีย์แล้ว
4. มหาวิทยาลัยมีรายได้ จากการจำหน่ายลูกไก่ (ตามรายละเอียดในตารางข้อที่ 5) การดำเนินงานที่สามารถเลี้ยงตัวเองได้ 100% และมีส่วนต่างนี้ ทำให้ ฟาร์มโกโคราซ (ฟาร์มมหาวิทยาลัย) มหาวิทยาลัยสามารถใช้ในการเรียนการสอน และวิจัยได้ให้กับ นศ. ปริญญาตรี โท เอก ได้โดยไม่ต้องใช้งบประมาณจากรัฐบาล
5. มูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดจากการผลิตและจำหน่ายโกโคราซ โดยภาพรวมตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2562 ปรากฏด้านล่างนี้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการประเมินโดยภาพรวมโกโคราซสามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกษตรกร และมหาวิทยาลัยได้รับประโยชน์

เดือน	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	รวม
จำนวนลูกไก่ที่จำหน่าย(ตัว)	18,890	79,019	176,014	427,099	593,061	134,272	447,153	1,875,508
รายได้ของมหาวิทยาลัย (ล้านบาท)	0.34	1.42	3.17	7.69	10.68	2.42	8.05	36.54
รายได้ของเกษตรกร (ล้านบาท)	1.51	6.32	14.08	34.17	47.44	10.74	35.77	150.03

- เกิดความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยและ บริษัทเบทาโกร อุตสาหกรรมจำกัด โดยการลงนามในบันทึกข้อตกลงความร่วมมือ ด้านการยกระดับความสามารถของเกษตรกรในการผลิตไก่โคราชในระบบอาหารปลอดภัย และยกระดับตลาดไก่โคราช ด้วยการขับเคลื่อนในรูปแบบ Social Enterprise เพื่อขยายผลและยกระดับคุณภาพการใช้ประโยชน์จากไก่โคราชให้กับเกษตรกร และรวมถึงการยกระดับตลาดของไก่โคราชให้เข้าสู่ตลาดระดับสูง และ Niche market ได้ ปัจจุบันนี้ ได้เริ่มดำเนินกิจกรรมไปแล้ว และคาดว่าไก่โคราชจะเข้าสู่ตลาดโดยบริษัทเบทาโกรในเดือนกันยายน พ.ศ. 2562 นี้
- มหาวิทยาลัยตั้งให้เป็นศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางเรื่องเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาธุรกิจไก่โคราช เพื่อให้ศูนย์ขับเคลื่อนประเทศให้เป็นส่วนหนึ่งของการเป็นผู้นำด้านธุรกิจและวิชาการที่ครบวงจรของไก่อกลุ่มโตเข้าในภูมิภาคเอเชีย โดยสนับสนุนงบประมาณปีละ 3,500,000 - 5,000,000 บาท ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี
- เกิดความร่วมมือและเครือข่ายทางวิชาการในระดับนานาชาติ ซึ่งจะทำให้เกิดการพัฒนางานวิจัยที่ต่อยอด ลงลึก เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนางานวิจัยเพื่อให้ประเทศเป็นผู้นำทางวิชาการด้านไก่อกลุ่มโตเข้า ในอนาคต

กระบวนการสร้าง Outcome จาก output ที่ได้จากโครงการ

- ผลการศึกษาเรื่องกลุ่มยีนที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการใช้อาหารและคุณภาพเนื้อ จะดำเนินการศึกษาต่อเพื่อค้นหากลุ่มยีนที่ทำงานในระบบทางเดินอาหารไก่ และรวบรวมผลการศึกษาที่ได้เพื่อวิเคราะห์ว่า ยีนตัวใดบ้างที่มีบทบาทหลักต่อทั้ง 2 กลุ่มลักษณะนี้ และศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นยีนเครื่องหมายเพื่อช่วยในการคัดเลือกพันธุ์กรรมของไก่โคราชให้มีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้นในอนาคต โดยผู้ใช้ประโยชน์โดยตรงคือฟาร์มมหาวิทยาลัยที่เป็นผู้รับผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์โดยตรง และใช้ในการคัดเลือกไก่โคราชเพื่อให้ไก่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้น และผู้รับประโยชน์สุดท้ายคือเกษตรกรที่จะได้ไก่โคราชที่มีต้นทุนค่าอาหารลดต่ำลง
- ผลงานวิจัยด้านอาหารไก่เพื่อทำให้เนื้อไก่เป็นแหล่งของ Omega-3 มีแผนการที่จะขยายผลการทดสอบกับผู้เลี้ยงไก่โคราชในพื้นที่ต่างๆ เพื่อประเมินติดตามผลการเลี้ยง และคุณภาพเนื้อ ว่าจะเป็นไปได้ในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาที่ได้ในมหาวิทยาลัยหรือไม่ หรือมีประเด็นใดที่ควรพิจารณาพัฒนาต่อไป จากนั้น จะดำเนินการเสนอแผนการจัดตั้ง pilot plant เพื่อผลิตอาหารไก่ภายใต้ฟาร์มมหาวิทยาลัย หรือถ้ามีผู้ประกอบการสนใจก็มีความเป็นไปได้ร่วมกันระหว่างผู้ประกอบการกับมหาวิทยาลัยในการผลิตและจำหน่ายอาหารไก่ที่เป็นแหล่งของโอเมก้า-3

3. ผลการเลี้ยงไก่โคราชในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ที่พบว่าสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเนื้อไก่ได้ จะได้มีการจัดอบรมเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่โคราช เพื่อให้มีทางเลือกใหม่ในการผลิตไก่ และการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเกษตรกรต่อไป
4. อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ Mobile app. สำหรับใช้ในการส่งข้อมูลเข้าไปจัดเก็บในฐานข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต, Electronic timer พร้อม Mobile app. สำหรับตั้งเวลา, อุปกรณ์และเทคนิคการลดการใช้พลังงานของเตาแก๊สอนุบาลลูกไก่, Mobile app. สำหรับติดตามการเจริญเติบโตของไก่ และอุปกรณ์สำหรับวัดน้ำหนักไก่แบบอัตโนมัติ นี่จะนำไปใช้กับเกษตรกรที่ร่วมโครงการกับบริษัทเบทาโกร ทั้งนี้เพื่อประเมินผลการใช้งาน เพื่อการพัฒนาต่อไป
5. ในประเด็นความร่วมมือกับบริษัทเบทาโกร อุตสาหกรรมจำกัด เป้าหมายสำคัญของความร่วมมือนี้คือยกระดับความสามารถของเกษตรกรเพื่อให้มีความสามารถในการผลิตไก่เพื่อการส่งออกในตลาดไก่กลุ่มโตช้าในภูมิภาคยุโรป ดังนั้นเพื่อให้บรรลุเป้าหมายนี้ สิ่งที่ต้องเตรียมความพร้อมคือ ฐานการผลิตพ่อแม่พันธุ์ และลูกไก่ รวมถึงความสามารถของเกษตรกรที่จะผลิตไก่ให้ได้มาตรฐานที่กำหนดสำหรับการส่งออกไก่กลุ่มโตช้า

โดยภาพรวมทั้งหมดของการดำเนินโครงการ จะเห็นได้ว่า การขับเคลื่อนผลงานสู่การเกิด outcome นั้น ถ้าพิจารณา output สำคัญของโครงการ คือไก่โคราช ได้มีการนำไปสู่การใช้ประโยชน์ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2556 อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้สามารถวิเคราะห์ถึงปัจจัย หรือกระบวนการที่ทำให้เกิดการนำผลงานไปใช้ประโยชน์ได้ในระหว่างการดำเนินโครงการ ดังนี้

1. **การศึกษาความต้องการของตลาดและเกษตรกรก่อนเริ่มออกแบบงานวิจัย** ก่อนที่นักวิจัยจะเริ่มพัฒนาข้อเสนอโครงการ และกำหนด breeding goal มหาวิทยาลัยสนับสนุน seed money เพื่อให้ นักวิจัยใช้ในการสำรวจความต้องการของเกษตรกร และตลาด จึงทำให้นักวิจัยทราบข้อมูลดังกล่าว ซึ่งเป็นข้อมูลจากสถานะการณ์จริง และใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการออกแบบ breeding goal (ลักษณะและความโดดเด่นของไก่ที่จะใช้เป็นจุดขาย) ด้วยกระบวนการนี้จึงทำให้ output ที่ได้เป็นที่ต้องการของทั้งเกษตรกร และตลาด
2. **การมีผู้ใช้ผลงานวิจัยตั้งแต่เริ่มต้นงาน** การเริ่มต้นโครงการในปี พ.ศ. 2551 มีกลุ่มเกษตรกรแสดงความจำนงเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของคณะวิจัย และพร้อมที่จะนำไก่ ซึ่งเป็น output ของโครงการไปใช้ทดสอบการสร้างอาชีพ และการทดสอบของกลุ่มเกษตรกรนี้ ทำให้นักวิจัยได้ข้อมูลสะท้อนกลับทั้งจากผู้เลี้ยง พ่อค้าคนกลาง (คนซื้อไก่จากเกษตรกรเพื่อไปขายให้โรงเชือด) โรงเชือด พ่อค้าแม่ค้าที่ขายไก่ และผู้บริโภค และนำมาวิเคราะห์ถึงจุดเด่น จุดด้อยของพันธุ์ไก่ และใช้ในการพัฒนา และที่สำคัญอย่างยิ่งคือ ในการทดสอบใช้งานของเกษตรกร ทำให้เกิดการรับรู้ที่ขยายตัวอย่างต่อเนื่อง
3. **การเริ่มต้นด้วยฐานพันธุ์กรรมที่มีจำนวนมากพอ (ไก่เพศเมีย 300 ตัวและเพศผู้ 60 ตัว จากครอบครัวที่มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก)** เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ฝูงไก่ป่วย ตายายพันธุ์ สามารถขยายขนาดได้อย่างรวดเร็วเมื่อต้องการจะเพิ่มจำนวนเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้

4. การสนับสนุนงบประมาณวิจัยอย่างต่อเนื่องและเพียงพอทั้งจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นปัจจัยสนับสนุนสำคัญที่ทำให้ในข้อ 3 สามารถเกิดขึ้นได้ตามความเหมาะสม
5. นโยบายของมหาวิทยาลัยที่สนับสนุนโครงการเพื่อขยายกำลังการผลิตจาก research scale ไปเป็น pilot project โดยสนับสนุนงบประมาณในการลงทุนเพื่อการขยายกำลังการผลิตจาก 3000 ตัวต่อเดือนเป็น 55,000 ตัวต่อเดือน

ทั้ง 5 ปัจจัยที่กล่าวมานั้น เป็นปัจจัยสนับสนุนที่ทำให้โครงการสามารถสร้าง outcome ให้เกิดขึ้นกับเกษตรกรได้ อย่างไรก็ตาม outcome ที่เกิดขึ้นนั้นประเมินได้ว่า เป็น outcome ที่ไม่ยั่งยืนและ อาจทำให้อาชีพของเกษตรกรไม่เกิดเสถียรภาพ ทั้งนี้เนื่องจาก ราคาจำหน่ายไก่โคราช ยังผันผวนไปตามฤดูกาล โดยที่เกษตรกรไม่สามารถกำหนดราคาขายได้เอง และไก่โคราชที่จำหน่ายไป ตั้งแต่ต้นทางไปจนถึงปลายทางคือผู้บริโภค ยังไม่ถูกรับรู้ว่าเป็นไก่โคราช การลงทุนศึกษาทั้งในด้านการพัฒนาให้เนื้อสัตว์มีรสชาติ เนื้อสัมผัสที่ดี และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงยังเป็นการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า และทำให้ outcome ที่ได้ยังไม่สามารถที่จะขยายตัวมากขึ้น และก่อให้เกิด impact ต่อประเทศได้ เมื่อวิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เหตุการณ์ดังกล่าว สามารถสรุปได้เป็นประเด็นดังนี้

1. **มาตรฐานการผลิตตั้งแต่การผลิตไก่โคราชขุน มาตรฐานโรงเชือด และการจำหน่าย**
กระบวนการดังกล่าว ดำเนินการโดยเกษตรกร และผู้ประกอบการที่ยังขาดความรู้ความเข้าใจเรื่องอาหารปลอดภัย จึงทำให้การดำเนินการเหล่านี้ไม่ได้รับการรับรองมาตรฐาน ประเด็นถือได้ว่าเป็นคอขวดสำคัญสำหรับการขยาย outcome และการทำให้ไก่เป็นที่ยอมรับในตลาด high end
2. **การขาดเงินลงทุนเพื่อพัฒนามาตรฐาน** เกษตรกรบางรายมีความเข้าใจในเรื่องอาหารปลอดภัย และทราบดีว่า ถ้าสามารถผลักดันไก่เข้าสู่ตลาด high end ได้ จะทำให้ราคาจำหน่ายไก่สูงมากยิ่งขึ้น แต่การลงทุนในการพัฒนามาตรฐานฟาร์มอาจเป็นประเด็นที่เป็นข้อจำกัดของเกษตรกรบางรายเนื่องจากข้อจำกัดด้านเงินลงทุน
3. **ไม่มีโรงเชือดที่ได้มาตรฐาน (ที่ตลาด high end ยอมรับ)** เป็นคอขวดที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากการลงทุนสร้างหรือพัฒนาโรงเชือดที่ได้มาตรฐานเป็นการลงทุนที่สูง และตลาดส่วนใหญ่ไม่ได้ให้ความสำคัญ การเชือดในโรงเชือดที่ได้ หรือไม่ได้มาตรฐานการก็จำหน่ายได้ในราคาที่ไม่แตกต่างกัน
4. **การสร้างการรับรู้อย่างต่อเนื่อง** การสร้างการรับรู้จำเป็นต้องใช้งบประมาณอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการดำเนินงานโครงการนี้ จะได้รับงบประมาณเป็นระยะ จึงทำให้การสร้างการรับรู้มีความจำกัดมาก จึงจำเป็นต้องใช้การบอกต่อ ซึ่งต้องใช้เวลานาน การขยายผลจึงเป็นไปอย่างช้าๆ

ประเด็นทั้ง 4 ข้อที่กล่าวมานี้ เป็นข้อจำกัดสำคัญในการทำให้งานวิจัยเกิด outcome ในวงกว้างและต่อเนื่อง ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ นักวิจัยจึงได้เจรจากับบริษัทเอกชน เพื่อกำหนดคอขวดสำคัญทั้งหมดที่กล่าวมา อย่างไรก็ตามการร่วมงานกันระหว่างมหาวิทยาลัยและบริษัท เพิ่งเริ่มต้นขึ้นประมาณ 4 เดือน ขณะนี้กำลังอยู่ระหว่างการประเมินผลการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2560. เรื่องเกณฑ์คุณภาพจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่3 ประเภทอาหารปรุงสุกทั่วไป, หน้า 3.
- คณะผู้วิจัยโครงการ การสร้างสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราชเพื่อการผลิตเป็นอาชีพวิสาหกิจชุมชน. 2557. คู่มือการเลี้ยงไก่เลี้ยงโคราช. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ศิริพร กิตติการกุล สุขสถิตย์ พวงมาลย์ และ บัณฑิต กิตติการกุล. 2555. การสร้างคุณค่าของไก่ประดู่หางดำ เชียงใหม่ สู่การรับรู้ของผู้บริโภคจังหวัดเชียงใหม่. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- Abasht, B., N. Zhou, W.R. Lee, Z. Zhuo, and E. Peripolli. 2019. The metabolic characteristics of susceptibility to wooden breast disease in chickens with high feed efficiency. *Poult. Sci.* 98: 3246-3256.
- Agarwal, A., D. Durairajanayagam, J. Halabi, J. Peng, and M. Vazquez-Levin. 2014. Proteomics, oxidative stress and male infertility. *Reprod. Biomed.* 29: 32-58.
- Agric. Econ. 48: 121-125.
- Alvarado, C.Z., E. Wenger, and S.F. O'Keefe. 2005. Consumer perception of meat quality and shelf-life in commercially raised broilers compared to organic free ranged broilers. *Poult. Sci.* 84: 129.
- An, J.Y., J.X. Zheng, J.Y. Li, D. Zeng, L.J. Qu, G.Y. Xu, and N. Yang. 2010. Effect of myofiber characteristics and thickness of perimysium and endomysium on meat tenderness of chickens. *Poult. Sci.* 89: 1750-1754.
- AOAC. 1996. Official of methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists. Arlington. VA.
- AOAC. 2010. Official Methods of Analysis. (18th ed). Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Aral, Y., E. Aydin, P. Demir, A.C. Akin, Y. Cevger, C.Y. Kaya Kuyululu, and M.S. Arian. 2013. Consumer preferences and consumption situation of chicken meat in Ankara Province, Turkey. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 37: 582-587.
- Ashwell, C.M. 2010. Nutrigenomics for poultry-new tools for maximizing performance. Department of Poultry Science, North Carolina State University
- Baeza, E., P. Chartrin, V. Gigaud, S. Tauty, K. Météau, M. Lessire, and C. Berri. 2013. Effects of dietary enrichment with n-3 fatty acids on the quality of raw and processed breast meat of high and low growth rate chickens. *Br. Poult. Sci.* 54: 190-198.
- Barbanti, D. and M. Pasquini. 2005. Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of raw and marinated chicken breast meat. *LWT – Food Sci. Technol.* 38: 895-901.
- Becker, T., E. Benner, and K. Glitsch. 2000. Consumer perception of fresh meat quality in Germany. *British Food Journal* 102: 246-266.

- Berge, R.K., L. Madsen, H. Vaagenes, K.J. Tronstad, M. Gottlicher, and A.C. Rustan. 1999. In contrast with docosahexaenoic acid, eicosapentaenoic acid and hypolipidami derivatives decrease hepatic synthesis and secretion of triacylglycerol by decreased diacylglycerol acyltransferase activity and stimulation of fatty acid oxidation. *Biochem. J.* 343: 191-197.
- Berhe D.T., S.B., Engelsens, S.H. Marchen, and L. René. 2014. Raman spectroscopic study of effect of the cooking temperature and time on meat proteins. *Food Res. Int.* 66: 123-131.
- Betti, M., B.L. Schneider, W.V. Wismer, V.L. Carney, M.J. Zuidhof, and R.A. Renema. 2009a. Omega-3 -enriched broiler meat: 2. Functional properties, oxidative stability, and consumer acceptance. *Poult. Sci.* 88: 1085-1095.
- Betti, M., T. Perez, M. Zuidhof, and R. Renema. 2009b. Omega-3-enriched broiler meat: 3. Fatty acid distribution between triacylglycerol and phospholipid classes. *Poult. Sci.* 88: 1740-1754.
- Bilcik, B. and L.J. Keeling. 1999. Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens. *Br. Poult. Sci.* 40: 444-451.
- Bligh, E.G. and W.J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *J. Biochem.* 37: 911-917.
- Bolliger, C. and S. Réviron. 2008. Consumer Willingness to Pay for Swiss Chicken Meat: An In-store Survey to Link Stated and Revealed Buying Behaviour. 12th Congress of the European Association of Agricultural Economists – EAAE 2008
- Bostami, A., H. Mun, and C. Yang. 2017. Breast and thigh meat chemical composition and fatty acid profile in broilers fed diet with dietary fat sources. *Int. J. Food Processing Techno.* 8: 1000672.
- Bottje, W. and G. Carstens. 2009. Association of mitochondrial function and feed efficiency in poultry and livestock species. *J Anim. Sci.* 87: E48-E63.
- Bottje, W., N. Pumford, C. Ojano-Dirain, M. Iqbal, and K. Lassiter. 2006. Feed efficiency and mitochondrial function. *Poult. Sci.* 85: 8-14.
- Bou, R., F. Guardiola, A. Tres, A. Barroeta, and R. Codony. 2004. Effect of dietary fish oil, α -tocopheryl acetate, and zinc supplementation on the composition and consumer acceptability of chicken meat. *Poult. Sci.* 83: 282-292.
- Bowman, J. C. 1962. Recurrent selection. II. An experimental study with mice and *Drosophila*.
- Bréque C., P. Surai and J.P. Brillard. 2003. Roles of antioxidants on prolonged storage of avian spermatozoa in vivo and in vitro. *Mol. Reprod. Dev.* 66: 314-23.
- Burtan, G.W. 1994. Vitamin E: molecular and biology function. *Proc. Nutr. Soc.* 53: 251-262.
- Buzamat, G., E. Pet, and E. Grigoriou. 2009. Marketing researches regarding meat consumer's behaviour in the western part of country, bulletin UASVM horticulture. 66: 80-83.

- Castellini, C., C.A.N.D. Mugnai, and A. Dal Bosco. 2002. Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Sci.* 60: 219-225.
- Chamhuri, N., P.J. Batt. 2013. Exploring the factors influencing consumers' choice of retail store when purchasing fresh meat in Malaysia. *Int. Food Agribus. Man.* 16: 99-122.
- Chaoutai, W. and W. Sumon. 2010. Knowledge attitude and behavior of chicken meat consumers in the central and western part of Thailand. Suwanvajokkasikit Animal Research and Development Institute, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakorn Phathom
- Chartrin, P., A. Schiavone, M.D. Bernadet, G. Guy, J. Mourot, M.J. Duclos, and E. Baéza. 2005. Effect of genotype and overfeeding on lipid deposition in myofibres and intramuscular adipocytes of breast and thigh muscles of ducks. *Reprod. Nutr. Dev.* 45: 87-99.
- Chashnidel, Y., H. Moravej, A. Towhidi, F. Asadi, and S. Zeinodini. 2010. Influence of different levels of n-3 supplemented (fish oil) diet on performance, carcass quality and fat status in broilers. *Afr. J. Biotechnol.* 9: 589-592.
- Chen, G.H., H.F. Li, X.S. Wu, B.C. Li, K.Z. Xie, G.J. Dai, K.W. Chen, X.Y. Zhang, and K.H. Wang. 2002. Factors affecting the inosine monophosphate content of muscles in Taihe Silkies chickens. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 15: 1358-1363.
- Christensen, V.L. 2001. Factors associated with early embryonic mortality. *Worlds Poult. Sci.* 57: 359-372.
- Crehan, C.M., E. Hughes, D.J. Troy, and D.J. Buckley. 2000. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. *Meat Sci.* 55: 463-469.
- Cui, H., M. Zheng, G. Zhao, R. Liu, and J. Wen. 2018. Identification of differentially expressed genes and pathways for intramuscular fat metabolism between breast and thigh tissues of chickens. *BMC Genom.* 19: 55.
- Dal Bosco, A., C. Mugnai, S. Ruggeri, S. Mattioli, and C. Castellini. 2012. Fatty acid composition of meat and estimated indices of lipid metabolism in different poultry genotypes reared under organic system. *Poult. Sci.* 91: 2039-2045.
- Dawson, P.L., B.W. Sheldon, and J.J. Miles. 1991. Effect of aseptic processing on the texture of chicken meat. *Poult. Sci.* 70: 2359-2367.
- diversity and population structure of 10 Chinese indigenous egg-type duck breeds assessed by microsatellite polymorphism. *J. Genet.* 89: 65-72.
- Dransfield. E. and A.A. Sosnicki. 1999. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poult. Sci.* 78:743-746.
- Dsouza C., M. Taghian, P. Lamb, R. Peretiatko. 2007. Green decisions: Demographics and consumer understanding of environmental labels. *Int. J. Consum. Stud.* 31:371-376.
- Duclos, M.J., C. Berri, and E. Le Bihan-Duval. 2007. Muscle growth and meat quality. *J. Appl. Poult. Res.* 16:107-112

- Ebrahimi, M., M.A. Rajion, S. Jafari, M.F. Jahromi, E. Oskoueian, A.Q. Sazili, Y.M. Goh, and M.H. Ghaffari. 2018. Effects of dietary n-6: n-3 polyunsaturated fatty acid ratios on meat quality, carcass characteristics, tissue fatty acid profiles, and expression of lipogenic genes in growing goats. *PLOS ONE* 13: 1-21.
- Echeverría, F., M. Ortiz, R. Valenzuela, L.A. Videla, Leukotrienes, and E.F. Acids. 2016. Long-chain polyunsaturated fatty acids regulation of PPARs, signaling: relationship to tissue development and aging. *Prostag. Leukotr. Ess.* 114: 28-34.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies, 2010. Scientific opinion on dietary reference values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA J.* 8: 1461.
- Ezzat, W., M.S. Shoeib, S.M.M. Mousa, A.M.A Bealish and A.I. Zenat. 2011. Impact of betaine, vitamin C and folic acid supplementations to the diet on productive and reproductive performance of Matrouh poultry strain under Egyptian summer condition. *Egypt. Poult. Sci. J.* 31: 521-537.
- Fanatico, A.C., P.B. Pillai, J.L. Emmert, and C.M. Owens. 2007. Meat quality of slow- and fast-growing chicken genotypes fed low-nutrient or standard diets and raised indoors or with outdoor access. *Poult Sci.* 86: 2245-55.
- Farhoomand, P., and S. Checaniazar. 2009. Effects of graded levels of dietary fish oil on the yield and fatty acid composition of breast meat in broiler chickens. *J. Appl. Poult. Res.* 18: 508-513.
- Fletcher, D.L. 2002. Poultry meat quality. *World's Poult. Sci. J.* 58: 131-145.
- Flock, D.K., H. Ameli, and P. Glodek. 1991. Inbreeding and heterosis effects on quantitative traits in a White Leghorn population under long-term reciprocal recurrent selection. *Br. Poult. Sci.* 32: 451-462.
- Flock, D.K., H. Ameli, and P. Glodek. 1993. Inbreeding and heterosis effects on quantitative traits in while leghorn population under long-term reciprocal recurrent selection. *Br. Poult. Sci.* 32: 451-462.
- Folch, J., M. Lees, and G. Sloane-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. biol. Chem.* 226: 497-509.
- for 21-Day Litter Weight of Crossbred Gilts. I. Selection Applied and Genetic Change in Reproduction of Crossbred Gilts. *J. Anim. Sci.* 57: 1418-30.
- Froning, G., A. Babji, and F. Mather. 1978. The effect of preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristics of turkey muscle. *Poult. Sci.* 57: 630-633.
- Galli, R., G. Preusse, O. Uckermann, T. Bartels, M.-E. Krautwald-Junghanns, E. Koch, and G. Steiner. 2016. In ovo sexing of domestic chicken eggs by Raman spectroscopy. *Anal. Chem.* 88: 8657-8663.

- Galli, R., G. Preusse, O. Uckermann, T. Bartels, M.-E. Krautwald-Junghanns, E. Koch, and G. Steiner. 2017. In ovo sexing of chicken eggs by fluorescence spectroscopy. *Anal Bioanal. Chem.* 409: 1185-1194.
- Garcia R.G.I., L.W. Freitas dell, A.W. Schwingel, R.M. Farias, F.R. Caldara, A.M.A. Gabriel, J.D.I. Graciano, C.M. Komiyama, and I.C.L. Almeida Paz. 2010. Incidence and physical properties of PSE chicken meat in a commercial processing plant. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 12: 233-237.
- Gaya, L.G., G.B. Mourão, J.P. Eler, E.C. Mattos, A.M.M.A. Costa, T. Michelin Filho, A. F. Rosa, A.M. Felício, and J.P. Eler. 2011. Estimates of heritability and genetic correlations for meat quality traits in broilers. *Sci. agric.* 68: 620-625.
- GCP/RAS/228/GER Working Paper No. 12, Affiliation: FAO
Genet. Res. 3:351.
- Gerard, N., S. Fahiminiya, C.G Gruppen and L. Nadal-Desbarats, L. 2015. Reproductive physiology and ovarian folliculogenesis examined via 1 H-NMR metabolomics signatures: a comparative study of large and small follicles in three mammalian species (*Bos taurus*, *Sus scrofa domesticus* and *Equus ferus caballus*). *Int. J. Integr. Biol.* 19: 31-40.
- Göhler, D., B. Fischer, and S. Meissner. 2017. In-ovo sexing of 14-day-old chicken embryos by pattern analysis in hyperspectral images (VIS/NIR spectra): A non-destructive method for layer lines with gender-specific down feather color. *Poult. Sci.* 96: 1-4.
- Goldberg, I.J. 1996. Lipoprotein lipase and lipolysis: central roles in lipoprotein metabolism and atherogenesis. *J. Lipid Res.* 37: 693-707.
- Guan, R.-f., F. Lyu, X.-q. Chen, J.-q. Ma, H. Jiang, and C.-g. Xiao. 2013. Meat quality traits of four Chinese indigenous chicken breeds and one commercial broiler stock. *J. Zhejiang Univ. Sci. B* 14: 896-902.
- Guèye, E.F. 1997. Diseases in village chickens: Control through ethno-veterinary medicine. *ILEIA Newsletter* 13: 20-21.
- Gupta, S., J. Ghulmiyyah, R. Sharma, J. Halabi and A. Agarwal. 2014. Power of proteomics in linking oxidative stress and female infertility. *BioMed Res. Int.* 2014: 1-26.
- Hang, T. 2016. Production of functional chicken meat by dietary supplementation of oil rich in n-3 fatty acid and tumeric oleoresin (Doctor's dissertation). Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand.
- Hang, T., W. Molee, S. Khempaka, and N. Paraksa. 2018. Supplementation with curcuminoids and tuna oil influenced skin yellowness, carcass composition, oxidation status, and meat fatty acids of slow-growing chickens. *Poult. Sci.* 97: 901-909.
- Harz, M., M. Krause, T. Bartels, K. Cramer, P. Rösch, and J. Popp. 2008. Minimal Invasive Gender Determination of Birds by Means of UV-Resonance Raman Spectroscopy. *Anal. Chem.* 80: 1080-1086.

- Helm, D., H. Labischinski, Gisela Schallehn, and D. Naumann. 1991. Classification and identification of bacteria by Fourier-transform infrared spectroscopy. *Microbiology*. 137: 69-79.
- Herrero M., P.K. Thornton, R. Kruska, and R.S. Reid. 2008. Systems dynamics and the spatial distribution of methane emissions from African domestic ruminants to 2030. *Agr. Ecosyst. Environ.* 126: 122-137.
- Hill, F. 1969. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *J. Food Sci.* 31: 161-166.
- Howell M., F. Itoh, C.E. Pierreux, S. Valgeirsdottir, S. Itoh, P. ten Dijke, and C.S. Hill. (1999) *Xenopus* Smad4 β is the co-smad component of developmentally-regulated transcription factor complexes responsible for induction of early mesodermal genes. *Dev. Biol.* 214: 354-369.
- Hui-Fang L1, Wei-Tao S, Jing-Ting S, Kuan-Wei C, Wen-Qi Z, Wei H, Wen-Juan X. 2010. Genetic Ishamri, I. and S.-T., Joo. 2017. Poultry meat quality in relation to muscle growth and muscle fiber characteristics. *Korean J. Food Sci. An.* 37: 873-883.
- Jaturasitha, S., A. Kayan, and M. Wicke. 2008. Carcass and meat characteristics of male chickens between Thai indigenous compared with improved layer breeds and their crossbred. *Arch. Tierz. Dummerstorf.* 51: 283-294.
- Jayasena, D.D., S. Jung, H.J. Kim, Y.S. Bae, H.I. Yong, J.H. Lee, J.G. Kim, and C.Jo. 2013. Comparison of quality traits of meat from Korean native chickens and broilers used in two different traditional Korean cuisines. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 26: 1038-1046.
- Jena, B.P., N. Panda, R.C Patra, P.K. Mishra, N.C. Behura, and B. Panigrahi. 2013. Supplementation of vitamin E and C reduces oxidative stress in broiler breeder hens during summer. *JFNS.* 4: 33-37.
- Jeyaruban, M.G., J.P. Gibson, and R.S. Gowe. 1995. Comparison of index selection and best linear unbiased prediction for simulated layer poultry data. *Poul. Sci.* 74: 1566-1576.
- Joanes D.N. and C.A. Gill. 1998. Comparing measure of sample skewness and kurtosis. *J. R. Stat. Soc. Ser. D* 47: 183-189.
- Jon Meadus, W, P. Duff, D. Rolland, J.L. Aalhus, and M. Edward Russell Dugan. 2011. Feeding docosahexaenoic acid to pigs reduces blood triglycerides and induces gene expression for fat oxidation. *Can. J. Anim. Sci.* 91: 601-612.
- Jump, D.B. 2002. The biochemistry of n-3 polyunsaturated fatty acids. *J. Biol. Chem.* 277: 8755-8758.
- Kaneko, K., Y. Aoyagi, T. Fukuuchi, K. Inazawa, and N. Yamaoka. 2014. Total Purine and Purine base content of common foodstuffs for facilitating nutritional therapy for Gout and Hyperuricemia. *Biol. Pharmaceut. Bull.* 37: 709-721.

- Karasawa, Y., K. Aoki, and A. Hirakata. 1989. Free amino acids and purine compounds in leg and breast muscles from broiler, Satsuma, Satsuma cross and Kakin cross. *Jpn. Poult. Sci.* 26:29–34.
- Kaur, G., and A.J. Sinclair. 2010. Regulation of gene expression in brain and liver by marine n-3 polyunsaturated fatty acids. *Progr. Nutr.* 12: 24-28.
- Kidd, M.T. 2006. Maternal nutrition effects on progeny development and performance. Proceedings 33rd Annual Carolina Poultry Nutrition Conference, pp 1-15. September 26. Sheraton Imperial Hotel, RTP, NC.
- Klatt, L., 1986. The lure of omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Food Sci. Newsletter* 16: 1-4.
- Konieczka, P., M. Czauderna, and S. Smulikowska. 2017. The enrichment of chicken meat with omega-3 fatty acids by dietary fish oil or its mixture with rapeseed or flaxseed effect of feeding duration: dietary fish oil, flaxseed, and rapeseed and n-3 enriched broiler meat. *Anim. Feed Sci. Tech.* 223: 42-52.
- Lantinga, E.A, J.H. Neuteboom, and J.A.C. Meijis. 2004. Sward methods. In E.A. Lantinga, (ed). *Herbage Intake Handbook. The British Grass. Soci.* pp. 23-52.
- Le Bihan-Duval, E., N. Millet, and H. Ré mignon, 1999. Broiler meat quality: effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. *Poultry Sci.* 78: 822-826.
- Leick, C.M., C.L. Puls, M. Ellis, J. Killefer, T.R. Carr, S.M. Scramlin, M.B. England, A.M. Gaines, B.F. Wolter, S. N. Carr and F. K. McKeith. 2010. Effect of distillers dried grains with solubles and ractopamine (paylean) on quality and shelf-life of fresh pork and bacon. *J. Anim. Sci.* 88: 2751-2766.
- Lewis, P.D., G.C. Perry, L.J. Farmer, and R.L.S. Patterson. 1997. Responses of two genotypes of chicken to the diets and stocking densities typical of UK and 'Label Rouge' production systems: I. Performance, behaviour and carcass composition. *Meat Sci.* 45: 501-516.
- Li, Q., X.L. Zhao, E.R. Gilbert, Y.P. Liu, Y. Wang, M.H. Qiu, and Q. Zhu. 2015. Confined housing system increased abdominal and subcutaneous fat deposition and gene expressions of carbohydrate response element-binding protein and sterol regulatory element-binding protein 1 in chicken. *Genet. Mol. Res.* 14: 1220-1228.
- Li, Y., C. Luo, J. Wang, and F. Guo. 2017. Effects of different raising systems on growth performance, carcass, and meat quality of medium-growing chickens. *J. Appl. Anim. Res.* 45: 326-330.
- Li, Y., T.Y. Nara, and M.T. Nakamura. 2005. Peroxisome proliferator-activated receptor α is required for feedback regulation of highly unsaturated fatty acid synthesis. *J. Lipid Res.* 46: 2432-2440.
- Lin, C.Y., H.Y. Kuo, and T.C. Wan. 2014. Effect of free-range rearing on meat composition, physical properties and sensory evaluation in Taiwan Game hens. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 27: 880-885.

- Liu, A., T. Nishimura, and K. Takahashi. 1996. Relationship between structural properties of intramuscular connective tissue and toughness of various chicken skeletal muscles. *Meat Sci.* 43: 43-49.
- Lopez-Ferrer, S., M. Baucells, A. Barroeta, and M. Grashorn. 1999. n-3 enrichment of chicken meat using fish oil: alternative substitution with rapeseed and linseed oils. *Poult. Sci.* 78: 356-365.
- Lopez-Ferrer, S., M. Baucells, A. Barroeta, and M. Grashorn. 2001. n-3 enrichment of chicken meat. 1. Use of very long-chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: fish oil. *Poult. Sci.* 80: 741-752.
- Marete, A.G., J.O. Jung'a, and R.O. Mosi. 2011. An analysis of inbreeding levels and factors affecting growth and reproductive traits in the Kenya Alpine dairy goat. *Livestock Res. Rural Dev.* 23.
- Marszalek, J.R. and H.F. Lodish. 2005. Docosahexaenoic acid, fatty acid-interacting proteins, and neuronal function: Breastmilk and fish are good for you. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* 21: 633-57.
- McLaren, K. 1976. The development of the CIE 1976 (L*a*b*) uniform colour-space and colour-difference formula. *JSDC.* 92: 338-341
- Meadus, W.J., P. Duff, D. Rolland, J.L. Aalhus, and M. Edward Russell Dugan. 2011. Feeding docosahexaenoic acid to pigs reduces blood triglycerides and induces gene expression for fat oxidation. *Can. J. Anim. Sci.* 91: 601-612.
- Melton, S.L. 1999. Current status of meat flavour. *Quality Attributes of Muscle Foods*. Xiong Y.L., C.T. Ho and F. Shahidi, (Eds). Kluwer Academic/Plenum Publishers; New York: pp. 115-130.
- Metcalfe, L.D., A.A Schmitz, and J.R. Pelka. 1966. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal. chem.* 38: 514-515.
- Michalczuk, M., A. JÓŹwik, K. Damaziak, Ź. Zdanowska-Sàsiadek, A. Marzec, D. Gozdowski, and N. Strzałkowska. 2016. Age-related changes in the growth performance, meat quality, and oxidative processes in breast muscles of three chicken genotypes. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 40: 389-398.
- Miglior, F. and E.B. Burnside. 1995. Inbreeding of Canadian Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 7: 1163-1167.
- Minekus, M., M. Alminger, P. Alvito, S. Ballance, T. Bohn, C. Bourlieu, F. Carrière, R. Boutrou, M. Corredig, D. Dupont, C. Dufour, L. Egger, M. Golding, S. Karakaya, B. Kirkhus, S. Le Feunteun, U. Lesmes, A. Macierzanka, A. Mackie, S. Marze, D. J. McClements, O. Ménard, I. Recio, C.N. Santos, R.P. Singh, G.E. Vegarud, M.S.J. Wickham, W. Weitschies, and A. Brodtkorb. 2014. A standardised static in vitro digestion method suitable for food – an international consensus. *Food Funct.* 5: 1113-1124.

- Minvielle, F., E. Hirigoyen and M. Boulay. 1999. Associated effects of the Roux plumage color
- Mirghelenj, S.A., A. Golian, and V. Taghizadeh. 2009. Enrichment of chicken meat with long chain omega-3 fatty acids through dietary fish oil. *Res. J. Biol. Sci.* 4: 604-608.
- Molee, W., P. Puttaraksa, and S. Khempaka. 2012. Effect of Rearing Systems on Fatty Acid Composition and Cholesterol Content of Thai Indigenous Chicken Meat. *World Acad. Sci. Eng. Technol.* 6: 704-706.
- Morales-Barrera, J.E., M.J. Gonzalez-Alcorta, R.M. Castillo-Dominguez, O.F. Prado-Rebolledo, X. Hernandez-Velasco, A. Menconi, G. Tellez, B.M. Hargis, and S. Carrillo-Dominguez. 2013. Fatty acid deposition on broiler meat in chickens supplemented with tuna oil. *Food. Nutr. Sci.* 4: 16-20.
- Mottram, D.S. 1998. Flavor Formation in Meat and Meat Products: A Review. *Food Chem.* 62: 415-424.
- Muladno, M. and O. Thieme. 2009. Consumer preferences for poultry products in Indonesia. mutation on growth, carcass traits, egg production and reproduction of Japanese quail. *Poult. Sci.* 78: 1479-1484.
- Nakamura, Y.N., H. Iwamoto, N. Shiba, H. Miyachi, S. Tabata, and S. Nishimura. 2004. Developmental states of the collagen content, distribution and architecture in the pectoralis, iliotibialis lateralis and puboischiofemoralis muscles of male Red Cornish x New Hampshire and normal broilers. *Br. Poult. Sci.* 45:31-40.
- Nettleton, J.A. 1993. Are n-3 fatty acids essential nutrients for fetal and infant development? *J. Am. Diet. Assoc.* 34: 239-247.
- Nicholson, J.K., P.J.D. Foxall, M. Spraul, R.D. Farrant and J.C. Lindon. 1995. 750 MHz ¹H and ¹H-¹³C nmr spectroscopy of human blood plasma. *Anal. Chem.* 67: 793-811.
- Nishiumi, T, Kunishima R, Nishimura T, Yoshida S. 1995. Intramuscular connective tissue components contributing to raw meat toughness in various porcine muscles. *Animal Science and Technology* 66: 341-348.
- Norris, A. W. and A.A. Spector. 2002. Very long chain n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids bind strongly to liver fatty acid-binding protein. *J. Lipid Res.* 43: 646-653.
- Nwagu, B.I., S.A.S. Olorunju, O.O. Oni, L.O. Eduvie, I.A. Adeyinka, A.A. Sekoni and F.O. Abeke. 2007. In-breeding effect on performance of Rhode Island chickens selected for part-period egg production. *Int. J. Poult. Sci.* 6: 13-17.
- O'Neill, L.K. Galvin, P. Morrissey and D.J. Buckley. 1998. Comparison of effects of dietary olive oil, tallow and vitamin E on the quality of broiler meat and meat products. *Br. Poult. Sci.* 39: 365-371.
- Otsuka, M., O. Miyashita, M. Shibata, F. Sato, and M. Naito. 2016. A novel method for sexing day-old chicks using endoscope system. *Poult. Sci.* 95: 2685-2689.

- Peebles, E.D., C.D. Zumwalt, P.D. Gerard, M.A. Latour, and T.W. Smith. 2002. Market age live weight, carcass yield, and liver characteristics of broiler offspring from breeder hens fed diets differing in fat and energy contents. *Poult. Sci.* 81: 23-29.
- Petracci M., Cavani C. 2012. Muscle growth and poultry meat quality issues. *Nutr.* 4:1-12.
- Petracci, M., F. Soglia, M. Madruga, L. Carvalho, E. Ida, and M. Estévez. 2019. Wooden-Breast, White Striping, and Spaghetti Meat: Causes, Consequences and Consumer Perception of Emerging Broiler Meat Abnormalities. *Compr. Rev. in Food Sci. F.* 18: 565-583.
- Pirvutoiu, I. and A. Popescu. 2013. Research on consumer behaviour in bucharest poultry meat market. *Sci. P. Anim. Sci. Biotech.* 46: 389-396.
- Ponte, P.I.P., C.M.C. Rosado, J.P. Crespo, D.G. Crespo, José Luís Mourão, M.A. Chaveiro-Soares, and J.L.A. Bras. 2008a. Pasture Intake Improves the Performance and Meat Sensory Attributes of Free-Range Broilers. *Poult. Sci.* 87: 71-79.
- Ponte, P.I.P., S.P. Alves, R.J.B. Bessa, L.M.A. Ferreira, L.T. Gama, J.L.A. Bras, C.M.G.A. Fontes, and J.A.M. Prates. 2008b. Influence of Pasture Intake on the Fatty Acid Composition, and Cholesterol, Tocopherols, and Tocotrienols Content in Meat from Free-Range Broilers. *Poult. Sci.* 87: 80-88.
- Pourova, M. and V. Stehlik. 2002. Czech consumers evaluation of choosen meat productions.
- Premanand, R., P.H.S. Kumar, and A. Mohan. 2007. Study of thiobarbituric reactive substances and total reduced glutathione as indices of oxidative stress in chronic smokers with and without chronic obstructive pulmonary disease. *Indian J. Chest Dis. Allied Sci.* 49: 9-12.
- Purslow, P.P. 2005. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Sci.* 70: 435-447.
- Raimbault S., S. Dridi, F. Denjean, J. Lachuer, E. Couplan, F. Bouillaud, A. Bordas, C. Duchamp, M. Taouis, and D. Ricquier. 2001. An uncoupling protein homologue putatively involved in facultative muscle thermogenesis in birds. *Biochem. J.* 353: 441-444.
- Reddy, G.K. and C.S. Enwemeka. 1996. A simplified method for the analysis of hydroxyproline in biological tissues. *Clin. Biochem.* 29: 225-229.
- Rikimaru, K. and H. Takahashi. 2010. Evaluation of the meat from Hinai-jidori chickens and broilers: Analysis of general biochemical components, free amino acids, inosine 5'-monophosphate, and fatty acids. *J. Appl. Poult. Res.* 19: 327-333.
- Rochard, P., A. Rodier, F. Casas, I. Cassar-Malek, S. Marchal-Victorion, L. Dauray, C. Wrutniak and G. Cabello. 2000. Mitochondrial activity is involved in the regulation of myoblast differentiation through myogenin expression and activity of myogenic factors. *J. Biol. Chem.* 275: 2733-2744.
- Rowe A., F.A.F. Macedo, J.V. Visentainer, N.E. Souza and M. Matsushita. 1999. Muscle composition and fatty acid profile in lambs fattened in drylot or pasture. *Meat Sci.* 51: 283-288.

- Royan, M., G.Y. Meng, F. Othman, A.Q. Sazili, and B. Navidshad. 2011. Effects of conjugated linoleic acid, fish oil and soybean oil on PPARs (α & γ) mRNA expression in broiler chickens and their relation to body fat deposits. *Int. J. mol. Sci.* 12: 8581-8595.
- Sadeghi, A.A., H. Iravani, M. Karimi-Torshizi, and M. Chamani. 2012. Fatty acids profiles in meat of broiler chicks fed diet containing corn oil switched to fish oil at different weeks of age. *World Appl. Sci. J.* 18: 159-165.
- Saleh, H., Sh. Rahimi and M.A. Karimi Torshizi. 2009. The effect of diet that contained fish oil on performance, serum parameters, the immune system and the fatty acid composition of meat in broilers. *Int. J. Vet. Res* 3: 69-75
- Sarsenbek, A., T. Wang, J.K. Zhao and W. Jiang. 2013. Comparison of carcass yields and meat quality between Baicheng-You chickens and Arbor Acres broilers. *Poult. Sci.* 92: 2776-2782.
- Settachaimongkon, S., M.J. Nout, E.C. Antunes Fernandes, K.A. Hettinga, J.M. Vervoort, T.C. van Hooijdonk, M.H. Zwietering, E.J. Smid and H.J. van Valenberg. 2014. Influence of different proteolytic strains of *Streptococcus thermophilus* in co-culture with *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* on the metabolite profile of set-yoghurt. *Int. J. Food Microbiol.* 177: 29-36.
- Sewalem, A., K. Johansson, M. Wilhelmson, and K. Lippers. 1999. Inbreeding and inbreeding depression on reproduction and production traits of White leghorn lines selected for egg production traits. *J. Dairy Sci.* 40: 203-208.
- Shi, H. and C.T. Ho. 1994. The flavour of poultry meat. In: *Flavour of Meat and Meat Products*. F. Shahidi (Ed.). Blackie Academic and Professional, Glasgow. pp. 52-69.
- Shingfield, K., M. Lee, D. Humphries, N. Scollan, V. Toivonen, D. Beever, and C. Reynolds. 2011. Effect of linseed oil and fish oil alone or as an equal mixture on ruminal fatty acid metabolism in growing steers fed maize silage-based diets. *J. Anim. Sci.* 89: 3728-3741.
- Simopoulos, A.P. 2004. Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Rev. Int.* 20: 77-90.
- Sims, T.J. and A.J. Bailey. 1981. In *Developments in Meat Science*, Vol. 2, R. Lawrie. (ed). Applied Science Publishers, London/New Jersey, pp. 29-59.
- Smith, I.A., B.G. Casseell and R.E. Pearson. 1998. The effects of inbreeding on lifetime performance to dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81: 2729-2737.
- Średnicka-Tober, D., M. Barański, C. Seal, R. Sanderson, C. Benbrook, H. Steinshamn, and J. Gromadzka-Ostrowska. 2016. Composition differences between organic and conventional meat: a systematic literature review and meta-analysis. *Br. J. Nutr.* 115: 994-1011.
- Srivastava, R.A.K., S.L. Pinkosky, S. Filippov, J.C. Hanselman, C.T. Cramer, and R.S. Newton. 2012. AMP-activated protein kinase: an emerging drug target to regulate imbalances in lipid and carbohydrate metabolism to treat cardio-metabolic diseases: Thematic Review

- Series: New Lipid and Lipoprotein Targets for the Treatment of Cardiometabolic Diseases. *J. Lipid Res.* 53: 2490-2514.
- Surai, P. F. 2005. Minerals and anti-oxidants. Anti-oxidant Research, Alltech (UK) Ltd., Stamford, Lincs.
- Sysa, P.S. and K. Jaszczak. 1997. The use of cytogenetic investigations in breeding and selection of animals. In: *Biotechnologia Zwierząt (Animal Biotechnology)*. L. Zwierzchowski, K. Jaszczak, J.A. Modlinki, (Eds.). In Polish. Wydawnictwo Naukowe PWN, pp. 89-118.
- Szu, S.C. and B. Slavomir. 2003. Physical, chemical, antigenic, and immunologic characterization of polygalacturonan, its derivatives, and vi antigen from salmonella typhi. *Methods Enzymol.* 363: 552-567.
- Szwaczkowski, T., K. Cywa-Benko, and S. Wezyk. 2003. A note on inbreeding effect on productive and reproductive traits in laying hens. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 21: 121-129.
- Takada, I., Kobayashi, and M. Takada. 2013. "Structural Features and Transcriptional Activity of Chicken PPARs (α , β , and γ).” *PPAR res.* Article ID: 186312.
- Temple, J.N. 1996. Dietary fats and coronary heart disease. *Biomed. Pharmacother.* 50: 261-268.
- Urso, U.R.A., F. Dahlke, A. Maiorka, A.I.J.M. Bueno, A.F. Schneider, D. Surek, and C. Rocha. 2015. Vitamin E and selenium in broiler breeder diets: effect on live performance, hatching process, and chick quality. *Poul. Sci.* 94: 976-983.
- Vani, N.D., V.K. Modi, S. Kavitha, N.M. Sachindra, and N.S. Mahendrakar. 2006. Degradation of inosine-5' - monophosphate (IMP) in aqueous and in layering chicken muscle fibre systems: Effect of pH and temperature. *LWT-Food Sci. and Technol.* 39: 627-632.
- Wang Q., H. Li, N. Li, and Y. Wang. 2006. Tissue expression and association with fatness traits of liver fatty acid-binding protein gene in chicken. *Poult Sci.* 85: 1890-1895.
- Wang, K.H., S.R. Shi, T.C. Dou, and H.J. Sun. 2009. Effect of a free-range raising system on growth performance, carcass yield, and meat quality of slow-growing chicken. *Poult. Sci.* 88: 2219-2223.
- Wattanachant S., S. Benjakul, and D.A. Ledward. 2004. Composition, color, and texture of Thai indigenous and broiler chicken muscles. *Poult. Sci.* 83: 123-128.
- Wattanachant, S. 2008. Factors affecting the quality characteristics of Thai indigenous chicken meat. *Suranaree J. Sci. Technol.* 15: 317-322
- Wen, L., N. Saintilan, X. Yang, S. Hunter, and D. Mawer. 2015. MODIS NDVI based metrics improve habitat suitability modelling in fragmented patchy floodplains. *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.* 1: 85-97.
- Whelan, J. and C. Rust. 2006. Innovative dietary sources of n-3 fatty acids. *Annu. Rev. Nutr.* 26: 75-103.
- Whitehead, A., and D.L. Crawford. 2005. Variation in tissue-specific gene expression among natural populations. *Genome Biol.* 6: R13.

- Wu, X.S., W.B. Bao, J.T. Shu, Q. Xu, X.Y. Zhang, W. Han, and G.H. Chen. 2009. Correlation analysis between single nucleotide polymorphisms in exon 2 of ADSL gene and inosine monophosphate acid content in chicken. *J. Anim. Vet. Adv.* 8: 2438-2441.
- Xu, G.H., D.H. Liu, J.C. Chen, X.Q. Ye, Y.Q. Ma and J. Shi, 2008. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chem.* 106: 545-551.
- Yahaya, H.K., O.O. Oni, G. N. Akpa, I. A. Adeyinka. 2009. Evaluation of layer type chicken under reciprocal recurrent selection. *BAJOPAS.* 2: 177-182.
- Yan, L., and S. J. A. Chao. 2011. The later effects of DHA in diet on regulating transcription of lipid genes of broiler. *Agr. Sci. China J.* 10: 611-618.
- Yang, X., B. Zhang, Y. Guo, P. Jiao, and F. Long. 2010. Effects of dietary lipids and *Clostridium butyricum* on fat deposition and meat quality of broiler chickens. *Poult. Sci.* 89:254-260.
- Yang, Y., J. Wen, G.Y. Fang, Z.R. Li, Z.Y. Dong, and J. Liu. 2015. The effects of raising system on the lipid metabolism and meat quality traits of slow-growing chickens. *J. Appl. Anim. Res.* 43: 147-152.
- Yongsawatdigul, J., A. Worratao, and J.W. Park. 2002. Effect of endogenous transglutaminase on threadfin bream surimi gelation. *J. Food Sci.* 67: 3258-3263.
- Young, L.D., I.T. Omtvedt., J.A. Whatley, Jr., R.K. Johnson. 1983. Reciprocal Recurrent Selection
- Zhang, B., X. Yang, Y. Guo, and F. Long. 2011. Effects of dietary lipids and *Clostridium butyricum* on serum lipids and lipid-related gene expression in broiler chickens. *Animal.* 5:1909-1915.