ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อ และคุณภาพเนื้อในไก่โคราช

นางสาวเปรมกมล ทองดวง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2562

EFFECT OF ORGANIC SYSTEM ON GROWTH PERFORMANCE, MEAT CHEMICAL COMPOSITION AND MEAT QUALITY IN KORAT CHICKENS

Pramkamon Tongduang

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree Master of Science in Animal Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2019

ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อ และคุณภาพเนื้อในไก่โคราช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.สมร พรชื่นชูวงศ์)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.วิทธวัช โมพี)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ดร.กาญจนา ธรรมนู)
กรรมการ

(ผศ. นสพ. ดร.ภคนิจ คุปพิทยานันท์)
กรรมการ

(รศ. ดร.อมรรัตน์ โมพี)
กรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(ศ. ดร.หนึ่ง เตียอำรุง)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เปรมกมล ทองดวง : ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อ และคุณภาพเนื้อในไก่โคราช (EFFECT OF ORGANIC SYSTEM ON GROWTH PERFORMANCE, MEAT CHEMICAL COMPOSITION AND MEAT QUALITY IN KORAT CHICKENS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทธวัช โมพี, 81 หน้า.

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อ และคุณภาพเนื้อในไก่โคราช โดยในการทดลองครั้งนี้ใช้ไก่โคราชคละเพศ จำนวน 360 ตัว ทำการสุ่มไก่เข้าการทดลองตั้งแต่อายุ 1 วัน โดยจัดเข้ากลุ่มการทดลอง 2 กลุ่มๆ ละ 6 ซ้ำๆ ละ 30 ตัว โดยกลุ่มที่ 1 ทำการเลี้ยงไก่แบบปล่อยพื้นในโรงเรือน ที่ความหนาแน่น 5 ตัว/ตารางเมตร (กลุ่มควบคุม) และกลุ่มที่ 2 ทำการเลี้ยงไก่แบบปล่อยพื้นในโรงเรือน ที่ความหนาแน่น 5 ตัว/ตารางเมตร และมีพื้นที่ปล่อยออกสู่แปลงหญ้า (4 ตารางเมตร/ตัว) ที่อายุ 21 วัน จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 84 วัน ผลการทดลองพบว่าไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีผลทำให้ลดปริมาณการกินได้ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) และไขมันสะสมในช่องท้อง (abdominal fat) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ซาก เนื้ออกนอก เนื้ออกใน เนื้อสะโพก และเนื้อน่อง เมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มควบคุม (P>0.05) ในส่วนของคุณภาพเนื้อ พบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีค่า pH ของเนื้อสะโพกต่ำกว่าในไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือน (P<0.05) แต่ไม่มีผลต่อค่า drip loss ทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพก (P>0.05) และไม่มีผลเช่นเดียวกันกับค่า cooking loss ในเนื้ออก แต่มีผลต่อค่า cooking loss ในเนื้อสะโพกและการเพิ่มขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อในเนื้ออกซึ่งให้ผลไปในทางเดียวกันกับค่า shear force อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ยังพบว่าสีเนื้อและสีหนังของไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีค่าสี redness และ yellowness ที่สูงกว่าไก่ที่เลี้ยงกลุ่มควบคุม (P<0.05) และในส่วนของความเสียหายที่เกิดจากการจิกขนพบว่าระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีผลต่อระดับความเสียหายจากการจิกขน โดยสามารถลดความเสียหายจากการจิกขนของไก่ให้ต่ำกว่าไก่ในกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงภายในโรงเรือนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์สามารถที่จะลดความเครียดของตัวสัตว์ได้ จากการมีค่า H/L ratio ที่ต่ำกว่าไก่ในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และจากการศึกษาถึงองค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อ พบว่าไก่ในกลุ่มที่เลี้ยงระบบอินทรีย์มีสัดส่วนของกรดไขมัน n-3 PUFA ในเนื้ออกที่สูงขึ้น โดยเฉพาะกรดไขมันชนิด DHA นอกจากนี้ไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ยังมีสัดส่วนของกรดไขมัน n-6/n-3 ที่ต่ำทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) รวมไปถึงยังมีปริมาณคอลลาเจนที่สูงกว่าไก่ในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่มีผลต่อการ

เปลี่ยนแปลงปริมาณคอเลสเตอรอล โปรตีน ความชื้น และดัชนีที่บ่งชี้ความอร่อย อย่างเช่น ปริมาณ IMP และ GMP ทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพก (P>0.05) นอกจากนี้การใช้เทคนิค synchrotron FTIR ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีของเนื้ออกไก่ยังพบอีกว่า ระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับการสะสมไขมัน และปริมาณโปรตีนโครงสร้างแบบทุติยภูมิชนิด α-helical รวมไปถึงมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กับค่าสังเกตที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ

ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้กล่าวไปสามารถสรุปได้ว่า การเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ไม่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และองค์ประกอบซาก แต่มีผลต่อคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และองค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อ อย่างเช่น โปรตีน คอลลาเจน และไขมัน โดยเฉพาะไขมันซึ่งพบว่ามีผลอย่างชัดเจนต่อการลดปริมาณไขมันสะสมในช่องท้อง สัดส่วน n-6/n-3 และเพิ่มสัดส่วนของกรดไขมัน DHA ในเนื้ออกได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ ลายมือชื่อนักศึกษา เปรมกมล ทองดอง
ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

PRAMKAMON TONGDUANG : EFFECT OF ORGANIC SYSTEM ON GROWTH PERFORMANCE, MEAT CHEMICAL COMPOSITION AND MEAT QUALITY IN KORAT CHICKENS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WITTAWAT MOLEE, Ph.D., 81 PP.

ORGANIC SYSTEM/KORAT CHIKEN/GROWTH PERFORMANCE/MEAT QUALITY/MEAT CHEMICAL COMPOSITION

The aim of this study was to investigate the effects of an organic production system on growth performance, meat chemical composition and meat quality of Korat chicken. Three hundred and sixty-one-day old chicks were randomly allocated to 2 treatments with 6 replications containing 30 birds each. Treatment 1: control group, chicks were housed in an indoor pen (5 birds/m^2) and treatment 2: organic group, chicks were housed in an indoor pen (5 birds/m^2) with access to a grass paddock (4 m^2/bird) during 21 days of age to slaughter at 84 days of age. The results showed that chickens in the organic group had lower feed intake and abdominal fat but were better in feed conversion ratio (FCR) than the control group (P<0.05). However, there were no differences between groups in body weight, body weight gain, carcass yield, outer breast, inner breast, thigh and drumstick (P>0.05). The change in pH of thigh meat was lower in the organic group than the control group (P<0.05) but there were no difference between groups in drip loss of breast and thigh meat and cooking loss of breast meat (P>0.05). But the organic groups were significantly higher than the control groups in cooking loss of thigh meat (P<0.05). The diameter muscular fiber and shear force of breast meat in the organic groups were significantly higher than the control

groups (P<0.05). Moreover, the chickens in the organic groups were higher in redness and yellowness values of meat color and skin color than the control groups (P<0.05). Furthermore, the feather pecking damage and H/L ratio of the chickens in the organic groups were lower than that of the chickens in the control groups (P<0.05). Breast meat n-3 PUFA was found to be higher in the organic groups (P<0.05), especially in the proportion of DHA. The proportion of n-6 to n-3 ratio in the organic groups were decreased (P<0.05). The total collagen content of the chicken meat in the organic groups were higher than the control groups (P<0.05), but had no effect on cholesterol, protein, IMP and GMP in meat (P>0.05). The results of synchrotron FTIR found that the organic groups had a very strong negative correlation with fat and α-helical (secondary structure of protein) in breast meat (P<0.05), and as a consequence it was positively correlated with the meat quality (P<0.05).

These data indicated that the organic raising system had no effect on growth performance and carcass composition, but affected carcass quality, meat quality and chemical composition in meat. The organic group could increase collagen and the proportion of n-3 PUFA and DHA, and decrease the ratio of n-6 to n-3 fatty acids in chicken meat and abdominal fat accumulated in the body.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Animal Technology and Innovation Student's Signature Pramkamon Tongduang

Academic Year 2019 Advisor's Signature W. Molee

Co-advisor's Signature Kanjana Thumanu

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ. ดร.วิทธวัช โมพี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ทั้งในด้านวิชาการ การดำเนินการวิจัย การดำเนินชีวิต ตลอดจนคอยเป็นกำลังใจ และแรงผลักดันให้พัฒนาตนเอง จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดความสำเร็จขึ้นมาได้

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.กาญจนา ธรรมนู สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) ที่ให้เกียรติมาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และกรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินการวิจัย ตลอดจนคำปรึกษาในการเข้าไปใช้เครื่องมือ และวิเคราะห์ข้อมูล

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร.อมรรัตน์ โมพี ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาธุรกิจไก่โคราช ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในด้านวิชาการ ด้านการดำเนินการวิจัย ขอขอบพระคุณ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่กรุณาให้ทุนสำหรับการทำงานวิจัยตั้งแต่ต้นจนจบงานวิจัย และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ดำเนินงานวิจัย คำแนะนำต่างๆ ตลอดจนบุคลากรฟาร์มมหาวิทยาลัยที่ช่วยเหลือการทำวิจัยตลอดมา ขอขอบคุณบุคลากรอาคารเครื่องมือ 3 10 และ 14 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้อำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ นักศึกษาบัณฑิตศึกษาทุกคน ตลอดจนน้องๆ ที่เรียนระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้ทั้งกำลังใจและกำลังกายอย่างดีเสมอมา สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณตาไพฑูรย์ คุณยายพิมพา คุณแม่พัชราพร และคุณพ่อสันติภาพ ที่ให้การเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และคอยสนับสนุน จนสำเร็จการศึกษา

เปรมกมล ทองดวง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 สมมติฐานของการวิจัย 4

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 5

2 วรรณกรรมและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทำการเกษตรแบบอินทรีย์ในประเทศไทย 6

2.2 การเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ 7

2.3 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อพฤติกรรมการจิกขน 8

2.4 ผลของการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการสะสมไขมันในช่องท้อง 9

2.5 ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อคุณภาพเนื้อ 11

2.6 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อ 13

2.7 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อการเมทาบอลิซึมของไขมัน การเก็บสะสมไขมัน และ คอเลสเตอรอลในเนื้อไก่ 19

2.8 ผลของระบบการเลี้ยงต่อลักษณะสีของผิวหนังและสีของเนื้อไก่ 28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.9 ผลของระบบการเลี้ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสัดส่วน heterophils และ lymphocytes (H/L) 29

3 วิธีการดำเนินงานวิจัยและการเก็บข้อมูล

3.1 สัตว์ทดลองและการจัดการสัตว์ทดลอง 30

3.2 ค่าสังเกตที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน 34

3.3 การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ทางเคมี 35

3.3.1 การเก็บข้อมูลการกินได้ของหญ้า 35

3.3.2 การศึกษาด้านความเสียหายที่เกิดจากพฤติกรรมการจิกขนของไก่ 35

3.3.3 การเก็บข้อมูลองค์ประกอบซาก และการเก็บตัวอย่าง 35

3.3.4 การวิเคราะห์กรดไขมัน 36

3.3.5 การวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอล 36

3.3.6 การศึกษาด้านสมรรถนะการเจริญเติบโต 37

3.3.7 การวิเคราะห์โภชนะในเนื้อ 37

3.3.8 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 37

3.3.9 การวัดสีเนื้อและสีหนัง 37

3.3.10 การวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจน 37

3.3.11 เก็บตัวอย่างเลือดและวิเคราะห์สัดส่วน H/L 38

3.3.12 ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ (drip loss) 38

3.3.13 การสูญเสียน้ำจากการปรุงสุก (cooking loss) 38

3.3.14 การวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear forces) 38

3.3.15 การเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ Histology 38

3.3.16 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้ออกด้วยวิธี Synchrotron FTIR 38

3.3.17 ปริมาณนิวคลีโอไทด์ 39

3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ 35

4 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราช 40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อส่วนประกอบซากของไก่โคราช 41
4.3 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อคุณภาพเนื้อและขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อของไก่โคราช 42
4.4 ผลของระบบการเลี้ยงต่อความเสียหายที่เกิดจากการจิกขน 44
4.5 ผลของระบบการเลี้ยงต่อองค์ประกอบกรดไขมันในเนื้ออกและเนื้อสะโพก 45
4.6 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้ออกจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Synchrotron FTIR 48
4.7 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อองค์ทางชีวเคมีและนิวคลีโอไทด์ในเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่โคราช 51
4.8 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงสัดส่วน Heterophils และ Lymphocytes (H/L) 52
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 54
5.1 บทสรุป 54
5.2 ข้อเสนอแนะ 55
รายการอ้างอิง 56
ภาคผนวก 64
ภาคผนวก ก 65
ภาคผนวก ข 70
ภาคผนวก ค 73
ประวัติผู้เขียน 81

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ผลของระบบการเลี้ยงต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การสะสมไขมันในช่องท้องและการสะสมไขมันแทรกในเนื้อไก่ 10

2.2 ระบบการเลี้ยงที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อไก่ 12

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วง Wave number และองค์ประกอบทางชีวเคมี 16

2.4 ค่าการประเมินปริมาณการทำงานของเอนไซม์ $\Delta 5$ และ $\Delta 6$-desaturase ในเนื้อไก่ที่มีสายพันธุ์แตกต่างกัน 18

2.5 ผลของระบบการเลี้ยงต่อ total lipids (mg/g of meat) และ fatty acid composition (%wt/wt) ในเนื้อไก่ 22

2.6 ความสัมพันธ์ของ Insulin ที่มีผลต่อการไกลโคลิซิส และการสังเคราะห์ไขมัน 24

3.1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารไก่และองค์ประกอบของโภชนะ 32

3.2 สัดส่วนองค์ประกอบชนิดของกรดไขมันในอาหารและหญ้า 33

3.3 ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อปริมาณการกินได้และองค์ประกอบทางโภชนะของหญ้าในแปลง 34

4.1 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราช 41

4.2 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อส่วนประกอบซากของไก่โคราช (% of BW) 42

4.3 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อคุณภาพเนื้อและขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อของไก่โคราช 44

4.4 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อความเสียหายที่เกิดจากการจิกขน 45

4.5 สัดส่วนองค์ประกอบชนิดของกรดไขมันในในเนื้ออกและเนื้อสะโพก (g/100 g total fatty acids) 47

4.6 ตารางเปรียบเทียบองค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้ออกไก่ 52

4.7 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสัดส่วน H/L ratio ในเลือดไก่ 53

ค.1 ชนิดของกรดไขมันที่ใช้เป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatography 77

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 การจัดจำแนกไก่โคราชเทียบกับไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้าและไก่พื้นเมืองโดยใช้เทคนิค FTIR microspectroscopy ร่วมกับการทำ Multivariate data analysis 14

2.2 การสร้างฐานข้อมูลจากการจำแนกไก่โคราชเทียบกับไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้าและไก่พื้นเมือง โดยให้ค่าความถูกต้องที่ระดับ 91%..... 14

2.3 องค์ประกอบของ Phospholipid 19

2.4 กลไกการเมทาบอลิซึมของน้ำตาลกลูโคสและไขมันในร่างกายเมื่อถูกกระตุ้นจากอาหาร ฮอร์โมน และการออกกำลังกาย..... 25

2.5 การควบคุมการแสดงออกของยีนในเซลล์ไขมัน (adipocytes) 26

2.6 กลไกการเมทาบอลิซึมของกรดไขมัน n-6 และ n-3 PUFA 27

3.1 ขนาดของคอกทดลองและแปลงหญ้าที่ใช้เลี้ยงไก่ในการทดลอง 31

4.1 Original spectra เปรียบเทียบการสั่นสะเทือนของเนื้ออกไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม..... 49

4.2 2nd derivative spectra เปรียบเทียบการสั่นสะเทือนของเนื้ออกไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม..... 49

4.3 Principal component analysis (PCA) และCorrelation Loadings ในเนื้ออกไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม..... 50

4.4 Principal component analysis (PCA) และCorrelation Loadings ของคุณภาพเนื้ออกไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (T1=กลุ่มควบคุม T2=กลุ่มที่เลี้ยงแบบอินทรีย์) 50

ก.1 เอกสารใบรับรองการตรวจสอบโลหะหนักในดินและน้ำ..... 66

ก.2 ใบรับรองการปลูกข้าวแบบอินทรีย์ 67

ก.3 ใบรับรองการแปรรูปข้าวแบบอินทรีย์ 67

ก.4 ใบรับรองการพิจารณาการปรับเปลี่ยนเป็นพื้นที่เพาะปลูกอินทรีย์..... 68

ก.5 ใบรับรองการขึ้นทะเบียนปรับเปลี่ยนเป็นถั่วเหลืองอินทรีย์..... 69

ข.1 การเตรียมอาหารในงานทดลอง 71

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ข.2 แสดงภาพการกกลูกไก่ และการชั่งน้ำหนักไก่ทุกสัปดาห์ 71
ข.3 แสดงโรงเรือนและแปลงหญ้าที่ใช้ในงานทดลอง 72
ข.4 แสดงภาพภายในโรงเรือน และการฆ่าไก่เพื่อเก็บตัวอย่าง 72
ข.5 การเก็บตัวอย่างงานทดลอง 72
ค.1 (a) เม็ดเลือดขาวชนิด Heterophils (b) เม็ดเลือดขาวชนิด Lymphocyte 80

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่ดีต่อสุขภาพ และสอดคล้องตามหลักสวัสดิภาพสัตว์กำลังเป็นที่สนใจและมีแนวโน้มความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะเนื้อไก่ซึ่งมีการบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก โดยมีผู้บริโภคเนื้อไก่บางกลุ่มมีความเชื่อว่าเนื้อไก่ที่ได้จากการเลี้ยงไก่ในระบบอินทรีย์ (organic system) จะมีองค์ประกอบทางชีวเคมีโดยเฉพาะองค์ประกอบประเภทไขมันที่มีประโยชน์อยู่สูง และมีรสชาติที่อร่อยกว่าไก่สายพันธุ์ทางการค้าที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงปกติ (conventional system) (Średnicka-Tober et al., 2016) จึงทำให้การเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์สามารถนำมาใช้เป็นอีกหนึ่งแนวทางในการเพิ่มจุดขายให้กับผลิตภัณฑ์ได้ แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการศึกษาที่ได้รายงานไว้ถึงผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อและคุณภาพเนื้อ ให้เห็นเป็นรูปธรรมยังมีไม่มากนักและส่วนใหญ่มักทำการศึกษาในพื้นที่เขตหนาวหรือพื้นที่ที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร (Wang et al., 2009; Dal Bosco et al., 2012) ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างจากประเทศไทยหรือประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สภาพแวดล้อมจึงเป็นตัวแปรสำคัญที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อ และคุณภาพเนื้อ ดังนั้นการศึกษาถึงผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงไปของตัวไก่ที่ถูกเลี้ยงภายใต้สภาพแวดล้อมดังกล่าวจึงเป็นที่น่าสนใจและมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาให้เกิดเป็นรูปธรรมขึ้นในประเทศไทย

จากการรวบรวมเอกสารก่อนหน้านี้ได้ให้ข้อมูลที่น่าสนใจไว้ว่าไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์มีการเปลี่ยนแปลงไปของสมรรถนะการเจริญเติบโต องค์ประกอบซากคุณภาพเนื้อ และองค์ประกอบของสารอาหารในเนื้อ โดยพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดของปริมาณการเก็บสะสมไขมันและชนิดของกรดไขมันในเนื้อไก่ โดย Castellini et al. (2002) และ Wang et al. (2009) พบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยและอินทรีย์มีน้ำหนักตัว และการสะสมไขมันในช่องท้องที่ต่ำกว่าไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือน และมีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ที่สูง ซึ่งสอดคล้อง กับ Li et al. (2015), Li et al. (2017) และจากการศึกษาของทั้งสองงานยังพบเพิ่มเติมว่าระบบการเลี้ยงแบบปล่อยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนเนื้ออกและเนื้อสะโพก แต่มีสัดส่วนของไขมันแทรกในเนื้อสะโพกและไขมันใต้ผิวหนังที่ลดลง นอกจากนี้จากงาน

ทดลองของ Lin et al. (2014) พบว่าเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมีไขมันที่ต่ำ แต่มีปริมาณโปรตีน และคอลลาเจนที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบอีกว่ามีสัดส่วนของกรดไขมันชนิด n-3 PUFA ในปริมาณที่สูงกว่าไก่ที่เลี้ยงแบบปกติ และยังมีสัดส่วนของกรดไขมัน n-6/n-3 ที่ต่ำลงอีกด้วย (Ponte et al., 2008c; Molee et al., 2012; Średnicka-Tober et al., 2016) ซึ่งจากข้อมูลจะเห็นได้ว่า เนื้อไก่ที่ได้จากระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นเนื้อที่ดีต่อสุขภาพของมนุษย์ นอกจากนี้ในส่วนของคุณภาพเนื้อยังพบว่าการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมีผลทำให้มีแนวโน้มของค่า pH และ drip loss ในเนื้อต่ำลง แต่ในส่วนของค่า shear force พบว่ามีค่าที่สูงขึ้น (Fanatico et al., 2007; Wang et al., 2009; Yang et al., 2015) แต่อย่างไรก็ตามการมีค่า pH ที่ต่ำหรือสูงมีเหตุผลมาจากหลายปัจจัย ซึ่งการเลี้ยงไก่ในระบบที่สามารถให้ไก่เข้าถึงแปลงหญ้าได้อาจมีอิทธิพลจากทั้งการออกกำลังกายที่ไปมีผลต่อกระบวนการเมทาบอลิซึมในร่างกาย (Lewis et al., 1997) การกินหญ้า สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ซึ่งความแตกต่างกันของปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH จึงทำให้มีบางการศึกษาที่ให้ผลในทิศทางตรงกันข้าม คือพบว่าในไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยหรือสามารถเข้าถึงแปลงหญ้าได้มี pH ที่สูงขึ้น (Alvarado et al., 2005) ซึ่งค่า pH มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนต่อค่า drip loss โดยค่า drip loss และ shear force เป็นค่าที่มีความสำคัญต่อการเปรียบเทียบและตรวจสอบคุณภาพเนื้อ ซึ่งจากการรวบรวมเอกสารยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจนว่าคุณภาพเนื้อของไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์จะมีคุณภาพเนื้อที่ดีกว่าหรือไม่ จึงต้องมีการทำการศึกษาต่อไป

ระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีอิทธิพลจากหลายๆ ปัจจัยเข้ามามีบทบาทต่อกระบวนการการเมทาบอลิซึมภายในร่างกาย ซึ่งมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารอาหาร โดยเฉพาะองค์ประกอบประเภทไขมัน และยังอาจมีผลต่อคุณภาพเนื้อได้ เช่น แสงสว่าง อุณหภูมิ ความหนาแน่น ความเครียด พันธุกรรม อายุ เพศ อาหาร และการทำกิจกรรมในระหว่างวัน (Ponte et al., 2008a; Wang et al., 2009) โดยจากการศึกษาก่อนหน้านี้ได้ให้เหตุผลไว้ว่าการเลี้ยงไก่แบบปล่อยส่งผลทำให้ไก่สามารถเข้าถึงแปลงหญ้า ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มการทำกิจกรรมในระหว่างวัน ลดความหนาแน่น และความเสี่ยงที่อาจจะเกิดความเครียด ความร้อน และความหนาแน่นลงได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มแหล่งของวิตามิน สาร antioxidant และกรดไขมันที่มีประโยชน์ เช่น กรดไขมันชนิด α-linolenic acid (ALA; C18:3n-3) ให้แก่ตัวสัตว์ได้ (Ponte et al., 2008a) นอกจากนี้การเพิ่มการเคลื่อนไหวของร่างกายและการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศของไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์อาจนำไปสู่ความไม่สมดุลของระดับสมดุลพลังงานภายในร่างกาย (Wang et al., 2009; Li et al., 2015) และส่งผลต่อการะบวนการเมทาบอลิซึมของทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันภายในร่างกาย ผ่านกลไกการทำงานของ AMPK (5'-adenosine monophosphate-activated protein kinase) (Srivastava et al., 2012) ซึ่งอาจมีผลทั้งต่อการเจริญเติบโต และการ

สังเคราะห์กรดไขมันบางชนิด อย่างเช่นกรดไขมันชนิด n-3 PUFA ซึ่งจากการศึกษาในประเทศเขตหนาวพบว่าการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์ มีผลในการเพิ่มองค์ประกอบของกรดไขมัน n-3 PUFA ในเนื้อ โดยเฉพาะกรดไขมัน n-3 PUFA สายยาวที่มี C20 และ C22 อย่าง EPA DPA และ DHA ได้ แต่ไม่มีผลต่อการสะสมกรดไขมัน ALA (Ponte et al., 2008b) ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ไก่ในกลุ่มที่เลี้ยงแบบปล่อยสามารถเข้าถึงแหล่งอาหารธรรมชาติในแปลงหญ้าได้ นอกจากนี้การที่ไก่มีการออกกำลังกายมากขึ้นยังมีผลต่อการพัฒนาของกล้ามเนื้อ ซึ่งอาจส่งผลต่อลักษณะโครงสร้างและขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ และมีผลต่อรสสัมผัสและคุณภาพเนื้อได้ (Fanatico et al., 2007; Yang et al., 2015) โดยไก่สายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตช้า (slow-growing chicken)ได้ถูกแนะนำโดย EC regulation 1804/99 และ The Network for Animal Health and Welfare in Organic Agriculture's ว่าเป็นไก่ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อย (Hovi et al., 2003) เนื่องจากมีความสามารถในการเข้าถึงแปลงหญ้าที่สูงและสามารถปรับตัวให้เข้ากับพื้นที่ได้ และนอกจากนี้ในศึกษาก่อนหน้านี้ได้ทำการเปรียบเทียบการเลี้ยงไก่สายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตช้า ปานกลาง และเร็ว ในระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ พบว่าไก่สายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตช้าซึ่งถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมีการเก็บสะสมกรดไขมัน n-3 PUFA โดยเฉพาะกรดไขมัน LC-PUFA ในเนื้ออกสูงกว่าไก่สายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตปานกลางและเร็ว (Sirri et al., 2010; 2011) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการสะสมกรดไขมัน n-3 PUFA ในเนื้อไก่มีการทำงานร่วมกันระหว่างพันธุกรรมและปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม โดยหากเลี้ยงไก่ที่มีการเจริญเติบโตช้าในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยอาจส่งผลทำให้มีการสะสมกรดไขมัน n-3 PUFA ที่สูงที่สุด ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ทำให้การศึกษาในครั้งนี้ใช้ไก่โคราชในงานทดลอง

จากที่ได้กล่าวไปข้างต้นจึงนำไปสู่วัตถุประสงค์การศึกษาในครั้งนี้คือเพื่อมุ่งเน้นที่จะศึกษาผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต องค์ประกอบทางชีวเคมี และคุณภาพเนื้อในไก่โคราช ซึ่งถือเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีประโยชน์ต่อทั้งผู้บริโภคและตัวเกษตรกรเองในอนาคต และนำไปสู่การสร้างให้เกิดเป็นอีกหนึ่งองค์ความรู้ที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่โคราชในประเทศได้อย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราช

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อองค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อไก่โคราช

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อคุณภาพเนื้อไก่โคราชเพื่อศึกษาผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อคุณภาพเนื้อไก่โคราช

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

1.3.1 ระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราช

1.3.2 เพื่อศึกษาผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตในไก่โคราช

1.3.3 ระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีผลต่อคุณภาพเนื้อไก่โคราช

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ใช้ไก่โคราชเป็นตัวแทนของไก่ในกลุ่มที่มีการเจริญเติบโตช้า (slow-growing chickens) โดยทำการศึกษาภายใต้พื้นที่ของฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โดยทำการศึกษาในช่วงเดือน มกราคม-เมษายน ปี พ.ศ. 2561 โดยมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20-35.5˚C และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 76%RH โดยทำการเลี้ยงบนพื้นที่ที่ไม่เคยมีการใช้ยาฆ่าแมลงหรือยากำจัดศัตรูพืชมาก่อน การศึกษาในครั้งนี้จะยึดตามข้อกำหนดมาตรฐานการทำปศุสัตว์อินทรีย์ตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ เล่ม 1 : การผลิต แปรรูป แสดงฉลาก และจำหน่ายผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร ปี 2557 และ เล่ม 2 : ปศุสัตว์อินทรีย์ ปี 2554 โดยใช้แหล่งวัตถุดิบอาหารจากเกษตรกรผู้เพาะปลูกถั่วเหลืองและปลายข้าวอินทรีย์ที่ได้รับใบรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ตลอดงานทดลอง และมีพื้นที่ปล่อยที่มีหญ้ารูซี่ปกคลุมตลอดระยะเวลาการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาเพื่อให้ทราบถึงผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางชีวเคมี และคุณภาพเนื้อในไก่โคราช โดยในการเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะและองค์ประกอบทางชีวเคมีของเนื้อ ในการศึกษานี้จะใช้เทคนิค Synchrotron FTIR Microspectroscopy เพื่อเปรียบเทียบกับค่าสังเกตอื่นๆ เพื่อช่วยในการยืนยันความแตกต่างของปริมาณองค์ประกอบทางชีวเคมีเพื่อจำแนกให้เห็นความแตกต่างของลักษณะและปริมาณองค์ประกอบของสารชีวเคมีในเนื้อได้ชัดเจน ซึ่งในงานทดลองนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างของไก่โคราชซึ่งเป็นไก่ลูกผสมพื้นเมืองที่ได้รับการพัฒนาสายพันธุ์จากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาธุรกิจไก่โคราช

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงอิทธิพลของระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อไก่เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อในไก่โคราชหรือไก่ลูกผสมพื้นเมืองได้

1.5.2 ทราบถึงอิทธิพลของระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อไก่เพื่อนำไปใช้เป็นอีกหนึ่งข้อมูลในการยืนยันความแตกต่างที่เกิดขึ้นและสามารถใช้เป็นอีกหนึ่งจุดขายในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
วรรณกรรมและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทำการเกษตรแบบอินทรีย์ในประเทศไทย

ในปัจจุบันการเลี้ยงสัตว์ในระบบอุตสาหกรรมได้มีการใช้สารเคมีเสริมอาหารมากขึ้นเรื่อยๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด และลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงให้ได้มากที่สุด ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด เช่น การเสริมยาปฏิชีวนะในอาหารสัตว์เพื่อเร่งการเจริญเติบโตและควบคุมโรค ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดการและดูแลสุขภาพสัตว์ได้เป็นอย่างมาก และยังช่วยทำให้ไก่มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น ได้ผลกำไรสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ในปัจจุบันเราพบแล้วว่าการให้ยาปฏิชีวนะในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์สามารถก่อให้เกิดการตกค้างในผลผลิตเนื้อ นม หรือไข่ และส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคได้ นอกจากนี้สารเคมีต่างๆ ที่เสริมลงไปในอาหารหรือใช้ในการเลี้ยงสัตว์ตลอดรอบการผลิตยังก่อให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมซึ่งนับวันปัญหานี้จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในปัจจุบันผู้บริโภคที่มีความใส่ใจในสุขภาพของตนเองและใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อม จึงได้หันมาบริโภคอาหารอินทรีย์มากขึ้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มนี้ จึงทำให้เกิดการผลิตสัตว์ทางเลือกที่เรียกว่าปศุสัตว์อินทรีย์ (organic livestock)

จากรายงานการศึกษาฉบับล่าสุด ปี 2018 “The World of Organic Agriculture” และสหพันธ์เกษตรอินทรีย์นานาชาติ (IFOAM) แสดงถึงแนวโน้มที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่องของเกษตรอินทรีย์ อีกทั้งความต้องการของผู้บริโภคต่อสินค้าอินทรีย์กำลังเพิ่มขึ้น เกษตรกรหันมาทำเกษตรอินทรีย์มากขึ้น โดยพบว่ามีประเทศมากถึง 178 ประเทศทั่วโลกที่มีการทำเกษตรอินทรีย์ (สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์, 2018) โดยประเทศไทยก็เป็นอีกหนึ่งประเทศที่เริ่มมีการทำการเกษตรแบบอินทรีย์มากขึ้น โดยตลาดสินค้าอินทรีย์ในประเทศไทยนั้นจะเห็นได้ว่ามีมูลค่าสูงถึง 2,700 ล้านบาท แบ่งออกเป็นตลาดในประเทศประมาณ 800 ล้านบาท ตลาดส่งออกต่างประเทศ 1,900 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นมูลค่าส่งออก 0.07% ของมูลค่าตลาดโลก จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าตลาดสินค้าอินทรีย์ในประเทศไทยยังมีโอกาสขยายตัวไปได้อีกมาก (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2561) และมีโอกาสโตขึ้นได้อีกเรื่อยๆ ถึงแม้ว่าสัดส่วนของผู้บริโภคในประเทศจะยังไม่สูงมาก จากการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคของไทยต่อสินค้าอินทรีย์พบว่าผู้บริโภคจะตัดสินใจซื้อสินค้าอินทรีย์เนื่องจากเป็นสินค้าที่ปราศจากสารพิษ และมีความเข้าใจว่าการบริโภคสินค้าอินทรีย์ มีประโยชน์ต่อสุขภาพและมีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน (สมเกียรติ วงศ์ประเสริฐ และวิลาวรรณ์ เชื้อบุญ, 2561) ซึ่งผู้บริโภคมีความยินดีที่จะจ่ายเงินในการซื้อสินค้าเพิ่มสูงขึ้นถึง 20% หากมีฉลากสินค้าอินทรีย์ที่

ชัดเจน (Pracharuengwit et al. 2016) เนื่องจากการผลิตสัตว์แบบอินทรีย์ไม่มีการใช้ยาปฏิชีวนะหรือสารต้องห้ามใดๆ ในกระบวนการผลิต มีการป้องกันการปนเปื้อนในระหว่างการแปรรูป รักษาสมดุลของระบบนิเวศธรรมชาติ และคำนึงถึงสวัสดิภาพของสัตว์ (animal welfare) ได้แก่ การไม่เลี้ยงสัตว์หนาแน่นจนเกินไป และมีพื้นที่อย่างเพียงพอสำหรับให้สัตว์ออกกำลังกาย (free-range) เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยนั้น การผลิตปศุสัตว์อินทรีย์อยู่ในระหว่างการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เกิดรูปธรรมที่ชัดเจน โดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ออกข้อกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับเรื่องปศุสัตว์อินทรีย์ (มกอช., 2554) โดยมาตรฐานนี้ครอบคลุมระบบการผลิตปศุสัตว์อินทรีย์ในขั้นตอนการปฏิบัติในระดับเกษตรกร

การศึกษาเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่อินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยที่ทำอยู่ในประเทศแถบยุโรปและสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างจากประเทศไทย ดังนั้นการทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำการเกษตรแบบอินทรีย์ในประเทศไทยจึงเป็นเรื่องที่มีความน่าสนใจและจำเป็นที่จะต้องทำให้เกิดเป็นรูปธรรม เพื่อสร้างมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรและเป็นการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันและการพึ่งพาตนเองของสินค้าเกษตรให้เกิดขึ้นได้จริง โดยการทำการเกษตรแบบอินทรีย์ได้ถูกกำหนดไว้ในยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555-2559) ดังนั้นการวิจัยในเรื่องของการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่เป็นวิทยาศาสตร์ เพื่อรองรับการพัฒนารูปแบบหรือคุณภาพของสินค้าปศุสัตว์ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค อันจะส่งผลดีต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ (ที่มีศักยภาพในการลงทุน) ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าแล้ว ยังเป็นการเปิดช่องทางการตลาดใหม่ ที่ไม่ต้องไปแข่งขันโดยตรงกับบริษัทผู้ประกอบการรายใหญ่

2.2 การเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์

ปัจจุบันมาตรฐานปศุสัตว์อินทรีย์ของประเทศไทยมีการระบุถึงข้อกำหนดในการทำการปศุสัตว์แบบอินทรีย์ โดยการทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (organic agriculture) หมายถึงระบบจัดการการผลิตด้านการเกษตรแบบองค์รวมที่เกื้อหนุนต่อระบบนิเวศ รวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพ วงจรชีวภาพ โดยเน้นการใช้วัสดุธรรมชาติ หลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบจากการสังเคราะห์ และไม่ใช้พืช สัตว์ หรือจุลินทรีย์ที่ได้มาจากเทคนิคการดัดแปลงพันธุกรรม (genetic modification) มีการจัดการกับผลิตภัณฑ์โดยเน้นการแปรรูปด้วยความระมัดระวัง เพื่อรักษาสภาพการเป็นเกษตรอินทรีย์และคุณภาพที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ในทุกขั้นตอน (เกษตรอินทรีย์ เล่ม 1: การผลิต แปรรูป แสดงฉลาก และจำหน่าย ผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตร ปี 2557) ซึ่งจากมาตรฐานได้ระบุไว้ว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์จะต้องมีพื้นที่เลี้ยงไก่ทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน ซึ่งภายใน

โรงเรือนจะต้องมีความหนาแน่นไม่เกิน 20 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และมีพื้นที่ภายนอกหมุนเวียน 4 ตารางเมตรต่อตัว

อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงไก่อินทรีย์ต้องคำนึงถึงคุณภาพอาหารสัตว์ และควรใช้วัตถุดิบที่ผลิตจากฟาร์มตนเองมากที่สุด หรืออาจใช้วัตถุดิบจากพื้นที่อื่น แต่วัตถุดิบนั้นจะต้องมีกระบวนการในการผลิตที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของเกษตรอินทรีย์ หรือเป็นวัตถุดิบที่ได้มาจากธรรมชาติซึ่งพื้นที่ที่ปลูกจะต้องไม่เคยใช้ทำการเกษตรหรือไม่เคยใช้สารเคมีที่ห้ามใช้อย่างน้อย 3 ปี โดยผู้ผลิตต้องแสดงหลักฐานประกอบการพิจารณาต่อหน่วยรับรอง อาหารสัตว์ที่ใช้ต้องมีวัตถุดิบที่ผลิตในระบบเกษตรอินทรีย์ในปริมาณไม่ต่ำกว่า 65% ของวัตถุแห้ง (dry matter) หากกรณีที่ไม่สามารถจัดหาวัตถุดิบอาหารอินทรีย์ได้ 100% อาหารสัตว์ที่ใช้จะต้องมีวัตถุดิบที่ผลิตในระบบเกษตรอินทรีย์ในปริมาณไม่ต่ำกว่า 80% ของวัตถุแห้ง และต้องได้รับความเห็นชอบจากหน่วยงานรับรอง

ในเรื่องการจัดการด้านสุขภาพสัตว์ จะต้องคำนึงถึงการป้องกันโรค และการลดความเครียดเพื่อให้สัตว์แข็งแรง มีภูมิต้านทานโรคโดยธรรมชาติ หากสัตว์มีอาการเจ็บป่วย หรือได้รับบาดเจ็บให้เลือกใช้พืชสมุนไพร แร่ธาตุธรรมชาติ หรือการแพทย์ทางเลือก ก่อนจะใช้ยาแผนปัจจุบันหรือยาปฏิชีวนะ ขนาดของพื้นที่ในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์จะต้องเหมาะสมกับขนาดของฝูงและเพศของสัตว์ ให้สัตว์ได้อยู่สบาย เพียงพอให้สัตว์ได้เคลื่อนไหวตามธรรมชาติ และท้ายที่สุดหากมีของเสียเกิดขึ้นในฟาร์มจะต้องทำการจัดการของเสีย โดยไม่ให้กระทบต่อทรัพยากรดินและน้ำ และไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของไนเทรตและแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในดินและน้ำ เป็นต้น

2.3 ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อพฤติกรรมการจิกขน

พฤติกรรมการจิกขนคือการที่ไก่จิกขนไก่ตัวอื่นและดึงขนให้หลุดออกมา ทำให้ไก่ที่ถูกกระทำ เกิดความเจ็บปวด และพฤติกรรมดังกล่าวอาจพัฒนาไปสู่การกินเนื้อพวกเดียวกันได้ (McAdie and Keeling, 2000) จากการศึกษาด้านพฤติกรรมการจิกแบบก้าวร้าวจะพบในฝูงไก่ที่มีสายพันธุ์การเจริญเติบโตช้า เช่น ไก่ลูกผสมพื้นเมืองที่มีการเลี้ยงในระบบอุตสาหกรรมและเลี้ยงอย่างหนาแน่น ซึ่งส่งผลทำให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพซาก โดยมักจะพบพฤติกรรมการจิกขนแบบก้าวร้าวในฝูงไก่ขนาดเล็ก เพราะมีการจัดลำดับชั้นทางสังคม และจะไม่พบการจัดลำดับชั้นในฝูงที่มีขนาดใหญ่ (Nicol et al., 1999; Nicol et al., 2006) จากการศึกษาของ Campo et al. (2001) พบว่าความเครียดและความกลัวมีส่วนเกี่ยวข้องกับสาเหตุของการจิกขนในไก่ไข่ อย่างไรก็ตามลักษณะความเสียหายของขนไก่ สามารถที่จะแก้ไขหรือลดความเสียหายลงได้ โดยการลดความเครียดที่จะเกิดขึ้นกับไก่ เช่น ลดความหนาแน่น เพิ่มถาดน้ำถาดอาหารให้เพียงพอ เพิ่มการระบายอากาศ ตัดหญ้าและผักสดให้ไก่กิน และควรมีการคัดไก่ที่มีลักษณะด้อยออกจากฝูง เช่น ตัวเล็ก ผอม หรือสุขภาพไม่แข็งแรง เพราะจะทำให้ถูกไก่ตัวอื่นๆ จิกตลอดเวลา จากการรวบรวมเอกสารจึงมีความ

เป็นไปได้ที่ระบบการเลี้ยงไก่ที่เพิ่มพื้นที่ให้กับไก่อาจช่วยลดการเกิดพฤติกรรมการจิกขนแบบก้าวร้าว ซึ่งสามารถลดปัญหาการจิกกันตายได้

2.4 ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและการสะสมไขมันในช่องท้อง

จากการรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องถึงผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์หรือระบบการเลี้ยงแบบปล่อยต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต จากการศึกษาของ Wang et al. (2009) พบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมีน้ำหนักตัว และการสะสมไขมันในช่องท้องที่ต่ำกว่าไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือน ซึ่งสอดคล้องกับ Li et al. (2015) และ Li et al. (2017) ที่ทำการศึกษาในระบบการเลี้ยงแบบปล่อย และ Castellini et al. (2002) ที่ทำการศึกษาในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ทั้งนี้เนื่องจากไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมีพื้นที่ในการออกกำลังกาย ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มการเกิดเมทาบอลิซึมของไขมันภายในร่างกายและทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การลดการเก็บสะสมไขมันในช่องท้องได้ ในส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) จากการรวบรวมเอกสารพบว่าระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันมีผลต่อค่า FCR โดยมีมีบางการศึกษาที่พบว่าไก่ที่เลี้ยงแบบอินทรีย์มี FCR ที่เพิ่มสูงขึ้น (Castellini et al., 2002) จากการที่ไก่จะต้องมีการนำเอาสารอาหารและพลังงานจากอาหารไปในให้การดำรงชีวิตที่เพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวลดลง แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Yang et al. (2015) ให้ผลไปในทิศทางตรงกันข้าม โดยพบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยจะมีค่า FCR ต่ำกว่าไก่ที่เลี้ยงแบบขังในโรงเรือน ทั้งนี้อาจเนื่องจากไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมีการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดีและมีการดำรงชีวิตอย่างสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่ามีหลายปัจจัยเข้ามามีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ถึงแม้ว่าจะมีบางรายงานที่ให้ผลแตกต่าง แต่จากรายงานส่วนใหญ่มีผลไปในทางเดียวกันคือการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์มีผลในการลดการเจริญเติบโตในไก่ สัดส่วนการเก็บสะสมไขมันในช่องท้อง และอาจมีผลต่อความสามารถในการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวได้

จากการรวบรวมเอกสารในส่วนของสัดส่วนซากยังมีบางรายงานที่แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์สามารถเพิ่มสัดส่วนขององค์ประกอบซากได้ จากงานวิจัยของ Castellini et al. (2002) รายงานว่าไก่เนื้อที่เลี้ยงแบบอินทรีย์มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าการเลี้ยงแบบปกติ แต่มีเปอร์เซ็นต์ซาก เนื้ออก และเนื้อน่องสูงกว่า และมีไขมันช่องท้องต่ำกว่าการเลี้ยงแบบปกติ สอดคล้องกับ Lei and Van Beek (1997) ที่รายงานว่าการที่ไก่ได้ออกกำลังกายมากขึ้น ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์เนื้ออกเพิ่มขึ้น โดยปกติแล้วการออกกำลังกายสามารถช่วยเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อได้

ตารางที่ 2.1 ผลของระบบการเลี้ยงต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต การสะสมไขมันในช่องท้อง และการสะสมไขมันแทรกในเนื้อไก่

Raising system		BW (kg)	Feed intake (g/day)	AFP (%)	IMF (%)	FCR	References
Control		4,368.00[b]	-	2.9[b]	-	2.89[a]	Castellini et
Organic		3,614.00[a]	-	1.0[a]	-	3.29[b]	al. (2002)
Indoor		1,610.50[a]	-	6.50[a]	-	-	Wang et al.
Free-range		1,419.40[b]	-	3.01[b]	-	-	(2009)
Indoor	42 day	2,150.00	-	-	-	1.71	
Outdoor	42 day	2,110.00	-	-	-	1.69	Mikulski et
Indoor	65 day	3,990.00	-	2.39	-	2.76	al. (2011)
Outdoor	65 day	3,900.00	-	2.11	-	2.76	
Cage		2,984.70[a]	-	3.91	3.01[a]	-	
Indoor floor		2,853.20[a]	-	3.71	2.41[b]	-	Li et al.
Free-range		2,460.40[b]	-	3.35	2.87[ab]	-	(2015)
Cage		1,478.00	-	0.92	1.59	4.18[b]	
Indoor floor	Male	1,445.00	-	0.82	1.59	4.36[a]	
Free-range		1,434.00	-	0.73	1.51	4.21[b]	Yang et al.
Cage		1,194.00	-	2.49[a]	3.41	4.23[b]	(2015)
Indoor floor	female	1,189.00	-	1.70[b]	2.66	4.46[a]	
Free-range		1,236.00	-	0.90[c]	2.27	4.25[b]	
Cage		2,142.00[b]	111.45[a]	7.18[a]	3.02	3.07[b]	
Indoor floor		2,434.87[a]	104.91[b]	7.56[a]	2.76	3.16[a]	Li et al.
Free-range		2,089.47[b]	98.67[b]	5.26[b]	2.92	3.24[a]	(2017)

[a,b,c] Means within a column with different superscript letters differ significantly at $P<0.05$

BW = body weight; AFP = abdominal fat percentage; IMF = intramuscular fat content.

โดยจะเป็นการเพิ่มขนาดแบบ hypertrophy ซึ่งเป็นการเพิ่มขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อให้ใหญ่ขึ้นจากการซ่อมแซมร่างกายหลังเกิดการบาดเจ็บหรือออกกำลังกาย ซึ่งเป็นการทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งจากงานทดลองของ Yang et al. (2015) พบว่าการเลี้ยงไก่แบบปล่อยสามารถเพิ่ม

ขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อได้ซึ่งมีผลทำให้มีค่า shear force ที่สูงเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์จะสามารถเพิ่มขนาดของเส้นใหญ่กล้ามเนื้อและมีผลในการเพิ่มปริมาณสัดส่วนเนื้ออกและเนื้อสะโพกได้

2.5 ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อคุณภาพเนื้อ

จากรายงานการศึกษาเกี่ยวกับระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อคุณภาพเนื้อดังแสดงในตารางที่ 2.2 พบว่าการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีผลต่อค่า pH ในเนื้อ โดยมีผลทำให้ค่า pH ต่ำลง (Castellini et al., 2002) แต่อย่างไรก็ตามยังมีอีกหลายรายงานที่ทำการศึกษาในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยที่แสดงให้เห็นว่าระบบการเลี้ยงแบบปล่อยไม่มีผลต่อค่า pH ในเนื้อ (Wang et al., 2009, Michalczuk et al., 2017, Ying et al., 2017) ซึ่งโดยปกติแล้วค่า pH ที่ต่ำหรือสูงมีเหตุผลมาจากหลายปัจจัย แต่แน่นอนว่ามีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับปริมาณไกลโคเจนในเนื้อ โดยการที่กล้ามเนื้อมีค่า pH แตกต่างกัน เกิดจากความแตกต่างของปริมาณไกลโคเจนที่สะสมในเนื้อ ซึ่งเมื่อสัตว์ถูกฆ่าจะเกิดกระบวนการสลายไกลโคเจนออกมาได้เป็นกรดแลคติกและทำให้เนื้อมีความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งจากการรวมรวมเอกสารส่วนใหญ่จะให้เหตุผลไปในเรื่องของการที่ไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อย (free-range) ทำให้ตัวสัตว์มีการออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้นซึ่งมีผลต่อการเมทาบอลิซึม (metabolism) ในร่างกาย และทำให้มีอุณหภูมิในร่างกายสูงขึ้น (Lewis et al. 1997) ซึ่งมีผลกระทบต่อการลดค่า pH ในเนื้อได้ โดยในเนื้ออกจะมีอัตราการลดลงของ pH เร็วกว่าเนื้อสะโพก (Choi et al., 2016) ซึ่งจากการรวบรวมเอกสารยังมีบางรายงานที่พบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีผลทำให้ค่า pH ต่ำกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม (Castellini et al., 2002) และมีบางรายงานที่ให้ผลไปในทิศทางตรงกันข้าม (Alvarado et al., 2005) โดยปกติแล้วค่า pH ค่า drip loss และค่า Water holding capacity จะมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งจากรายงานของ Yang et al. (2015) พบว่ากลุ่มไก่โตช้าที่เลี้ยงในระบบปล่อยมีค่า drip loss ลดลง เมื่อเทียบกับไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือน ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมีการสูญเสียน้ำในเนื้อได้น้อยกว่า จากผลการทดลองดังกล่าวอาจมีผลมาจากการที่ไก่ในกลุ่มการเลี้ยงแบบปล่อยมีความหนาของเส้นใยกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งกล้ามเนื้อที่มีความหนาจะลดการสูญเสียน้ำได้ดีกว่าและทำให้คุณภาพของเนื้อดียิ่งขึ้นด้วย (Ismail and Joo, 2017) แต่อย่างไรก็ตามยังมีรายงานที่ทำการศึกษาในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ที่ให้ผลไปในทางตรงกันข้าม โดยแสดงให้เห็นว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงดังกล่าวมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ในเนื้อได้ลดลง แต่มีค่า shear force มากกว่า ซึ่งค่า shear force แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งเมื่อไก่มีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้นอาจส่งผลทำให้มีค่า shear force เพิ่มขึ้นได้ (Castellini et al., 2002) ซึ่งมีหลายรายงานที่ทำการศึกษาในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยแล้วให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน (Yang et al., 2015, Michalczuk et al., 2017, Ying et al.,

2017) โดยค่า shear force สามารถบ่งบอกถึงความเหนียวของเส้นใยกล้ามเนื้อได้และเป็นการตรวจวัดคุณภาพเนื้อที่สำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภค และนอกจากนี้ ค่า water hold capacity และค่า drip loss ยังมีความสัมพันธ์กันกับค่าการสูญเสียน้ำหลังจากปรุงสุก (cooking loss) ซึ่งจากการศึกษาในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์พบว่ามีรายงานที่ไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีค่า cooking loss สูงกว่าไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือน (Alvarado et al., 2005, Castellini et al., 2002) ซึ่งทั้งนี้จากที่ได้กล่าวไปข้างต้นจะเห็นมีปัจจัยหลายอย่างที่สามารถเข้ามามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ ซึ่งส่งผลทำให้ในงานทดลองบางงานให้ผลไปในทิศทางตรงกันข้าม จากการรวบรวมเอกสารจึงยังไม่สามารถไม่สามารถสรุปได้ว่าการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์จะสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อไก่ได้หรือไม่จึงต้องมีการทำการศึกษาในประเทศไทย ซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของ อาหาร อุณหภูมิ พันธุ์ ภูมิประเทศ เป็นต้น ที่แตกต่างออกไปจากการทำการศึกษาก่อนหน้านี้ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อคุณภาพเนื้อทั้งสิ้น

ตารางที่ 2.2 ผลของระบบการเลี้ยงแบบปล่อยที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อไก่

Raising system	pH	Drip loss (%)	Cooking loss (%)	WHC[1] (%)	Shear force (kg)	References
Control	5.98[b]	-	30.26[a]	55.26[a]	2.10[a]	Castellini et al. (2002)
Organic	5.80[a]	-	33.45[b]	53.17[b]	2.71[b]	
Commercial	5.72[b]	-	23.10[a]	-	4.42	Alvarado et al. (2005)
Organic free-range	5.96[a]	-	24.26[b]	-	4.98	
Indoor	5.75	-	-	55.18	3.57	Wang et al. (2009)
Free-range	5.56	-	-	56.90	3.22	
Indoor	-	2.88[a]	-	-	2.13[b]	Yang et al. (2015)
Floor pens indoor	-	2.13[b]	-	-	2.19[b]	
Free-range	-	2.29[b]	-	-	2.41[a]	
Indoor	5.77	-	-	11.87 (cm^2/g)	2.9225[b]	Michalczuk et al. (2017)
Outdoor	5.79	-	-	12.98 (cm^2/g)	3.0989[a]	
Free-range	5.90	-	-	78.16	3.55[bc]	Ying et al. (2017)
Cage	5.79	-	-	75.35	2.73[c]	
Indoor	5.84	-	-	77.72	4.26[ab]	

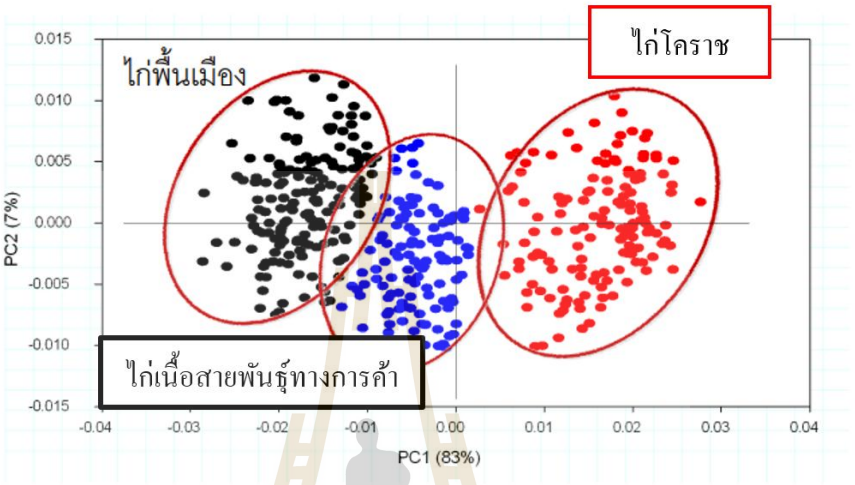
[a,b,c] Means within a column with different superscript letters differ significantly at $P<0.05$

[1] Water holding capacity

2.6 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อ

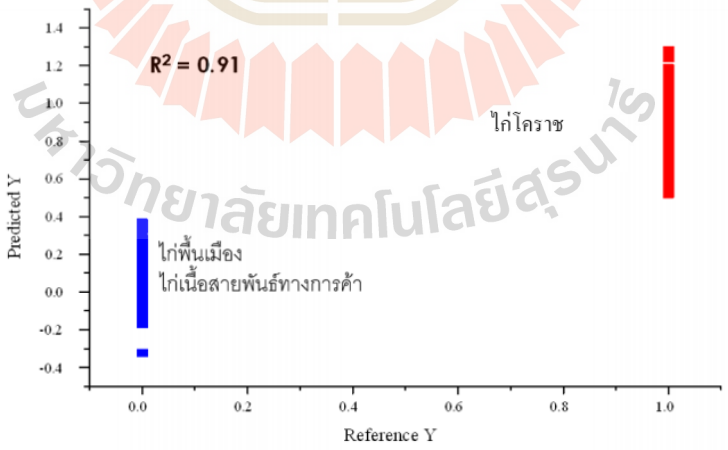
ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังมีความเชื่อมั่นว่าไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงที่สอดคล้องตามหลักสวัสดิภาพสัตว์และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจะมีผลทำให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพดีตามไปด้วย อันเนื่องมาจากการที่ไก่มีสุขภาพที่ดี ไม่เครียด (Sundrum, 2001) และนอกจากนี้ยังมีผู้บริโภคอีกเป็นจำนวนมากที่เลือกซื้อเนื้อไก่อินทรีย์เนื่องจากมีความเชื่อว่าเนื้อที่ได้จากระบบการเลี้ยงที่สัตว์สามารถเข้าถึงแปลงหญ้าได้จะทำให้เนื้อมีองค์ประกอบของสารอาหารที่มีประโยชน์อยู่สูงรวมถึงยังมีรสชาติที่อร่อยเป็นเอกลักษณ์ (Li et al., 2017) ซึ่งอิทธิพลที่ทำให้เนื้อไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์เปลี่ยนแปลงไปตามที่ได้กล่าวไปข้างต้นอาจเนื่องมาจากการทำงานร่วมกันของระบบการเลี้ยงและคุณสมบัติของสายพันธุ์ที่ใช้เลี้ยง เนื่องจากโดยปกติแล้วสายพันธุ์ที่เหมาะสมแก่การเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยและอินทรีย์คือไก่สายพันธุ์ที่มีลักษณะการเจริญเติบโตช้าหรือเป็นไก่พันธุ์พื้นเมือง ซึ่งมีความสามารถในการปรับตัวและทนต่อโรคได้มากกว่าไก่สายพันธุ์ทางการค้า นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการเข้าถึงแปลงหญ้าได้มากกว่า อันเนื่องมาจากพฤติกรรมทางพันธุกรรม จึงส่งผลทำให้ไก่สายพันธุ์พื้นเมืองหรือสายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตช้าได้รับสารอาหารจากธรรมชาติสูงกว่าไก่สายพันธุ์อื่นๆ (Branciari et al., 2009) และอาจส่งผลทำให้ไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์มีองค์ประกอบของสารอาหารในเนื้อที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงมีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ในแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งข้อมูลการวิเคราะห์ความแตกต่างขององค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อไก่โคราชจากการทำงานร่วมกันของโครงการวิจัยไก่โคราชและสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของไก่โคราชไว้ว่ามีลักษณะที่แตกต่างอย่างเห็นได้ชัดของสารชีวโมเลกุลในเนื้อไก่เมื่อเปรียบเทียบกับไก่สายพันธุ์ทางการค้า และไก่พื้นเมืองไทย ดังแสดงตามภาพที่ 2.1 และ 2.2 นอกจากนี้จากข้อมูลยังพบอีกว่าเนื้อไก่โคราชมีปริมาณของไขมัน และ คาร์โบไฮเดรตที่ต่ำกว่าไก่พื้นเมืองและไก่ทางการค้า อีกทั้งมีองค์ประกอบทางโปรตีนของเนื้อไก่โคราชยังมีความแตกต่างจากไก่ทั้งสองสายพันธุ์อย่างชัดเจน (SLRI Newsletter, 2013) ซึ่งวิธีการวิเคราะห์โดยใช้แสงซินโคตรอนถือเป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีความแม่นยำสูงและสามารถวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของตัวอย่างที่นำมาใช้ตรวจสอบได้ในระดับโมเลกุล โดยอาศัยหลักการเกี่ยวกับการสั่น (Vibration) ของโมเลกุลแสงอินฟาเรดช่วงกลาง (2.5-25 μm) มีความถี่ตรงกับความถี่การสั่นของพันธะโควาเลนซ์ในโมเลกุลของสาร นอกจากนี้แสงซินโครตรอนยังมีคุณสมบัติที่ให้ความเข้มและความสว่างจ้าของแสงสูงกว่าแหล่งกำเนิดแสงทั่วไปมาก จึงทำให้มีประโยชน์อย่างมากในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างที่มีขนาดเล็กมากๆ ของสารชีวโมเลกุล ซึ่งข้อมูลที่ได้จากเทคนิค Synchrotron FTIR microspectroscopy จะสามารถช่วยบอกการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ที่เป็นลักษณะสเปคตรัมของการดูดกลืนแสงอินฟาเรดในสารแต่ละชนิดและแสดงผล

ออกมาเป็นค่าสเปคตรัมที่บ่งบอกถึงสาร ชีวโมเลกุลดังแสดงในตารางที่ 2.3 จากความสามารถดังกล่าว จึงมีความน่าสนใจที่จะนำเอาเทคนิคดังกล่าวมาใช้ในการตรวจสอบความแตกต่างของเนื้อไก่ที่ได้จากระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อไก่ได้อย่างละเอียด



ภาพที่ 2.1 การจัดจำแนกไก่โคราชเทียบกับไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้าและไก่พื้นเมืองโดยใช้เทคนิค FTIR microspectroscopy ร่วมกับการทำ Multivariate data analysis

ที่มา : SLRI Newsletter (2013)



ภาพที่ 2.2 การสร้างฐานข้อมูลจากการจำแนกไก่โคราชเทียบกับไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้า และไก่พื้นเมือง โดยให้ค่าความถูกต้องที่ระดับ 91%

ที่มา : SLRI Newsletter (2013)

จากการรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่าการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์หรือแบบปล่อยสามารถแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางชีวเคมีหลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นโปรตีน คอลลาเจน และโดยเฉพาะองค์ประกอบประเภทไขมัน ซึ่งจากงานทดลองของ Sirri et al. (2010) พบว่าไก่สายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตช้าเมื่อถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์จะสามารถเก็บสะสมกรดไขมันชนิด n-3 PUFA ในเนื้อที่สูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ โดยเฉพาะกรดไขมัน n-3 PUFA สายยาวอย่าง Eicosapentaenoic acid (EPA; C20:5n-3), Docosapentaenoic acid (DPA; C22:5n-3) และ Docosahexaenoic acid (DHA; C22:6n-3) และมีสัดส่วนของกรดไขมันชนิด n-6/n-3 ที่ต่ำกว่าสายพันธุ์อื่นๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำงานร่วมกันระหว่างระบบการเลี้ยงและพันธุกรรม โดยพบว่าไก่สายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตช้า มีการทำงานของเอนไซม์ Δ5 และ Δ6-desaturase ที่สูงกว่าไก่สายพันธุ์อื่นที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์ จึงมีความสามารถในการเปลี่ยนกรดไขมัน α-linolenic acid (ALA; C18:3n-3) ที่ได้จากหญ้าไปเป็นกรดไขมัน n-3 PUFA สายยาวได้มากกว่าไก่สายพันธุ์อื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.4 ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวมีหน้าที่สำคัญในการเติมพันธะคู่ให้กับสายคาร์บอนอะตอมของกรดไขมัน โดย Δ6 และ Δ5 desaturases เป็น rate-limiting enzymes ในการสังเคราะห์กรดไขมันชนิด EPA และ DHA จากสารต้นคือ ALA ที่ได้จากการกินอาหาร (Cho et al., 1999; Cho et al. 1999; Tosi et al. 2014) รวมถึงการที่ไก่พื้นเมืองหรือไก่สายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตช้ามีความสามารถในการทนต่อความร้อนได้ และสามารถปรับตัวให้เหมาะกับการเคลื่อนไหวของร่างกายที่มากขึ้นได้มากกว่าไก่สายพันธุ์ทางการค้า จึงอาจสามารถช่วยลดการเกิด oxidation ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้กรดไขมัน n-3 PUFA ถูก oxidize และสูญเสียสภาพไปได้ (Soleimani et al., 2011) ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวจึงอาจแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่ไก่ที่มีการเจริญเติบเติบโตช้าเมื่อถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์จะสามารถพบความความแตกต่างขององค์ประกอบทางชีวโมเลกุลในเนื้อไก่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ประกอบประเภทไขมัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความสามารถทางพันธุกรรมร่วมด้วย ซึ่งจะต้องมีระบบการเลี้ยงที่เหมาะกับสายพันธุ์หรือเลือกสายพันธุ์ให้เหมาะกับระบบการเลี้ยงเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วง Wave number และองค์ประกอบทางชีวเคมี

Wave number (cm^{-1})	Molecular vibrations of functional groups	Functional groups marker	Biomolecule contributor
2955	C-H asymmetric stretching of –CH3	C-H	fatty acids
2930	C-H asymmetric stretching of >CH2	C-H	fatty acids
2870	C-H symmetric stretching of –CH3	C-H	fatty acids
2850	C-H symmetric stretching of >CH2	C-H	fatty acids
1740	>C=O stretching	C=O	lipid esters, triglyceride
1655	Amide I	C=O	α-helical structures of proteins
1637	Amide I	C=O	β-pleated sheet structures of proteins
1550-1520 1480-1575	Amide II band	C-N, N-H	proteins
1468	C-H deformation of >CH2	C-H	lipids proteins
1400	C=O symmetric stretching of COO- group	C=O	fatty acids
1310-1240 1229-1301	Amide III band	C-N, N-H	proteins
1200-900	C-O-C, C-O dominated by ring vibrations	C-O-C, C-O	Carbohydrate/glycogen

ที่มา: Santos et al. (2015), Davis and Mauer (2010)

จากการศึกษาหลายๆ งานวิจัยแสดงให้เห็นว่าไก่ที่ถูกเลี้ยงแบบอินทรีย์หรือแบบปล่อยมีผลต่อการลดปริมาณไขมัน ทั้งปริมาณไขมันในเนื้อ ในช่องท้อง และใต้ผิวหนัง และยังสามารถเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของกรดไขมัน n-3 PUFA ในเนื้อให้เพิ่มมากขึ้นได้ (Castellini et al., 2002) ซึ่งสามารถพบได้บ่อยครั้งที่เนื้อสัตว์ส่วนที่มีไขมันน้อยแต่มีกล้ามเนื้อมาก อย่างเช่นเนื้ออกของไก่มักมีสัดส่วนของกรดไขมันชนิด PUFA ที่สูง ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่ phospholipid ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ อุดมไปด้วยกรดไขมันชนิด n-3 PUFA โดยเฉพาะกรดไขมัน n-3 PUFA สายยาว C20 และ C22 (Elmore, et al. 1999, Castellini, et al. 2002, Sirri, et al. 2010) ซึ่งโดยปกติแล้วการเก็บสะสมกรดไขมัน n-3 PUFA จะถูกเก็บสะสมในรูปของ triglycerides ไว้ที่ droplets ซึ่งอยู่ภายใน

เซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานสำรองได้เช่นเดียวกันกับกรดไขมันชนิดอื่น และในรูปของ phospholipid ซึ่งถูกใช้เป็นโครงสร้างหลักของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยองค์ประกอบของ phospholipid ประกอบไปด้วย กลีเซอรอล (glycerol) 1 โมเลกุล กรดไขมัน (fatty acid) 2 โมเลกุล และกรดฟอสฟอริก 1 โมเลกุล ดังแสดงในภาพที่ 2.3 phospholipids ที่พบมากคือphosphatidylcholine, phosphatidylethanolamine, phosphatidylinositol, phosphatidylserine, sphingomyelin (Bruce et al., 1974; Gorski et al., 1999) (Bruce et al., 1974; Gorski et al., 1999) ซึ่งชนิดที่พบมากที่สุดในร่างกายคนและสัตว์คือ phosphatidylcholine โดยพบประมาณ 50% ของ phospholipids ทั้งหมด เป็นแหล่งเก็บสารโคลีน (choline) ในร่างกาย ซึ่งมีความสำคัญต่อการส่งสัญญาณประสาทในเซลล์ประสาท โดยกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของ phosphatidylcholine มักเป็น palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid และ arachidonic acid และเนื่องจากโดยปกติแล้วโครงสร้างของ phospholipids ที่ตำแหน่ง sn1 จะเชื่อมต่อกับกรดไขมันอิ่มตัว และ ตำแหน่ง sn2 จะเชื่อมต่อกับกรดไขมันไม่อิ่มตัว จึงแสดงให้เห็นว่ากรดไขมัน n-3 PUFA ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวสามารถสะสมได้ทั้งภายในเซลล์ และที่เยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ โดยความแตกต่างของความยาวและความอิ่มตัวของกรดไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์มีความสำคัญมาก เนื่องจากมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของเยื่อหุ้มเซลล์และการทำงานร่วมกันกับโปรตีนที่เยื่อหุ้มเซลล์ (Alberts et al., 1994) ซึ่งอาจส่งผลต่อ membrane fluidity, membrane enzymes, receptors, transport systems และ cell signaling ที่เกี่ยวข้องกับการเมทาบอลิซึมภายในเซลล์ได้ (Hulbert et al., 1999; Murphy et al., 1990; Spector et al., 1985) ซึ่งอาจสรุปได้ว่าถึงแม้เนื้อไก่บริเวณที่มีไขมันน้อยก็สามารถพบสัดส่วนของกรดไขมัน n-3 PUFA ที่สูงได้

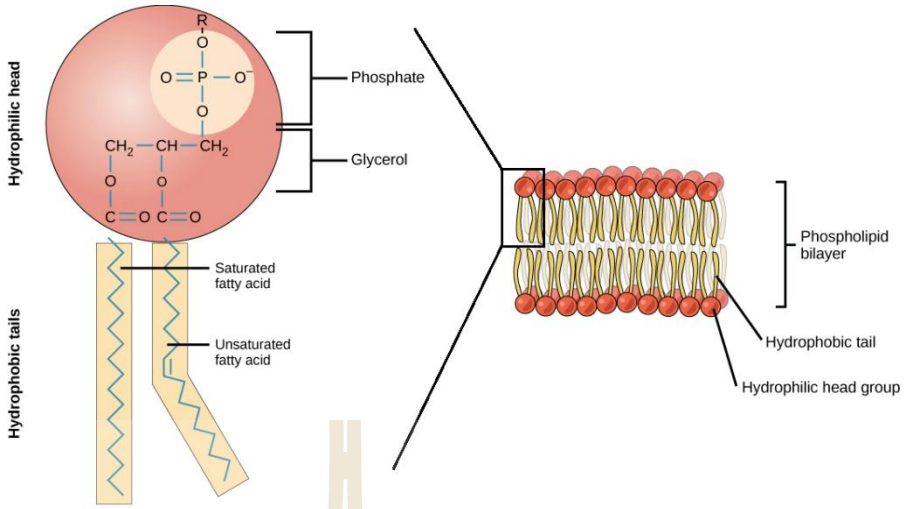
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 ค่าการประเมินปริมาณการทำงานของเอนไซม์ $\Delta 5$ และ $\Delta 6$-desaturase ในเนื้อไก่ที่มีสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน

Item	$\Delta 5+\Delta 6$-desaturase	References
Leghorn (mg/100 g of meat)	52.5[b]	Dal Bosco et al. (2012)
Ancona (mg/100 g of meat)	52.4[b]	
Crossbreed (Cornish x leghorn) (mg/100 g of meat)	23.6[a]	
Kabir (mg/100 g of meat)	28.0[a]	
Naked neck (mg/100 g of meat)	26.4[a]	
Ross (mg/100 g of meat)	23.5[a]	
Pooled SEM	4.75	
Slow-growing (g/kg)	20.2[a]	Sirri et al. (2010)
Medium-growing (g/kg)	15.8[b]	
Fast-growing (g/kg)	8.96[c]	
Slow-growing (g/100 g total FA)	5.26[a]	Boschetti et al. (2016)
Medium-growing (g/100 g total FA)	2.83[ab]	
Fast-growing (g/100 g total FA)	0.55[b]	

[a,b,c] Means within a column with different superscript letters differ significantly at $P<0.05$

นอกจากเรื่องของกรดไขมันแล้ว จากการรวบรวมเอกสารยังมีการศึกษาเพิ่มเติมที่พบว่าเนื้อไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์มีปริมาณโปรตีนและคอลลาเจนที่สูงขึ้น (Mikulski et al., 2011; Lin et al., 2014; Li et al. 2017) โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนในเนื้อมีความสัมพันธ์กันกับการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ เนื่องจากไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์สามารถออกสู่แปลงปล่อย ซึ่งถือเป็นการเพิ่มการเคลื่อนไหวหรือการออกกำลังกาย จึงอาจมีผลต่อการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อให้ใหญ่ขึ้นได้ ซึ่งจากรายงานของ Yang et al. (2015) และ Husak et al. (2008) แสดงให้เห็นว่าไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบปล่อยและอินทรีย์มีขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยการที่ไก่มีการเพิ่มขึ้นของโปรตีน แต่มีการสะสมไขมันที่ต่ำลงอาจเนื่องมาจากการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยและอินทรีย์ทำให้ไก่สามารถเข้าถึงแปลงหญ้า ซึ่งถือว่าเป็นการเพิ่มการออกกำลังกาย และมีผลโดยตรงในการลดการสะสมไขมัน รวมถึงไปกระตุ้นให้เกิดการสร้างกล้ามเนื้อแทนการสร้างไขมันได้ (Castellini et al., 2002; Fanatico et al., 2007)



ภาพที่ 2.3 องค์ประกอบของ phospholipid

ที่มา: https://www.khanacademy.org/science/biology/bacteria-archaea/prokaryote structure/v/bacteria

การเพิ่มขึ้นของการออกกำลังกายมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกล้ามเนื้อได้เช่นกันโดยสามารถแบ่งชนิดของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันออกเป็น 3 ชนิด คือ คอลลาเจน (collagen) อิลาสติน (elastin) และเรติคูลิน (reticulin) โดยคอลลาเจนเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีปริมาณมากที่สุด และมีผลต่อคุณภาพเนื้อในแง่ความนุ่มเหนียวของเนื้อ ดังนั้นเนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนที่สูง จึงมีระดับความเหนียวสูงขึ้นด้วย (Lawrie, 1991) ปริมาณของเส้นใยคอลลาเจนจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมของตัวสัตว์ โดย Lin et al. (2014) รายงานว่าการทำงานของกล้ามเนื้อในร่างกายที่เพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะกล้ามเนื้อที่มีการทำงานหนักและทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักมากๆ จะมีปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสูง และมีผลต่อความเหนียวที่สูงขึ้นตามไปด้วย

2.7 ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อการเมทาบอลิซึมของไขมัน การเก็บสะสมไขมัน และคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่

จากการรวบรวมเอกสารข้างต้นจะเห็นได้ว่าองค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างเห็นได้ชัดคือองค์ประกอบประเภทไขมัน โดยพบว่าการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์สามารถส่งผลทำให้ในเนื้อไก่มีไขมันต่ำ แต่มีสัดส่วนของกรดไขมัน n-3 PUFA ที่สูงขึ้นได้ และยังสามารถลดอัตราส่วนของกรดไขมัน n-6/n-3 ในไก่พื้นเมืองไทยได้อีกด้วย (Molee et al., 2012) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของนักวิจัยท่านอื่นก็พบว่าให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.5 โดยพบว่าการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมีผลทำให้มีการสะสมกรด

ไขมัน n-3 PUFA ในเนื้อสูงขึ้น โดยเฉพาะกรดไขมัน n-3 PUFA สายยาวที่มี C20 และ C22 อย่าง EPA DPA และ DHA และยังพบอีกว่ามีแนวโน้มการสะสมเพิ่มมากขึ้นหากมีการกินหญ้าในปริมาณที่มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามยังมีบางการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นว่าระบบการเลี้ยงแบบปล่อยและอินทรีย์ให้ผลต่อการเก็บสะสมชนิดของกรดไขมันที่ต่างกัน โดยพบว่าไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีผลทำให้เนื้อไก่มีการเก็บสะสมกรดไขมัน n-3 PUFA สูงที่สุด (Husak et al. 2008) ซึ่งสอดคล้องกับการเลี้ยงไก่ที่มีการเจริญเติบโตช้าในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ของ Sirri et al. (2010) โดยพบว่าไก่ที่มีการเจริญเติบโตช้าเมื่อถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงดังกล่าวมีการเก็บสะสมไขมัน n-3 PUFA สูงกว่าไก่สายพันธุ์อื่น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยจากการควบคุมมาตรฐานการเลี้ยงไก่อินทรีย์เข้ามามีอิทธิพลหลักต่อการแสดงออกของลักษณะดังกล่าว โดยระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์จะมีการกำหนดมาตรฐาน ระยะเวลาในการเลี้ยง รวมถึงสายพันธุ์ที่แนะนำตามมาตรฐานที่ได้ตั้งไว้ในแต่ละประเทศ ซึ่งในประเทศไทยเองก็ได้มีการกำหนดไว้เช่นกัน ซึ่งตามมาตรฐานการทำปศุสัตว์อินทรีย์ ปี 2554 ได้กำหนดไว้ว่าสายพันธุ์ที่เหมาะแก่การนำมาใช้เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์คือ ไก่สายพันธุ์ที่สามารถปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี รวมถึงจะต้องมีความสามารถในการต้านทานโรคได้ดี ดังนั้นไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์จึงควรที่จะเป็นไก่สายพันธุ์พื้นเมือง หรือลูกผสมพื้นเมืองซึ่งมีการเจริญเติบโตช้า และมีความทนต่อโรคได้ดี ซึ่งจากลักษณะทางพันธุกรรมอาจมีผลในการเพิ่มพฤติกรรมการเข้าถึงแปลงหญ้า ซึ่งอาจส่งผลทำให้การเก็บสะสมไขมัน n-3 PUFA ในเนื้อสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไก่สายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตปานกลาง และเร็ว ซึ่งจากการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ได้ทำการเปรียบเทียบการเลี้ยงไก่ที่มีการเจริญเติบโตช้า ปานกลาง และเร็ว ในระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ พบว่าระบบการเลี้ยงดังกล่าวมีผลทำให้การเก็บสะสมกรดไขมัน n-3 PUFA โดยเฉพาะกรดไขมัน arachidonic acid, eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid และ docosapentaenoic acid ในเนื้ออกของไก่ที่มีการเจริญเติบโตช้าสูงกว่าไก่ที่มีการเจริญเติบโตปานกลางและเร็ว (Sirri et al., 2010)

นอกจากคุณสมบัติทางพันธุกรรมที่ได้กล่าวไปข้างต้นแล้ว การเปลี่ยนแปลงไปของการเก็บสะสมไขมันรวมในร่างกายของไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อย หรืออินทรีย์อาจได้รับอิทธิพลที่มาจากปัจจัยจากภายนอกหลายปัจจัย ซึ่งอาจทำให้เกิดความแตกต่างขึ้นต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพของเนื้อ และการสะสมไขมันในเนื้อไก่ได้ ไม่ว่าจะเป็นการขึ้นลงของอุณหภูมิในระหว่างวัน ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการกินได้ของตัวไก่ และอาจส่งผลต่อระดับสมดุลพลังงาน ที่มีผลต่อทั้งการเจริญเติบโต และการเก็บสะสมไขมันในเนื้อไก่ได้ (Li et al., 2015; Yang et al., 2015) และยังรวมถึงการที่ไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยและอินทรีย์สามารถเข้าถึงแปลงหญ้า ซึ่งส่งผลทำให้การทำกิจกรรมในระหว่างวันของไก่เพิ่มมากขึ้นและส่งผลในการลดการสะสมไขมันในตัวไก่ได้เช่นกัน โดยจากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยสามารถส่งผล

ต่อการเปลี่ยนแปลงเมทาบอลิซึมของไขมันได้ โดยผ่านการทำงานของ AMPK (5'-adenosine mono-phosphate-activated protein kinase gene) โดย AMPK มีหน้าที่เป็น metabolic sensor ในการควบคุมการเมทาบอลิซึมในร่างกายและเป็นตัวคอยควบคุมให้เกิดความสมดุลของพลังงาน โดยในสภาวะที่ร่างกายมีพลังงานที่ต่ำจะมีผลในการกระตุ้นให้เกิดการทำงานของ AMPK และมีผลในการเพิ่มการนำ glucose เข้าสู่เซลล์, glycolysis, mitochondrial biogenesis และ fatty acid oxidation แต่ในทางกลับกันมีผลในการลดการสังเคราะห์ไขมัน ไกลโคเจน โปรตีน และสเตอรอล (Srivastava et al., 2012) จึงอาจแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางชีวเคมีได้ โดยเฉพาะต่อปริมาณการสะสมไขมัน ผ่านการควบคุมของ AMPK ดังแสดงในภาพที่ 2.4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า AMPK สามารถควบคุมการเมทาบอลิซึมของไขมันได้โดยผ่านการควบคุมการทำงานของโปรตีนหรือเอนไซม์หลายตัวที่เกี่ยวข้องกับการเมทาบอลิซึมของไขมัน โดยหากร่างกายไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์เกิดความไม่สมดุลของระดับสมดุลพลังงานมากกว่าในไก่ที่เลี้ยงแบบปกติอาจส่งผลทำให้การทำงานของ AMPK สูงขึ้น และมีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์และสะสมไขมันได้

นอกจากการทำงานของ AMPK ที่มีผลต่อการเมทาบอลิซึมของร่างกายแล้ว ฮอร์โมน insulin ก็ถือว่ามีความสำคัญต่อการเมทาบอลิซึมของพลังงานในร่างกายไก่เช่นกัน โดยมีผลในการกระตุ้นให้เกิดการนำเข้าน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่เซลล์และยังมีผลต่อการสังเคราะห์ไขมันอีกด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.5 โดยไก่ที่ถูกเลี้ยงแบบอินทรีย์จะถูกให้อาหารเพียงเวลาช่วงเช้าและเย็นเท่านั้น แต่ในระหว่างวันไก่จะถูกปล่อยเข้าสู่แปลงหญ้า ซึ่งถือว่าอาจเป็นจุดต่างที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงการเมทาบอลิซึมในร่างกาย เนื่องจากว่าการเพิ่มกิจกรรมในระหว่างวัน แต่ถูกจำกัดการเข้าถึงอาหารอาจส่งผลต่อระดับสมดุลพลังงานและการลดการหลั่งของ insulin ลงได้ เมื่อเทียบกับการเลี้ยงแบบ conventional โดยกลไกการทำงานของ insulin ต่อการควบคุมการสังเคราะห์ไขมันนั้นพบว่ามีผลผ่านการควบคุมการทำงานของ transcription factors ที่สำคัญ คือ SREBP-1c (Tebbey et al., 1994; Sessler et al., 1996; Howell et al., 2009; วรางคณา, 2553) โดยจากภาพที่ 2.4 จะแสดงให้เห็นว่า SREBP-1c สามารถควบคุมการทำงานของเอนไซม์หลายตัวที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ไขมันได้ โดยการศึกษาการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์พบว่ามีผลในการลดการทำงานของ SREBP-1c ลง และมีผลในการลดการสังเคราะห์ไขมัน รวมไปถึงการสะสมไขมันใต้ผิวหนังและในช่องท้องลงเช่นเดียวกัน (Li et al., 2015) ซึ่งสอดคล้องกับกลไกการทำงานของ AMPK โดยจะมีการทำงานก็ต่อเมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะไม่สมดุลของพลังงาน โดยการทำงานของ AMPK ที่สูงขึ้นจะยับยั้งการทำงานของ SREBP-1 (Srivastava et al., 2012) จึงอาจแสดงให้เห็นว่าระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีผลต่อการสังเคราะห์ไขมัน และส่งผลทำให้เนื้อไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีไขมันที่ต่ำกว่าระบบการเลี้ยงปกติ

ตารางที่ 2.5 ผลของระบบการเลี้ยงต่อ total lipids (mg/g of meat) และ fatty acid composition (%wt/wt) ในเนื้อไก่

References	**Ponte et al. (2008a)**								**Molee et al. (2012)**					
	No pasture			**Pasture**			**P**	**R**	**Control**		**Free-range**		***P*-value**	
Item	**100**	**75**	**50**	**100**	**75**	**50**			**Breast**	**Thigh**	**Breast**	**Thigh**	**Breast**	**Thigh**
Total lipids	9.15	7.77	7.45	8.57	7.18	7.20	NS	***						
C18:3n-3	0.45	0.41	0.38	0.42	0.50	0.54	NS	NS						
C20:5n-3	0.19	0.22	0.24	0.25	0.30	0.36	***	***	-	-	-	-	-	-
C22:5n-3	0.81	0.90	0.98	1.03	1.09	1.30	***	***	-	-	-	-	-	-
C22:6n-3	1.09	1.27	1.47	1.52	1.49	1.73	***	**	-	-	-	-	-	-
Partial sums														
SFA	38.0	37.8	37.9	36.0	37.8	37	NS	NS	31.39	27.73	31.74	26.97	0.77	0.52
MUFA	28.6	26.8	24.7	29.2	26.4	22.7	NS	***	19.97	33.97	20.85	33.26	0.73	0.52
PUFA	33.4	35.4	37.4	34.8	35.8	40.3	NS	***	48.62	38.30	47.41	39.81	0.49	0.39
n-3	2.56	2.82	3.08	3.26	3.42	3.97	***	***	3.25	1.97	4.46	2.48	0.04	0.34
n-6	30.8	32.6	34.3	31.6	32.4	36.3	NS	***	44.99	35.96	42.24	32.65	0.03	0.03
Ratios														
PUFA/SFA	0.88	0.94	0.99	1.0	0.95	1.1	NS	NS	-	-	-	-	-	-
n-6/n-3	12.0	11.6	11.2	9.75	9.57	9.31	**	NS	21.03	20.31	10.43	15.44	0.04	0.04

[a,b,c] Means within a row with different superscript letters differ significantly at $P<0.05$ NS = $P>0.05$; *$P<0.05$; **$P<0.01$; ***$P<0.001$. NP = Non-pasture; P = Pasture; R = feed restriction; P = pasture, P × R = interaction between pasture intake and feed restriction. SFA = Saturated fatty acid; MUFA = Monounsaturated fatty acid; PUFA = Polyunsaturated fatty acid; P:S = polyunsaturated:saturated fatty acids ratio; TrP = Trifolium repens; TsP = Trifolium subterraneu

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

References		**Ponte et al. (2008a)**			**Husak et al. (2008)**		
Item	**With forage**	**Without forage**	***P*-value**	**Organic**	**Free range**	**Conventional**	**± SEM**
Total lipids	3.64	3.96	0.224				
C18:3n-3	0.52	0.50	0.318	-	-	-	-
C20:5n-3	0.19	0.14	0.004	-	-	-	-
C22:5n-3	0.54	0.42	0.010	-	-	-	-
C22:6n-3	0.43	0.31	0.007	-	-	-	-
Partial sums							
SFA	32.54	31.98	0.102	30.14^{a}	32.46^{b}	32.31^{c}	0.30
MUFA	15.66	17.60	0.773	31.67^{a}	38.82^{b}	39.13^{c}	0.87
PUFA	34.07	31.75	0.020	38.19^{a}	28.72^{b}	28.57^{b}	0.78
n-3	1.70	1.39	0.001	3.92^{a}	2.93^{b}	1.93^{c}	0.14
n-6	31.32	29.72	0.094	34.28^{a}	25.79^{b}	26.64^{b}	0.67
Ratios							
PUFA/SFA	1.05	0.99	0.036	-	-	-	-
n-6/n-3	18.53	21.62	0.001	-	-	-	-

^{a,b,c} Means within a row with different superscript letters differ significantly at $P<0.05$ NS = $P>0.05$; *$P<0.05$; **$P<0.01$; ***$P<0.001$. NP = Non-pasture; P = Pasture; R = feed restriction; P = pasture, P × R = interaction between pasture intake and feed restriction. SFA = Saturated fatty acid; MUFA = Monounsaturated fatty acid; PUFA = Polyunsaturated fatty acid; P:S = polyunsaturated:saturated fatty acids ratio; TrP = Trifolium repens; TsP = Trifolium subterraneu

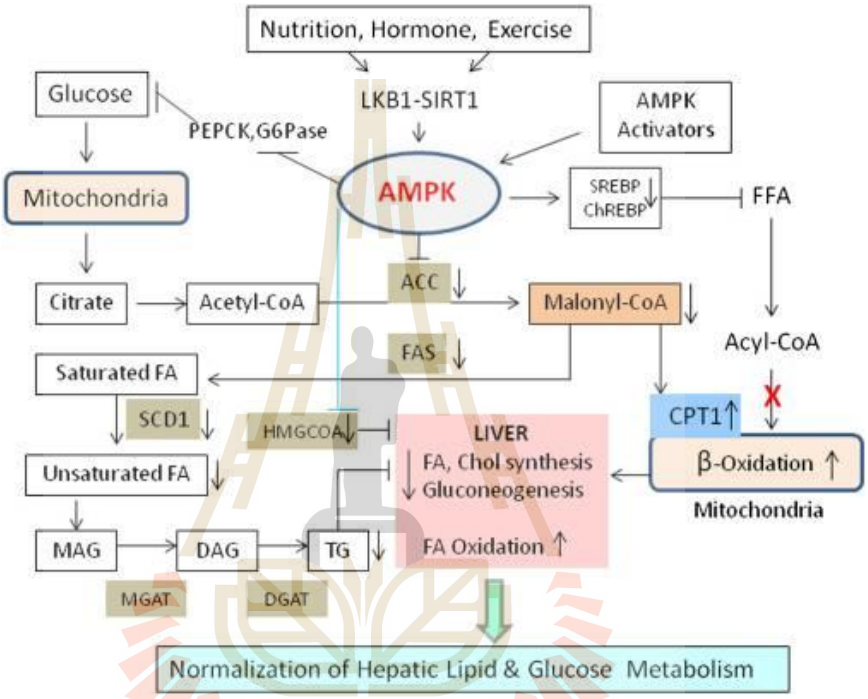
ตารางที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของ Insulin ที่มีผลต่อการไกลโคลิซิส และการสังเคราะห์ไขมัน

	Insulin
Genes	
Glucokinase	Increase
L-Pyruvate kinase	Increase
Phosphoenolpyruvate carboxykinase	Decrease
Insig-2	Decrease
Fatty acid synthesis	
De-novo lipogenesis	Increase
PUFA synthesis	Increase
Transcription factors	
Nuclear SREBP-1	Increase
Nuclear ChREBP and MLX	Increase
Cell signaling pathways	
Akt phosphorylation (Activates)	Increase
AMPK phosphorylation (Activates)	Decrease
Erk1/2 phosphorylation (Activates)	Increase
Gsk-3β phosphorylation (Inhibits)	Increase

ที่มา: Jump (2008)

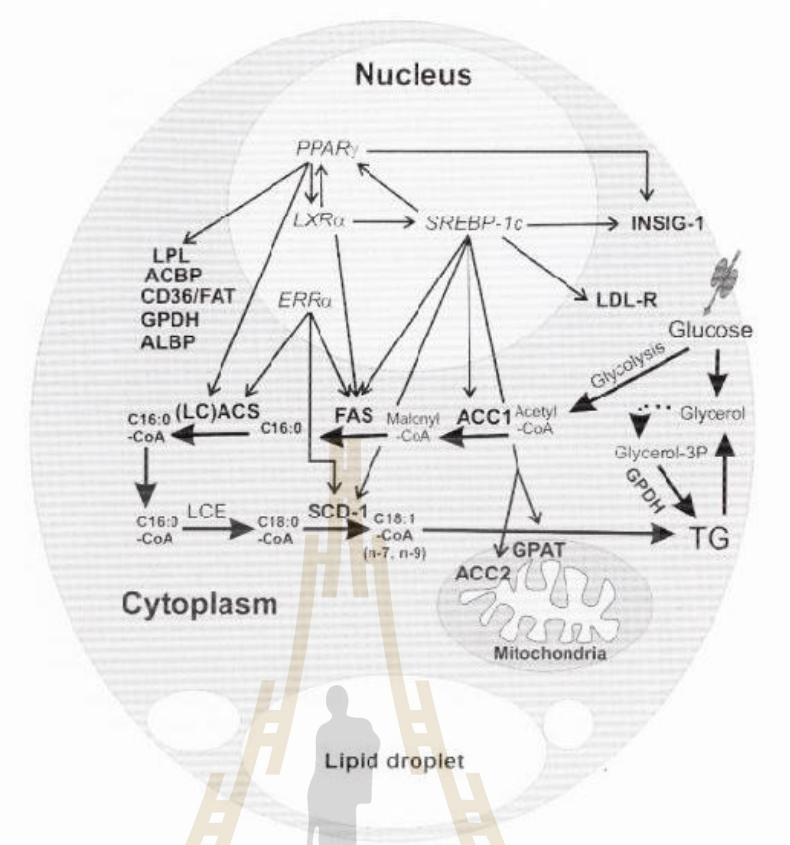
การเข้าถึงแปลงหญ้าเป็นตัวแปรสำคัญต่อการเปลี่ยนการเมทาบอลิซึมของร่างกายไก่ และยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่ได้ ซึ่งหญ้าเป็นแหล่งของกรดไขมัน n-3 PUFA อย่าง α-linolenic acid (ALA) โดยจากการศึกษาของ Ponte et al. (2008b) ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบไขมันของทุ่งหญ้าผสมถั่ว Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) x balansa clover (*Trifolium michelianum*) โดยพบว่า มีกรดไขมันรวมอยู่ประมาณ 6.89 mg/g DM ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิด ALA (18:3 n-3) อยู่ถึง 39.28% และพบว่าเมื่อไก่ได้บริโภคเข้าไปในปริมาณ 11.1% ของการกินได้รวม มีผลทำให้การเก็บสะสมกรดไขมันชนิด n-3 PUFA อย่าง EPA, DPA และ DHA ในเนื้ออกมีประมาณที่สูงขึ้น ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับการศึกษาการเข้าถึงทุ่งหญ้า subterranean clover *(Trifolium subterranean)* หรือ white clover (*Trifolium repens)* ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อย แต่อย่างไรก็ตามการกินหญ้าที่ต่ำกว่า 5% DM จะไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบของกรด

ไขมันในเนื้อไก่ที่ถูกเลี้ยงด้วยระบบการเลี้ยงแบบปล่อย (Ponte et al. 2008c) ซึ่งเมื่อมีการขนส่งกรดไขมัน n-3 PUFA เข้าสู่เซลล์ กรดไขมันจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันสายยาว ดังแสดงในภาพที่ 2.6 โดยผ่านการทำงานร่วมกันของเอนไซม์หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็น Elongase 2 5 และ $\Delta 5$ $\Delta 6$-desaturase ดังนั้นจึงอาจเป็นเหตุผลที่ทำให้เนื้อไก่ที่ได้จากระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีสัดส่วนของกรดไขมันชนิด n-3 PUFA อยู่สูงกว่าไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอื่น



ภาพที่ 2.4 กลไกการเมทาบอลิซึมของน้ำตาลกลูโคสและไขมันในร่างกายเมื่อถูกกระตุ้นจากอาหาร ฮอร์โมน และการออกกำลังกาย

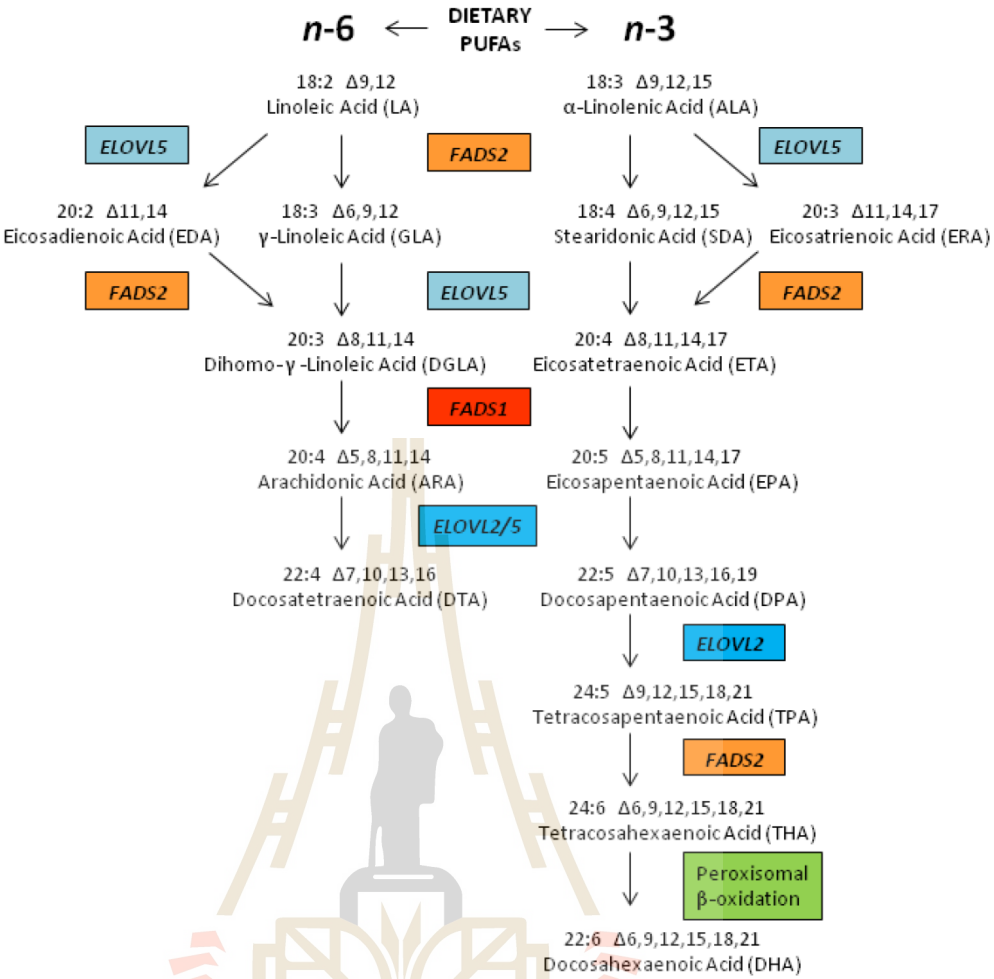
ที่มา: Srivastava et al. (2012)



ภาพที่ 2.5 การควบคุมการแสดงออกของยีนในเซลล์ไขมัน (adipocytes)

ที่มา: วรางคณา, (2553)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 2.6 กลไกการเมทาบอลิซึมของกรดไขมัน n-6 และ n-3 PUFA

ที่มา: Chilton et al. (2014)

การศึกษาถึงผลของปริมาณคอเลสเตอรอลมีความสำคัญคือ เป็นโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์และเซลล์ประสาท นอกจากนี้คอเลสเตอรอลยังเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารสเตอรอยด์ชนิดอื่นๆ เช่น น้ำดี วิตามินดี และฮอร์โมนจำพวกสเตอรอยด์ เป็นต้น เนื่องจากร่างกายสามารถสังเคราะห์คอเลสเตอรอลได้ ดังนั้นปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหารจึงไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับคอเลสเตอรอลในเลือดโดยตรง ซึ่งจากการรวบรวมเอกสารมีการอธิบายไว้ถึงความสัมพันธ์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับปริมาณคอเลสเตอรอล โดยการกินอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะสามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลได้ เนื่องจากความสามารถของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในการไปกระตุ้นให้มีการกำจัดคอเลสเตอรอลในลำไส้โดยทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เปลี่ยนคอเลสเตอรอลไปเป็นเกลือน้ำดี นอกจากนั้นยังมีผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของคอเลสเตอรอลจากพลาสมาเข้าไปในเนื้อเยื่อ เพราะกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีผลต่อการนำคอเลสเตอรอลเข้าสู่เซลล์ จึงทำให้มีการ

สลายตัวของ LDL เพิ่มขึ้น (Woollett and Dietschy, 1994) จึงอาจเป็นไปได้ว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์จะมีปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อต่ำกว่าในไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือน นอกจากที่แปลงหญ้าจะเป็นแหล่งของกรดไขมัน ALA แล้ว ยังเป็นแหล่งของ tocopherols และ tocotrienols ซึ่งถือเป็นสาร antioxidant ที่มีประสิทธิภาพชนิดหนึ่ง (Kerry et al., 2000) ซึ่ง Tocotrienols สามารถลดระดับปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดได้ (Qureshi et al., 1997) แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Ponte et al. (2008c) ที่ทำการศึกษาในไก่ RedBro Cou Nu x RedBro M เกี่ยวกับสัดส่วนการกินได้ของ *Trifolium subterraneum* ซึ่งเป็นพืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่งกับอาหารทางการค้า โดยพบว่าไก่ที่ได้กินพืชตระกูลถั่วมีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคอเลสเตอรอล และให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับ Ponte et al. (2008b) ที่ไม่พบความแตกต่างในไก่ที่ได้กินหญ้าในประมาณ 11.1% ของการกินได้ และไก่ในกลุ่มไม่ได้กินหญ้า แต่อย่างไรก็ตามจากรายงานการศึกษาที่ได้กล่าวไป ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อ เนื่องจากในงานทดลองมีการวัดปริมาณหญ้าที่ให้ไก่กินโดยการตัดแล้วจึงนำมาให้ไก่กิน ซึ่งตัวไก่ไม่ได้เข้าถึงแปลงหญ้าด้วยตัวเองเหมือนกับที่ไก่ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยหรืออินทรีย์สามารถเข้าถึงได้ จึงควรที่จะมีการศึกษาถึงผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่

2.8 ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อลักษณะสีของผิวหนังและสีของเนื้อ

เป็นที่ทราบกันดีว่าหญ้าและต้นพืช มีรงควัตถุที่อยู่ในคลอโรพลาสต์หลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์ แคโรทีนนอยด์ เป็นต้น ทำหน้าที่ในการจับพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เมื่อไก่ได้รับหญ้าเป็นอาหารเสริม ก็จะได้รับรงควัตถุที่อยู่ในพืชไปด้วย ทำให้เกิดการสะสมของรงควัตถุซึ่งเป็นสารสีในผิวหนังของไก่เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานศึกษาของ Castellini et al. (2002) และ Husak et al. (2008) โดยพบว่าไก่ที่เลี้ยงแบบอินทรีย์มีสีเนื้อและสีผิวหนังที่เหลืองและแดงกว่าไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือน โดยค่าสีแดงที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากรงควัตถุที่ให้สีแดงของเนื้อสัตว์ ได้แก่ ไมโอโกลบินซึ่งพบมากในกล้ามเนื้อ และฮีโมโกลบินซึ่งพบมากในเลือด ในกระบวนการขนส่งออกซิเจนมายังกล้ามเนื้อ รงควัตถุทั้งสองชนิดนี้มีหน้าที่รับออกซิเจนไว้ใช้สำหรับเมทาบอลิซึมของสัตว์ โดยฮีโมโกลบินจะทำหน้าที่ในการพาออกซิเจนไปตามเส้นเลือดไปสู่อวัยวะต่างๆ ส่วนไมโอโกลบินทำหน้าที่รับออกซิเจนจากฮีโมโกลบินเพื่อใช้ในการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ ซึ่งกล้ามเนื้อในแต่ละมัดจะมีความเข้มของสีแตกต่างกัน เช่น กล้ามเนื้อที่อยู่บริเวณสะโพกหรือน่องจะมีสีแดงเข้มกว่ากล้ามเนื้อที่บริเวณส่วนอก เนื่องจากเป็นกล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวมากทำให้ต้องมีการขนส่งเลือดมาหล่อเลี้ยงสูงกว่าบริเวณอื่น เพื่อขนส่งออกซิเจนมายังกล้ามเนื้อเพื่อใช้ในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ จึงมีความเป็นไปได้ที่ไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการ

เลี้ยงแบบอินทรีย์จะมีสีเนื้อและสีหนังที่มีสีเหลืองและแดงกว่าไก่ในระบบการเลี้ยงที่ไม่สามารถเข้าถึงแปลงหญ้าได้

2.9 ผลของระบบการเลี้ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสัดส่วน heterophils และ lymphocytes (H/L)

การวัดค่าสัดส่วน H/L ถือเป็นวิธีการมาตรฐานในการใช้ตรวจวัดความเครียดได้เนื่องจากปัญหาของการเลี้ยงไก่อย่างหนาแน่นในปัจจุบัน ที่มีการจัดการให้มีความหนาแน่นในโรงเรือนถึงประมาณ 30-42 kg BW/m^2 (Dawkins et al., 2004) ซึ่งจากสภาพการเลี้ยงที่หนาแน่นดังกล่าวสามารถส่งผลทำให้เกิดความเครียดแก่ตัวสัตว์ได้ และสามารถนำไปสู่การเกิดอนุมูลอิสระ (free radicals) และปฏิกิริยา lipid oxidation ที่เยื่อหุ้มเซลล์ในร่างกายมากขึ้น (Manoli et al., 2004) ซึ่งสามารถก่อให้เกิดความเสียหายกับเซลล์เป็นจำนวนมาก และสามารถก่อให้เกิดการอักเสบได้ในที่สุด อีกทั้งความเครียดยังเพิ่มการหลั่งฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอโรน (corticosterone) (Frankel, 1970) ซึ่งมีผลในการยับยั้งการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายและทำให้การเจริญเติบโตช้าลง (Tankson et al., 2001) การเพิ่มขึ้นของระดับ heterophil ต่อ lymphocyte (H/L) เป็นตัวดัชนีบ่งชี้ถึงความเครียดในไก่ (Gross and Seigel, 1983) เมื่อไก่เกิดความเครียด ฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอโรนที่อยู่ในชั้นต่อมหมวกไตส่วนนอก (adrenal cortex) จะถูกปล่อยเข้าสู่กระแสเลือด (Richard, 1998) กลูโคคอร์ติคอยด์ (glucocorticoid) มีผลทำให้เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ (lymphocyte) ลดลง (Harmon, 1998) และเพิ่มระดับของเม็ดเลือดขาวชนิดเฮเทอโรฟิล (heterophil) เข้าสู่กระแสเลือด (Jain, 1993) ซึ่งการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Shini (2003) พบว่าไก่ไข่ที่ถูกเลี้ยงในระบบกึ่งขังกึ่งปล่อยมีสัดส่วนของ H/L ที่ลดลง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัยและการเก็บข้อมูล

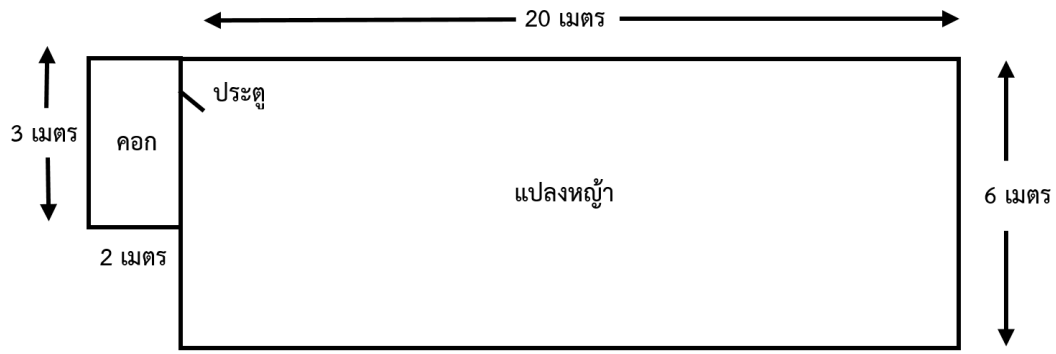
3.1 สัตว์ทดลองและการจัดการสัตว์ทดลอง

ใช้ไก่โคราชคละเพศ อายุ 1 วัน จำนวน 360 ตัว โดยสุ่มไก่เข้าการทดลองตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แบ่งไก่ออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 6 ซ้ำๆ ละ 30 ตัว สุ่มไก่ทดลองเข้า treatment ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (ใช้วิธีการเลี้ยงแบบปกติ ตามรูปแบบทางการค้า)

กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่เลี้ยงแบบอินทรีย์ โดยยึดหลักตามมาตรฐาน มกอช. (2554)

โดยไก่ทดลองทั้งสองกลุ่ม ถูกเลี้ยงแบบปล่อยพื้นในคอก โดยมีความหนาแน่นโรงเรือน 5 ตัวต่อตารางเมตร ส่วนไก่ในกลุ่มที่ 2 เป็นการจัดการแบบอินทรีย์ มีพื้นที่ปล่อยออกสู่แปลงหญ้าภายนอกโรงเรือน โดยมีความหนาแน่นในแปลงหญ้า 4 ตารางเมตรต่อตัว ดังแสดงในภาพที่ 3.1 โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบปริมาณโลหะหนักในดินและน้ำ ดังแสดงในภาคผนวก ก.1 และเลือกบริเวณในการทำงานทดลองที่ไม่เคยผ่านการใช้ยาฆ่าแมลงหรือยากำจัดศัตรูพืชมาก่อน และเป็นพื้นที่ที่ยกสูงเป็นแนวกันชน ในงานทดลองไก่จะสามารถเข้าถึงแปลงหญ้าตั้งแต่อายุ 21 วัน จนถึงอายุ 84 วัน โดยจะทำการปล่อยให้สามารถเข้าถึงแปลงหญ้าได้ในเวลา 06.00 น. ถึง 17.00 น. และขังในโรงเรือนเวลากลางคืน การศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษาในช่วงเดือนมกราคม ถึง เมษายน พ.ศ. 2561 โดยมีอุณหภูมิตลอดงานทดลองอยู่ระหว่าง 20 ถึง 35.5°C และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่ที่ 76%RH แต่ละคอกใช้แกลบเป็นวัสดุรองพื้นในโรงเรือน และให้อาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) และมีส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง และองค์ประกอบของโภชนะของอาหารทดลองและหญ้ารูซี่ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.3 และมีการวิเคราะห์สัดส่วนของกรดไขมันในอาหารและหญ้าดังแสดงในตารางที่ 3.2 โดยอาหารที่ใช้ในกลุ่มการเลี้ยงแบบอินทรีย์จะเป็นอาหารที่ใช้วัตถุดิบจากแหล่งทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่ได้รับการรับรองมาตรฐานดังแสดงในภาคผนวก ก.2 ถึง ก.5 การใช้โรงเรือนและการจัดการให้อาหารปฏิบัติตามคำแนะนำและอยู่ภายใต้การควบคุมของฟาร์มมหาวิทยาลัย และเมื่อไก่อายุ 7 และ 21 วัน จะได้รับวัคซีนรวมป้องกันโรคนิวคาสเซิลและโรคหลอดลมอักเสบ โดยใช้วิธีการหยอดวัคซีนที่จมูกไก่ และฉีดวัคซีนป้องกันโรคกัมโบโร่เมื่ออายุ 14 วัน



ภาพที่ 3.1 ขนาดของคอกทดลองและแปลงหญ้าที่ใช้เลี้ยงไก่ในการทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารไก่และองค์ประกอบของโภชนะ

Item	**Starter**	**Grower**	**Finisher**
	0-3 wk	**3-6 wk**	**6-12 wk**
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
Monocalcium phosphate (21%P)	1.30	1.10	1.00
Premix[1]	0.50	0.50	0.50
Analyzed composition (%)			
Moisture	8.36	8.39	8.32
Protein	21.26	19.64	17.14
Ether extract	9.6	8.6	8.0
Ash	7.2	6.9	6.3
Calculated nutrients (% unless stated otherwise)			
ME (kcal/kg)	3,175	3,190	3,195
Crude fiber	2.73	2.37	2.05
Digestible lysine	1.21	1.08	0.95
Digestible methionine	0.59	0.43	0.41
Digestible met + cys	0.93	0.73	0.69
Digestible threonine	0.79	0.72	0.64
Calcium	1.01	0.91	0.84
Available phosphorus	0.45	0.38	0.35
Sodium	0.15	0.15	0.15
Potassium	0.13	0.11	0.10

[1]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.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนของกรดไขมันในอาหารและหญ้า (% total fatty acids)

Fatty acid	Experimental diet			Ruzi grass
	0-3 wk	3-6 wk	6-12 wk	
C14:0	0.10	0.10	0.80	0.23
C16:0	12.81	12.36	11.81	19.88
C16:1	0.10	0.10	0.10	0.29
C18:0	4.58	4.51	4.73	1.44
C18:1n-9	21.33	20.70	20.98	1.52
C18:2n-6	52.51	53.08	52.67	17.23
C18:3n-6	0.05	0.08	0.03	0.31
C20:1n-9	0.19	0.19	0.16	nd
C18:3n-3	7.02	7.06	7.76	57.73
C20:2n-6	nd	0.05	0.11	nd
C20:3n-6	nd	0.05	0.31	nd
C20:4n-6	nd	0.11	0.22	nd
C23:0	nd	0.12	nd	nd
C20:5n-3	0.11	0.21	nd	nd
C24:0	0.18	0.18	0.14	1.36
SFA	17.67	17.27	17.48	22.91
MUFA	21.62	20.99	21.24	1.81
PUFA	59.69	60.64	61.10	75.27
n-6	52.56	53.37	53.34	17.54
n-3	7.13	7.27	7.76	57.73
n-6/n-3	7.37	7.34	6.87	0.30

SFA = saturated fatty acid, MUFA = mono-unsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid, nd = not detected

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.3 ผลของระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์ต่อปริมาณการกินได้และองค์ประกอบทางโภชนะ ของหญ้าในแปลง

Ruzi grass	**Amount**
Grass intake[1] (DM, g/day)	10.67
Chemical composition[2] (%)	
Dry matter	23.90
Crude protein	7.60
Crude fat	1.01
Crude fiber	37.80
Ash	10.10

หมายเหตุ [1] ปริมาณหญ้าที่กินได้ที่เกิดจากพฤติกรรมในการจิกและการคุ้ยเขี่ย

[2] ปริมาณโภชนะของหญ้ารูซี่

3.2 ค่าสังเกตที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

1. ข้อมูลการกินได้ของหญ้า และองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณกรดไขมันในหญ้า
2. สมรรถนะการเจริญเติบโต (Body weight gain, Final body weight, ADG, feed intake, FCR)
3. ตรวจนับจำนวน และชนิดของเม็ดเลือดขาวในเลือดไก่ (Enumeration of leukocyte)
4. ตรวจวัดความเสียหายที่เกิดจากพฤติกรรมการจิกขนของไก่
5. องค์ประกอบซาก
6. ค่าสีเนื้อ ค่าสีผิวหนัง และคุณภาพเนื้อ (pH, Color, Drip loss, Cooking loss, Shear force)
7. การวิเคราะห์โภชนะในเนื้อ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน และ ไขมัน
8. องค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่ และคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่
9. วิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีด้วยวิธี Synchrotron FTIR
10. วิเคราะห์ Histology ในการวัดขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ (Diameter)
11. ปริมาณ Collagen ในเนื้อไก่
12. ปริมาณนิวคลีโอไทด์

3.3 การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ทางเคมี

3.3.1 การเก็บข้อมูลการกินได้ของหญ้า

การเก็บตัวอย่างและบันทึกปริมาณผลผลิตหญ้าทำตามวิธีการของ Lantinga et al. (2004) เนื่องจากจำนวนหญ้าในแปลงอาจจะมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในแต่ละวัน ในการวัดปริมาณหญ้าจึงทำการเปรียบเทียบหญ้าที่มีการเจริญเติบโตตามธรรมชาติ และแปลงหญ้าที่มีการปล่อยไก่ลงเลี้ยง ปริมาณหญ้าที่มีการเจริญเติบโตตามธรรมชาติจะใช้กล่องที่มีขนาด 50 x 50 เซนติเมตร จำนวน 2 กล่องต่อแปลง สุ่มวางลงในแปลงหญ้า เปรียบเทียบกับปริมาณหญ้าในแปลงที่มีการปล่อยไก่ลงเลี้ยงโดยทำการวัดปริมาณหญ้าครั้งที่ 1 เมื่อไก่อายุ 6 สัปดาห์ (หลังจากปล่อยไก่ลงแปลงหญ้า 3 สัปดาห์) วัดปริมาณหญ้าครั้งที่ 2 เมื่อไก่อายุ 9 สัปดาห์ (หลังการปล่อยไก่ลงแปลงหญ้า 6 สัปดาห์) และวัดปริมาณหญ้าครั้งที่ 3 เมื่อไก่อายุ 12 สัปดาห์ (หลังการปล่อยไก่ลงแปลงหญ้า 9 สัปดาห์) ใช้กล่องสุ่มขนาด 50 x 50 เซนติเมตร สุ่มวัดปริมาณหญ้าจำนวน 3 จุดในแปลง โดยในทุกครั้งของการเก็บข้อมูลจะทำการตัดหญ้าให้มีความสูง 15 เซนติเมตรจากพื้นดิน เพื่อนำมาคำนวณผลผลิตหญ้าในแปลงและปริมาณหญ้าที่ไก่กิน และสุ่มตัวอย่างหญ้านำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C จนน้ำหนักคงที่ เพื่อที่จะนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่าความชื้น โปรตีน เยื่อใยและสัดส่วนของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในหญ้า

3.3.2 การศึกษาด้านความเสียหายที่เกิดจากพฤติกรรมการจิกขนของไก่

เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง (12 สัปดาห์) ทำการศึกษาลักษณะความเสียหายของขนที่เกิดจากพฤติกรรมในการจิกขนของไก่โคราช ซึ่งดัดแปลงวิธีการศึกษาของ Bilcik and Keeling (1999) โดยทำการจดบันทึกลักษณะความเสียหายบริเวณหลังไก่แบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ลักษณะขนสมบูรณ์ไม่เกิดความเสียหายจากการจิกขน ลักษณะขนที่มีความเสียหาย เล็กน้อย (น้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์) ลักษณะที่มีความเสียหายปานกลาง (25-50 เปอร์เซ็นต์) และลักษณะขนที่มีความเสียหายมาก (มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์)

3.3.3 การเก็บข้อมูลองค์ประกอบซาก และการเก็บตัวอย่าง

เมื่อไก่อายุ 84 วัน ทำการสุ่มไก่ซ้ำละ 4 ตัว (ตัวผู้ 2 ตัว และตัวเมีย 2 ตัว) เพื่อใช้วัดสัดส่วนองค์ประกอบของซาก สีเนื้อและผิวหนัง คุณภาพเนื้อ องค์ประกอบไขมันในเนื้อ และในส่วนของการเก็บข้อมูลองค์ประกอบซากทำการตัดแต่งและแยกชิ้นส่วนของซากไก่ ทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นส่วนไก่เพื่อนำมาคำนวณข้อมูลองค์ประกอบซาก และทำการเก็บตัวอย่างของเนื้ออกและเนื้อสะโพกไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อนำไปการวิเคราะห์โภชนะในเนื้อ วิเคราะห์โครงสร้างของเนื้อด้วยวิธี Synchrotron FTIR วิเคราะห์ Histology และวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อในด้านต่างๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างปรุงสุก ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บ และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

3.3.4 การวิเคราะห์กรดไขมัน

การวิเคราะห์กรดไขมันตามวิธีของ Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย หญ้า อาหารสัตว์ เนื้อส่วนอกและส่วนสะโพก 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 กรองด้วยกระดาษกรอง เติม deionize water ปริมาตร 30 มล. เติม 0.58% NaCl ปริมาตร 5 มล. เขย่าให้เข้ากันแล้ววางทิ้งไว้ 1 คืนให้แยกชั้น เก็บชั้นของไขมันใส่ขวดฝาเกลียว (ห่อฟอยด์) เก็บที่ -20°C ขั้นตอนการทำ methylation โดยการทำให้แห้งด้วย N_2 gas ให้ความร้อน 100°C เป็นเวลา 5 นาที เขย่าแล้วตั้งไว้ให้เย็น เติม 14% BF_3 in methanol ปริมาตร 2 มล. ไล่อากาศด้วย N_2 gas แล้วปิดฝา เติม C17:0 (2.0 มก./มล. ใน Hexane) ปริมาตร 2 มล. ไล่อากาศด้วย N_2 gas แล้วปิดฝา ให้ความร้อน 100°C 5 นาที เขย่าแล้วตั้งไว้ให้เย็น เปิดฝาเติม deionize water ปริมาตร 10 มล. และ hexane ปริมาตร 5 มล. ปิดฝาเขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งไว้ให้แยกชั้น ตัก Na_2SO_4 ประมาณปลายช้อนตักสาร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กหลอดใหม่ เมื่อสารละลายแยกชั้น ดูดชั้น hexane ใส่ลงในขวด Vial สีชาปริมาณ 1 มล. เพื่อนำไปฉีดเข้าเครื่อง Gas chromatogreaphy ปริมาตร 1 มล. (Hewlett-Packard 7890A; Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) โดยใช้ condition ในการฉีดดังระบุในภาคผนวก ค.

3.3.5 การวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอล

การวิเคราะห์ทำตามวิธีของ Rowe et al. (1999) เนื้อไก่ส่วนอกและสะโพกจะนำมาสกัดปริมาณไขมันด้วยสาร chloroform-methanol และสกัดปริมาณคอเลสเตอรอลออกจากไลโปโปรตีน โดยทำการชั่งตัวอย่างเนื้อไก่ส่วนอกและส่วนสะโพกที่บดละเอียด 5 กรัม ใส่ลงใน round bottom flask เติม hexane-methanol-isopropanal (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 นำมาวางให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง และทำการถ่ายตัวอย่างใส่ลงใน 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 แล้ว นำสารส่วนที่แห้งมาละลายด้วย internal standard ปริมาตร 1 มล. ดูดสารใส่vial นำไปวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลด้วย gas chromatography (Hewlett Packard, HP 6890 series GC system) โดยใช้ condition ในการฉีดดังระบุในภาคผนวก ค.

3.3.6 การศึกษาด้านสมรรถนะการเจริญเติบโต

ทำการชั่งน้ำหนักตัวไก่และบันทึกปริมาณอาหารที่กิน เพื่อคำนวณอัตราการเจริญเติบโต (ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) ของแต่ละกลุ่มทดลองทุกสัปดาห์ รวมทั้งจำนวนการตายของไก่ทุกครั้งที่พบ

3.3.7 การวิเคราะห์โภชนะในเนื้อ

บดตัวอย่างของเนื้อไก่ในส่วนอกและส่วนสะโพก เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าตามวิธีการของ AOAC (1996)

3.3.8 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

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

3.3.9 การวัดสีเนื้อและสีหนัง

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

3.3.10 การวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจน

การวิเคราะห์ค่าปริมาณคอลลาเจนจะทำการชั่งตัวอย่าง 50 มก. เติม (7.0 M) NaOH 5 มล.แล้วทำการย่อยในเครื่อง Autoclave อุณหภูมิ 121°C นาน 40 นาที จากนั้นนำมาปรับ pH ด้วย (3.5 M) H_2SO_4 ให้มี pH เท่ากับ 7 จากนั้นทำการกรองด้วยกระดาษ Whatman no.4 และเก็บส่วนใสมาวิเคราะห์ โดยทำการปิเปตตัวอย่างส่วนใส่ collect tube ตัวอย่างละ 50 ไมโครลิตร เติม Chloramine-T reagent 450 ไมโครลิตร ทำการ Vortex ให้เข้ากัน จากนั้นตั้งไว้ในที่มืด 25 นาที แล้วเติม Ehrlich's reagent 500 ไมโครลิตร ทำการ Vortex จากนั้นนำไปบ่มใน water bath 65°C นาน 20 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณคอลลาเจน ตามสูตรและคูณด้วย 7.25 รายงานเป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณคอลลาเจนต่อน้ำหนักตัวอย่างเนื้อ

3.3.11 การเก็บตัวอย่างเลือดและวิเคราะห์สัดส่วน H/L

ตรวจนับแยกชนิดของเม็ดเลือดโดยทำการเสมียร์เลือดบนกระจกสไลด์ ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วย้อมด้วยสีย้อมชนิด Giemsa-Wright's stain เพื่อนับแยกชนิดของเม็ดเลือดขาวต่อ 100 เซลล์ (Ritchie et al., 1994; Shini, 2003; Altan et al., 2005) นำค่าเม็ดเลือดขาวชนิดเฮทเทอโรฟิล

(heterophil, H) และลิมโฟไซต์ (lymphocyte, L) มาคำนวณสัดส่วนเม็ดเลือดขาว H/L (Aengwanich, 2008)

3.3.12 ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ (drip loss)

เนื้อส่วนอก และส่วนสะโพก ซับให้แห้ง ทำการตัดให้มีขนาดกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 1 * 2.5 * 0.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักของเนื้อ ห่อด้วยผ้าก๊อซ 2 ชั้น พันอีกครั้งด้วยถุงพลาสติก นำไปแขวนในห้องเย็นอุณหภูมิ 4°C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักและนำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตร

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

3.3.13 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, Hughes et al. (2000))

3.3.14 การวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear forces)

เนื้ออกและเนื้อสะโพกตัดให้มีขนาดกว้างxยาวxหนา เท่ากับ 1.5x3x0.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักบรรจุลงในถุงพลาสติกปิดสนิททนความร้อน นำไปต้มในอ่างน้ำร้อน 80°C นาน 10 นาที ทำให้อุณหภูมิลดลงให้เท่ากับอุณหภูมิห้อง โดยการนำไปแช่น้ำเย็น นำเนื้อมาตัดแต่งให้มีขนาด 1.0 x2.0x0.5 เซนติเมตร (Dawson et al., 1991) นำไปวัดค่าแรงตัดผ่านด้วยเครื่อง Texture analysis รุ่น TA-XT2i โดยกำหนดอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีด 2 มม./วินาที (Wattanachant et al., 2004)

3.3.15 การเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ Histology

นำตัวอย่างแช่ไว้ในฟอร์มาลีน 10% เป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อรักษาโครงสร้างและเป็นการเอาน้ำออกจากเซลล์จากนั้นเพิ่มปริมาณของสารละลายแอลกอฮอล์ โดยการเติม Xylene จากนั้นนำไปแช่ไว้ใน Paraffin โดยตัดแบ่งตัวอย่างออกเป็น 4-6 ชิ้น เมื่อแช่แล้วนำขึ้นมาวางลงบนสไลด์แก้วที่แห้ง แล้วนำไปย้อมสีด้วย Hematoxylin-Eosin แล้วจึงค่อยนำมาส่องภายใต้กล้องและบันทึกโดยระบบการวิเคราะห์เส้นผ่าศูนย์กลางภาพด้วยโปรแกรม ImageJ ในคอมพิวเตอร์

3.3.16 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้ออกด้วยวิธี Synchrotron FTIR

ตัดเนื้ออกไก่ตามลายขวางของกล้ามเนื้อให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 1x1 เซนติเมตร ใช้ OCT รักษาคุณภาพเนื้อด้วยการ fix ทันทีด้วยไนโตรเจนเหลว ด้วยวิธีการเท OCT บนบล็อคที่ทำจากอลูมิเนียมฟอยล์ แล้ววางเนื้อไก่โดยหันลายกล้ามเนื้อที่ตัดตามขวางลง fix ในบล็อก จากนั้นนำ

ตัวอย่างจุ่มลงในไนโตเจนเหลว จากนั้นนำเนื้อออกไก่ที่ fix ด้วย OCT ไปตัดด้วยเครื่อง Cryostat (microm/HM 525) ให้มีความบางที่ 6 ไมครอน วางเนื้อที่ตัดได้ลงบนแผ่น Window IR แล้วนำตัวอย่างไปดูดความชื้นด้วยเครื่องสุญญากาศเป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ 5 วัน แล้วนำตัวอย่างไปตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง FTIR spectrometer (Helm et al., 1991)

3.3.17 การวิเคราะห์ปริมาณนิวคลีโอไทด์

ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ในหลอด Centrifuge ขนาด 50 มล. เติม 7.5% $HClO_4$ แช่เย็น 30 มล. จากนั้นนำไป Homogenized เป็นเวลา 30 วินาที และเติม 7.5% $HClO_4$ เพิ่มอีก 10 มล. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2,000 x g นาน 5 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman no.1 ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 50 มล. และปรับปริมาตรให้ครบ 50 มล. ด้วย 7.5% perchloric acid แช่เย็น เติม neutralizing buffer 1:1 จะเกิดตะกอนขาว ให้ตั้งทิ้งไว้ ที่ 4°C นาน 10 นาที จากนั้นใช้ syringe 1 มล. ดูดส่วนใส กรองผ่าน Nylon filter ขนาด 0.45 ไมโครเมตร ใส่ในขวด vial สีชาสำหรับเครื่อง HPLC และวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) (HP 1260, Agilent Technologies, USA) คอลัมน์ Hypersil ODS C18 (3µm, 150x4.6 mm) (Thermo Scientific, USA) ดัดแปลงจาก Yongsawatdigu and Park (2002) โดยทำการเปรียบเทียบกับ standard inosine-5'-monophosphate (IMP) และ Guanosine -5'-monophosphate (GMP)

3.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variances, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range testและศึกษาลักษณะความเสียหายของขนที่เกิดจากพฤติกรรมการจิกขน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 18.0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราช

จากการศึกษาพบว่าระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อน้ำหนักตัวสุดท้าย (final BW) และ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (BWG) ในไก่โคราช ที่อายุ 12 สัปดาห์ (P>0.05) แต่ส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) และอัตราการกินได้ (FI) (P<0.05) โดยพบว่าไก่ในกลุ่มที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยมี FI ต่ำกว่ากลุ่มที่เลี้ยงในโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 4.1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Li et al. (2017) และจากผลการทดลองนี้ยังพบอีกว่าไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์จนไปถึงสัปดาห์ที่ 12 ของอายุมีน้ำหนักตัวสุดท้าย (final BW) ที่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เลี้ยงในโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) จึงมีผลทำให้ไก่ในกลุ่มที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มี FCR ที่ดีกว่าไก่ในกลุ่มที่เลี้ยงในโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Yang et al. (2015) โดยการที่การกินได้ของไก่ในกลุ่มที่เลี้ยงแบบอินทรีย์ต่ำกว่าไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือน อาจเป็นผลมาจากการที่ไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบอินทรีย์สามารถเข้าถึงแปลงหญ้าได้ในระหว่างวัน ซึ่งอาจทำให้ไก่มีความสนใจต่อสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อมมากกว่าการกินอาหาร แต่อย่างไรก็ตามในแปลงหญ้ายังมีอาหารจากแหล่งธรรมชาติทดแทนที่ตัวไก่สามารถเข้าถึงได้ เช่น หนอน แมลง และหญ้า (Wang et al., 2009) ซึ่งจากการทดลองพบว่าไก่มีการกินได้ของหญ้าคิดเป็นน้ำหนักสิ่งแห้ง (DM) 10.87 g/day ซึ่งสามารถเป็นแหล่งอาหารเสริมให้กับไก่ได้ในระดับหนึ่ง นอกจากนี้เรื่องของพฤติกรรมในระหว่างวันของตัวไก่ก็เป็นอีกปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของตัวไก่ โดยจากการศึกษาของ Dal Bosco et al. (2014) ได้ทำการศึกษาถึงพฤติกรรมของไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยในทุ่งหญ้า โดยเปรียบเทียบพฤติกรรมการเข้าถึงทุ่งหญ้าของไก่ที่เลี้ยงปล่อยในทุ่งหญ้าที่มีต้นไม้ใหญ่กับทุ่งหญ้าที่ไม่มีต้นไม้ใหญ่ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าไก่มีพฤติกรรมการอยู่ในทุ่งหญ้าและมีความเคลื่อนไหวในทุ้งหญ้าที่มีต้นไม้ใหญ่มากกว่าทุ่งหญ้าที่ไม่มีต้นไม้ใหญ่ โดยไก่จะมีการประเมินความปลอดภัยและพื้นที่ที่อยู่สบายในทุ่งหญ้าจึงส่งผลทำให้ไก่พึงพอใจที่จะอยู่ในทุ่งหญ้าที่มีต้นไม้ใหญ่มากกว่าทุ่งหญ้าที่ไม่มีต้นไม้ใหญ่ จึงส่งผลทำให้มีการเคลื่อนไหวที่มากขึ้น และจากพฤติกรรมการเลือกพื้นที่ที่สัตว์รู้สึกปลอดภัยและสบายนี้ จึงแสดงให้เห็นว่าไก่ในกลุ่มที่เลี้ยงแบบอินทรีย์อาจมีพฤติกรรมที่เลือกจะนอนอยู่ในพื้นที่ที่มีร่มหรือมีอากาศที่เย็นสบายมากกว่าพื้นที่ในทุ่งหญ้าที่ไม่มีต้นไม้ใหญ่ปกคลุม ทั้งนี้เนื่องจากใน

ระหว่างการทำงานทดลองมีอุณหภูมิสูงสุดในระหว่างวันถึงประมาณ 35.5˚C จึงอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ตัวสัตว์ลดการใช้พลังงานโดยการเลือกนอนอยู่ภายในโรงเรือน ส่งผลทำให้ลดโอกาสที่จะเกิดการไม่สมดุลของพลังงานในแต่ละวันได้ จึงอาจส่งผลทำให้ไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักตัวสุดท้าย (final BW) และ BWG ของไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันทั้งสองระบบ ในส่วนของอัตราการตายจะเห็นได้ว่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ของไก่ทั้งสองกลุ่มซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเนื่องจากไก่ทั้งสองกลุ่มมีพื้นที่ภายในโรงเรือนเท่ากัน คือ 5 ตัว/ตารางเมตร ซึ่งเป็นความหนาแน่นที่สบายในไก่ทั้งสองกลุ่ม และอาจส่งผลในการลดความเครียดที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งให้ผลไปทิศทางเดียวกันในการศึกษาของ Li et al. (2017) ที่ไม่พบความแตกต่างของอัตราการตายของไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือน บนกรงตับ และแบบปล่อย

ตารางที่ 4.1 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่โคราช

Item	Control	Organic	*P*-value	SEM
Final BW (g)	1,480.31	1,445.56	0.558	57.27
FI (g)	3,634.74[b]	3,074.69[a]	0.000	38.66
BWG (g)	1,434.60	1,399.68	0.554	57.07
FCR	2.54[b]	2.20[a]	0.004	0.89
Mortality (%)	4.4	3.3	0.563	0.16

[a,b]Means within a row with different superscript letters differ significantly at P<0.05.

4.2 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อส่วนประกอบซากของไก่โคราช

จากผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ซาก เนื้ออกนอก เนื้ออกใน เนื้อสะโพก และเนื้อน่อง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Fanatico et al. (2008) ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบไก่ในกลุ่มที่มีการเจริญเติบโตช้าที่ถูกเลี้ยงในโรงเรือนและแบบปล่อย พบว่าระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อน้ำหนักซาก และเปอร์เซ็นต์เนื้ออก จะเห็นได้ว่า ถึงแม้ไก่อินทรีย์จะสามารถเข้าถึงแปลงหญ้าได้ตลอดทั้งวัน ไก่มีอิสระในการเคลื่อนไหวและมีการออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์อาจมีเปอร์เซ็นต์ซากเพิ่มขึ้นได้จากกลไกการซ่อมแซมหรือการเพิ่มขนาด (hypertrophy) ของเส้นใยกล้ามเนื้อหลังจากที่ไก่ได้ออกกำลังกาย แต่จากผลการทดลองกลับไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ซึ่งอาจแสดงให้เห็นว่าการมีพื้นที่ปล่อยให้ไก่สามารถเข้าถึงแปลงหญ้าได้ยังไม่มีผลมากพอที่จะทำให้เกิดการ

เปลี่ยนแปลงสัดส่วนของส่วนประกอบซากได้ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสภาพอากาศในประเทศไทย ที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง โดยในช่วงที่มีการทดลอง อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 35.5˚C จึงอาจทำให้ไก่ลดการเข้าถึงแปลงหญ้าในระหว่างวันได้ แต่อย่างไรก็ตามในทางตรงข้ามกลับพบว่าระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การเก็บสะสมไขมันในช่องท้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีการเก็บสะสมไขมันในช่องท้องต่ำกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Wang et al. (2009) และ Castellini et al. (2002) ทั้งนี้อาจเป็นผลอันเนื่องมาจากการที่ไก่สามารถเข้าถึงแปลงหญ้า ซึ่งส่งเสริมให้ไก่มีกิจกรรมในระหว่างวันมากขึ้นซึ่งถึงแม้จะไม่มากพอในการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ซาก แต่มีผลต่อการลดเปอร์เซ็นต์ไขมันสะสมในช่องท้องได้อย่างชัดเจน ซึ่งเกิดจากกลไกการเพิ่มการเกิดเมทาบอลิซึมภายในร่างกายของตัวสัตว์เพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้พลังงานในการดำรงชีวิตเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากกลไกดังกล่าวจึงนำไปสู่การลดการเก็บสะสมไขมันในช่องท้องและมีผลทำให้ไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีการเก็บสะสมไขมันในช่องท้องที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องตามสมมติฐานของงานทดลอง

ตารางที่ 4.2 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อส่วนประกอบซากของไก่โคราช (% of BW)

Yield (%)	**Control**	**Organic**	***P*-value**	**SEM**
Eviscerated carcass[1]	63.90	63.67	0.941	3.05
Pectoralis minor	3.27	3.05	0.247	0.18
Pectoralis major	8.64	8.49	0.680	0.36
Thigh meat	10.06	10.38	0.464	0.43
Drumstick meat	10.02	9.68	0.477	0.47
Abdominal fat	1.47[b]	1.05[a]	0.029	0.18

[a,b]Means within a row with different superscript letters differ significantly at P<0.05.

[1]Carcass weights without neck, legs and inner organs were determined 24 h after slaughter.

4.3 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อคุณภาพเนื้อและขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อของไก่โคราช

จากผลการศึกษาในตารางที่ 4.3 สามารถสรุปได้ว่าระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ (% drip loss) ค่าสี L* (lightness) และค่า ultimate pH ในเนื้ออก แต่ในทางตรงข้ามกลับมีผลต่อค่า ultimate pH ในเนื้อสะโพก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) ค่าสี

a* (redness) และ b* (yellowness) ทั้งในการวัดค่าสีที่หนังและเนื้อดิบ (P<0.05) ซึ่งจะได้อธิบายเป็นประเด็นดังต่อไปนี้ จากการศึกษาพบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีค่า ultimate pH ของเนื้อสะโพกต่ำกว่าไก่ที่เลี้ยงในกลุ่มควบคุม ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีพื้นที่ปล่อยให้ไก่ได้ออกกำลังกาย อีกทั้งพฤติกรรมของไก่โคราชซึ่งเป็นไก่ลูกผสมพื้นเมือง โดยปกติจะมีพฤติกรรมในการชอบเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา ซึ่งกล้ามเนื้อที่บริเวณสะโพกเป็นกล้ามเนื้อที่ต้องใช้ในการเคลื่อนไหว รับน้ำหนักตัว และใช้ในการออกกำลังกาย ซึ่งการออกกำลังกายนั้นเป็นกระบวนการเกิดเมทาบอลิซึมของร่างกายโดยไม่ใช้ออกซิเจน โดยในระยะแรกไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบอินทรีย์จะมีการสลายเพื่อเอาไกลโคเจนออกมาใช้เป็นพลังงานหลังจากการออกสู่แปลงหญ้า และจะได้ผลผลิตเป็นกรด lactic ออกมาอยู่ในร่างกาย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหากไก่มีการสะสมกรด lactic ในร่างกายสูงอยู่แล้ว เมื่อไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบอินทรีย์ถูกฆ่าจึงส่งผลให้ปริมาณกรด lactic ในเนื้อสะโพกสูงกว่าไก่ในกลุ่มควบคุมที่มีปริมาณกรด lactic ในเนื้อเริ่มต้นต่ำ ท้ายที่สุดแล้วจึงเป็นผลทำให้ค่า pH ในเนื้อไก่จากระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีค่าที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับไก่ในกลุ่มควบคุม

ประเด็นในเรื่องการศึกษาค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงความเหนียวนุ่มของเนื้อ จากการศึกษาพบว่าเนื้ออกไก่ที่ได้จากระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อมากกว่าเมื่อเทียบกับเนื้ออกไก่ในกลุ่มควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 4.3 เนื่องจากไก่ที่เลี้ยงในระบบอินทรีย์ มีพื้นที่ในการออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Castellini et al. (2002) ที่ได้ให้เหตุผลไว้ว่าไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยจะมีพื้นที่กว้าง ไก่มีการเคลื่อนไหวสูงส่งผลทำให้เกิดกระบวนการ myogenesis ของกล้ามเนื้อแทนการเกิด lipogenesis โดยการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีความสัมพันธ์ต่อความเหนียวนุ่มของเนื้อไก่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองโดยพบว่าไก่ในกลุ่มที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใหญ่กว่าไก่ในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งให้ผลไปในทางเดียวกันกับงานทดลองของ Yang et al. (2015)

อีกทั้งจากผลการทดลองยังพบว่าไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีค่าสี redness และ yellowness สูงกว่าไก่ที่ถูกเลี้ยงในโรงเรือน ทั้งนี้อาจเป็นผลอันเนื่องมาจากการใช้ปลายข้าวเป็นแหล่งพลังงานหลักในสูตรอาหารทดลอง ซึ่งปลายข้าวมีปริมาณสารให้สีที่น้อย จึงทำให้พบความแตกต่างอย่างชัดเจนในไก่กลุ่มที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ ซึ่งการที่ไก่สามารถเข้าถึงแปลงหญ้าได้ถือเป็นการเพิ่มแหล่งสารสีให้กับตัวไก่ได้ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าทุ่งหญ้าสีเขียวและพืชตระกูลถั่วนอกจากจะเป็นแหล่งของ PUFA อย่าง α-linolenic acid (ALA; C18:3n-3) แล้ว ยังอุดมไปด้วย xanthophyll, tocopherols และ tocotrienols ซึ่งอาจจะส่งผลช่วยในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อและสีของเนื้อได้ (Kerry et al., 2000; Ponte et al., 2004)

ตารางที่ 4.3 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อคุณภาพเนื้อและขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อของไก่โคราช

Item	Control	Organic	P-value	SEM
Ultimate pH				
Breast	5.40	5.35	0.079	0.031
Thigh	5.84[b]	5.63[a]	0.000	0.052
Drip loss				
Breast	11.93	12.27	0.874	0.907
Thigh	9.04	8.90	0.669	0.809
Cooking loss				
Breast	22.84	23.09	0..570	1.100
Thigh	26.81[a]	28.04[b]	0.040	0.820
Shear force				
Breast	2.17[a]	2.63[b]	0.000	0.100
Skin color				
Lightness	67.53	65.73	0.057	0.927
Redness	-0.67[a]	0.30[b]	0.004	0.324
Yellowness	7.02[a]	15.50[b]	0.000	1.166
Meat color				
Lightness	52.49	51.89	0.591	1.101
Redness	-0.30[a]	0.35[b]	0.031	0.294
Yellowness	3.42[a]	7.43[b]	0.000	0.710
Diameter (μm)				
Breast	22.34[a]	23.88[b]	0.056	0.79

[a,b]Means within a row with different superscript letters differ significantly at $P<0.05$.

4.4 ผลของระบบการเลี้ยงต่อความเสียหายที่เกิดจากการจิกขน

จากการศึกษาความเสียหายที่เกิดจากการจิกขนดังแสดงผลในตารางที่ 4.4 โดยจากผลการทดลองโดยใช้แบบทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่ามีค่า x^2 เท่ากับ 13.4559 ที่ degree of freedom เท่ากับ 1 ค่าวิกฤติไคว์สแควร์เท่ากับ 3.841 แสดงว่าระบบการ

เลี้ยงที่แตกต่างกันมีผลต่อความเสียหายที่เกิดจากการจิกขนของไก่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่ามีผลสอดคล้องตามสมมติฐานงานทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพฤติกรรมในการจิกขนของไก่ลดลงจากการที่ไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์สามารถเข้าถึงแปลงปล่อย ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการหาอาหารในระหว่างวัน ลดความหนาแน่นภายในโรงเรือน รวมไปถึงช่วยในการส่งเสริมการแสดงออกทางพฤติกรรมของไก่ซึ่งถือเป็นการลดความเครียดและช่วยเบี่ยงเบนพฤติกรรมในการจิกขนของไก่ได้ โดยปัญหาการจิกขนของการเลี้ยงไก่ในระบบอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เกิดจากความเครียด เนื่องจากพื้นที่ที่จำกัดรวมไปถึงการที่ไก่มีอาหารและการกินอาหารตลอดเวลา ซึ่งอาจทำให้สัตว์ไม่สามารถแสดงออกทางพฤติกรรมอย่างการคุ้ยเขี่ยหาอาหารได้อย่างเป็นธรรมชาติ ซึ่งจากการศึกษาของ Campo et al. (2001) ซึ่งได้ทำงานทดลองในไก่ไข่ โดยการเลี้ยงไก่ในระบบปล่อย ทำให้ไก่ได้แสดงออกทางพฤติกรรม เช่น การคุ้ยเขี่ย การจิกกินหญ้า รวมทั้งพฤติกรรมในการล่าเหยื่อ และจับแมลงขนาดเล็กในแปลงหญ้า จึงน่าจะเป็นสาเหตุในการช่วยลดและเบี่ยงเบนพฤติกรรมในการจิกขนของไก่ได้

ตารางที่ 4.4 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อความเสียหายที่เกิดจากการจิกขน

Feather scoring (birds)	**Control**	**Organic**
feather pecking 1-25%	4	13
feather pecking 25-50%	5	8
feather pecking >50%	15	3
Total	24	24
***P*-value**	0.05	

4.5 ผลของระบบการเลี้ยงต่อองค์ประกอบกรดไขมันในเนื้ออกและเนื้อสะโพก

จากการวิเคราะห์กรดไขมันในเนื้ออกและเนื้อสะโพกพบว่าการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์มีสัดส่วนของกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์อย่างกรดไขมัน C22:6n-3 (DHA) ในเนื้ออกสูงกว่าไก่ในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แนะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันในเนื้อสะโพกดังแสดงใน ตารางที่ 4.5 และมีสัดส่วนของกรดไขมัน n-6/n-3 ที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่ไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์สามารถเข้าถึงแปลงหญ้า ซึ่งหญ้าในงานทดลองเป็นหญ้ารูซี่ ซึ่งมีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิด C18:3n-3 อยู่ 57.73% (ตารางที่ 3.3) โดยมีการกินได้อยู่ที่ 10.67 กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ซึ่งอาจส่งผลทำให้เนื้อไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีการเก็บสะสมกรดไขมันชนิด n-3 PUFA โดยเฉพาะกรดไขมันชนิด n-3 สูงกว่าไก่ในกลุ่มควบคุมโดยจากการศึกษาก่อนหน้านี้โดย

Ponte et al. (2008b) ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบไขมันของทุ่งหญ้าผสมถั่ว Italian ryegrass (Lolium multiflorum) x balansa clover (Trifolium michelianum) โดยพบว่า มีกรดไขมันรวมอยู่ประมาณ 6.89 mg/g DM ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิด ALA (18:3n-3) อยู่ถึง 39.28% และพบว่าเมื่อไก่ได้บริโภคเข้าไปในปริมาณ 11.1% ของการกินได้รวม มีผลทำให้การเก็บสะสมกรดไขมันชนิด n-3 PUFA อย่าง EPA DPA และ DHA ในเนื้ออกมีประมาณที่สูงขึ้น ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับการศึกษาการเข้าถึงทุ่งหญ้า subterranean clover Trifolium subterranean) หรือ white clover (Trifolium repens) ในระบบการเลี้ยงแบบปล่อย แต่อย่างไรก็ตามการกินหญ้าที่ต่ำกว่า 5% DM จะไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อไก่ที่ถูกเลี้ยงด้วยระบบการเลี้ยงแบบปล่อย (Ponte et al. 2008c) นอกจากนี้ยังสามารถพบได้บ่อยครั้งที่เนื้อสัตว์ส่วนที่มีไขมันน้อยแต่มีกล้ามเนื้อมาก อย่างเช่นเนื้ออกของไก่มักมีสัดส่วนของกรดไขมันชนิด PUFA ที่สูง ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่ phospholipid ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ อุดมไปด้วยกรดไขมันชนิด n-3 PUFA โดยเฉพาะกรดไขมัน n-3 PUFA สายยาว C20 และ C22 (Elmore, et al. 1999, Castellini, et al. 2002, Sirri, et al. 2010) ซึ่งโดยปกติแล้วการเก็บสะสมกรดไขมัน n-3 PUFA จะถูกเก็บสะสมในรูปของ triglycerides ไว้ที่ droplets ซึ่งอยู่ภายในเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานสำรองได้เช่นเดียวกันกับกรดไขมันชนิดอื่น และในรูปของ phospholipid ซึ่งถูกใช้เป็นโครงสร้างหลักของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งจากการทดลองจึงพบว่าสัดส่วนของกรดไขมัน n-3 อย่างเช่นกรดไขมัน DHA มีสัดส่วนที่สูงกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม แต่อย่างไรก็ตามในส่วนของเนื้อสะโพกจะเห็นได้ว่ามีสัดส่วนของกรดไขมัน DHA น้อยกว่าในเนื้ออก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่บริเวณเนื้อสะโพก เป็นบริเวณที่มีเซลล์ไขมัน (Adipocyte) อยู่มากกว่าในเนื้ออก เนื่องจากเป็นกล้ามเนื้อส่วนที่มีการใช้งานมากกว่า ซึ่งส่วนใหญ่จะเก็บสะสมไขมัน triglycerides จึงทำให้ในเนื้อสะโพกมีสัดส่วนของกรดไขมันชนิด n-3 ที่ต่ำกว่าในเนื้อสะโพก (Sirri, et al. 2101)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 สัดส่วนองค์ประกอบชนิดของกรดไขมันในในเนื้ออกและเนื้อสะโพก (% total fatty acids)

Fatty	Breast meat				Thigh meat			
acid	Control	Organic	*P*- value	SEM	Control	Organic	P- value	SEM
C14:0	0.90	0.96	0.92	0.30	0.39	0.38	0.79	0.01
C16:0	18.27	17.54	0.06	0.20	16.81	16.99	0.79	0.33
C16:1	1.53	1.16	0.23	0.15	2.01	2.09	0.82	0.17
C18:0	8.28	8.63	0.24	0.15	7.61	7.42	0.66	0.21
C18:1n-9	24.56	25.78	0.65	0.86	26.66	28.67	0.07	0.59
C18:2n-6	31.09	28.91	0.11	0.80	37.45	34.90	0.49	0.74
C18:3n-6	0.13	0.11	0.87	0.06	0.26	0.22	0.30	0.41
C18:3n-3	2.12	2.25	0.62	0.13	3.51	3.77	0.24	0.11
C20:2n-6	0.30	0.35	0.30	0.03	0.28	0.28	0.90	0.01
C20:3n-6	0.53	0.63	0.13	0.03	0.24	0.27	0.33	0.40
C20:4n-6	9.58	10.50	0.21	0.62	3.98	3.15	0.20	0.32
C20:5n-3	0.13	0.16	0.72	0.05	0.16	0.03	0.29	0.06
C22:6n-3	1.11[a]	1.75[b]	0.01	0.12	0.41	0.67	0.09	0.08
SFA	27.73	27.13	0.32	0.38	24.80	24.79	0.40	0.29
MUFA	27.29	28.82	0.29	0.94	28.89	31.08	0.07	0.85
PUFA	44.98	44.04	0.31	0.70	46.31	44.13	0.27	0.63
Total n-6	40.79	39.87	0.18	0.59	41.94	38.59	0.19	0.70
Total n-3	3.36[a]	4.17[b]	0.00	0.14	4.09[a]	5.27[b]	0.01	0.40
n-6/n-3	12.14[b]	9.57[a]	0.00	0.42	10.26[a]	7.33[b]	0.02	0.37

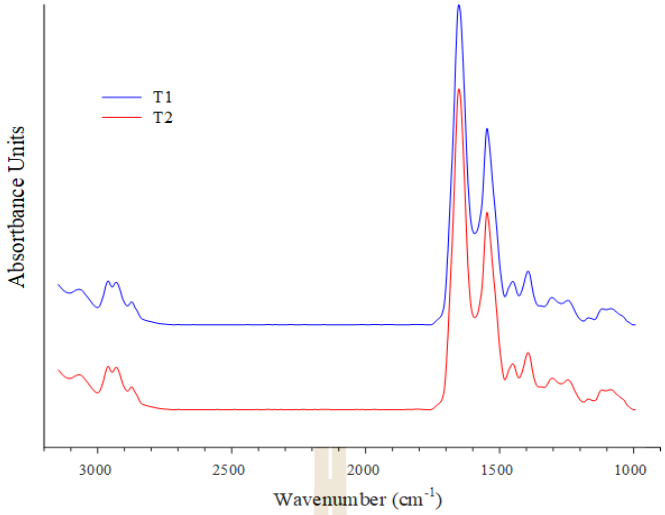
[a,b] Means within a row with different superscript letters differ significantly at $P<0.05$. SFA = saturated fatty acid, MUFA = mono-unsaturated fatty acid, PUFA = polyunsaturated fatty acid

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

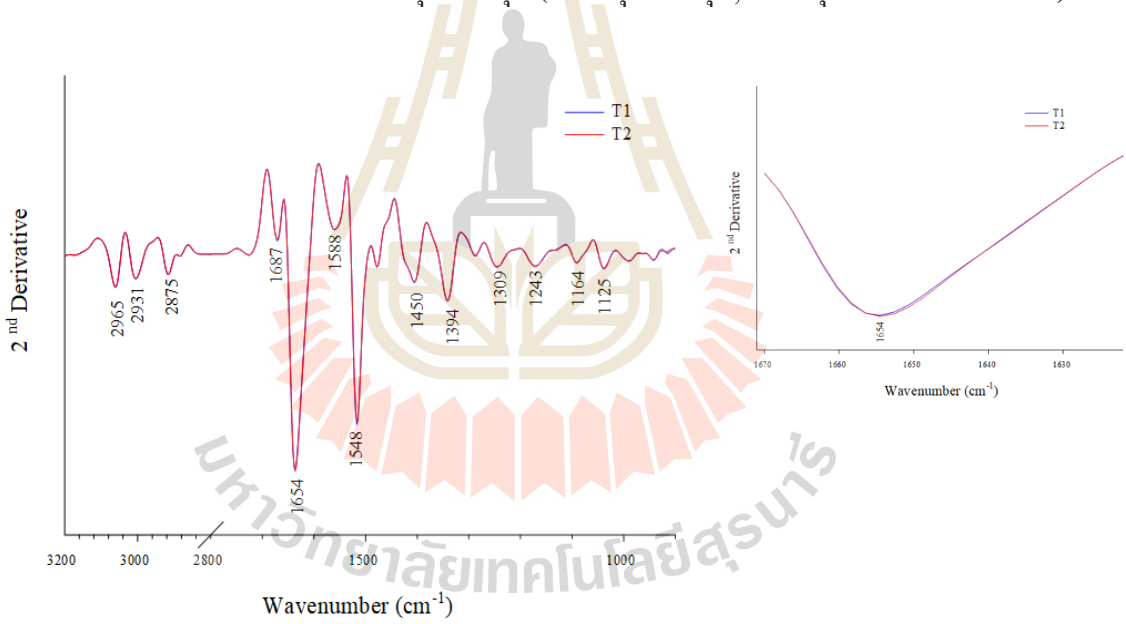
4.6 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้ออก จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Synchrotron FTIR

จากการวิเคราะห์เนื้ออกของไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับไก่โคราชในกลุ่มควบคุมโดยใช้ Synchrotron FTIR พบความแตกต่างขององค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้อดังแสดงในภาพที่ 4.1 และ 4.2 โดยแสดง Original spectra และ2^{nd} derivative spectra ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ย spectra ของพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการใช้ Synchrotron FTIR มาเปรียบเทียบกัน ซึ่งจากผลการทดลองพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ของช่วง wave number ที่แสดงถึง Fatty acid (2800-3000 cm^{-1}) Amide 1 (1700-1600 cm^{-1}) Amide 3 (1338 cm^{-1}) และCarbohydrate/ glycogen (12500-900 cm^{-1}) โดยแสดงความสัมพันธ์ของระบบการเลี้ยงต่อองค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้ออกในภาพที่ 4.3 โดยพบว่าไก่ที่เลี้ยงแบบอินทรีย์จะมีองค์ประกอบประเภทไขมัน และโครงสร้างโปรตีนชนิด α-helix ที่ต่ำ โดย α-helix เป็นโครงสร้างทุติยภูมิ (secondary structure) ของโปรตีนโดยซึ่งมีลักษณะเป็นเป็นเกลียว โดยในเนื้อสัตว์หากมีสัดส่วนของโครงสร้างโปรตีนชนิดนี้อยู่มากจะบ่งบอกถึงความสามารถในการใช้ประโยชน์ได้โปรตีนในมนุษย์ที่สูง (Rosana et al., 2019) ของซึ่งแตกต่างกับไก่ในกลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในโรงเรือน โดยพบว่าไก่ในกลุ่มควบคุมมีองค์ประกอบของ glycogen และcollagen ที่ต่ำ ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวสามารถแสดงให้เห็นว่าไก่ที่เลี้ยงแบบอินทรีย์มีไขมันและโปรตีนในรูปที่ใช้ประโยชน์ได้ง่ายอย่าง α-helix ต่ำ

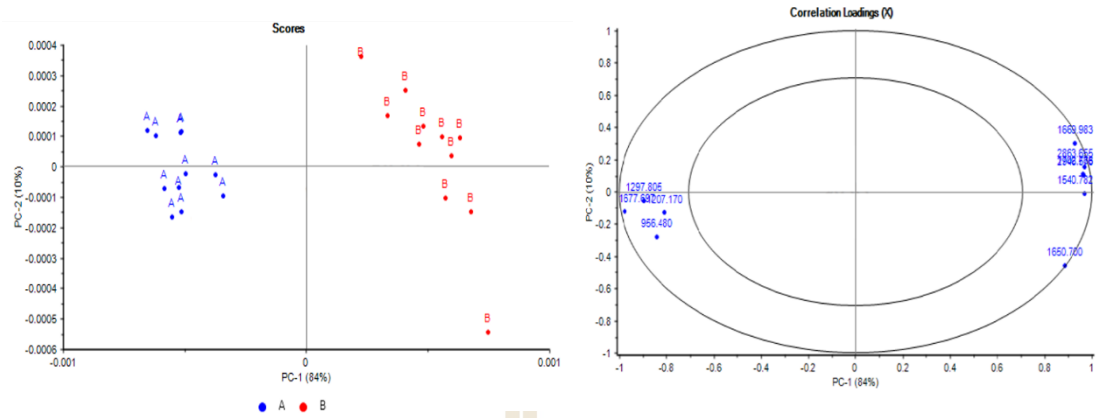
ในส่วนของการหาความสัมพันธ์ของค่าที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพเนื้อ ได้แก่ pH drip loss cooking loss shear force และค่าสี (yellowness redness lightness) พบว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีความสัมพันธ์กับค่าที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อโดยเฉพาะ pH, cooking loss, shear force และค่าสี yellowness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อดังแสดงในตารางที่ 4.3 ดังที่ได้กล่าวไปก่อนหน้านี้ จึงสามารถสรุปได้ไก่ที่ถูกเลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้ออกได้



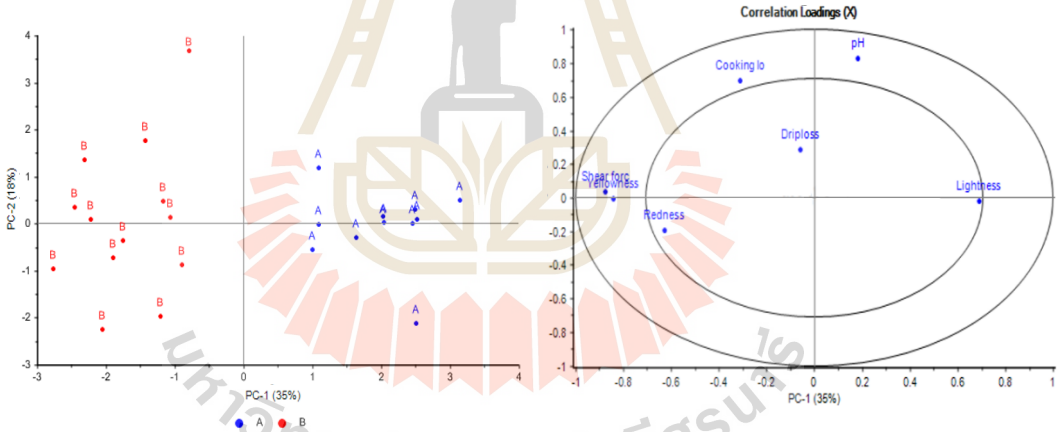
ภาพที่ 4.1 Original spectra เปรียบเทียบการสั่นสะเทือนของเนื้ออกไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (T1=กลุ่มควบคุม, T2=กลุ่มที่เลี้ยงแบบอินทรีย์)



ภาพที่ 4.2 2nd derivative spectra เปรียบเทียบการสั่นสะเทือนของเนื้ออกไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (T1=กลุ่มควบคุม, T2=กลุ่มที่เลี้ยงแบบอินทรีย์)



ภาพที่ 4.3 Principal component analysis (PCA) และCorrelation Loadings ในเนื้ออกไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (T1=กลุ่มควบคุม, T2= กลุ่มที่เลี้ยงแบบอินทรีย์)



ภาพที่ 4.4 Principal component analysis (PCA) และCorrelation Loadings ของคุณภาพเนื้ออกไก่โคราชที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (T1=กลุ่มควบคุม, T2=กลุ่มที่เลี้ยงแบบอินทรีย์)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.7 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อองค์ทางชีวเคมีและนิวคลีโอไทด์ในเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่โคราช

จากการศึกษาเรื่องของระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันต่อองค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้ออกและเนื้อสะโพกดังแสดงใน ตารางที่ 4.6 พบว่าไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มี คอลลาเจน (collagen) ที่มากกว่าไก่ในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งสอดคล้องผลที่ได้จากการใช้เทคนิค Synchrotron FTIR ที่พบความสัมพันธ์ในเชิงลบของไก่ที่เลี้ยงในโรงเรือนกับปริมาณ collagen แต่ไม่มีผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอล (cholesterol) %ความชื้น (moisture) และ%โปรตีน (crude protein) ทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพก โดยจากพฤติกรรมของไก่ที่เลี้ยงแบบอินทรีย์ที่มีการเพิ่มขึ้นของการเคลื่อนไหวของร่างกายสามารถกระตุ้นการเพิ่มของปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยปริมาณคอลลาเจนจะขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของตัวสัตว์ โดยกล้ามเนื้อส่วนสะโพกเป็นกล้ามเนื้อที่ต้องใช้ในการเคลื่อนไหว และทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักของร่างกาย (Castellini et al., 2002) ดังนั้นการเคลื่อนไหวหรือการออกกำลังกายของไก่ที่เลี้ยงแบบอินทรีย์ในระหว่างวันจึงมีผลต่อปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งคอลลาเจนถูกจัดเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดหนึ่ง จึงส่งผลทำให้ไก่กลุ่มที่เลี้ยงแบบอินทรีย์มีประมาณคอลลาเจนที่สูงกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ในส่วนของคอเลสเตอรอลในเนื้ออกและเนื้อสะโพกจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์จะสามารถช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อได้จากการที่ไก่สามารถเข้าถึงแปลงหญ้าและได้กินหญ้าซึ่งมีองค์ประกอบของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่ โดยคุณสมบัติของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะสามารถกระตุ้นให้มีการกำจัดคอเลสเตอรอลในลำไส้โดยทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เปลี่ยนคอเลสเตอรอลไปเป็นเกลือในน้ำดี แต่จากผลการศึกษาในครั้งนี้ไม่เป็นไปตามสมมติฐานเนื่องจากพบว่าระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพก ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากระดับของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในอาหารและหญ้ายังมีไม่มากพอที่จะพบความแตกต่างของปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่ ซึ่งในงานของ Ponte et al. (2008b) รายงานว่าไก่ที่มีการกินพืชธรรมชาติปริมาณ 11.1% ของการกินได้ต่อวันยังไม่มีผลต่อการลดระดับของคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่ นอกจากการผลการศึกษาการวัดปริมาณนิวคลีโอไทด์ 2 ชนิด คือ inosine monophosphate (IMP) และ guanosine monophosphate (GMP) โดยนิวคลีโอไทด์ทั้งสองชนิดบ่งบอกถึงรสอูมามิ (Umami) โดยจากผลการทดลองไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณ IMP และ GMP ทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพก (P<0.05) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Li et al., (2017) จึงอาจสรุปได้ว่าการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ไม่มีผลต่อรสชาติความอร่อยของเนื้อไก่

ตารางที่ 4.6 ตารางเปรียบเทียบองค์ประกอบทางชีวเคมีในเนื้ออกไก่

Item	Treatment		*P*-value	SEM
	Control	Organic		
Breast meat				
Moisture (%)	73.74	72.89	0.58	1.510
Crude Protein (%)	23.58	24.54	0.00	0.140
Cholesterol (mg/100 g meat)	59.04	52.68	0.45	8.400
Total collagen (mg/g meat)	0.85[a]	1.02[b]	0.03	0.060
IMP (mg/g meat)	4.92	5.09	0.15	0.006
GMP (mg/g meat)	0.14	0.13	0.15	0.146
Thigh meat				
Moisture (%)	74.04	73.03	0.06	0.330
Crude Protein (%)	13.74	14.44	0.00	0.070
Cholesterol (mg/100 g meat)	79.89	76.37	0.72	9.840
Total collagen (mg/g meat)	0.73[a]	1.08[b]	0.00	0.080
IMP (mg/g meat)	3.73	4.10	0.22	0.354
GMP (mg/g meat)	0.15	0.16	0.10	0.030

[a,b]Means within a row with different superscript letters differ significantly at $P<0.05$.

4.8 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงสัดส่วน Heterophils และ Lymphocytes (H/L)

จากผลการทดลองพบว่าการเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน H/L ดังแสดงในตารางที่ 4.9 โดยไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีค่าอัตราส่วน H/L และเปอร์เซ็นต์ Heterophils ที่ต่ำและมีค่า Lymphocyte ที่สูงกว่ากว่าไก่ในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจำกัดพื้นที่เลี้ยงภายในโรงเรือนมีผลต่อความเครียดของตัวไก่ได้ ซึ่งเป็นไปตามที่ตั้งสมมติฐานไว้ ค่า H/L บ่งชี้ถึงความเครียดในไก่โดยการไก่ที่มีความเครียดสูงขึ้นจะทำให้เม็ดเลือดขาวชนิด Lymphocytes (L) ลดลง และ Heterophils (H) เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลอัตรา H/L เพิ่มขึ้น (Daghir, 1995) เม็ดเลือดขาว Heterophils เป็นเม็ดเลือดขาวกลุ่มแรกที่ตอบสนองต่อการติดเชื้อ และการอักเสบของร่างกาย หากไก่อยู่ในภาวะเครียดจะส่งผลให้ Heterophil เพิ่มขึ้น ส่วนเม็ดเลือดขาว Lymphocyte ทำหน้าที่ป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย

เมื่อไก่อยู่ในภาวะเครียดจะส่งผลให้ Lymphocyte ลดลง ซึ่งจากรายงานก่อนหน้านี้ที่ทำการศึกษาอัตราส่วน H/L ในไก่ไข่ พบว่าระบบการเลี้ยงมีผลต่อความเครียดของไก่ โดยไก่ไข่ในกลุ่มที่มีการเลี้ยงแบบปล่อยจะมีค่าอัตราส่วน H/L ต่ำกว่าไก่ในกลุ่มที่เลี้ยงแบบ conventional และแบบยืนกรงตับ (Shini, 2003)

ตารางที่ 4.7 ผลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสัดส่วน H/L ratio ในเลือดไก่

Item	**Treatment**		***P*-value**	**SEM**
	Control	**Organic**		
Lymphocyte (%)	81.12[a]	85.79[b]	0.016	1.79
Heterophils (%)	18.87[b]	14.20[a]	0.017	1.80
H/L	0.23[b]	0.17[a]	0.034	0.27

[a,b]Means within a row with different superscript letters differ significantly at $P<0.05$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากการศึกษาอิทธิพลของระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก คุณภาพเนื้อ และองค์ประทางชีวเคมีในเนื้อไก่โคราช สามารถสรุปโดยภาพรวมได้ดังนี้

5.1.1 การเลี้ยงไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีผลต่อสมรรถการเจริญเติบโต โดยทำให้มีค่า FI ต่อตัวที่ต่ำ ซึ่งมีผลทำให้มีค่า FCR ดีขึ้น แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัว น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ซาก (เนื้ออกนอก เนื้ออกใน เนื้อสะโพก และเนื้อน่อง) เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ในกลุ่มควบคุมที่ถูกเลี้ยงในโรงเรือน แต่พบความแตกต่างอย่างชัดเจนในส่วนของไขมันในช่องท้อง ดดยพบว่าไก่กลุ่มที่เลี้ยงแบบอินทรีย์มีไขมันสะสมในช่องท้องที่ต่ำกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม

5.1.2 เนื้อไก่ที่ได้จากระบบการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์มีค่า pH ในเนื้อสะโพกต่ำกว่าไก่ในกลุ่มควบคุมซึ่งส่งผลให้มีค่า cooking loss ที่สูงขึ้นในเนื้อสะโพก แต่ไม่มีผลต่อค่า drip loss ทั้งในเนื้ออกและเนื้อสะโพก และยังพบว่าไก่ในกลุ่มที่เลี้ยงแบบอินทรีย์มีค่า shear force ที่สูงกว่าซึ่งสอดคล้องกับขนาดเส้นใหญ่กล้ามเนื้อที่ใหญ่กว่าไก่ในกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ไก่ในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ยังมีสีเนื้อและสีหนังที่มีค่า redness และ yellowness ที่สูงกว่าในไก่ที่เลี้ยงในกลุ่มควบคุมเช่นกัน ซึ่งผลไปในทิศทางเดียวกันกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Synchrotron FTIR

5.1.3 จากการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Synchrotron FTIR แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในเชิงลบของเนื้ออกไก่ในกลุ่มที่เลี้ยงแบบอินทรีย์ต่อปริมาณไขมัน และโปรสร้างโปรตีนชนิด α-helix ซึ่งบ่งบอกว่าเนื้อไก่ที่ได้จากระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์มีปริมาณไขมัน และโครงสร้างโปรตีนที่มนุษย์สามารถใช้ประโยชน์ที่ต่ำ

5.1.4 ไก่ที่เลี้ยงแบบอินทรีย์มีสัดส่วนของกรดไขมันที่ดีสุขภาพมนุษย์ อย่างเช่นกรดไขมันชนิด n-3 PUFA โดยเฉพาะกรดไขมันชนิด DHA ในเนื้ออกที่สูง นอกจากนั้นยังมีสัดส่วนกรดไขมัน n-6/n-3 ที่ต่ำกว่า และยังมี collagen ที่สูงกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม

5.1.5 ไก่ที่เลี้ยงแบบอินทรีย์สามารถช่วยลดความเครียดให้แก่ตัวไก่ได้ โดยพบว่าไก่ที่เลี้ยงแบบอินทรีย์มีความเสียหายที่เกิดจากการจิกขน และสัดส่วน H/L ที่ต่ำกว่าไก่ในกลุ่มควบคุม

ดังนั้นจากผลการศึกษาสามารถแสดงให้เห็นว่า การเลี้ยงไก่โคราชในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์สามารถเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้กับเกษตรในประเทศ ที่สามารถนำไปใช้เพิ่มจุดต่างให้กับผลิตภัณฑ์เนื้อไก่โคราชได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ควรมีการทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพิสูจน์ให้ชัดเจนถึงอิทธิพลใดบ้างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนในเนื้อไก่ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพเนื้อไก่ทั้งในเชิงพฤติกรรม สภาพแวดล้อม และอาหาร นอกจากนี้พฤติกรรม ความสะดวกสบายของตัวสัตว์ก็เป็นอีกประเด็นที่หน้าสนใจ เนื่องจากการในระบบการเลี้ยงแบบอินทรีย์ที่สัตว์มีการออกกำลังกายระหว่างวันที่เพิ่มมากขึ้นอาจไปมีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีขนาดที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพเนื้อ รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับความสุข เช่น endorphin และ dopamine จากการที่สัตว์ได้มีพื้นที่ในการออกกำลังกายมากขึ้นและมีสวัสดิ์ภาพที่ดี ซึ่งอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการ metabolic stress ภายในร่างกาย และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง immune และสุขภาพของตัวไก่ได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. 2561. **พาณิชย์ดันออร์แกนิกขึ้นเบอร์ 1 ในอาเซียน: หนังสือพิมพ์โพสต์ทูเดย์.** 16(5493). 12. ได้จาก: http://www.ditp.go.th/contents_attach/216053/ 216053.pdf**.**

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2554. **เกษตรอินทรีย์ เล่ม 2 : ปศุสัตว์อินทรีย์.** สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วรางคณา วารีสน้อยเจริญ. 2553. โภชนพันธุศาสตร์: วิถีสู่โภชนาการเฉพาะบุคคล (Nutrigenomics: Path to Personalized Nutrition). **Thai J. of Clinical Nutri.** 4(1): 15-22.

สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน). 2013. **SLRI Newsletter.** [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.slri.or.th/th/slriresearch.

สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์. 2561. **รายงาน THE WORLD OF ORGANIC AGRICULTURE 2018.** [ออนไลน์]. ได้จาก: https://actorganic-cert.or.th/th/world-of-organic2018**.**

สมเกียรติ วงศ์ประเสริฐ. 2560. **ทัศนคติต่อสินค้าอาหารอินทรีย์ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพ.** วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการเกษตรอินทรีย์) สาขาวิชาการจัดการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Aengwanich, W. 2008. Comparative ability to tolerate heat between Thai indigenous chickens, Thai indigenous chickens crossbred and broilers by using percentage of lymphocyte. **International J. of Poult. Sci.** 7 (11): 1071-1073.

Altan, Z., P. Settar, Y. Never and M. Abuk. 2005. Heritabilities of tonic immolibity and leucocytic response in sire and dam layer lines. **Turk J. Vet. Anim. Sci.** 24: 3-8.

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 (Suppl.1.): 129.

AOAC. (1996). Official of methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists. Arlington. VA.

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.

Boschetti, E., Bordoni, A., Meluzzi, A., Castellini, C., Dal Bosco, A., and Sirri, F. 2016. Fatty acid composition of chicken breast meat is dependent on genotype-related variation of FADS1 and FADS2 gene expression and desaturating activity. **Animal** 10(04): 700-708.

Branciari R. Mugnai C. Mammoli R. Miraglia D. Ranucci D. Dal Bosco A. Castellini C. 2009. Effect of genotype and rearing system on chicken behavior and muscle fiber characteristics. **J. Anim. Sci.** 87: 4109-4117.

Bruce A. 1974. Skeletal muscle lipids. II. Changes in phospholipid composition in man from fetal to middle age. **J. Lipid Res.** 15(2): 103-8. 33.

Boschetti, E., Bordoni, A., Meluzzi, A., Castellini, C., Dal Bosco, A., and Sirri, F. 2016. Fatty acid composition of chicken breast meat is dependent on genotype-related variation of FADS1 and FADS2 gene expression and desaturating activity. **Animal** 10(04): 700-708.

Campo, J. L., Gil, M. G., Torres, O. and Davila, S. G. 2001. Association Between Plumage Condition and Fear and Stress Levels in Five Breeds of Chickens. **Poult. Sci.** 80: 549-552.

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.

Chilton, F. H., R. C. Murphy, B. A. Wilson, S. Sergeant, H. Ainsworth, M. C. Seeds, and R. A. Mathias. 2014. Diet-Gene Interactions and PUFA Metabolism: A Potential Contributor to Health Disparities and Human Diseases. **Nutrients.** 6: 1993-2022.

Cho, H. P., M. T. Nakamura, and S. D. Clarke. 1999a. Cloning, expression, and fatty acid regulation of the human delta-5 desaturase. **J. Biol. Chem.** 274: 37335-37339.

Cho, H. P., M. T. Nakamura, and S. D. Clarke. 1999b. Cloning, expression, and nutritional regulation of the mammalian delta-6 desaturase. **J. Biol. Chem.** 274: 471-477.

Cömert, M., Y. Şayan, F. Kırkpınar, Ö. H. Bayraktar, and S. Mert. 2016. Comparison of Carcass Characteristics, Meat Quality, and Blood Parameters of Slow and Fast Grown Female Broiler Chickens Raised in Organic or Conventional Production System. Asian-Australasian **J. Anim. Sci.** 29: 987-997.

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.

Daghir, N. J. 1995. Poultry Production in Hot Climates. **The University Press, Cambridge.** 248.

Dal Bosco, A., C. Mugnai, S. Ruggeri, S. Mattioli, and C. Castellini. 2014. Effect of range enrichment on performance, behaviour and forage intake of free range chickens. **J. Appl. Poult. Res.** 23(2): 137-145.

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.

Davis, R., and L. Mauer. 2010. Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy: a rapid tool for detection and analysis of foodborne pathogenic bacteria. Current research, **technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology.** 2: 1582-1594.

Dawkins, M., C. Donnelly, and T. Jones. 2004. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. **Nature.** 427: 342-344.

Dawson PL, Sheldon BW, and J. J. Miles. 1991. Effect of aseptic processing on the texture of chicken meat. **Poult. Sci** 70: 2359-2367.

Elmore, J. S., Mottram, D. S., Enser, M., and J. D. Wood. 1999. Effect of the polyunsaturated fatty acid composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles. **J. Agr. Food Chem.** 47: 1619-1625.

Fanatico, A. C., L. C. Cavitt, P. B. Pillai, J. L. Emmert, and C. M. Owens. 2006. Evaluation of slow-growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: Meat quality. **Poult. Sci.** 84: 1785-1790.

Fanatico, A. C., P. B. Pillai, J. L. Emmert, and C. M. Owens. 2007. Meat quality of slow-growing chicken genotypes fed low-nutrient or standard diets and raised indoor or with outdoor access. **Poult. Sci.** 86: 2245-2255.

Fanatico, A. C., Pillai, P. B., Hester, P. Y., Falcone, C., Mench, J. A., Owens, C. M., and Emmert, J. L. 2008. Performance, livability, and yield of slow and fast growing chicken genotypes fed low-nutrient or standard diets and raised indoor or with outdoor access. **Poult. Sci.** 87: 1012-1021.

Fletcher, D. L., 1999. Broiler breast meat color variation, pH, and texture. **Poult. Sci.** 78: 1323-1327.

Folch, Jordi, M. Lees, and G. H. Sloane Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **J. Biol. Chem.** 226: 497-509.

Frankel, A. I. 1970. Symposium: Recent Advances in Avian Endocrinology. 4: Neurohumoral control on the avian adrenal: a review. **Poult. Sci.** 49: 869-921

Gorski, J., M. Zendzian-Piotrowska, Y. F. de Jong, W. Niklinska, and J. F. Glatz. 1999. Effect of endurance training on the phospholipid content of skeletal muscles in the rat. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physio.** 179(5): 421-5.

Gross, W.B. and H.S. Seigel. 1983. Evaluation of theheterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chicken. **Avian Dis.** 27: 972-79.

Harmon, B.G. 1998. Avian heterophils in inflammation and disease resistance. **Poult. Sci.** 77: 972-977.

Helm, D., H. Labischinski, Gisela Schallehn, and D. Naumann. 1991. Classification and identification of bacteria by Fourier-transform infrared spectroscopy. **Microbiology.** 137: 69-79.

Hill, F. 1969. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. **J. of Food Sci.** 31: 161-166.

Hovi, M., A. Sundrum, and S. M. Thamsborg. 2003. Animal healthand welfare in organic livestock production in Europe: Current state and future challenges. **Livest. Prod. Sci.** 80: 41-53.

Hulbert, A. J., and P. L. Else. 1999. Membranes as possible pacemakers of metabolism. **J. Theor. Biol.** 199(3): 257-74. 38.

Ismail, I., and S.T. Joo. 2017. Poultry Meat Quality in Relation to Muscle Growth and Muscle Fiber Characteristics. Korean J Food Sci. **Anim. Resour.** 37: 873-883.

Jump, D. B., D. Botolin, Y. Wang, J. Xu, J., Christian, B., and O. Demeure. 2005. Fatty acid regulation of hepatic gene transcription. **J. Nutr.** 135(11): 2503-2506.

Kerry, J. P., D. J. Buckley, and P. A. Morrissey. 2000. Improvement of oxidative stability of beef and lamb with vitamin E in Antioxidants in muscle foods. E. A. Decker, C. Faustman, and C. Lopez-Bote, ed. **Wiley Interscience**. 229-262

Lantinga, E. A, J. H. Neuteboom, and J. A. C. Meijs. 2004. Sward methods. In E. A. Lantinga (ed). Herbage Intake Handbook. **The British Grass. Soci.** 23-52.

Lawrie, R. A. 1991. Meat Science. 5th ed. **Oxford**: Pergamon Press.

Lei , S. , and G. van Beek. 1997. Influence of activity and dietary energy on broiler performance, carcase yield and sensory quality. **Br. Poult. Sci.** 38: 183-189.

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.

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.

Manoli, L.P., G.L. Henricks and M.A. Kalama. 2004. Effect of chronic variate species and on total radicaltrapping potential in distinct regions of rat brain. **Neurochem Res.** 25(7): 915-921.

McAdie, T.M. and Keeling, L.J. 2000. Effect of manipulating feathers of laying hens on the incidence of feather pecking and cannibalism. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 68: 215-229.

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: 514-5.

Michalczuk, M., Ż. Zdanowska-Sąsiadek, K. Damaziak, and J. Niemiec. 2017. Influence of indoor and outdoor systems on meat quality of slow-growing chickens. CyTA - Journal of Food 15: 15-20.

Mikulski, D., J. Celej, J. Jankowski, T. Majewska, and M. Mikulska. 2011. Growth Performance, Carcass Traits and Meat Quality of Slower-growing and Fast-growing Chickens Raised with and without Outdoor Access. **Asian-Australas J. Anim. Sci.** 24: 1407-1416.

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.

Murphy MG. 1990. Dietary fatty acids and membrane protein function.**J.Nutr.Biochem** 1: 68-79. 39.

Nicol, C. J., Gregory, N. G., Knowles, T. G., Parkman, I. D. and Wilkins, L. J. 1999. Differential effects of increased stocking density mediated by increased flock size on feather pecking and aggression in laying hens. **Appl. Anim. Behav. Sci.** 65: 137-152.

Nicol, C. J., Brown, S. N, Glen, E., Pope, S. J., Short, F. J., Warriss, P. D., Zimmerman, P. H. and Wilkins, L. J. 2006. Effects of stocking density, flock size and management on the welfare of laying hens in single-tier aviaries. **Br. Poult. Sci.** 47: 135-46.

Ponte, P. I. P. , L. M. A. Ferreira, M. A. C. Soares, L. T. Gama, and C. M. G. A. Fontes. 2004. Xylanase inhibitors affect the action of exogenous enzymes used to supplement Triticum durum-based diets for broiler chicks. **J. Appl. Poult. Res.** 13: 660-666.

Ponte, P. I. P. et al. 2008a. Restricting the Intake of a Cereal-Based Feed in Free-Range-Pastured Poultry: Effects on Performance and Meat Quality. **Poult. Sci.** 87: 2032-2042.

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.Improving the Lipid Nutritive Value of Poultry Meat through the Incorporation of a Dehydrated Leguminous-Based Forage in the Diet for Broiler Chicks. **Poult. Sci.** 87(8): 1587-1594.

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. 2008c. Pasture Intake Improves the Performance and Meat Sensory Attributes of Free-Range Broilers. **Poult. Sci.** 87: 71-79.

Pracharuengwit P. and Chiaravutthi Y. 2016. Consumer Willingness to Pay for Organic Food in Thailand: Evidence from the Random n th-Price Auction Experiment**. J. Busi. Admin.** 35(146): 52-70.

Richard, J.J. 1998. Physiological management and environmental triggers of the ascites syndrome. Poulty International **Asia Pacific Edition.** 37(8): 28-33.

Ritchie, B.W., J.G. Harrison and R.L. Harrison, 1994. **Avian Medicine: Principles and Applications.** Wingers Publishing. Inc, Florida.

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 dry lot or pasture. **Meat Sci.** 51: 283-288.

Santos, A. L., Sakomura, N. K., Freitns, E. R., Fortes, C.M.S. and Carrilho, E. N. V. M. 2005. Comparison of free range broiler chicken strains raised in confined or semi-confined systems. **Braz. J. Poultry Sci.** 85-92.

Santos, M., Gerbino, E., Tymczyszyn, E., and Gomez-Zavaglia, A. (2015). Applications of infrared and Raman spectroscopies to probiotic investigation. **Foods.** 4(3): 283-305.

Shini, S. 2003. Physiological responses of laying hens to the alternative housing systems. International **Poult. Sci.** 2(5): 357-360.

Silva-Buzanello, R. A. D., A. F. Schuch, A. W. Gasparin, A. S. Torquato, F. R. Scremin, C. Canan, and A. L. Soares. 2019. Quality parameters of chicken breast meat affected by carcass scalding conditions. **Asian-Australas J Anim Sci.** 32(8): 1186-1194.

Sirri, F., C. Castellini, M. Bianchi, M. Petracci, A. Meluzzi, and A. Franchini. 2011. Effect of fast-, medium- and slow-growing strains on meat quality of chickens reared under the organic farming method. **Animal** 5: 312-319.

Sirri, F., C. Castellini, A. Roncarati, A. Franchini, and A. Meluzzi. 2010. Effect of feeding and genotype on the lipid profile of organic chicken meat. **Eur. J. Lipid Sci. Technol.** 112: 994-1002.

Spector AA, Yorek MA. Membrane lipid composition and cellular function. 1985. **J. Lipid. Res.** 26(9): 1015-35.

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.

Stone, H., and J. L. Sidel. 1998. Quantitative descriptive analysis: developments, applications, and the future. **Food Technol. J.** 52: 48-52.

Sundrum, A. 2001. Organic livestock farming. A critical review. **Livest. Prod. Sci.** 67: 207-215.

Soleimani, A. F., Zulkifli, I., Omar, A. R., and A. R. Raha. 2011. Physiological responses of 3 chicken breeds to acute heat stress. **Poult. Sci.** 90(7): 1435-1440.

Tankson, J.D., Y. Vizzier-Thaxton, J.P. Thaxton, J.D. Mayand J.A. Cameron. 2001. Stress and nutritional quality of broilers. **Poult. Sci.** 80: 1384-1389.

Tebbey, P. W., K. M. McGowan, J. M. Stephens, T. M. Buttke, and P. H. Pekala, 1994. Arachidonic acid down-regulates the insulin-dependent glucose transporter gene (GLUT4) in 3T3-L1 adipocytes by inhibiting transcription and enhancing mRNA turnover. **J. Biol. Chem.** 269: 639-644.

Tosi, F., F. Sartori, P. Guarini, O. Olivieri, and N. Martinelli. 2014. Delta-5 and delta-6 desaturases: crucial enzymes in polyunsaturated fatty acid-related pathways with pleiotropic influences in health and disease. In Oxidative Stress and Inflammation in Non-communicable Diseases-Molecular Mechanisms and Perspectives in Therapeutics. **Springer International Publishing.** 61-81.

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 chickenl. **Poult. Sci.** 88: 2219-2223.

Wattanachant, S., S. Benjakul, and D. A. Ledward. 2004. Compositions, color and texture of Thai indigenous and broiler chicken muscles. **Poult. Sci.** 83: 123-128.

Woollett, L. A., and J. M. Dietschy. 1994. Effect of long-chain fatty acids on low-density-lipoprotein-cholesterol metabolism. **Am. J. Clin. Nutr.** 60: 991S-996S.

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.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
เอกสารใบรับรองที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ที่ ศธ 5632(3)/Rep.1147

๙ กรกฎาคม 2561

เรียน นางสาวเปรมกมล ทองดวง

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

รายงานผลการทดสอบ

ห้องปฏิบัติการ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หมายเลขใบขอรับบริการ ฝวดN1125/61 **รายงานผลการทดสอบลำดับที่** RepฝวดN611125

วันที่รับตัวอย่างทดสอบ 14 มิถุนายน 2561 **วันเดือนปีที่ทำการทดสอบ** 14-29 มิถุนายน 2561

ชื่อตัวอย่าง	รายการทดสอบ / ผลการทดสอบ			วิธีการ/เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ
	Arsenic	Cadmium	Lead	
1. ตัวอย่างดินฟาร์ม มทส. 1 หมายเลขตัวอย่าง : ฝวดNS4478/61 ลักษณะหรือสภาพตัวอย่าง : ของแข็งเป็นก้อนหยาบ สีน้ำตาล	ไม่พบ (detection limit 1.0 mg/kg)	ไม่พบ (detection limit 1.0 mg/kg)	ไม่พบ (detection limit 1.0 mg/kg)	Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) Method
2. ตัวอย่างน้ำฟาร์ม มทส. 1 หมายเลขตัวอย่าง : ฝวดNS4479/61 ลักษณะหรือสภาพตัวอย่าง : ของเหลวใส ไม่มีสี	0.002 mg/l	ไม่พบ (detection limit 0.001 mg/l)	ไม่พบ (detection limit 0.002 mg/l)	Inductively Coupled Plasma / Mass Spectrometry (ICP-MS) Method

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. ภคนิจ คุปพิทยานันท์)
รองผู้อำนวยการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปฏิบัติการแทนผู้อำนวยการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผู้รับรองรายงานผลการทดสอบ

- รายงานนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ทำการทดสอบตามที่ระบุไว้ข้างต้นเท่านั้น
- ห้ามตัด ห้ามถ่ายสำเนาใบรายงานผลการทดสอบแต่เพียงบางส่วนยกเว้นทำทั้งฉบับโดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการ

End of Report

ภาพที่ ก.1 เอกสารใบรับรองการตรวจสอบโลหะหนักในดินและน้ำ

กรมการข้าว
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

มาตรฐานการรับรอง *มาตรฐานการผลิตข้าวอินทรีย์ (มกษ. 9000 เล่ม 1-2552 และ เล่ม 4-2553)*
ขอบข่ายที่ให้การรับรอง *แหล่งผลิตข้าวอินทรีย์*
มอบให้แก่ *กลุ่มเครือข่ายเกษตรอินทรีย์ตำบลผักไหม*
ที่อยู่ *หมู่ที่ 7 ตำบล/แขวง ผักไหม อำเภอ/เขต ห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ*

รหัสรับรอง *กษ 09 9000 33 000 00000211 ORGANIC*

วันที่ให้การรับรอง *22 มกราคม 2560* **วันหมดอายุ** *21 มกราคม 2561*

(นายอนันต์ สุวรรณรัตน์)
อธิบดีกรมการข้าว

กองตรวจสอบรับรองมาตรฐานข้าวและผลิตภัณฑ์ กรมการข้าว เกษตรกลางบางเขน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 **กษ 09 9000 33 000 00000211 ORGANIC**
โทรศัพท์ 0 2561 2174 โทรสาร 0 2561 2164 http://dric.ricethailand.go.th/

ภาพที่ ก.2 ใบรับรองการปลูกข้าวแบบอินทรีย์

กรมการข้าว
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

มาตรฐานการรับรอง *มาตรฐานการผลิตข้าวอินทรีย์ (มกษ. 9000 เล่ม 1-2552 และ เล่ม 4-2553)*
ขอบข่ายที่ให้การรับรอง *การแปรรูป*
มอบให้แก่ *สหกรณ์การเกษตรเพื่อการตลาดลูกค้า ธ.ก.ส. ศรีสะเกษ จำกัด*
ที่อยู่ *เลขที่ 48 หมู่ที่ 8 ตำบล/แขวง หว้านคำ อำเภอ/เขต รายไศล จังหวัดศรีสะเกษ*

รหัสรับรอง *กษ 09 9000 33 000 000003 ORGANIC*

วันที่ให้การรับรอง *22 มกราคม 2560* **วันหมดอายุ** *21 มกราคม 2561*

(นายอนันต์ สุวรรณรัตน์)
อธิบดีกรมการข้าว

กองตรวจสอบรับรองมาตรฐานข้าวและผลิตภัณฑ์ กรมการข้าว เกษตรกลางบางเขน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 **กษ 09 9000 33 000 000003 ORGANIC**
โทรศัพท์ 0 2561 2174 โทรสาร 0 2561 2164 http://dric.ricethailand.go.th/

ภาพที่ ก.3 ใบรับรองการแปรรูปข้าวแบบอินทรีย์

ที่ กษ ๐๙๒๐/ ๓๓๕๖ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๔
ตู้ ปณ. ๗๙ อ.เมือง จ.อุบลราชธานี ๓๔๐๐๐

๑๕ มิถุนายน ๒๕๖๐

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาขึ้นทะเบียนช่วงปรับเปลี่ยนเป็นแหล่งผลิตพืชอินทรีย์

เรียน นายไพฑูรย์ ฝางคำ

ตามที่ นายไพฑูรย์ ฝางคำ บ้านเลขที่ ๗๐ หมู่ ๗ ตำบลผักไหม อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ ได้ยื่นขอการรับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์ ตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ เล่ม ๑ : การผลิต แปรรูป แสดงฉลาก และจำหน่ายผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ (มกษ.๔๐๐๐ เล่ม ๑ – ๒๕๕๒) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สถานที่ผลิตตั้งอยู่ที่ ๒๐ หมู่ ๗ ตำบลผักไหม อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ นั้น คณะกรรมการรับรองมาตรฐานการผลิตพืช สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๔ ได้พิจารณาขึ้นทะเบียนแหล่งผลิตดังกล่าวข้างต้น เป็นแหล่งผลิตระยะปรับเปลี่ยนเป็นอินทรีย์ ชนิดพืชที่ผลิต ๗ ชนิด รวมพื้นที่ ๙.๖๘ ไร่ (ตามเอกสารแนบ๑หน้า) โดยมีระยะปรับเปลี่ยน ตั้งแต่วันที่ ๒๔ มกราคม ๒๕๖๐ ถึง ๖ เมษายน ๒๕๖๑

ทั้งนี้ ท่านสามารถแสดงข้อความในฉลากว่าเป็น “ผลิตผลช่วงปรับเปลี่ยนเป็นอินทรีย์” ได้ โดยห้ามมิให้แสดงเครื่องหมายรับรอง Organic Thailand บนผลิตผลหรือบรรจุภัณฑ์จากแหล่งผลิตดังกล่าว และ/หรือกล่าวอ้างข้อความที่ทำให้เกิดความเข้าใจผิดว่าเป็นผลิตผลพืชอินทรีย์บนเอกสาร ประกาศนียบัตร นามบัตร สื่อ วัสดุเพื่อจำหน่ายหรือเผยแพร่ จนกว่าจะพ้นระยะปรับเปลี่ยนและท่านได้ยื่นขอการรับรองและได้รับการพิจารณาเป็นแหล่งผลิตพืชอินทรีย์จากหน่วยรับรองกรมวิชาการเกษตรแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นางรัชดาวัลย์ อัมมินทร)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ รักษาราชการแทน
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ ๔

กลุ่มถ่ายทอดเทคโนโลยี
โทรศัพท์. ๐-๔๕๒๑-๐๔๒๒
โทรสาร. ๐-๔๕๒๑-๐๔๒๓
E-mail:oard4@doa.in.th
oard4@hotmail.com
(นางทิตติยา ธานี)

ภาพที่ ก.4 ใบรับรองการพิจารณาการปรับเปลี่ยนเป็นพื้นที่เพาะปลูกอินทรีย์

เอกสารแนบ ๑/๑

ขอบข่าย : การขึ้นทะเบียนช่วงปรับเปลี่ยนเป็นอินทรีย์
ประเภทการขึ้นทะเบียนช่วงปรับเปลี่ยน : แหล่งผลิต
ชนิดพืช ๑ ชนิด พื้นที่รวม ๙.๐๐ ไร่
ระยะปรับเปลี่ยนตั้งแต่ ๒๔ มกราคม ๒๕๖๐ ถึง ๖ เมษายน ๒๕๖๑

๑. ถั่วเหลือง พื้นที่ ๙.๐๐ ไร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาพที่ ก.5 ใบรับรองการขึ้นทะเบียนปรับเปลี่ยนเป็นถั่วเหลืองอินทรีย์

ภาคผนวก ข

ภาพการดำเนินการทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาพที่ ข.1 การเตรียมอาหารทดลอง

ภาพที่ ข.2 การกกลูกไก่และการชั่งน้ำหนักไก่ทุกสัปดาห์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาพที่ ข.3 โรงเรือนและแปลงหญ้าที่ใช้ในงานทดลอง

ภาพที่ ข.4 แสดงภาพภายในโรงเรือน และการฆ่าไก่เพื่อเก็บตัวอย่าง

ภาพที่ ข.5 การเก็บตัวอย่างงานทดลอง

ภาคผนวก ค

วิธีการดำเนินงานทางห้องปฏิบัติการ

วิธีการดำเนินงานทางห้องปฏิบัติการ

1. การวิเคราะห์ Fatty acid ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966)

- **การเตรียมสาร internal standard fatty acid**

ใช้ C17:0 (Heptadecanoic) เป็น internal standard ความเข้มข้น 2.0 มก./มล. โดยทา การชั่งสารละลาย C17:0 (Heptadecanoic) 1 กรัม ลงใน volumetric flask ขนาด 500 มล. และใช้สาร hexane ปรับปริมาตรจนครบ

- **สารเคมี (ต่อ 1 ตัวอย่าง)**
  1. Chloroform-methanol (2:1) 90 มล.
  2. Chloroform 30 มล.
  3. DI water 30 มล.
  4. 0.58% NaCl 5 มล.
- **อุปกรณ์**
  1. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
  2. เครื่องปั่น Homogenizer
  3. กรวยแยกพร้อมขาตั้ง
  4. กรวยกรอง
  5. กระดาษกรอง
  6. กระบอกตวงขนาด 50 มล.และ100 มล.
  7. Micropipette ขนาด 1 มล.
  8. ขวดฝาเกลียว
- **วิธีการ**
  1. ชั่งเนื้อไก่ 5 กรัม
  2. เติม chloroform-methanol (2:1) ปริมาตร 90 มล.
  3. ปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer 2 นาที
  4. เติม chloroform 30 มล.และปั่นอีก 2 นาที
  5. กรองด้วยกระดาษกรอง
  6. เติมน้ำ DI ปริมาตร 30 มล.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7. เติม 0.58% NaCl ปริมาตร 5 มล.

- **การเตรียมสารละลายไขมันเพื่อฉีด** Gas chromatography (GC)

1. N_2
2. 0.5 N NaOH/MeOH ปริมาตร 1.5 มล.
3. 14% BF3/MeOH ปริมาตร 2 มล.
4. Internal standard (C17:0 2 mg/มล. in Hexane) ปริมาตร 1 มล.
5. น้ำ DI ปริมาตร 10 มล.
6. Hexane ปริมาตร 5 มล.
7. Na_2SO_4

- **อุปกรณ์**

1. Tube ฝาเกลียวที่ปิดสนิท แก๊สผ่านไม่ได้ 2 tube/sample
2. Vial สีชา พร้อมชุดฝาปิด 1 ชุด
3. Micropipette 1 มล. พร้อม tip สีฟ้า สำหรับดูดสารละลายและสารเคมี
4. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
5. เครื่องให้ความร้อน 100˚C 6. Cylinder 25 มล. หรือ 10 มล. สำหรับตวงน้ำ DI 1 อัน
6. Cylinder 25 มล. หรือ 10 มล. สำหรับตวงน้ำ DI 1 อัน
7. นาฬิกาจับเวลา
8. Pipette 5 มล. สำหรับดูด hexane 1 อัน
9. ช้อนตักสารสำหรับ Na_2SO_4
10. เครื่อง Mixer
11. Rack วาง tube
12. Beaker 50 มล. 2 อัน
13. Beaker 100 มล. 2 อัน

- **วิธีการ**

1. ชั่ง tube แก้วและฝา จดบันทึกน้ำหนักไว้ (A)
2. ดูดสารละลายไขมันสกัดได้จากเนื้อใส่ tube ที่ชั่งแล้วปริมาตร 4 มล.
3. Dry ด้วย N_2 จนตัวสารละลายแห้งหมด เหลือเฉพาะกรดไขมันอยู่ใน tube
4. ชั่ง tube ภายหลังการ dry ด้วย N_2 จดบันทึกไว้ (B)
5. เติม 0.5 N NaOH/MeOH ปริมาตร 1.5 มล.
6. Dry ด้วย N2 (เพื่อไล่O_2คือให้ N_2 เข้าไปแทนที่ O2แล้วปิดฝาให้สนิท)
7. ให้ความร้อน 100˚C นาน 5 นาที

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

8. เขย่า 1-2 ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไวให้เย็น
9. เปิดฝาเติม 14% BF3 /MeOH ปริมาตร 2 มล.
10. Dry ด้วย N_2 แล้วปิดฝา
11. เติม internal standard (C17:0 2 mg/มล. in Hexane) ปริมาตร1 มล.
12. Dry ด้วย N_2 แล้วปิดฝา
13. ให้ความร้อน 100°C นาน 5 นาที
14. เขย่า 1-2 ครั้งแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
15. เปิดฝาเติม น้ำ DI ปริมาตร 10 มล. และ Hexane ปริมาตร 5 มล.
16. ปิดฝาเขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งไว้ให้แยกชั้น (แยกเร็ว) (ในกรณีไม่แยกชั้นทันทีให้นำไป centrifuge ที่ 10°C 5,000 rpm เวลา 15 นาที)
17. ตัก Na_2SO_4 ประมาณปลายช้อนตักสารใส่ลงใน tube ฝาเกลียว (tubeใหม่)
18. เมื่ออสารละลายแยกชั้นแล้วใช้Micropipette ดูดชั้น Hexane (ชั้นบนมาใส่ tube ฝาเกลียว มี Na_2SO_4 อยู่เพื่อ dry น้ำที่ติดมากับชั้น Hexane ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที)
19. ดูดสารละลายชั้นบนที่ dry น้ำ ใส่ Vial สีชา 1 มล. เพื่อน นำไปฉีดเข้าเครื่อง GC (Hewlett-Packard 7890A; Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)

- **Condition of gas chromatography**

  Column: SP 2560 Column Length: 100 m x 250 μm

  Injector temperature: 260°C

  Column temperature: initial 70°C final temperature 240°C

  Detector: FID 260°C

  Flow rate: 1.0 มล./นาที

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค.1 ชนิดของกรดไขมันที่ใช้เป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatography (Supelco 37 Component FAME Mix)

No.	Component	Weight (%)
1	C4:0 (Butryic)	4
2	C6:0 (Caproic)	4
3	C8:0 (Caprylic)	4
4	C10:0 (Capric)	4
5	C11:0 (Undecanoic)	2
6	C12:0 (Lauric)	4
7	C13:0 (Tridecanoic)	2
8	C14:0 (Myristic)	4
9	C14:1 (Myristoleic)	2
10	C15:0 (Pentadecanoic)	2
11	C15:1 (cis-10-Pentadecenoic)	2
12	C16:0 (Palmitic)	6
13	C16:1 (Palmitoleic)	2
14	C17:0 (Heptadecanoic)	2
15	C17:1 (cis-10-Heptadecenoic)	2
16	C18:0 (Stearic)	4
17	C18:1 n9c (Oleic)	4
18	C18:1 n9t (Elaidic)	2
19	C18:2 n6c (Linoleic)	2
20	C18:2 n6t (Linolelaidic)	2
21	C18:3 n6 (g-Linolenic)	2
22	C18:3 n3 (a-Linolenic)	2
23	C20:0 (Arachidic)	4
24	C20:1n9 (cis-11-Eicosenoic)	2
25	C20:2 (cis-11,14-Eicosadienoic)	2
26	C21:1 (Henicosanoic)	2
27	C22:0 (Behenic)	4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

No.	Component	Weight (%)
28	C20:3 n6 (cis-8, 11, 14-Eicosatrienoic)	2
29	C22:1 n9 (Erucic)	2
30	C20:3 n3 (cis-11, 14, 17-Eicosatrienoic)	2
31	C20:4 n6 (Arachidonic)	2
32	C23:0 (Tricosanoic)	2
33	C22:2 (cis-13, 16-Docosadienoic)	2
34	C24:0 (Lignoceric)	4
35	C20:5 n3 (cis-5, 8, 11, 14, 17-Eicosapentaenoic)	2
36	C24:1 n9 (Nervonic)	2
37	C22:6 n3 (cis-4, 7, 10, 13, 16, 19-Docosahexaenoic)	2

2. การวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอล

- **การเตรียมสาร internal standard cholesterol**

สาร internal standard cholesterol จะเตรียมให้มีความเข้มข้น 0.1 มก./มล. โดยทำการชั่งสารละลาย 5α-cholestane 25 มก. ลงใน volumetric flask ขนาด 250 มล. และใช้สาร hexane ปรับปริมาตรจนครบ

การเตรียม working standard โดยการนำ stock standard cholesterol ปิเปตมาปริมาตร 0.05 0.1 0.25 0.5 1 2.5 มล. ลงใน volumetric flask ขนาด 10 มล. และปรับปริมาตรด้วยสาร hexane เพื่อให้มีระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.05 0.1 0.25 0.5 1 และ2.5 มก./มล. ตามลำดับ

- **วัสดุและอุปกรณ์**

1. เครื่องชั่ง
2. ชุด Reflux
3. ปิเปต
4. Vortex
5. ขวด Vial

- **สารเคมี**

1. Ethanol-methanol-isopropanol (90 : 5 : 5 v/v/v)
2. 60% KOH

3. Hexane
4. DI water
5. Internal standard (5–cholestane ใน hexane 0.1 มก./มก.)

- **ขั้นตอน**

1. ชั่งเนื้อไก่ 5 กรัม ใส่ใน Round bottom flask
2. เติม Ethanol–methanol-isopropanol (90 : 5 : 5 v/v/v) ปริมาตร 20 มก. เติม 60% KOH ปริมาตร 5 มก. (1 มก. ต่อตัวอย่าง 1 กรัม) เขย่าให้เข้ากัน
3. ทำการ reflux เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (เริ่มนับจากตัวอย่างเดือด) นำมาวางให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง
4. เติม hexane ปริมาตร 100 มล.และผสมให้เข้ากัน เป็นเวลา 10 นาที
5. เติมน้ำ DI ปริมาตร 25 มล.และผสมให้เข้ากัน เป็นเวลา 15 นาทีจะเห็นการแยกชั้นของ Hexane อย่างชัดเจนด้านบน
6. ทำการปิเปต สารละลายมาปริมาตร 12.5 มล. ใส่ในหลอดทดลอง
7. ทำให้แห้ง (dry) ด้วยก๊าซไนโตรเจน (N_2)
8. นำส่วนที่แห้งมาละลายด้วย internal standard ปริมาตร 1 มล.
9. ดูดใส่ vial นำไปวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลด้วย Gas chromatography (Hewlett-Packard 6890, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)

- **Condition of gas chromatography**

Column: HP 19091A-112, 25 m × 0.32 mm × 0.52 µm

Injector temperature: 260°C

Detector: 300°C

Flow rate: 1.0 มล./นาที

3. การหาสัดส่วนของเม็ดเลือดขาวชนิด Heterophils ต่อ Lymphocytes (H/L ratio)

- **อุปกรณ์**

1. แผ่นสไลด์
2. กล้องจุลทรรศน์
3. นาฬิกาจับเวลา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- **สารเคมี**

1. Giemsa-Wright's buffer
2. Buffer

- **วิธีการ**

1. นำตัวอย่างเลือดมาทำการสเมียร์เลือดบนแผ่น สไลด์แล้วตากให้แห้งในอากาศ
2. วางแผ่นสไลด์ที่ทำการสเมียร์เลือด และแห้ง มาวางบนถาดสำหรับย้อม โดยวางด้านที่มี เลือดหงายขึ้น
3. หยดสีย้อม Giemsa-Wright's buffer ให้ท่วมแผ่นฟิล์มเลือดเป็นเวลา 3 นาที หยดบัฟเฟอร์ 1-2 หยดลงบนสีย้อมบนแผ่นสไลด์
4. หยดสีย้อม Giemsa-Wright's buffer ให้ท่วมแผ่นฟิล์มเลือดอีกครั้งทิ้งไว้ 3 นาที ชะล้างสี ย้อมบนแผ่นสไลด์ด้วยน้ำสะอาด
5. ปล่อยทิ้งไวให้แห้ง นำแผ่นสไลด์ที่ ย้อมแล้วมาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้เลนส์หัวน้ำมัน (Oil immersion) ที่มีกำลังขยาย 100x

(a) (b)

ภาพที่ ค.1 (a) เม็ดเลือดขาวชนิด Heterophils (b) เม็ดเลือดขาวชนิด Lymphocyte

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวเปรมกมล ทองดวง เกิดเมื่อวันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2536 ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับ มัธยมศึกษาจากโรงเรียนสุรนารีวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชา เทคโนโลยีการเกษตร ในปี การศึกษา 2559 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา หลังจากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุนารี ในระหว่างการศึกษา ได้รับทุนการศึกษาสำหรับผู้มีศักยภาพเข้าศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี