



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองประจวบคีรีขันธ์ต่างระบบการเลี้ยง
และไก่โคราช

โดย รศ.ดร.จิรวัดน์ ยงสวัสดิกุล

นำเสนอ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

พฤศจิกายน 2559

สัญญาเลขที่ RDG 5820026

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองประดู่หางดำเชียงใหม่ต่างระบบการเลี้ยง และไก่โคราช

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. รศ.ดร.จิรวรรณ ขงสวัสดิกุล สาขาเทคโนโลยีอาหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2. ดร.ปัทมาวดี เกียรติเบญจกุล สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
3. นายบัณฑิต กิริติการกุล คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้คือเพื่อ (1) ศึกษาผลของรูปแบบการเลี้ยงต่อคุณภาพเนื้อของไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ (2) เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ โดยศึกษาผลของระบบการเลี้ยงไก่ประดู่หางดำ 3 ระบบคือ ระบบการเลี้ยงในโรงเรือนปิด ระบบการเลี้ยงแบบกึ่งจังกึ่งปล่อย และระบบการเลี้ยงแบบปล่อยลาน และใช้เวลาการเลี้ยง 12 สัปดาห์ ในขณะที่ไก่เนื้อทางการค้าและไก่เนื้อโคราชใช้ระบบการเลี้ยงในโรงเรือนปิดเป็นเวลา 6 และ 10 สัปดาห์ตามลำดับ ทำการสุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 20 ตัว และใช้โรงเชือดที่ได้มาตรฐาน Good Manufacturing Practice (GMP) ในการชำแหละตัวอย่าง จากนั้นนำมาศึกษาคุณสมบัติด้านต่างๆ ดังนี้ คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่า pH การสูญเสียน้ำหนักหลังการต้ม เนื้อสัมผัสของไก่ต้มสุก ความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าสี (L^* , a^* , b^*) คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ องค์ประกอบโปรตีนกล้ามเนื้อ ปริมาณนิวคลีโอไทด์ พิวรีน โคลเลสเตอรอล และ คอลลาเจน และประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Quantitative Descriptive Analysis (QDA) โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณพบว่า ปริมาณโปรตีนในเนื้ออกของไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยลานมีค่าสูงสุด ($p < 0.05$) ส่วนเนื้อสะโพกของไก่ทั้ง 5 กลุ่มมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ปริมาณไขมันทั้งหมด และโคลเลสเตอรอลของหนัง เนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อทางการค้ามีค่าสูงสุด ($p < 0.05$) ค่าสีของเนื้อมีความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่มีค่าความสว่าง (L^*) สูงสุด ($p < 0.05$) ส่วนเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีสีแดง (a^*) มากกว่ากลุ่มตัวอย่างอื่น ($p < 0.05$) รวมถึงค่าสีเหลือง (yellowness, b^*) ซึ่งสูงที่สุดในเนื้ออกและเนื้อสะโพก ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการเคลื่อนไหวในระบบการเลี้ยงแบบปล่อยลาน

ในตัวอย่างเนื้อดิบและเนื้อต้มสุก เนื้ออกไก่มีปริมาณอิโนซีนโมโนฟอสเฟต (inosine monophosphate, IMP) สูงกว่าเนื้อสะโพกในทุกกลุ่มตัวอย่าง เนื้ออกของไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน และที่เลี้ยงแบบกึ่งจังกึ่งปล่อย มีปริมาณ IMP สูงสุด ($p < 0.05$) การให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ส่งผลให้ค่า IMP ลดลงในทุกกลุ่มตัวอย่าง เมื่อวิเคราะห์ปริมาณนิวคลีโอไทด์ของเนื้อไก่สุก พบว่าสาร IMP ในเนื้ออกและสะโพกของไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีปริมาณสูงสุด ($p < 0.05$) ในขณะที่อิโนซีน และไฮโปแซนทีนซึ่งเกิดจากการ

เสื่อมสลายของนิวคลีโอไทด์มีค่าสูงทั้งในเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อทางการค้า และไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ที่เลี้ยงแบบขัง ($p < 0.05$) นอกจากนี้ในเนื้ออก และสะโพกของไก่ประดู่ที่เลี้ยงปล่อยลานมีปริมาณคอแลเจนมากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับค่าแรงเหวี่ยงของเนื้อที่มีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับเนื้อไก่กลุ่มอื่น ($p < 0.05$)

สารประกอบพิวรีนหลักที่พบในเนื้อไก่ทุกสายพันธุ์คือ ไฮโปแซนทีน อะดีนีน และกวานีน โดยปริมาณ พิวรีนทั้งหมดในอกไก่ทางการค้าและไก่เนื้อโคราชมีค่าสูงกว่าไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ทั้ง 3 รูปแบบการเลี้ยง ($p < 0.05$) โดยปริมาณพิวรีนทั้งหมดในเนื้ออกไก่มีค่ามากกว่าเนื้อสะโพกในไก่ทุกสายพันธุ์ ($p < 0.05$) และเนื้อไกดิบจะมีค่าสูงกว่าเนื้อไก่ต้มสุก ($p < 0.05$) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า เนื้ออกและสะโพกของไก่เนื้อทางการค้ามีความเลี่ยนมันมากที่สุด ($p < 0.05$) แต่มีการเกาะตัว ความแน่นเนื้อ และรสหวานน้อยที่สุด ($p < 0.05$) ในทางตรงกันข้ามไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีการเกาะตัว ความแน่น และรสหวานมากที่สุด ($p < 0.05$)

จากการวิเคราะห์รามานสเปกโทรสโกปี (Raman spectroscopy) ของเนื้ออกของไก่เนื้อทางการค้ามีค่าความเข้มของแถบเอไมด์ I (amide I, 1680, 1669, 1659, 1647 cm^{-1}) สูงสุด ($p < 0.05$) ขณะที่เนื้อสะโพกของไก่เนื้อโคราชแสดงความเข้มของแถบเอไมด์ I สูงที่สุด ($p < 0.05$) ซึ่งบ่งชี้ว่าโครงสร้างระดับทุติยภูมิของโปรตีนในเนื้อทั้งสองส่วนมีความสมบูรณ์มากที่สุด ข้อมูลโครงสร้างตติยภูมิเมื่อพิจารณาจากโซ่ข้างของกรดอะมิโนคาร์บอนสายตรง (aliphatic side chain) พบว่าเนื้ออกดิบของไก่เนื้อทางการค้ามีค่าสูงกว่าไก่กลุ่มอื่น ($p < 0.05$) ในขณะที่เนื้อสะโพกดิบของไก่ประดู่หางดำเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย และเลี้ยงปล่อยลาน มีค่าสูงกว่าไก่กลุ่มอื่น ($p < 0.05$) แสดงว่าโครงสร้างตติยภูมิของโปรตีนกลั่นเนื้อของไก่แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เมื่อนำตัวอย่างที่ให้ความร้อนมาตรวจวิเคราะห์ พบการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างตติยภูมิในเนื้ออกของไก่เนื้อโคราชมากที่สุด ($p < 0.05$)

คุณภาพเนื้อของไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่มีความโดดเด่นด้านเนื้อสัมผัส โดยเฉพาะการเกาะตัวและความแน่นเนื้อที่สูง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณคอแลเจน และค่าแรงเหวี่ยงที่สูง ระบบการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยและแบบปล่อยลานส่งผลต่อคุณภาพเนื้อ โดยเฉพาะต่อปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ และ IMP และปริมาณไขมันทั้งหมด โคเลสเตอรอล และพิวรีนที่ต่ำของไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ที่เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยและปล่อยลานอาจส่งผลให้สามารถวางตำแหน่งทางการตลาดเป็นเนื้อไก่เพื่อสุขภาพ และการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ด้วย รามานสเปกโทรสโกปี อาจส่งผลให้สามารถตรวจสอบชนิดและสายพันธุ์ไก่ เพื่อป้องกันการกล่าวอ้างผิดประเภท และปัญหาการหลอกลวงผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์ไก่พื้นเมือง

Abstract

Objectives of this study were to (1) investigate the effect of rearing system on meat quality of Thai indigenous Chiang Mai blacktail Pradu (Pradu Hang Dam Chiang Mai, PD) and (2) compare physical, chemical, and sensory properties of meat from broiler (BR), Korat crossbreed (KC), and PD. Rearing system included intensive (In), semi-intensive (Semi) and free ranch (FR) system. PDs were reared for 12 wk, while BR and KC were reared for 6 wk and 10 wk, in the In system, respectively. Twenty birds from each treatment were randomly selected and slaughtered at a commercial certified GMP slaughter house. Physical properties, namely meat pH, cooking loss, textural properties of cooked sample, water holding capacity, and color values (L^* , a^* , b^*), were monitored. Measured chemical parameters were proximate composition, muscle protein composition, nucleotide content, purine, cholesterol, and collagen. In addition, sensory properties of cooked breast and thigh were evaluated using Quantitative Descriptive Analysis (QDA) by 10 trained panelists.

Based on proximate composition, breast of KC and PD reared in free ranch system (KC-FR and PD-FR) showed the highest protein content ($p < 0.05$), while protein content of thigh of all groups was comparable ($p > 0.05$). Broilers exhibited highest contents in total lipid and cholesterol in skin, breast, and thigh ($p < 0.05$). Meat color was different among treatments. Breast and thigh of KC and PD showed the highest lightness value (L^*), while redness (a^*) of thigh of PD-FR was highest ($p < 0.05$), corresponding to active behavior of birds in the FR system. Moreover, yellowness (b^*) of breast and thigh of PD-FR was highest ($p < 0.05$).

In raw and cooked form, breast contained higher content of inosine monophosphate (IMP) than did thigh, regardless of breed and rearing system. Breast of PD-FR and PD-Semi exhibited the highest IMP content ($p < 0.05$). Heating at 80 °C for 20 min resulted in a decrease of IMP. Cooked breast and thigh of PD-FR contained the highest IMP content. Contents of degradation products of IMP, namely inosine and hypoxanthine, in both breast and thigh of BR and PD-In were the highest ($p < 0.05$). In addition, PD-FR contained the highest total collagen content in both breast and thigh, corresponding to the highest shear force value ($p < 0.05$).

Major purines in chicken meat of all breeds were hypoxanthine, adenine, and guanine. Total purine contents of BR and KC were higher than those of PD reared by 3 different systems

($p < 0.05$). Regardless of treatment, breast contained higher total purine content than did thigh and that of raw was higher than respective cooked samples. Sensory evaluation revealed that breast and thigh of BR contributed the highest score of oiliness, and exhibited the least cohesiveness and denseness ($p < 0.05$). Sweetness of BR breast was also the lowest. In contrast, PD-FR showed highest cohesiveness, denseness, and sweetness ($p < 0.05$).

Raman spectroscopy revealed that BR breast showed the highest intensity of Amide I (1680, 1669, 1659, 1647 cm^{-1}) ($p < 0.05$), while KC thigh exhibited the highest intensity ($p < 0.05$), indicating that secondary structure of muscle proteins of these 2 species exhibited the highest integrity as compared to others. Information of tertiary structure based on intensity of aliphatic side chain amino acids indicated that raw breast of BR possessed the highest intensity ($p < 0.05$), while thigh of PD-Semi and PD-FR showed the highest ($p < 0.05$). These results suggested that tertiary structure of muscle proteins varied with breeds. Cooked KC breast showed the greatest extent of tertiary structure changes ($p < 0.05$).

Meat quality of PD exhibited distinctive characteristics. Unique textural properties of PD were relatively high cohesiveness and denseness, corresponding to the highest collagen content and shear force. The rearing system of semi-intensive and free ranch appeared to positively affect meat quality, particularly with regard to myofibrillar proteins and IMP content. Due to relatively low total lipid, cholesterol and purine of PD-Semi and PD-FR meat, they could be marketed as healthy chicken meat. Raman spectroscopy could be a promising tool for differentiating chicken breeds, which could be used to detect mislabeling and fraudulence of Thai indigenous chicken products.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	3
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	5
สารบัญ	7
สารบัญตาราง	9
สารบัญภาพ	11
ส่วนที่ 1 ข้อมูลโครงการ	12
1. ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล	12
2. ทบทวนเอกสารเชิงสังเคราะห์	13
3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	16
4. ระเบียบวิธีวิจัย	16
4.1 สถานที่ในการวิจัย	16
4.2 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง	16
4.3 การวิเคราะห์ทางกายภาพ	17
4.4 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี	19
4.5 คุณภาพทางประสาทสัมผัส	22
ส่วนที่ 2 ผลการศึกษา	24
1. คุณสมบัติทางกายภาพ	24
1.1 การสูญเสียน้ำหนักหลังการต้ม	24
1.2 เนื้อสัมผัสของไก่ต้มสุก	25
1.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ	26
1.4 ค่าความเป็น กรด-ด่าง	27
1.5 ค่าสี	28
2. สมบัติทางเคมี	30
2.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ	30
2.2 องค์ประกอบโปรตีนกลั่นเนื้อ	32
2.3 ปริมาณนิวคลีโอไทด์	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 ปริมาณพิวรีนทั้งหมด	39
2.5 ปริมาณโคเลสเตอรอล	41
2.6 ปริมาณคอแลลาเจน	42
2.7 คุณภาพเนื้อโดยเทคนิครามานสเปคโตรสโกปี	44
2.8 สมบัติทางประสาทสัมผัส	49
ส่วนที่ 3 สรุปผลการศึกษา	55
เอกสารอ้างอิง	58

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อายุ น้ำหนักและพื้นที่ที่ใช้ในการผลิตไก่แต่ละสายพันธุ์	17
2	ศัพท์บัญญัติและตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้สร้างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่	23
3	การสูญเสียน้ำหนักหลังการต้ม (%) ในเนื้อไก่ 5 กลุ่ม	25
4	ค่าแรงเหวี่ยงขึ้นเนื้อของเนื้อไก่ 5 กลุ่ม	26
5	การเปรียบเทียบค่าแรงเหวี่ยงในกลุ่มตัวอย่างที่มีวิธีการเลี้ยงต่างกันแบบ orthogonal	26
6	ความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อไก่ 5 กลุ่ม	27
7	ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) ในเนื้อไก่ 5 กลุ่ม	28
8	ค่าสีของตัวอย่างเนื้อไก่ดิบ 5 กลุ่ม	30
9	องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อไก่ดิบ 5 กลุ่ม	32
10	ปริมาณองค์ประกอบโปรตีนกล้ามเนื้อในเนื้อไก่ 5 กลุ่ม	34
11	ปริมาณสารประกอบนิวคลีโอไทด์ในเนื้อไก่ดิบ 5 กลุ่ม	36
12	การเปรียบเทียบผลของรูปแบบการเลี้ยงและสายพันธุ์ไก่ (ไก่ประดู่ และ ไก่เนื้อโคราช) ต่อปริมาณนิวคลีโอไทด์แบบ ortogonal	37
13	ปริมาณสารประกอบนิวคลีโอไทด์ในเนื้อไก่ต้มสุกทั้ง 5 กลุ่ม	38
14	ปริมาณสารประกอบพิวรีนในเนื้อไก่ดิบ 5 กลุ่ม	40
15	ปริมาณสารประกอบพิวรีนในเนื้อไก่สุก 5 กลุ่ม	41
16	ปริมาณโคเลสเตอรอลในไก่ 5 สายพันธุ์	42
17	ปริมาณคอเลสเตอรอลในไก่ 5 สายพันธุ์	43
18	เปรียบเทียบผลของรูปแบบการเลี้ยงต่อปริมาณคอเลสเตอรอล	44

ตารางที่		หน้า
19	ค่าความเข้มของรามานสเปกตรัม (Raman spectra) ที่แถบเอไมด์ I ของเนื้อไก่ 5 กลุ่มทั้งในรูปเนื้อดิบและเนื้อสุก	45
20	การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระดับตติยภูมิของเนื้อดิบของไก่ทั้ง 5 กลุ่ม	47
21	การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระดับตติยภูมิของเนื้อไก่ต้มสุกทั้ง 5 กลุ่ม	48
22	การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระดับตติยภูมิของเนื้อไก่ต้มสุกทั้ง 5 กลุ่ม ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ของไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราช และเนื้อไก่ประดู่หางดำ	51

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ผังใยแมงมุมแสดงการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ของเนื้อมาก และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อทางการค้า	53
2	ผังใยแมงมุมแสดงการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ในเนื้อมาก และเนื้อสะโพกของไก่โคราช	53
3	ผังใยแมงมุมแสดงการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ในเนื้อมาก และเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำเลี้ยงในระบบขังในโรงเรือน	54
4	ผังใยแมงมุมแสดงการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ในเนื้อมาก และเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำเลี้ยงในระบบกึ่งขังกึ่งปล่อย	54
5	ผังใยแมงมุมแสดงการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ในเนื้อมาก และเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำเลี้ยงในระบบปล่อยธรรมชาติ	55

สัญญาเลขที่ RDG 5820026
โครงการ"คุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองประดู่หางดำเชียงใหม่ต่างระบบการเลี้ยงและไก่
โคราช"
รายงานฉบับสมบูรณ์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลโครงการ

ชื่อผู้รับทุน:รศ.ดร.จิรวัดน์ ขงสวัสดิกุล

โครงการเริ่มเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2558 รวมเวลาที่ทำงานวิจัยทั้งสิ้น 12 เดือน

รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2558 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน 2559

1. ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

สำนักงานสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ร่วมกับกรมปศุสัตว์ได้มีความร่วมมือวิจัยเพื่อสร้างฝูงไก่พื้นเมืองไทย จำนวน 4 ฝูง ได้แก่ประดู่หางดำ ไก่เหลืองหางขาว ไก่แดงและไก่สี สำหรับไก่ประดู่หางดำที่ได้รับการพัฒนาต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ.2547 เป็นต้นมา จนสายพันธุ์มีความนิ่ง พันธุกรรมได้รับการพิสูจน์ว่ามีศักยภาพในการผลิตเชิงพาณิชย์และแม้แต่การผลิตในระบบเลี้ยงปล่อยธรรมชาติ ไก่ขุนมีคุณภาพซากทั้งด้านรสชาติและกล้ามเนื้อเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ไก่ประดู่หางดำจึงมีความพร้อม สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงจนสร้างเป็นรายได้และเป็นอาชีพ ปัจจุบันเกษตรกรได้รับการส่งเสริม และกรมปศุสัตว์ได้ขึ้นทะเบียนเป็นเกษตรกรและฟาร์มเครือข่ายกว่า 200 ราย ในภาคเหนือ กำลังการผลิตลูกไก่ (ทั้งพันธุ์แท้และลูกผสม) กว่า 500,000 ตัวต่อปี (อานวย, 2554) สำหรับจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ผลผลิตไก่ขุนทั้งพันธุ์แท้และลูกผสมกว่า 100,000 ตัวต่อปี สามารถสร้างโอกาสทางการตลาดในทุกระดับ (ตั้งแต่ตลาดชุมชน ไปถึงตลาดห้างสรรพสินค้าและซูเปอร์มาร์เก็ต) แก่เกษตรกร (ศิริพร, 2557)

โครงการระบบการสร้างอาชีพการเลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่อย่างยั่งยืน ภายใต้การสนับสนุนของ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) มีเกษตรกรเข้าร่วมในโครงการ 203 ราย ใน 7 จังหวัดภาคเหนือมีรูปแบบการเลี้ยงสำคัญๆ 3 รูปแบบ ประกอบด้วย 1) การเลี้ยงแบบปล่อยหากินอิสระ (Free range) 2)การเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย 3)การเลี้ยงแบบขังในโรงเรือน (ธารงศักดิ์, 2532) ซึ่งการเลี้ยงไก่ทั้ง 3 รูปแบบ ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต และอัตราแลกเนื้อของไก่

ตลอดจนคุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ (คุณค่าทางโภชนาการ และความเหนียวนุ่ม) (Wattanachant, 2008) ซึ่งผู้บริโภคให้ความสำคัญอย่างมาก (ศิริพร, 2554)

นอกจากไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่แล้ว สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ยังได้สนับสนุนให้มีการพัฒนาสายพันธุ์ไก่เนื้อโคราช ซึ่งเป็นไก่เนื้อลูกผสมระหว่างไก่เนื้อแม่พันธุ์ มทส (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี) และไก่พ่อพันธุ์เหลืองหางขาว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเครื่องมือประกอบอาชีพวิสาหกิจชุมชน ซึ่งผลการดำเนินงานพบว่าไก่เนื้อโคราชมีศักยภาพที่ดีในการใช้เป็นเครื่องมือในการประกอบอาชีพและมีคุณภาพเนื้อที่แตกต่างจากไก่เนื้อทางการค้า (broiler) อย่างไรก็ดีตามยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าคุณภาพเนื้อของไก่สายพันธุ์ลูกผสม (ไก่เนื้อโคราช) มีความแตกต่างจากไก่พื้นเมืองอื่นอย่างไร ข้อมูลคุณภาพเนื้อระหว่างสายพันธุ์นี้ไม่เพียงแต่จะใช้เป็นเครื่องมือทางการตลาดของแต่ละสายพันธุ์ แต่ยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพในการผลิต เพื่อให้ได้คุณภาพเนื้อตามความต้องการของผู้บริโภค และยังสามารถใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาสายพันธุ์เพื่อให้เกิดลักษณะเด่นตามความต้องการของผู้บริโภคได้อีกด้วย

ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ และไก่เนื้อโคราชมีแนวโน้มที่จะพัฒนาเป็นอีกหนึ่งสัตว์เศรษฐกิจที่มีความสำคัญในระดับชุมชน แต่ยังขาดข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เชิงลึกเกี่ยวกับคุณภาพเนื้อไก่พื้นเมือง ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการขยายตลาดและการประยุกต์ใช้กระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มต่อไปในอนาคต

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาคุณภาพเนื้อของไก่ประดู่หางดำที่มีรูปแบบการเลี้ยงต่างกันเปรียบเทียบกับคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อโคราช เพื่อระบุลักษณะเด่นของเนื้อไก่ทั้ง 2 สายพันธุ์ อันจะนำไปสู่การขยายผลในด้านกระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมต่อไป

2. ทบทวนเอกสารเชิงสังเคราะห์

ระบบการเลี้ยงไก่ที่นิยมเลี้ยงในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบการเลี้ยงปล่อยตามธรรมชาติ (Free range system) ซึ่งระบบนี้ต้องมีพื้นที่ที่เพียงพอสำหรับการคุ้ยเขี่ยหา กินของไก่ มีที่พัก และร่มเงาให้ไก่ มีอาหารตามธรรมชาติ น้ำ อย่างเพียงพอ 2) ระบบการเลี้ยงกึ่งขัง กึ่งปล่อย (Semi-intensive system) ระบบนี้ไก่จะถูกเลี้ยงในโรงเรือน และมีพื้นที่อีกส่วนเป็นลานดิน ให้ไก่ออกไปคุ้ยเขี่ยในเวลากลางวัน 3) ระบบเลี้ยงขังในโรงเรือน (Intensive system) ไก่จะถูกเลี้ยงในโรงเรือนตลอดเวลา ซึ่งการเลี้ยงไก่ทั้ง 3 ระบบ จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต อัตราการแลกเนื้อ อัตราการตาย ตลอดจนคุณภาพเนื้อ (Meat quality) ที่แตกต่างกัน โดยไก่ที่เลี้ยงขังในโรงเรือนมีน้ำหนักตัวมากกว่า และมีอัตราตายต่ำกว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงปล่อยตามธรรมชาติ แต่เปอร์เซ็นต์ซากไม่มีความแตกต่างกัน (Katarzyna and Doktor, 2011; Wang et al., 2009) เมื่อ

เปรียบเทียบในด้านคุณภาพเนื้อ พบว่า ไก่ที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงปล่อยตามธรรมชาติมีส่วนของโปรตีนในเนื้อสูงกว่าไก่ที่เลี้ยงขังในโรงเรือน แต่มีองค์ประกอบของไขมันน้อยกว่า (Funaro et al., 2014; Wang et al., 2009) เมื่อวัดค่าแรงเฉือนของเนื้อ (shear force) มีค่าสูงกว่า แสดงว่าเนื้อมีความแน่นมากกว่า เคี้ยวให้ละเอียดได้ยากกว่าไก่ที่เลี้ยงขังในโรงเรือน (Therkildsen et al., 2013; Chen et al., 2013) มีค่าการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) ที่ดีกว่าไก่ที่เลี้ยงขังในโรงเรือน (Funaro et al., 2014; สิริบุญญา และคณะ, 2556) ส่วนไก่ที่เลี้ยงในระบบกึ่งขังกึ่งปล่อยมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากไก่ที่เลี้ยงขังในโรงเรือนแต่มีค่าแรงเฉือนของเนื้อสูงกว่าและมีคุณภาพซากดีกว่าไก่ที่เลี้ยงขังในโรงเรือน (วิทวัช และคณะ, 2553) และเมื่อทำการทดสอบรสชาติ (Flavour) ของเนื้อไก่อย่างพบว่าไก่ที่เลี้ยงปล่อยตามธรรมชาติจะมีรสชาติดีกว่าไก่ที่เลี้ยงขังในโรงเรือน (Sogunle et al., 2012; Fanatico et al., 2006) เนื่องจากกลิ่นของเนื้อที่มีเอกลักษณ์ เนื้อแน่น (Klaus et al., 2011; Fanatico et al., 2006; Lawlor et al., 2003) ส่งผลให้ผู้บริโภคชื่นชอบเนื้อไก่ที่เลี้ยงปล่อยตามธรรมชาติมากกว่าไก่ที่เลี้ยงขังในโรงเรือน (Cheng et al., 2014; Lawlor et al., 2003)

นอกจากปัจจัยทางด้านระบบการเลี้ยงแล้ว สายพันธุ์ของไก่ก็มีผลต่อคุณภาพของเนื้อไก่เช่นกัน โดยพบว่า ไก่พื้นเมืองเป็นไก่ที่มีโปรตีนสูง คอลลาเจนสูง ไขมันต่ำ เนื้อสัมผัสที่โดดเด่นเมื่อเปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า (Cheng et al., 2014; สิริบุญญา และคณะ, 2556; อังคนาภรณ์ และคณะ, 2556; สัตยชัย และคณะ, 2554) เมื่อเปรียบเทียบความนุ่มของเนื้อไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ กับไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ลูกผสม และไก่เนื้อทางการค้า โดยการหาค่าแรงเฉือนของเนื้อ พบว่าไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่มีค่าสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า แต่ไม่แตกต่างจากไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ลูกผสม (อังคนาภรณ์ และคณะ, 2556) นอกจากนี้ไก่พื้นเมืองยังมีสารบ่งชี้ถึงความอร่อย (Inosine monophosphate (IMP) และ Guanosine monophosphate (GMP)) มากกว่าไก่เนื้อทางการค้า (Guan et al., 2013; สิริบุญญา และคณะ, 2556) จากการทดสอบชิมเนื้อไก่ส่วนอกผู้บริโภคให้ความชื่นชอบไก่พื้นเมืองมากกว่าไก่เนื้อทางการค้าเพราะไก่พื้นเมืองมีเนื้อแน่นกว่า (ศิริพร, 2554; Guèye et al., 1997)

องค์ประกอบโปรตีนกล้ามเนื้อที่สำคัญคือ โปรตีนซาร์โคพลาสมิก (sarcoplasmic proteins) โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ (myofibrillar proteins) และ โปรตีนสโตรมา (stroma) ซึ่งคือเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โปรตีนซาร์โคพลาสมิกประกอบด้วยเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับระบบเมตาบอลิซึมของกล้ามเนื้อ ระบบการเลี้ยงที่ต่างกัน อาจส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการเคลื่อนไหว และการเจริญเติบโตที่ต่างกัน ซึ่งอาจทำให้องค์ประกอบของโปรตีนซาร์โคพลาสมิกและโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์แตกต่างกัน รวมถึงปริมาณคอลลาเจนซึ่งเป็นส่วนของโปรตีนสโตรมาอาจแตกต่างกันตามวิธีการเลี้ยงด้วย นอกจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของโปรตีนดังกล่าวแล้ว เทคนิคสเปกโทรสโกปีแบบสั้น

(vibrational spectroscopy) ได้แก่ อินฟราเรด (infrared) และรามานสเปกโทรสโกปี (Raman spectroscopy) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกัน (complementary) เพื่อศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระดับโมเลกุลของโปรตีนและไขมันในเนื้อ เทคนิคนี้มีข้อได้เปรียบวิธีการตรวจวัดแบบดั้งเดิม (conventional methods) คือสามารถตรวจติดตามตัวอย่างโดยไม่มีการทำลายตัวอย่าง (nondestructive technique) ทำให้ได้ข้อมูลในสภาวะจริง (in situ) อีกทั้งยังสามารถให้ข้อมูลหลายด้านในการวิเคราะห์เพียงครั้งเดียว (Boyaci et al., 2015; Yang and Ying, 2011; Ellis, Broadhurst, Clarke, and Goodacre, 2005)

สเปกตรัมที่ได้จากรังสีอินฟราเรดนั้นจะให้ข้อมูลที่เป็นโครงสร้างทุติยภูมิได้ดี เช่น α -helix, β -sheet เป็นต้น แต่เนื่องจากโมเลกุลของน้ำจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดคลื่นกลางในช่วงเดียวกับโครงสร้าง Amide I ของโปรตีน จึงมีผลรบกวนการวิเคราะห์ในตัวอย่างสารชีวโมเลกุลซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูง เช่น เนื้อสด ในขณะที่รามานสเปกโทรสโกปีไม่ว่าต่อโมเลกุลของน้ำแต่จะถูกรบกวนจากตัวอย่างที่มีโครงสร้างที่สามารถเกิดฟลูออเรสเซนซ์ สเปกตรัมจะให้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมของกรดอะมิโนซึ่งบ่งชี้ถึงโครงสร้างระดับตติยภูมิและทุติยภูมิ แต่ข้อเสียของรามานสเปกโทรสโกปีคือมี signal ที่ต่ำกว่าอินฟราเรด จุดเด่นของเทคนิคนี้คือสามารถใช้ตรวจติดตามโดยไม่มีการทำลายตัวอย่าง จึงลดระยะเวลาและขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่าง อีกทั้งยังให้ข้อมูลในสภาวะจริง (in situ) ของตัวอย่าง (Boyaci et al., 2015; Yang and Ying, 2011; Ellis et al., 2005) มีการประยุกต์ใช้รามานสเปกโทรสโกปีในการติดตามการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนเมื่อได้รับความร้อน เช่น ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนของเนื้อหมูเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 50 ถึง 70 °C (Berhe, Engelsens, Hviid, and Lametsch, 2014) หรือให้ความร้อนที่ 70 °C ระยะเวลาเพิ่มขึ้นจาก 10 ถึง 60 นาที (Beattie, Bell, Borggaard, Moss, 2008) พบว่าสเปกตรัมที่บ่งถึง Amide-I (1665-1650 cm^{-1}) ในส่วน α -helix มีความเข้มลดลง ในขณะที่ β -sheet กับ random coil (1668-1663 cm^{-1}) มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับการเสียสภาพของโปรตีน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้อินฟราเรดและรามานสเปกโทรสโกปีร่วมกันในการติดตามคุณภาพของเนื้อที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนและไขมัน เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อหมูซึ่งขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นหลังการตาย (post mortem) ได้แก่ การหดตัวหรือการเสียสภาพจากค่าความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้น (Pedersen, Morel, Anderson, and Engelsens, 2003) การปนเปื้อนของเนื้อไก่อะหว่างการเก็บรักษาซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มของสเปกตรัมกรดอะมิโนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากโครงสร้างโปรตีนถูกย่อยด้วยเอ็นไซม์ที่ผลิตจากเชื้อจุลินทรีย์ (Zajac, Dymińska, Lorenc, and Hanuza, 2017) การติดตามปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) ของหมูสัมพันธ์กับสเปกตรัมที่ได้จากการสั่นของพันธะ C=C เป็นหลัก (Olsen,

Rukke, Egelandstal, and Isaksson, 2008) ดังนั้นการนำเทคนิคสเปกโทรสโกปีแบบสั้นมาใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีน ไนมัน จะทำให้ได้เทคนิคและข้อมูลที่สามารถประยุกต์ใช้ในจัดจำแนกคุณสมบัติของเนื้อไก่ได้

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการเลี้ยงที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ ของไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของเนื้อไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ เปรียบเทียบกับของไก่เนื้อโคราช

4. ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 สถานที่ในการวิจัย

- 1) สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- 2) พื้นที่ของโครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการระบบการสร้างอาชีพการเลี้ยงไก่ประดู่หางดำอย่างยั่งยืนในจังหวัดเชียงใหม่

4.2 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างไก่ประดู่หางดำที่มีรูปแบบการเลี้ยงต่างกัน 3 รูปแบบ จากทั้งหมด 12 ฟาร์ม โดยแต่ละฟาร์มจัดรูปแบบการผลิตแบบใดแบบหนึ่งต่อไปนี้

- 1) การเลี้ยงแบบปล่อยลาน (Free range) เป็นการเลี้ยงไก่แบบปล่อยลานในพื้นที่ที่มีการล้อมรั้ว มีโรงเรือนให้ไก่ได้หลบแดดหรือฝนโดยมีพื้นที่โรงเรือน 0.2 ตร.ม./ตัว และมีพื้นที่ให้ไก่ออกไปคุ้ยเขี่ย 2.45 ตร.ม./ตัว โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจาก 4 ฟาร์ม
- 2) การเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย (Semi-intensive system) เป็นระบบที่เลี้ยงไก่ในโรงเรือน และมีพื้นที่ให้ไก่ออกไปนอกโรงเรือนเวลากลางวัน มีพื้นที่โรงเรือน 0.1 ตร.ม./ตัว และมีพื้นที่ให้ไก่ออกไปคุ้ยเขี่ย 0.2 ตร.ม./ตัว โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจาก 4 ฟาร์ม
- 3) การเลี้ยงแบบขังเล้าหรือขังในโรงเรือน (Intensive system) เป็นระบบที่เลี้ยงไก่ในโรงเรือนเวลามีพื้นที่โรงเรือน 0.1 ตร.ม./ตัว โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจาก 4 ฟาร์ม

ไก่ประดู่หางดำจากทุกฟาร์มเป็นลูกไก่อ่อนจากแหล่งเดียวกันคือ จากบ้านสวนแพร ฟาร์ม อ.สันทราย จ. เชียงใหม่ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างไก่แต่ละรูปแบบการผลิตมา 20 ตัว จาก 4 ฟาร์ม ทำการฆ่าและชำแหละที่โรงเชือดที่ได้มาตรฐาน GMP (ป.พ.ด. ไล่สด) ที่อายุ 12 สัปดาห์ วัดค่า pH หลังฆ่าทันที และหลังฆ่า 24 ชั่วโมงทำการเก็บตัวอย่างไว้ในถุงสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน ทำการขนส่งตัวอย่างจากจังหวัดเชียงใหม่ไปยังห้องปฏิบัติการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ด้วยรถห้องเย็นที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ตลอดจนขนส่ง และเก็บตัวอย่างไก่เนื้อโคราชที่อายุ 10 สัปดาห์ จำนวน 20 ตัวที่เลี้ยงแบบขังในโรงเรือนโดยเกษตรกร และตัวอย่างไก่เนื้อทางการค้า ที่อายุ 5 สัปดาห์ เลี้ยงแบบขังในโรงเรือน โดยพื้นที่โรงเรือนของไก่เนื้อโคราชและไก่เนื้อทางการค้าคือ 0.1 ตร.ม./ตัว ข้อมูลการเลี้ยงของแต่ละสายพันธุ์และแต่ละรูปแบบการเลี้ยงแสดงดังตารางที่ 1 นำไก่เนื้อโคราชและไก่เนื้อทางการค้าที่โรงเชือดไก่ อ.ปักธงชัย จ. นครราชสีมา ซึ่งเป็นโรงเชือดตามมาตรฐานกรมปศุสัตว์ เก็บซากไก่ในห้องเย็น 24 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างไว้ในถุงสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วันก่อนการวิเคราะห์ เก็บตัวอย่างไก่ทั้งหมด 3 ครั้ง (lot) การวิเคราะห์ในตัวอย่างไก่แต่ละ lot ทำการตรวจวัด 3 ซ้ำ วางแผนการวิเคราะห์แบบ Complete Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ด้วย SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows Ver.19, SPSS company, Chicago, IL, USA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างด้วย Duncan's multiple range test และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างคู่ด้วย Orthogonal contrast

ตารางที่ 1 อายุ น้ำหนักและพื้นที่ที่ใช้ในการผลิตไก่แต่ละสายพันธุ์

	Pradu-hangdum				
	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free Range
Age (weeks)	5	12	16	16	16
Average body weight (kg)	1.55	1.53	1.62	1.52	1.38
Average daily gain (g/day)	44.29	18.21	14.46	13.57	12.32
Raising area (birds/m)	10	10	10	5	0.4

4.3 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

4.3.1 การสูญเสียน้ำหนักหลังการต้ม โดยนำชิ้นเนื้อไก่สดส่วนอก และสะโพกบรรจุใส่ถุงพลาสติกปิดผนึกสุญญากาศ นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นแช่ในน้ำเย็นทันทีเป็นเวลา 10 นาที ชั่งน้ำหนักเนื้อไก่หลังการต้ม คำนวณร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการต้มดังสมการ (จิรวัดน์ และคณะ 2557)

$$\text{การสูญเสียน้ำหนักหลังการต้ม (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนต้ม} - \text{น้ำหนักหลังต้ม})}{\text{น้ำหนักก่อนต้ม}} \times 100$$

4.3.2 เนื้อสัมผัสของไก่ต้มสุก นำชิ้นเนื้อไก่สดส่วนอก และสะโพกบรรจุใส่ถุงพลาสติก นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นนำตัวอย่างแช่ในน้ำเย็นทันทีเป็นเวลา 10 นาที หั่นชิ้นเนื้อให้ได้ขนาดประมาณ 1 x 2 x 1 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) วัดค่าแรงเคี้ยวด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA.XT.Plus, Stable Micro System, UK) หัววัดแบบ Warner bratzler ที่อัตราการเคลื่อนที่ของหัว 4 มิลลิเมตร/วินาที โดยสุ่มวัดตัวอย่างละ 6 ซ้ำ (จิรวัดน์ และคณะ 2557)

4.3.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ ชั่งเนื้อไก่ต้มสุกจำนวน 2 กรัม ใส่หลอดปั่นเหวี่ยงที่มีกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 6,000xg ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังการปั่นเหวี่ยง กำหนดความสามารถในการอุ้มน้ำดังสมการ (จิรวัดน์ และคณะ 2557)

น้ำที่สูญเสียหลังการปั่นเหวี่ยง (%)

$$= \frac{(\text{น้ำหนักก่อนการปั่นเหวี่ยง} - \text{น้ำหนักหลังการปั่นเหวี่ยง}) \times 100}{\text{น้ำหนักไก่ก่อนการปั่นเหวี่ยง}}$$

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (%)

$$= \frac{(\% \text{ ความชื้น} - \% \text{ น้ำที่สูญเสียหลังการปั่นเหวี่ยง}) \times 100}{\% \text{ ความชื้น}}$$

4.3.4 ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) ใช้ตัวอย่างเนื้อไก่ดิบบดละเอียด ปั่นผสมน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน อัตราส่วน 1:9 จากนั้นวัดค่า pH ด้วย pH meter (Mettler-Toledo MP220, Schwerbach, Switzerland) ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 45 นาที (pH₄₅) และ 24 ชั่วโมง (pH₂₄)

4.3.5 ค่าสี ตรวจวัดค่าสีของเนื้ออกและสะโพกโดยใช้เครื่อง Chromameter (CR-300 Chroma Meter, Minolta) โดยวิเคราะห์ทั้งในตัวอย่างดิบ และตัวอย่างสุก แหล่งแสงที่ใช้เป็นแบบ Daylight (D65) และวัดในโหมดการสะท้อน (reflectance mode) เพื่อเลียนแบบการมองเห็นของมนุษย์ ปรับเทียบค่ามาตรฐาน (calibration) ของการอ่านค่าสีของเครื่องวัดสีก่อนใช้งานทุกครั้งด้วย white ceramic standard และรายงานผลในหน่วยของสีตามระบบของ CIE (1976) (Commission Internationale de l'Eclairage)

ค่า L^* แสดงความมืด มีค่าเท่ากับ 0 และความสว่าง (white) ที่สุดมีค่าเท่ากับ 100 (Ponnampalam et al., 2017)

ค่า a^* หมายถึงค่าความแดง (redness) ของสีเนื้อ มีค่าเป็น $+a^*$ ส่วนค่าความเขียว (green) มีค่า $-a^*$

ค่า b^* หมายถึงค่าความเป็นสีเหลือง (yellowness) ของสีเนื้อคือ $+b^*$ และความเป็นสีน้ำเงิน (blueness)

4.4 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

4.4.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

นำตัวอย่างอก สะโพก และหนังดิบของทุกตัวอย่าง มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน) โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 2010) วิเคราะห์ไขมันทั้งหมด (Total lipid) โดยการสกัดด้วยคลอโรฟอร์ม-เมทานอล ตามวิธีของ Folch, Lee and Stanley (1957)

4.4.2 องค์ประกอบโปรตีนกล้ามเนื้อ

สกัดโปรตีนซาร์โคพลาสมิกและไมโอไฟบริลลาร์จากเนื้ออกและสะโพกดิบ โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายเกลือความเข้มข้นต่ำ (ionic strength = 0.1) และสูง (ionic strength = 0.45) นอกจากนี้วิเคราะห์สโตรมาโปรตีนและโปรตีนที่ละลายในต่าง ตามวิธีของ Tadpichayangkoon and Yongsawatdigul (2009) ตามลำดับ วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตามวิธี Kjeldahl (AOAC, 2010)

4.4.3 ปริมาณนิวคลีโอไทด์

ชั่งตัวอย่างเนื้อไก่ (อก และสะโพก) ดิบ และตัวอย่างเนื้อไก่ต้ม (บรรจุในถุงสุญญากาศ ต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที) ปริมาณ 5 กรัม สกัดด้วยสารละลายกรดเพอคลอริก (perchloric acid) เข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 40 มล. ปั่นผสมเป็นเวลา 30 วินาที ปั่นเหวี่ยงที่ 10000xg ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที กรองส่วนใสด้วยกระดาษ Whatman เบอร์ 1 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายกรดเพอคลอริกเข้มข้นร้อยละ 7.5 ให้ครบ 50 มล. จากนั้นนำสารละลายส่วนใสผสมกับ Neutralizing buffer pH 7.6 ในอัตราส่วน 1:1 จากนั้นกรองด้วย RC Syringe filter ขนาด 0.45 ไมโครเมตร วิเคราะห์ปริมาณนิวคลีโอไทด์ โดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) (HP 1260, Agilent Technologies, USA) คอลัมน์ Hypersil ODS (3 ไมโครเมตร, 150x4.6 มิลลิเมตร) (Thermo Scientific, USA) โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือสารละลาย KH_2PO_4 เข้มข้น 150 โมลาร์ และสารละลาย KCl เข้มข้น 150 โมลาร์ pH 6 (A) และสารละลาย A ที่มี acetonitrile เข้มข้นร้อยละ 20 (B) โดยที่เวลา 0-5 นาที เพิ่มความเข้มข้นของ

สารละลาย B เป็นร้อยละ 3 ที่เวลา 5-10 นาที เพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย B เป็นร้อยละ 9 ที่เวลา 10-15 นาที เพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย B เป็นร้อยละ 20 ที่เวลา 15-20 นาที เพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย B เป็นร้อยละ 100 จากนั้นคงระดับความเข้มข้นของสารละลาย B เป็นเวลา 5 นาที ตั้งค่าอุณหภูมิคอลัมน์ที่ 25 องศาเซลเซียส ควบคุมอัตราการไหลเท่ากับ 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที ฉีดตัวอย่างปริมาตร 10 ไมโครลิตร วิเคราะห์ปริมาณสารที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร คำนวณปริมาณนิวคลีโอไทด์โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานกัวโนซีนโมโนฟอสเฟต (GMP) อินโนซีนโมโนฟอสเฟต (IMP) อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (ATP) อะดีโนซีนไดฟอสเฟต (ADP) อะดีโนซีน 5' โมโนฟอสเฟต (Adenosine 5'-monophosphate, AMP) อินโนซีน (Inosine) และไฮโปแซนทีน (Hypoxanthine) (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Missouri, USA)

4.4.4 การวิเคราะห์ปริมาณพิวรีนทั้งหมด

ชั่งตัวอย่างไก่สดบด (ส่วนอก และสะโพก) จำนวน 0.5 กรัม เติมสารละลายกรดเพอคลอริก เข้มข้นร้อยละ 30 ปริมาตร 5 มล. และน้ำปราศจากไอออน (Deionized Water) ปริมาตร 5 มล. ให้ความร้อนที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างแช่ในน้ำเย็นทันทีเป็นเวลา 10 นาที เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 30 ปั่นเหวี่ยงที่ 3,500xg ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เก็บส่วนใส กรองผ่านแผ่นกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร วิเคราะห์ปริมาณ และชนิดของสารประกอบพิวรีน โดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) (HP 1260, Agilent Technologies, California, USA) และคอลัมน์ Shodex Asahipak GS-320 (Showa Denko America, Inc., NY, USA) (3 ไมโครเมตร, 150x4.6 มิลลิเมตร) โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือ สารละลาย NaH_2PO_4 เข้มข้น 150 มิลลิโมลาร์ pH 2.5 ใช้เวลาในการวิเคราะห์ทั้งหมด 45 นาที ฉีดตัวอย่างปริมาตร 10 ไมโครลิตร วิเคราะห์ปริมาณสารที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร คำนวณปริมาณนิวคลีโอไทด์โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานกัวนีน (guanine) ไฮโปแซนทีน (hypoxanthine) อะดีนีน (adenine) และแซนทีน (xanthine) ตามวิธีของ Kaneko et al. (2014)

4.4.5 โคเลสเตอรอล (Cholesterol)

วิเคราะห์ปริมาณโคเลสเตอรอลโดยดัดแปลงจากวิธีของ Rowe et al. (1999) นำตัวอย่างดิบของเนื้ออก สะโพก และหนังมาสกัดโคเลสเตอรอลด้วยเอทานอล-เมทานอล-ไอโซโพรพานอล โดยชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด 2.5 กรัม เติมตัวทำละลายผสมเอทานอล-เมทานอล-ไอโซโพรพานอล (90:5:5, v/v/v) ปริมาตร 20 มล. เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 60 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทำการ reflux เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อสารละลายตัวอย่างเย็นถึงอุณหภูมิห้อง เติมหекเซน 50 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 10 นาที เติมน้ำปราศจากไอออน 12 มิลลิลิตร

เขย่าเป็นเวลา 15 นาที เมื่อสารละลายแยกชั้น คูณชั้นเฮกเซน 10 มิลลิลิตร ใส่หลอดฝาเกลียวขนาด 25 มิลลิลิตร นำไปประเหยตัวทำละลายออกจนตัวอย่างแห้งด้วยไนโตรเจน เก็บตัวอย่างที่ -80 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์เดิมสารเฮกเซน 0.9 มิลลิลิตร และ 5-แอลฟาโคเลสเตน (5 α -cholestan) ความเข้มข้น 1,000 ppm ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นสารมาตรฐานภายใน (internal standard) ลงในตัวอย่าง เขย่าให้เข้ากัน กรองผ่านเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร ในขวดสีชา (vial) ขนาด 2 มิลลิลิตร ปิดฝาขวด นำไปวิเคราะห์ปริมาณโคเลสเตอรอลด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ด้วยเครื่องตรวจวัดแบบเฟรมไอออนเซชัน (GC-FID, Varian, CP-3800) โดยฉีดตัวอย่าง ปริมาตร 4 ไมโครลิตร ด้วยระบบฉีดสารแบบปล่อยสารทิ้งบางส่วนในอัตราส่วน 50:1 และแยกโคเลสเตอรอลด้วยคอลัมน์ HP-5 (Agilent J&W, ความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.32 มิลลิเมตร ความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร) ใช้ฮีเลียมเป็นก๊าซตัวพาด้วยอัตรา 2 มิลลิลิตรต่อ นาที และปรับอุณหภูมิของเตาอบโดยเริ่มต้นที่ 225 องศาเซลเซียส คงไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 300 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 20 องศาเซลเซียสต่อ นาที และคงไว้ที่อุณหภูมิ ดังกล่าวเป็นเวลา 5 นาที โดยอุณหภูมิของตำแหน่งฉีดตัวอย่าง และอุณหภูมิของตัวตรวจวัดชนิด FID เป็น 200 และ 220 องศาเซลเซียสตามลำดับ เปรียบเทียบ retention time ระหว่างโคเลสเตอรอล ในตัวอย่างกับสารละลายโคเลสเตอรอลมาตรฐาน และคำนวณปริมาณโดยเปรียบเทียบกับกราฟ มาตรฐานซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐานโคเลสเตอรอล/5-แอลฟาโคเล สเตน และรายงานผลปริมาณโคเลสเตอรอลในหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง

4.4.6 คอลลาเจน (Collagen)

วิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจนโดยดัดแปลงจากวิธีของ Hill (1969) นำตัวอย่างดิบ ของเนื้อไก่บด (อก และสะโพก) ปริมาณ 100 มิลลิกรัม เดิมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 7 โมลาร์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ให้ความร้อนใน autoclave ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 40 นาที จากนั้นปรับ pH ให้ได้ประมาณ 7.0 ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 3.5 โมลาร์ เดิม น้ำปราศจากไอออนให้ได้ปริมาตรรวม 12 มิลลิลิตร กรองสารละลายส่วนใสด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 วิเคราะห์ปริมาณ hydroxy proline ด้วยการนำสารละลายข้างต้นปริมาตร 50 ไมโครลิตร เดิม chloramine T ปริมาตร 450 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 25 นาที เดิม Enrich's reagent ปริมาตร 500 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 558 นาโนเมตร คำนวณปริมาณ hydroxyproline โดยเทียบ กับกราฟมาตรฐานของสารละลาย hydroxy proline คำนวณปริมาณคอลลาเจนโดยใช้ค่า conversion factor เท่ากับ 7.25 ตามวิธีของ Palka (1999)

4.4.7 การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อโดยเทคนิครามานสเปกโตรสโกปี

วิเคราะห์รามานสเปกโตรสโกปีด้วยเครื่อง Fourier transform Raman spectrometer (Vertex70+RamII, Bruker, Germany) ในช่วง wave number 98.3 to 4001.6 cm^{-1} ด้วยแสงเลเซอร์ (Nd:YAG laser) ความยาวคลื่น 1064 นาโนเมตร พลังงานของแสงเลเซอร์ที่ส่องกระทบตัวอย่างคือ 500 มิลลิวัตต์ ด้วยระยะเวลาการสแกน (scan time) 256 สแกน ที่ความละเอียด (resolution) 4 cm^{-1} โดยวิเคราะห์ทั้งในรูปของเนื้อสดและเนื้อต้มสุก คัดแปลงจาก Zajac et al. (2017)

5. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่ด้วยวิธี Quantitative descriptive analysis (QDA) (Stone and Sidel, 1993) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ซึ่งรับประทานเนื้อไก่ และไม่มีทัศนคติเชิงลบต่อเนื้อไก่ รวมถึงสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างตัวอย่างเนื้อไก่ได้ ผู้ทดสอบจะพรรณาคูณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไก่แต่ละสายพันธุ์ด้วยเทคนิคการประชุมกลุ่ม และได้คำศัพท์ต่างๆ ดังตารางที่ 2 โดยผู้ทดสอบอธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่ พร้อมทั้งร่วมกันสร้างคำศัพท์ที่ใช้ในการอธิบายลักษณะต่างๆ และระบุตัวอย่างที่ใช้อ้างอิงตามรายละเอียดในตารางที่ 1 จากนั้นทำการฝึกฝนการประเมินความเข้มของลักษณะแต่ละลักษณะ โดยใช้สเกลเส้นตรงแนวนอนที่มีความยาว 10 เซนติเมตร เป็นตัวระบุคะแนน โดยปลายเส้นคะแนนจะระบุคะแนนเป็น 0 และ 10 ผู้ทดสอบชิมจะให้คะแนนตามระดับความเข้ม (intensity) โดย 0 คะแนนคือมีความเข้มน้อยและ 10 คะแนนคือมีความเข้มมาก เตรียมตัวอย่างเนื้อไก่ต้มสำหรับทดสอบโดยใช้เนื้อส่วนอก หรือสะโพกไม่ติดหนัง บรรจุในถุงสุญญากาศ ต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที อัตราส่วนน้ำสะอาดต่อน้ำหนักไก่เท่ากับ 2:1 เมื่อครบเวลานำชิ้นเนื้อบรรจุถุงพลาสติกชนิด polypropylene (PP) แช่ในน้ำแข็งทันทีเป็นเวลา 10 นาที หั่นชิ้นเนื้อสำหรับทดสอบชิม ขนาดโดยประมาณคือกว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 1 เซนติเมตร หยาบ 1 เซนติเมตร แบ่งให้ผู้ทดสอบชิม 2 ชุด คือตัวอย่างเนื้ออก และเนื้อสะโพก โดยแต่ละชุดประกอบด้วย 5 ตัวอย่างไก่เนื้อโคราช ไก่ประดู่หางดำ 3 รูปแบบการผลิตและไก่เนื้อทางการค้า ผู้ทดสอบทำการประเมินตัวอย่างเนื้ออก และเนื้อสะโพกแยกกัน

ตารางที่ 2 ศัพท์บัญญัติและตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้สร้างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่

คุณลักษณะ	ระดับ คะแนน	ตัวแทน	คำอธิบาย
Color (สี)	0	สีขาว	พิจารณาระดับสีของเนื้อไก่บริเวณ ด้าน
	5	สีเทา	นอกสุดที่ลอกหนังออกแล้วปรุงสุก
	10	สีน้ำตาล	
Juiciness (ความ ฉ่ำน้ำ)	0	Banana	บดเคี้ยวตัวอย่างด้วยกรามประมาณ 5
	5	Cucumber	ครั้ง ให้คะแนนระดับความชื้น หรือ
	10	Watermelon	ปริมาณน้ำที่ค้างอยู่ในปาก ให้คะแนน ระดับความชื้นหรือปริมาณน้ำที่ค้างอยู่ ในปาก
Cohesiveness (การเกาะตัว)	0	Cream cheese	วางตัวอย่างที่ปั่นกรามแล้วบดเคี้ยว ให้
	5	Candy chews	คะแนนระดับการติดกันที่รู้สึกได้ ก่อน
	10	Chewing gum	ตัวอย่างแตกเสี้ยวรูป
Denseness (ความแน่นเนื้อ)	0	Cool whip	วางตัวอย่างระหว่างฟันหน้า แล้วกัด
	5	Frankfurter	
	10	Fruit jellies	
Umami (รสอูมามิ)	0	water	ชิมตัวอย่างน้ำที่เลิฟ และให้ระดับอร่อย
	5	5% (w/v) monosodium glutamate in water	ที่รับรู้ได้
	10	10% (w/v) monosodium glutamate in water	
ความหวาน	0	water	ชิมตัวอย่างน้ำที่เลิฟและให้ระดับความ
	5	10% (w/v) sucrose in water	หวานที่รับรู้ได้
	10	10% (w/v) sucrose in water	

ส่วนที่ 2 ผลการศึกษา

การศึกษาคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองประจวบคีรีขันธ์ต่างระบบการเลี้ยง เปรียบเทียบกับไก่เนื้อโคราช และไก่เนื้อทางการค้า ประกอบด้วยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ดังมีรายละเอียดดังนี้

1. คุณสมบัติทางกายภาพ

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพประกอบด้วย (ก) การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักหลังการต้ม (ข) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้ไก่ต้มสุก (ค) การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำ (ง) การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ (จ) การวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างเนื้อไก่ ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

1.1 การสูญเสียน้ำหนักหลังการต้ม

จากตารางที่ 3 พบว่าแต่ละกลุ่มตัวอย่างมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการต้มแตกต่างกัน ($p < 0.05$) ไก่ประจวบคีรีขันธ์ (ระบบการเลี้ยงกึ่งขังกึ่งปล่อย และปล่อยลาน) และไก่เนื้อโคราชมีค่ามากกว่าไก่เนื้อทางการค้า สำหรับค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการต้มในเนื้ออก และสะโพกพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้อสะโพกของไก่ประจวบคีรีขันธ์ที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน (Free range) มีการสูญเสียน้ำหนักหลังการต้มไม่ต่างจากเนื้อไก่ที่ได้จากการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย ($p > 0.05$) และไม่ต่างจากไก่เนื้อทางการค้า ทั้งในส่วนของเนื้ออกและสะโพกของไก่ประจวบคีรีขันธ์ที่เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยเกิดการสูญเสียน้ำหนักหลังการต้มต่ำที่สุด ($p < 0.05$) Jaturasitha et al. (2002) รายงานว่าความแตกต่างของสายพันธุ์มีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการต้ม โดยพบว่าไก่เนื้อทางการค้ามีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าไก่พื้นเมือง ในขณะที่ อังคณาภรณ์ และคณะ (2556) รายงานว่า ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการต้มของเนื้ออกของไก่ประจวบคีรีขันธ์ และไก่เนื้อทางการค้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วน Wattanachant et al. (2004) รายงานว่าเนื้ออกของไก่พื้นเมืองมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการต้มสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า และเนื้อไก่ทางการค้า มีการสูญเสียน้ำหนักในกล้ามเนื้อสะโพกต่ำกว่ากล้ามเนื้ออก ($p < 0.05$) โดยมีค่าร้อยละ 15.74 และ 19.93 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อไก่พื้นเมืองเกิดการหดตัวมากกว่าไก่เนื้อทางการค้าเมื่อได้รับความร้อน ส่งผลให้น้ำในโครงสร้างกล้ามเนื้อเกิดการไหลออกในระดับที่สูงกว่า และ Wattanachant et al. (2008) อธิบายเพิ่มเติมไว้ว่าการที่มีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงในกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ค่าการอุ้มน้ำต่ำ การสูญเสียเนื้อเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส จึงสูง ผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่าสายพันธุ์และวิธีการเลี้ยงมีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำหนัก

ตารางที่ 3 การสูญเสียน้ำหนักหลังการต้ม (%) ในเนื้อไก่ 5 กลุ่ม

Sample	Cooking loss (%)				
	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free range
Breast	25.52±2.02 ^b	29.41±0.21 ^a	23.13±1.42 ^c	29.01±0.91 ^a	28.06±0.52 ^a
Thigh	23.75±4.05 ^b	26.28±1.97 ^a	23.80±1.05 ^b	26.03±0.34 ^a	25.30±1.45 ^{ab}

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at $p < 0.05$

1.2 เนื้อสัมผัสของไก่ต้มสุก

ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นปัจจัยคุณภาพที่มีความสำคัญโดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เนื้อที่มีค่าแรงเฉือนสูง (Warner - Blazler shear force) จะมีความเหนียวมากกว่าเนื้อที่มีค่าแรงเฉือนต่ำ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าความแตกต่างของสายพันธุ์มีผลต่อค่าแรงเฉือนของทั้งกล้ามเนื้ออกและสะโพกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, ตารางที่ 4) โดยที่ไก่ประดู่หางดำ และไก่เนื้อโคราชมีค่ามากกว่าไก่เนื้อทางการค้า ค่าแรงเฉือนเนื้ออกไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน และเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยมีค่ามากกว่าไก่เนื้อทางการค้า และไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบขังในโรงเรือนตามลำดับ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากไก่เนื้อโคราช ($p > 0.05$) ขณะที่ค่าแรงเฉือนของเนื้อสะโพกในไก่ประดู่หางดำทั้ง 3 รูปแบบการเลี้ยง และไก่เนื้อโคราชไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ไก่ประดู่ที่เลี้ยงแบบปล่อยลานและกึ่งขังกึ่งปล่อยมีค่าแรงเฉือนมากกว่าไก่เนื้อทางการค้า ($p < 0.05$) Jaturasitha et al. (2008) รายงานว่าไก่พื้นเมืองมีมวลกล้ามเนื้อต่อกระดูกสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า และไก่พื้นเมืองลูกผสม เส้นใยกล้ามเนื้อต้นขาของไก่พื้นเมือง มีเส้นใยชนิด I (type I) อยู่สูง และมีชนิด IIB อยู่ต่ำ แม้ว่าเส้นใยเนื้ออกจะเหมือนกัน ไก่พื้นเมืองจะมีเนื้อสัมผัสที่แตกต่างเมื่อเทียบกับสายพันธุ์อื่นๆ กล้ามเนื้ออก และต้นขาของไก่พื้นเมืองไทยมีค่าแรงเฉือนของเนื้อ และองค์ประกอบคอลลาเจนสูง Wattanachant et al. (2004) รายงานผลในลักษณะเดียวกันคือไก่พื้นเมืองไทยมีค่าแรงเฉือนเนื้อสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้าทั้งในส่วนเนื้ออก และเนื้อสะโพก เนื่องจากปริมาณคอลลาเจนของทั้งเนื้ออกและสะโพกของไก่พื้นเมืองมีค่าสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า Jaturasitha et al. (2002) รายงานว่าไก่พื้นเมืองมีค่าแรงเฉือนเนื้อสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้าคือ 3.17 กิโลกรัม และ 1.31 กิโลกรัม ตามลำดับ สอดคล้องกับ Jaturasitha et al. (2008) ที่พบว่ากล้ามเนื้ออกของไก่พื้นเมืองมีค่าแรงเฉือนเนื้อสูงกว่าไก่สายพันธุ์อื่น (ไก่อาร์พลิมัทหรือไก่เชียงใหม่) และไก่พื้นเมืองลูกผสม อังคนาภรณ์ และคณะ (2556) อธิบายว่าไก่ประดู่หางดำเป็นไก่ที่มีนิสัยตื่นตัวและเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา ประกอบกับการการเลี้ยงแบบปล่อยลาน หรือการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรง และมีการสะสมของไขมันน้อย ทำให้เนื้อมีความเหนียวมากกว่าไก่

กระทั่งโดยทั่วไป และนอกจากนี้ความเหนียวของเนื้อยังสัมพันธ์กับปริมาณไขมันและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอีกด้วย โดยค่าแรงเฉือนของเนื้อมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ

และเมื่อวิเคราะห์ผลของรูปแบบการเลี้ยงต่อค่าแรงเฉือนโดยใช้การเปรียบเทียบแบบ orthogonal (orthogonal contrast) พบว่า ไก่ที่ถูกเลี้ยงแบบกักขังจะมีค่าแรงเฉือนทั้งในส่วนเนื้ออกและเนื้อสะโพกต่ำกว่าไก่ที่เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยและเลี้ยงแบบปล่อยลาน ($p < 0.05$, ตารางที่ 5) การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อมีผลต่อการเสริมสร้างความแข็งแรงของมัดกล้ามเนื้อ และอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ค่าแรงเฉือนมีค่าสูง

ตารางที่ 4 ค่าแรงเฉือนชิ้นเนื้อของเนื้อไก่ 5 กลุ่ม

Sample	Warner-Blatzler shear force (kg)				
	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free range
Breast	2.25±0.17 ^c	2.88±0.20 ^a	2.65±0.17 ^b	2.93±0.17 ^a	2.89±0.15 ^a
Thigh	2.89±0.21 ^b	3.04±0.11 ^{ab}	3.04±0.12 ^{ab}	3.19±0.17 ^a	3.20±0.22 ^a

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at $p < 0.05$

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าแรงเฉือนในกลุ่มตัวอย่างที่มีวิธีการเลี้ยงต่างกันแบบ orthogonal

Sample	Warner-Blatzler shear force (kg)		
	Intensive (Br+Kr+InPd)	Semi	Free range
Breast	2.59±0.32 ^b	2.93±0.17 ^a	2.89±0.15 ^a
Thigh	2.99±0.16 ^b	3.19±0.17 ^a	3.20±0.22 ^a

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at $p < 0.05$

1.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ

เนื้อไก่ที่มีค่าการอุ้มน้ำสูงบ่งชี้ว่าโปรตีนกล้ามเนื้อสามารถเกิดอันตรกิริยา (interaction) กับน้ำได้ดี โปรตีนกล้ามเนื้อที่เกิดการเสียสภาพ (denaturation) โดยการแช่แข็ง จะมีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง เนื่องจากโปรตีนเกิดการเกาะตัว (aggregation) (จิรวัดน์ และคณะ 2557) จากการศึกษาพบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้ออกในตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

แต่เนื้อสะโพกของไก่เนื้อทางการค้า และไก่ประดู่หางดำทั้ง 3 รูปแบบการเลี้ยง มีค่าการอุ้มน้ำสูงกว่าไก่เนื้อโคราช ($p<0.05$)

ตารางที่ 6 ความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อไก่ 5 กลุ่ม

Sample	Water holding capacity (%)				
	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free range
Breast	62.83±1.20	59.16±2.67	60.85±2.28	61.16±1.65	60.57±2.49
Thigh	68.54±5.07 ^a	64.78±3.60 ^b	67.75±3.02 ^{ab}	65.29±1.75 ^{ab}	65.45±3.21 ^{ab}

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at $p<0.05$

1.4 ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH)

การวัดคุณภาพเนื้อโดยการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ 45 นาที (pH_{45}) และ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ 24 ชั่วโมงหลังเชือด (pH_{24}) การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเนื้อสัตว์หลังการฆ่า มีผลต่อคุณภาพของเนื้อ ทั้งด้านสี รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส คุณภาพผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อและยังมีผลต่อการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเนื้อมีส่วนสำคัญหลักมาจากการเปลี่ยนแปลงของไกลโคเจน โดยไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะถูกใช้ในกิจกรรมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ เช่น การเดิน การวิ่ง ซึ่งต้องใช้วิธีการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน เกิดเป็นกรดแลคติก ซึ่งทำให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อขณะที่สัตว์มีชีวิต กรดแลคติกจะสามารถสลายไปได้ เพื่อรักษาระดับค่า pH ของกล้ามเนื้อให้เป็นปกติ สัตว์ที่ได้รับการเลี้ยงดูที่ดี มีการพักผ่อนเพียงพอ ไม่บาดเจ็บ ไม่มีโรคภัย จะมีปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อสูง สัตว์ที่มีขนาดใหญ่จะมีปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมากกว่าสัตว์ที่มีขนาดเล็ก หลังจากที่สัตว์ถูกฆ่า เซลล์กล้ามเนื้อยังคงการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางชีวเคมี โดยยังคงมีการสลายของไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อในวิถีที่ไม่ใช้ออกซิเจนเกิดกรดแลคติก สัตว์ที่ถูกเลี้ยงดูดี ไม่มีความเครียด มีการฆ่าแบบไม่ทรมาน เช่น สัตว์ถูกวางยาสลบก่อนการฆ่า ค่า pH ของเนื้อสัตว์จะลดลงจากระดับค่า pH ของกล้ามเนื้อขณะมีชีวิต ซึ่งมีค่าประมาณ 7.4 ถึงประมาณ 6.2 หรือต่ำกว่านี้เล็กน้อยในเวลา 24 ชั่วโมง เนื้อสัตว์จะมีคุณภาพดี มีกลิ่น สีสันดี รสชาติดี และมีการอุ้มน้ำดี เหมาะกับการบริโภค และนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Lawrie and Ledward 2006)

การศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าความเป็น กรด-ด่าง ที่ 45 นาที (pH_{45}) และ 24 ชั่วโมง (pH_{24}) ของเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่ทั้ง 5 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$, ตารางที่ 7) Fernandez และคณะ (2001) พบว่าไก่ที่มีการเจริญเติบโตช้าจะมีปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อสูง ก่อให้เกิด

กระบวนการเผาผลาญแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้มากหลังการตาย ส่งผลให้เนื้อมีความเป็น กรด-ด่างต่ำ Berri และคณะ (2005) เปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเนื้ออกและเนื้อสะโพก และพบว่าเนื้ออกมีค่าต่ำกว่าเนื้อสะโพก ทั้งนี้เนื่องจากกล้ามเนื้ออกมีการสะสมของไกลโคเจนเป็นแหล่งพลังงาน ในขณะที่เนื้อสะโพกสะสมไขมันเป็นแหล่งพลังงานและมีปริมาณไมโทคอนเดรีย (mitochondria) สูงกว่า (Barbut, 2002) Jaturasitha, et al. (2008) รายงานว่าไก่พื้นเมืองไทยมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด I อยู่สูง และมีชนิด IIB อยู่ต่ำ ขณะที่เนื้ออกมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด IIB อยู่สูงมาก ซึ่งกล้ามเนื้ออกที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด IIB เป็นกล้ามเนื้อที่ใช้พลังงานจากระบวนการไกลโคไลซิสแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic glycolysis) ในขณะที่กล้ามเนื้อสะโพกประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อ Type I ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีไมโทคอนเดรีย (Dubowitz, 1985; Monin et al., 1987) ดังนั้นสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ต่างกัน อาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของไกลโคเจนหลังการตายที่ต่างกัน Gosnak, et al. (2010) รายงานว่าไก่สายพันธุ์โตเร็ว (fast growing line) มีสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนแตกต่างจากไก่สายพันธุ์ที่โตช้า อย่างไรก็ตามผลการวิจัยนี้พบว่า ค่า pH ของไก่ 3 สายพันธุ์คือ ไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำ ไม่แตกต่างกัน รวมถึงวิธีการเลี้ยงทั้ง 3 รูปแบบที่ศึกษาไม่มีผลต่อค่า pH ของเนื้อไก่

ตารางที่ 7 ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) ในเนื้อไก่ 5 กลุ่ม

	Sample	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free range
pH ₄₅	Breast	6.03±0.19	5.99±0.07	5.94±0.28	5.99±0.13	5.96±0.10
	Thigh	6.14±0.18	5.99±0.12	6.10±0.22	6.06±0.14	6.07±0.10
pH ₂₄	Breast	5.94±0.19	5.93±0.07	5.84±0.17	5.93±0.12	5.90±0.10
	Thigh	6.02±0.13	5.93±0.12	5.96±0.20	5.96±0.11	5.98±0.07

1.5 ค่าสี

สีของเนื้อเป็นดัชนีที่สำคัญ ส่วนสีของหนังเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้เป็นอันดับแรกและอาจเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเลือกซื้อ ในขณะที่สีของเนื้อดิบเป็นอีกหนึ่งปัจจัยคุณภาพที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นในการศึกษานี้จึงติดตามการเปลี่ยนแปลงของสีทั้งในหนังเนื้ออก และเนื้อสะโพกในตัวอย่างดิบ

ค่าความสว่าง (lightness, L*) ของหนังไก่เนื้อทางการค้ามีค่าสูงกว่าไก่ประดู่หางดำทั้ง 3 รูปแบบการเลี้ยง และไก่เนื้อโคราช ($p < 0.05$, ตารางที่ 8) ขณะที่ค่าความสว่าง (L*) ของเนื้ออก และ

เนื้อสะโพกของไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน (Free range) มีค่าสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า ไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย และเลี้ยงแบบขังในโรงเรือน ($p < 0.05$)

ค่าความแดง (redness, a^*) ของหนังและเนื้ออกของไก่เนื้อทางการค้ามีค่าสูงกว่าไก่ประดู่หางดำทั้ง 3 รูปแบบการเลี้ยง และไก่เนื้อโคราช ($p < 0.05$) การเลี้ยงแบบขังในโรงเรือนส่งผลให้เนื้ออกของไก่ประดู่มีความแดงสูงกว่าการเลี้ยงแบบรูปแบบอื่น ($p < 0.05$) และสูงกว่าเนื้ออกไก่เนื้อโคราชที่เลี้ยงแบบโรงเรือนเหมือนกัน ($p < 0.05$) ความแดงในเนื้ออกเป็นผลมาจากรงควัตถุในกล้ามเนื้อซึ่งได้แก่ไมโอโกลบิน และฮีโมโกลบินในเส้นเลือดฝอย รูปแบบการเลี้ยงไก่ประดู่หางดำที่ต่างกัน ส่งผลให้มีปริมาณรงควัตถุในกล้ามเนื้อที่ต่างกัน และหากพิจารณาสายพันธุ์พบว่าไก่เนื้อทางการค้ามีแนวโน้มที่จะมีรงควัตถุสูงที่สุด รองลงมาคือไก่ประดู่หางดำ และไก่เนื้อโคราชมีค่าต่ำที่สุด ส่วนเนื้อสะโพกในไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีค่าความแดงมากที่สุด ($p < 0.05$) เนื่องจากการปล่อยลานทำให้ไก่มีการใช้งานกล้ามเนื้อสะโพกมากกว่าไก่อื่นๆ ทำให้มีปริมาณไมโอโกลบิน และ/หรือ ฮีโมโกลบินสะสมในกล้ามเนื้อมาก สัตยชัย (2551) อธิบายว่ากล้ามเนื้อมัดต่างๆ ในร่างกายสัตว์มีสีแตกต่างกันเนื่องจากไมโอโกลบินเป็นส่วนสำคัญในการเก็บออกซิเจน เพราะฉะนั้นกล้ามเนื้อมัดใดทำงานหนักจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนสูงก็จะมีเม็ดสีเข้มกว่ากล้ามเนื้อที่ทำงานน้อยหรือกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เป็นโครงร่าง ส่วนไก่ที่เลี้ยงในพื้นที่จำกัด (ไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราช ไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงในกรงขัง) มีความแดงของเนื้อสะโพกไม่ต่างกัน กล้ามเนื้อสะโพกเป็นกล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวมากกว่ากล้ามเนื้ออก ดังนั้นในภาพรวมกล้ามเนื้อสะโพกจากไก่ทั้ง 5 กลุ่มจึงมีค่าความแดงสูงกว่าเนื้ออก

นอกจากนี้อายุอาจมีผลต่อสีของเนื้อ นันทนา (2540) กล่าวถึงอิทธิพลของพันธุ์ เพศ อายุ อาหารและชนิดของกล้ามเนื้อที่ต่างกัน มีผลทำให้สีเนื้อที่ต่างกัน ไมโอโกลบินและฮีโมโกลบินในกล้ามเนื้อมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นมีผลทำให้สีเนื้อเข้มขึ้น แต่จากการศึกษานี้พบว่าอายุของไก่อาจไม่ใช่ปัจจัยสำคัญต่อค่าความแดงในเนื้อสะโพก แม้ไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงในกรงขังจะมีอายุต่างกันคือ 5 , 12 และ 16 สัปดาห์ ตามลำดับ แต่ค่าความแดงไม่ต่างกัน ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแดงของเนื้อสะโพกคือรูปแบบการเลี้ยง การให้พื้นที่ไก่เพื่อเคลื่อนไหว ทำให้เกิดการสะสมรงควัตถุไมโอโกลบินและฮีโมโกลบินในกล้ามเนื้อมากกว่า ส่งผลให้เนื้อไก่มีค่าความแดงสูงกว่า

ค่าความเหลือง (yellowness, b^*) ของหนังไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน มีค่าสูงสุด ($p < 0.05$) Wattanachant และคณะ (2004) พบว่าไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงปล่อยลานมีหนังสีเหลือง นอกจากนี้เนื้ออกและสะโพกของไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีค่าสูงสุด ($p < 0.05$) การได้จิกกินหญ้าและพืชที่เกษตรกรปลูกไว้ทำให้มีการสะสมของสารแซนโทฟิลล์ (xanthophyll)

ซึ่งจัดเป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ในกล้ามเนื้อสูง (USDA, 2013)ซึ่งแซนโทฟิลล์เป็นรงควัตถุที่มีสมบัติละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขี้และน้ำมัน การสะสมของรงควัตถุนี้มากกว่าไก่กลุ่มอื่น จึงเป็นเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ไก่ประดู่หางดำมีหนัง เนื้อออก และเนื้อสะโพก ที่มีความเหลืองมากกว่าไก่กลุ่มอื่นที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารน้อยกว่า

ตารางที่ 8 ค่าสีของตัวอย่างเนื้อไก่ดิบ 5 กลุ่ม

	Sample	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free range
L*	Skin	75.79±2.70 ^a	72.15±2.11 ^{bc}	71.19±1.86 ^c	72.74±1.44 ^{bc}	73.33±1.77 ^b
	Breast	58.57±0.82 ^b	61.37±1.29 ^a	58.59±1.60 ^b	58.15±1.06 ^b	61.56±1.14 ^a
	Thigh	53.84±0.67 ^b	57.92±1.03 ^a	53.97±1.58 ^b	53.01±0.59 ^b	57.83±0.93 ^a
a*	Skin	3.23±0.20 ^a	0.20±0.01 ^b	0.11±0.10 ^b	0.79±0.05 ^b	0.24±0.08 ^b
	Breast	2.07±0.13 ^a	0.61±0.04 ^c	1.33±0.08 ^b	0.23±0.01 ^c	0.62±0.04 ^c
	Thigh	9.46±0.59 ^c	9.23±0.01 ^c	9.90±0.62 ^c	12.82±0.80 ^b	14.50±0.91 ^a
b*	Skin	5.61±0.35 ^c	6.00±0.37 ^b	5.89±0.35 ^b	5.88±0.37 ^{bc}	6.73±0.42 ^a
	Breast	5.63±0.35 ^b	3.99±0.25 ^d	4.45±0.28 ^c	4.03±0.25 ^d	7.15±0.45 ^a
	Thigh	4.17±0.26 ^b	3.14±0.20 ^c	4.24±0.26 ^b	5.28±0.33 ^a	5.32±0.20 ^a

a, b, c Means with different superscript within a row are different at p<0.05

เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างจะเห็นได้ว่าเนื้ออกจะมีค่าความสว่างมากกว่าเนื้อสะโพก แต่เนื้อสะโพกจะมีค่าความแดงมากกว่าเนื้ออก สารที่สำคัญในเนื้อส่วนใหญ่ประกอบด้วยไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งเป็นสารสีในกล้ามเนื้อ และฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ซึ่งเป็นสารสีในเลือด (Lawrie and Ledward 2006)

2. สมบัติทางเคมี

2.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

ปริมาณโปรตีน (crude protein) ในเนื้ออกของไก่เนื้อโคราชมีค่าสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า ไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบขังในโรงเรือน และเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย (p<0.05, ตารางที่ 9) แต่ไม่แตกต่างจากไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน (p>0.05) แต่ปริมาณโปรตีนในเนื้อสะโพกของไก่ทั้ง 5 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05) อังคนาภรณ์ และคณะ (2556) รายงานว่าปริมาณ

โปรตีนในเนื้อมีค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับไก่พื้นเมืองลูกผสม ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากไก่พื้นเมืองซีพันธุ์แท้ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณโปรตีนในเนื้อสะโพก มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 18.7– 24.5 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในไก่ทุกสายพันธุ์ Jaturasitha และคณะ (2008) พบว่าปริมาณโปรตีนในเนื้อมีค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับไก่พื้นเมืองไทยที่มีน้ำหนักตัว 1.3 กก. ทั้งเพศผู้และเพศเมีย มีค่าร้อยละ 23-24 สำหรับเนื้อสะโพกมีค่าร้อยละ 21-22 เช่นเดียวกับ ขวัญใจ และคณะ (2553) ที่รายงานว่าเนื้อมีค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับไก่พื้นเมืองลูกผสมร้อยละ 22.2

ปริมาณไขมันทั้งหมด (total lipid) สะท้อนถึงไขมันในรูปไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) และฟอสโฟลิพิด (phospholipids) จากผลการศึกษาพบว่าเนื้อมีปริมาณไขมันทั้งหมดต่ำกว่าเนื้อสะโพก ($p < 0.05$, ตารางที่ 9) ทั้งนี้เนื่องจากกล้ามเนื้ออกมีการสะสมของไกลโคเจนเป็นแหล่งพลังงาน ในขณะที่เนื้อสะโพกสะสมไขมันเป็นแหล่งพลังงาน (Fernandez et al., 2001) ปริมาณไขมันทั้งหมดในเนื้ออก และเนื้อสะโพก ของไก่เนื้อทางการค้า มีค่าสูงสุด ($p < 0.05$, ตารางที่ 9) Wattanachant et al. (2008) พบว่าเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่พื้นเมืองมีปริมาณไขมันต่ำกว่าไก่เนื้อทางการค้า นอกจากนี้ทัศนัวรรณ และคณะ (2557) พบว่าไขมันในเนื้อมีค่าต่ำกว่าไก่เนื้อทางการค้า มีค่าสูงกว่าไก่พื้นเมืองซีพันธุ์แท้ (ร้อยละ 0.692 และ 0.248 ตามลำดับ) ผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่าการเลี้ยงแบบปล่อยลานส่งผลให้เนื้อไก่ทั้งส่วนอก และสะโพกมีไขมันต่ำ การมีพื้นที่ให้ไก่ได้เคลื่อนไหว เป็นการเพิ่มระดับการเผาผลาญพลังงาน จึงทำให้ไขมันสะสมในกล้ามเนื้อน้อย

ปริมาณความชื้นในเนื้ออก และเนื้อสะโพก ของไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน มีค่าน้อยที่สุด ($p < 0.05$, ตารางที่ 9) ทัศนัวรรณ และคณะ (2557) รายงานว่าปริมาณความชื้นในเนื้อมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 64.3 -75.4 ซึ่งค่าความชื้นของไก่เนื้อทางการค้ามีค่าสูงสุด ($p < 0.05$) เนื้อสะโพกมีค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 67.2 – 75.8 เช่นเดียวกับ ขวัญใจ และคณะ (2553) ที่รายงานว่าเนื้อมีค่าความชื้นต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับไก่พื้นเมืองลูกผสมร้อยละ 75.56

ปริมาณเถ้าในเนื้ออก และเนื้อสะโพกไม่มีความแตกต่างในระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 ($p > 0.05$) ซึ่งบ่งชี้ว่าปริมาณสารอินทรีย์ในเนื้อไก่ทั้งห้ากลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อไก่ดิบ 5 กลุ่ม

Proximate composition (%wet basis)	Sample	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free range
Protein	Breast	21.81±1.38 ^b	23.00±0.82 ^a	21.40±1.15 ^b	21.65±1.17 ^b	22.17±0.49 ^{ab}
	Thigh	20.95±1.44	20.24±1.03	20.76±0.58	19.45±0.51	19.25±0.65
Total lipid	Breast	1.63±0.03 ^a	1.36±0.05 ^b	1.11±0.04 ^c	1.11±0.06 ^c	0.78±0.06 ^d
	Thigh	2.01±0.06 ^a	1.20±0.06 ^b	1.28±0.04 ^b	1.24±0.12 ^b	0.89±0.01 ^c
Moisture	Breast	75.05±0.46 ^{ab}	75.06±0.96 ^{ab}	75.56±1.72 ^a	75.54±3.07 ^a	73.57±0.49 ^b
	Thigh	75.85±0.33 ^{ab}	76.25±0.85 ^{ab}	75.21±0.87 ^b	77.44±2.32 ^a	75.19±0.50 ^b
Ash	Breast	1.52±0.27	1.48±0.31	1.51±0.32	1.50±0.25	1.44±0.11
	Thigh	1.05±0.11	1.09±0.21	1.12±0.33	0.98±0.12	1.02±0.23

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at $p < 0.05$

2.2 องค์ประกอบโปรตีนกล้ามเนื้อ

1) ซาร์โคพลาสมิกโปรตีน (sarcoplasmic protein) เป็นโปรตีนที่ละลายอยู่ในส่วนของซาร์โคพลาสซึม (sarcoplasm) โดยมีประมาณร้อยละ 30 ของปริมาณโปรตีนกล้ามเนื้อทั้งหมด ซาร์โคพลาสมิกโปรตีนเป็นโปรตีนที่มีสมบัติละลายน้ำหรือสารละลายเกลือเจือจาง โปรตีนกลุ่มนี้ประกอบไปด้วยไมโอโกลบิน ฮีโมโกลบิน ไซโตโครม และเอนไซม์ต่างๆ เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า เนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีปริมาณซาร์โคพลาสมิกโปรตีนสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างอื่น ($p < 0.05$, ตารางที่ 10) ซึ่งอาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เนื้อไก่ประดู่หางดำมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการต้ม (ตารางที่ 3) สูง และความสามารถในการอุ้มน้ำ (ตารางที่ 6) ต่ำ และเนื่องจากโปรตีนซาร์โคพลาสมิกซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายน้ำอาจซึมออกพร้อมกับน้ำในเนื้อระหว่างการให้ความร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างเนื้ออก และพบว่าเนื้ออกมีปริมาณซาร์โคพลาสมิกโปรตีนมากกว่าเนื้อสะโพกในไก่ทุกกลุ่ม

ไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน (myofibrillar protein) เป็นโปรตีนที่พบมากที่สุดประมาณร้อยละ 55 ของโปรตีนกล้ามเนื้อ โปรตีนชนิดนี้ทำหน้าที่ในการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อ โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์สามารถละลายได้ในสารละลายเกลือ โปรตีนที่พบมากที่สุดในกลุ่มนี้คือ ไมโอซิน แอกทิน โทรโปนิน และโทรโปไมโอซิน เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า ในเนื้ออกของไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน และเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยมีโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ มากกว่า

ไก่อีกกลุ่มอื่น ($p < 0.05$, ตารางที่ 10) และสำหรับเนื้อสะโพก ไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน และเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยมีโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์มากกว่าเนื้อสะโพกของไก่ชนิดอื่น ($p < 0.05$) การเลี้ยงแบบปล่อยลานและกึ่งขังกึ่งปล่อยทำให้ไก่มีการเคลื่อนไหว อาจส่งเสริมการเจริญของมัดกล้ามเนื้อ (โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์) สูงกว่าการเลี้ยงในกรงขังหรือพื้นที่จำกัด

โปรตีนที่สกัดด้วยสารละลายต่าง เป็นส่วนของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ที่หลงเหลือ หลังจากการสกัดด้วยสารละลายเกลือ และอาจมีส่วนโปรตีนของโปรตีนสโตรมา (stroma protein) ละลายออกมาบ้าง ซึ่งแนวโน้มของปริมาณโปรตีนที่สกัดด้วยสารละลายต่างคล้ายคลึงกับโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ส่วนโปรตีนสโตรมาแบ่งขึ้นถึงเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ได้แก่ คอลลาเจน อิลาสติน และเรตินิวลิน เป็นต้น โปรตีนเหล่านี้ละลายในสารละลายกรด และด่างเข้มข้น จากการศึกษาพบว่า ในเนื้ออกของไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน มีปริมาณสโตรมาโปรตีนน้อยกว่าไก่อีกกลุ่มอื่น ($p < 0.05$) ส่วนเนื้อสะโพกมีสโตรมาโปรตีน ไม่แตกต่างจากไก่เนื้อทางการค้า ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเนื้ออก และเนื้อสะโพกพบว่าสโตรมาโปรตีนใกล้เคียงกันในไก่อีกทุกกลุ่ม

Mudalal และคณะ (2014) รายงานว่าในเนื้ออกของไก่ที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จะเกิดแถบสีขาวขึ้นตามเส้นใยกล้ามเนื้อ เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ที่มีการเจริญปกติจะไม่พบแถบสีขาวนี้ เมื่อเปรียบเทียบค่าโปรตีนของไก่อีกกลุ่มที่โตเร็ว (มีแถบสีขาวที่เนื้ออก) กับไก่ที่โตปกติ (ไม่มีแถบสีขาวที่เนื้ออก) มีโปรตีนร้อยละ 8.7 และ 14.0 ตามลำดับ มีไมโอไฟบริลลาร์โปรตีนร้อยละ 18.7 และ 22.8 ตามลำดับ และมีซาร์โคพลาสมิกโปรตีน ร้อยละ 2.6 และ 3.2 ตามลำดับ ทั้งปริมาณโปรตีนซาร์โคพลาสมิกและไมโอไฟบริลลาร์ของไก่ที่เจริญเร็วจะมีค่าน้อยกว่าไก่ที่เจริญปกติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ปริมาณไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน และซาร์โคพลาสมิกโปรตีน มีค่าน้อยกว่าไก่พื้นเมือง ไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยมีปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ และโปรตีนที่ละลายในด่างสูงสุด (ตารางที่ 8) ซึ่งบ่งชี้ว่ามีปริมาณโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์สูงสุด การเลี้ยงที่ทำให้ไก่มีการเคลื่อนไหวมีแนวโน้มส่งผลให้ไก่มีการเจริญและพัฒนามัดกล้ามเนื้อ มากกว่าไก่ที่เลี้ยงในสถานที่จำกัดการเคลื่อนไหว ไก่เนื้อโคราชมีปริมาณไมโอไฟบริลลาร์ต่ำกว่าไก่ประดู่หางดำทั้งนี้อาจเนื่องจากอายุที่ต่างกัน โดยไก่เนื้อโคราชมีอายุน้อยกว่า การเจริญของมัดกล้ามเนื้อจึงเกิดขึ้นน้อยกว่า และใกล้เคียงกับไก่เนื้อทางการค้า

ตารางที่ 10 ปริมาณองค์ประกอบโปรตีนกล้ามเนื้อในเนื้อไก่ 5 กลุ่ม

Protein (g/100g)	Sample	Broiler	Korat	Intensive	Semi- intensive	Free range
Sarcoplasmic	Breast	6.4±1.68 ^b	5.39±1.40 ^b	6.65±1.81 ^b	6.08±1.03 ^b	8.42±2.10 ^a
	Thigh	1.05±0.52 ^c	2.28±0.83 ^b	3.37±1.21 ^{ab}	3.20±0.68 ^{ab}	4.22±1.54 ^a
Myofibrillar	Breast	4.93±2.00 ^c	3.86±2.56 ^c	5.62±0.43 ^b	7.74±0.55 ^a	7.21±0.52 ^a
	Thigh	9.86±2.27 ^c	10.57±3.11 ^{bc}	9.84±1.63 ^c	12.00±0.66 ^{ab}	13.47±1.33 ^a
Alkali	Breast	5.73±0.81 ^a	4.57±1.95 ^{ab}	3.23±2.07 ^b	3.32±0.94 ^b	4.30±2.15 ^{ab}
	Thigh	1.20±0.84	1.71±0.56	1.81±0.42	1.96±0.82	1.41±0.85
Stroma	Breast	2.12±0.33 ^{bc}	2.26±0.15 ^{ab}	2.44±0.04 ^a	2.31±0.06 ^{ab}	1.99±0.36 ^c
	Thigh	2.36±0.14 ^a	2.37±0.04 ^a	1.92±0.46 ^b	2.46±0.04 ^a	2.22±0.02 ^a

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at $p < 0.05$

2.3 ปริมาณนิวคลีโอไทด์

อินโนซีนโมโนฟอสเฟต (Inosine 5'-monophosphate, IMP) และ กัวโนซีนโมโนฟอสเฟต (Guanosine 5'-monophosphate, GMP) เป็นสารประกอบนิวคลีโอไทด์ที่ให้รสอูมามิ (Yamaguchi and Kumiko, 2000) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณนิวคลีโอไทด์ของเนื้อไก่ดิบ พบว่าสาร IMP เป็นนิวคลีโอไทด์หลักในตัวอย่างเนื้อไก่ทั้ง 5 กลุ่ม เนื้ออกไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน และเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย มีปริมาณ IMP สูงสุด ($p < 0.05$, ตารางที่ 11) และพบว่าสาร IMP ในเนื้ออกไก่ทั้ง 5 กลุ่ม มีค่าสูงกว่าในเนื้อสะโพก (ตารางที่ 11) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สิริบุญญา และคณะ (2556) ที่พบว่า ไก่เนื้อโคราช และไก่เนื้อทางการค้ามีสาร IMP ในเนื้ออกสูงกว่าเนื้อสะโพก ($p < 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่า GMP พบว่ามีปริมาณสูงสุดในเนื้ออกไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบขังแล้ว ($p < 0.05$) และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อโคราชมีปริมาณ GMP สูงที่สุด ($p < 0.05$) สิริบุญญา และคณะ (2556) พบว่า ไก่เนื้อโคราช และไก่เนื้อทางการค้ามีสาร GMP ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการศึกษานี้ในเนื้ออก การศึกษานี้พบว่าการเลี้ยงแบบปล่อยลาน และการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยมีแนวโน้มที่จะทำให้เนื้อไก่มีสารอูมามิมากกว่าการเลี้ยงในพื้นที่จำกัด

เมื่อเปรียบเทียบผลของการเลี้ยงด้วยวิธี orthogonal contrast พบว่าไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยลานและกึ่งขังกึ่งปล่อยมีปริมาณสาร IMP ในเนื้ออก และสะโพกดิบสูงกว่าวิธีการเลี้ยงแบบจำกัดพื้นที่ ($p < 0.05$, ตารางที่ 12) จึงอาจสันนิษฐานได้ว่าการเลี้ยงแบบปล่อยลานมีแนวโน้มที่จะทำให้ได้

เนื้อไก่ที่มีรสอูมามีมากกว่าการเลี้ยงในกรงขัง ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าเพราะเหตุใดการเลี้ยงแบบปล่อยลานจึงทำให้กล้ามเนื้อมีปริมาณสาร IMP สูง อาจเป็นไปได้จากทั้งการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อที่มากกว่าส่งผลให้เกิดการใช้ ATP และเกิดการสลายของ ATP เพิ่มขึ้น ซึ่ง IMP เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเสื่อมสลายของ ATP นอกจากนี้ยังอาจเป็นสาเหตุของอาหารหรือหญ้าที่ไก่ที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีโอกาสจะได้รับมากกว่า ประเด็นเหล่านี้อาจต้องศึกษาเชิงลึกต่อไป ซึ่งอาจนำไปสู่การพัฒนาแบบการเลี้ยงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เนื้อไก่ที่มีรสอูมามีสูงในที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างไก่พื้นเมือง (ไก่ประดู่หางดำ) และไก่ลูกผสม (ไก่เนื้อโคราช) พบว่าปริมาณ IMP ทั้งในส่วนเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่ 2 สายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$, ตารางที่ 11) จะมีเพียงปริมาณสาร GMP ในเนื้อสะโพกของไก่เนื้อโคราชที่สูงกว่าไก่ประดู่หางดำเท่านั้น ($p<0.05$) และปริมาณอิโนซีนในเนื้ออกของไก่เนื้อโคราชที่สูงกว่าไก่ประดู่หางดำ ($p<0.05$) จึงอาจกล่าวได้ว่าองค์ประกอบสารนิวคลีโอไทด์ที่ให้รสอูมามีของไก่ 2 สายพันธุ์ไม่มีความต่างกัน

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณนิวคลีโอไทด์ของเนื้อไก่สุก พบว่าสาร IMP ในเนื้ออกและสะโพกของไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลานยังคงมีปริมาณสูงสุด ($p<0.05$, ตารางที่ 13) ซึ่งเป็นแนวโน้มเดียวกับในเนื้อดิบ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อไก่ดิบแล้วพบว่าปริมาณ IMP ในไก่ทุกกลุ่มมีปริมาณลดลง ในทางตรงกันข้ามไฮโปแซนทีน (hypoxanthine) มีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณอิโนซีน (inosine) ในเนื้ออกและสะโพกของไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณอิโนซีนในเนื้ออกของไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยมีแนวโน้มลดลง การเพิ่มขึ้นของอิโนซีนและไฮโปแซนทีน เกิดจากการสลายตัวของ IMP การที่ไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีการเปลี่ยน IMP ไปเป็นไฮโปแซนทีนน้อยกว่าไก่กลุ่มอื่นอาจแสดงถึงเสถียรภาพต่อความร้อนของ IMP ที่สูงกว่า ซึ่งยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าเพราะเหตุใด IMP จึงมีเสถียรภาพต่อความร้อนแตกต่างตามสายพันธุ์ จึงควรมีการศึกษาในเชิงลึกต่อไป

ในการศึกษานี้ตรวจพบสาร AMP ปริมาณน้อยมาก และไม่พบสาร ATP ในตัวอย่างเนื้อดิบในทุกตัวอย่าง เนื่องจากตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นตัวอย่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน การเสื่อมสลายของ ATP และ AMP อาจเกิดขึ้นสมบูรณ์แล้ว ส่วนสารอิโนซีน และไฮโปแซนทีน สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การแตกตัวของนิวคลีโอไทด์ได้ นอกจากนี้สารทั้ง 2 ยังมีความสัมพันธ์กับคุณภาพความสดด้วย (Meelis, 2008) การเสื่อมสลายของสารประกอบนิวคลีโอไทด์เกิดได้ทั้งจากจุลินทรีย์ และเอนไซม์ในกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังพบว่าความร้อน และเนื้อที่มีค่าความเป็นกรด-เบสสูง สารประกอบนิวคลีโอไทด์จะเสื่อมสภาพได้เร็วกว่าเนื้อที่มีค่าความเป็นกรด-เบสต่ำ (Meelis, 2008) ในขณะที่เนื้อที่ได้รับการบ่มเป็นเวลานานจะเกิด อิโนซีน และไฮโปแซนทีนสูงกว่าเนื้อที่ไม่ได้บ่ม

ตารางที่ 11 ปริมาณสารประกอบนิวคลีโอไทด์ในเนื้อไก่ดิบ 5 กลุ่ม

Compound (dry basis, µg/g)	Sample	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free range
Inosine 5'-monophosphate (IMP)	Breast	1,613.5±34.9 ^c	2,633.9±168.4 ^b	1,516.6±89.6 ^c	4,374.7±203.8 ^a	4,635.5±525.8 ^a
	Thigh	969.0±62.1 ^d	2,436.9±148.3 ^b	1,516.8±47.7 ^c	4,032.2±183.3 ^a	3,652.6±246.9 ^a
Guanosine 5'-monophosphate (GMP)	Breast	132.5±2.4 ^{bc}	133.5±1.8 ^b	151.1±2.9 ^a	131.7±1.8 ^{bc}	116.1±1.8 ^c
	Thigh	126.1±2.4 ^d	172.5±2.7 ^a	149.5±2.4 ^b	136.5±0.6 ^c	124.6±1.8 ^d
Adenosine 5'-monophosphate (AMP)	Breast	58.7±1.4 ^a	56.9±1.9 ^{ab}	30.9±1.3 ^c	48.7±4.1 ^b	44.3±4.5 ^b
	Thigh	41.8±1.2	38.3±3.4	29.6±1.3	26.6±1.2	34.2±1.7
Hypoxanthine	Breast	609.5±17.9 ^b	526.1±19.1 ^b	862.4±24.3 ^a	475.9±16.7 ^c	435.4±25.9 ^c
	Thigh	843.8±16.1 ^a	866.1±26.8 ^a	820.1±19.7 ^a	616.3±29.5 ^b	564.1±9.6 ^b
Inosine	Breast	426.9±36.3 ^c	1,206.7±73.9 ^a	602.5±32.9 ^{bc}	1,063.9±19.6 ^a	651.2±80.6 ^b
	Thigh	579.3±33.2	674.6±31.2	546.5±47.5	616.4±46.6	624.8±28.9

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at p<0.05

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบผลของรูปแบบการเลี้ยงและสายพันธุ์ไก่ (ไก่ประดู่ และ ไก่เนื้อโคราช) ต่อปริมาณนิวคลีโอไทด์

Compound (dry basis, µg/g)	Sample	Orthogonal contrast of rearing system			Orthogonal contrast of species	
		Intensive (Br+Kr+InPd)	Semi	Free range	Korat	Pradoo
Inosine 5'-monophosphate (IMP)	Breast	476.71±244.97 ^b	1,070.05±203.87 ^a	1,225.15±525.79 ^a	656.90±368.44	888.62±492.11
	Thigh	396.26±171.65 ^b	990.30±183.25 ^a	906.22±246.91 ^a	578.76±148.31	757.51±326.76
Guanosine 5'-monophosphate (GMP)	Breast	34.42±2.90 ^a	32.22±1.82 ^{ab}	30.69±1.85 ^b	33.29±1.82	33.28±3.45
	Thigh	36.26±4.94 ^a	33.52±0.65 ^{ab}	30.91±1.77 ^b	40.96±2.72 ^a	33.82±3.09 ^b
Adenosine 5'-monophosphate (AMP)	Breast	12.13±3.65	11.92±4.13	11.70±4.50	14.20±1.90 ^a	10.39±3.97 ^b
	Thigh	8.84±2.39	6.54±1.16	8.48±1.68	9.10±3.42	7.45±1.55
Hypoxanthine	Breast	164.69±39.72 ^a	116.40±16.70 ^b	115.08±25.95 ^b	131.21±19.12	147.42±50.79
	Thigh	204.05±20.05 ^b	151.37±29.49 ^a	139.95±9.60 ^a	205.07±16.05	174.92±36.89
Inosine	Breast	184.90±98.68	260.22±19.56	172.12±80.60	300.95±26.81 ^a	164.87±34.67 ^b
	Thigh	145.17±37.36	151.38±46.61	155.02±28.85	160.21±31.23	147.29±40.28

^{a, b, c} Means with different superscript within the same group of orthogonal contrast are different at p<0.05.

ตารางที่ 13 ปริมาณสารประกอบนิวคลีโอไทด์ในเนื้อไก่ต้มสุกทั้ง 5 กลุ่ม

Nucleotide (dry basis, µg/g)	Sample	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free range
Inosine 5'-monophosphate (IMP)	Breast	764.9±25.1 ^d	1,484.7±29.7 ^c	572.2±30.7 ^d	2,798.3±49.5 ^b	3,565.8±116.9 ^a
	Thigh	408.7±12.6 ^c	413.9±17.3 ^c	604.7±14.1 ^b	427.7±26.9 ^c	2,740.5±65.9 ^a
Guanosine 5'-monophosphate (GMP)	Breast	63.8±0.8	51.4±0.1	74.8±0.5	54.5±0.2	65.3±0.7
	Thigh	76.3±0.2	70.6±0.2	79.7±0.5	64.6±0.5	69.9±0.8
Adenosine 5'-monophosphate (AMP)	Breast	17.9±0.3	42.6±0.4	70.7±0.4	30.7±0.5	15.5±0.2
	Thigh	18.9±0.5	72.7±0.8	79.1±0.7	35.2±0.4	18.8±0.2
Hypoxanthine	Breast	993.6±15.4 ^b	1,697.1±16.6 ^a	1,097.5±12.5 ^b	708.9±13.2 ^c	477.2±8.8 ^d
	Thigh	758.8±2.2 ^c	753.0±2.6 ^c	1,222.0±3.5 ^a	940.3±10.5 ^b	591.3±5.6 ^d
Inosine	Breast	326.5±6.6 ^b	582.5±6.1 ^b	490.8±8.5 ^b	578.7±8.6 ^b	906.7±18.0 ^a
	Thigh	430.4±8.1 ^b	331.8±5.5 ^b	545.5±8.5 ^b	349.7±5.7 ^b	687.0±9.3 ^a

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at p<0.05

2.4 ปริมาณพิวรีนทั้งหมด

สารพิวรีน เป็นสารสำคัญในดีเอ็นเอ และในอาร์เอ็นเอ และยังเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานต่างๆ ของเซลล์ด้วย โดยสารพิวรีนเป็นทั้งสารที่ร่างกายสังเคราะห์ได้เอง และได้จากอาหาร ซึ่งเมื่อร่างกายใช้สารพิวรีนแล้ว จะเหลือสารปลายทางคือ กรดยูริก (Uric acid) ก่อให้เกิดโรคเกาต์ (Gout) ซึ่งกรดยูริกเป็นสาเหตุให้ข้อปวดบวม ดังนั้นอาหารที่มีพิวรีนน้อยจึงเหมาะกับผู้ป่วยโรคเกาต์ในระยะที่มีการกำเริบอย่างเฉียบพลัน ผู้ป่วยโรคเกาต์เรื้อรัง ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง เพราะนิวมีส่วนประกอบของกรดยูริก ผู้ป่วยไม่ว่าโรคเกาต์หรือโรคไตเรื้อรังจำเป็นต้องทราบว่าอาหารใดมีพิวรีนมากหรือน้อยเพื่อจะได้พยายามหลีกเลี่ยงหรือละเว้น (Ellington, 2005)

จากการวิเคราะห์ปริมาณพิวรีนในเนื้อไก่ 5 สายพันธุ์พบว่า สารประกอบพิวรีนที่สำคัญในเนื้อไก่คือไฮโปแซนทีน โดยคิดเป็น 60.90% ของปริมาณพิวรีนทั้งหมดในเนื้ออกไก่และ 56.85% ของปริมาณพิวรีนทั้งหมดในเนื้อสะโพกไก่ (ตารางที่ 14) โดยปริมาณพิวรีนทั้งหมดในเนื้ออก และสะโพกของไก่เฉลี่ยคือ 166.61 และ 141.70 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณพิวรีนในเนื้ออกมีแนวโน้มสูงกว่าในเนื้อสะโพกของไก่ทั้ง 5 สายพันธุ์ ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบพิวรีนอยู่ในส่วนของกล้ามเนื้อเป็นสำคัญ เนื้อสะโพกมีปริมาณไขมันสูงและมีสัดส่วนของโปรตีนต่ำกว่าเนื้ออก Koulouris (2015) รายงานว่าไก่เนื้อทางการค้าทั่วไปมีสารประกอบพิวรีนในเนื้ออก 175 มิลลิกรัม/100 กรัม และในเนื้อสะโพกพร้อมหนังมี 110 มิลลิกรัม/100 กรัม

ปริมาณพิวรีนทั้งหมดของเนื้ออก และสะโพกของไก่เนื้อทางการค้ามีค่าไม่แตกต่างจากไก่เนื้อโคราช ($p>0.05$, ตารางที่ 14) แต่ปริมาณพิวรีนทั้งหมดในเนื้อของไก่ทั้งสองกลุ่มมีค่าสูงกว่าไก่ประดู่หางดำทั้ง 3 รูปแบบการผลิต ($p<0.05$) ผลการศึกษาของสิริบุญญา และคณะ (2556) พบว่า ไก่เนื้อโคราช และไก่เนื้อทางการค้ามีปริมาณของสารประกอบพิวรีนทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาถึง สารพิวรีนแต่ละตัว พบว่าการเพิ่มขึ้นของพิวรีนทั้งหมดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของไฮโปแซนทีนเป็นสำคัญ การเสื่อมสลายของสารประกอบนิวคลีโอไทด์โดยปฏิกิริยากำจัดกลุ่มฟอสเฟต (dephosphorylation) การกำจัดน้ำตาลไรโบส (deglycosylation) และการกำจัดกลุ่มอะมิโน (deamination) ทำให้เกิดการสะสมของไฮโปแซนทีน (Jorgensen, 1956; Blackburn and Kellems, 2005.)

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบพิวรีนของเนื้อไก่สุก พบว่าปริมาณของสารประกอบพิวรีนในเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่ทุกกลุ่มมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับผลการวิเคราะห์ในเนื้อไก่ดิบ (ตารางที่ 15) แต่มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างดิบในไก่ทุกกลุ่ม ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบพิวรีนอาจเกิดการสลายตัวเมื่อได้รับความร้อน (พัชรภรณ์ และคณะ, 2556; Fang et al., 2015) ดังนั้นการทำให้เนื้อไก่สุกจึงส่งผลให้ปริมาณสารประกอบพิวรีนลดลง

ตารางที่ 14 ปริมาณสารประกอบพิวรีนในเนื้อไก่ดิบ 5 กลุ่ม

Purines						
(dry basis	Sample	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free range
,mg/100g)						
Adenine	Breast	134.51±1.57 ^a	133.72±2.00 ^a	138.22±4.52 ^a	110.14±3.47 ^b	103.67±1.33 ^b
	Thigh	115.03±2.68 ^b	139.16±4.17 ^a	120.33±1.06 ^b	99.67±0.60 ^c	114.11±2.05 ^b
Guanine	Breast	140.48±1.76 ^{ab}	171.85±3.36 ^a	131.87±18.21 ^b	88.51±6.26 ^c	82.14±10.16 ^c
	Thigh	121.90±2.49 ^b	192.84±7.40 ^a	111.70±9.89 ^b	80.17±1.22 ^c	73.92±3.11 ^c
Hypoxanthine	Breast	500.48±10.15 ^a	416.36±22.80 ^b	337.85±17.96 ^c	436.18±8.84 ^b	338.63±19.80 ^c
	Thigh	377.68±12.62 ^a	369.77±22.64 ^a	332.71±8.88 ^{ab}	286.28±6.00 ^b	279.32±2.61 ^b
Xanthine	Breast	12.51±0.29 ^b	5.05±1.99 ^c	14.12±2.04 ^a	11.77±1.00 ^b	15.06±1.11 ^{ab}
	Thigh	23.48±1.83 ^{ab}	13.14±2.09 ^c	23.52±2.72 ^a	16.25±0.99 ^{bc}	27.09±3.29 ^a
Total	Breast	787.98±11.90^a	726.98±20.47^a	631.83±17.14^b	646.57±4.81^b	539.46±27.45^b
	Thigh	638.14±7.70^a	714.95±17.85^a	578.62±2.23^b	482.37±6.20^c	494.40±4.00^c

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at p<0.05

ตารางที่ 15 ปริมาณสารประกอบพิวรีนในเนื้อไก่สุก 5 กลุ่ม

Purines						
(dry basis	Sample	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free range
,mg/100g)						
Adenine	Breast	70.14±1.69 ^a	71.92±1.21 ^s	63.36±0.83 ^b	64.87±0.74 ^b	62.03±1.47 ^b
	Thigh	55.04±1.14 ^a	47.92±0.56 ^b	48.49±0.24 ^b	51.04±0.61 ^{ab}	51.96±0.98 ^{ab}
Guanine	Breast	87.32±1.47 ^a	82.55±2.00 ^a	80.95±1.03 ^a	81.44±0.43 ^a	68.18±2.02 ^b
	Thigh	66.67±0.76 ^a	63.13±0.94 ^{ab}	61.87±0.55 ^b	67.91±0.44 ^a	64.11±1.26 ^{ab}
Hypoxanthine	Breast	196.61±2.06 ^a	184.93±2.08 ^b	179.49±1.81 ^b	183.19±1.63 ^b	181.72±3.63 ^b
	Thigh	120.06±1.57 ^a	100.95±0.93 ^c	108.48±0.89 ^b	107.01±0.52 ^b	101.40±1.17 ^c
Xanthine	Breast	10.65±0.27	9.22±0.40	11.87±0.41	9.83±0.26	10.17±0.23
	Thigh	16.19±0.25 ^b	13.80±0.41 ^c	20.89±0.81 ^a	11.42±0.25 ^d	12.64±0.21 ^{cd}
Total	Breast	364.66±3.35^a	348.71±3.69^a	335.57±2.97^{bc}	339.18±2.68^b	322.10±5.92^c
	Thigh	257.83±2.76^a	225.70±0.87^b	237.91±1.53^b	235.76±1.27^b	230.17±2.95^b

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at $p < 0.05$

2.5 ปริมาณโคเลสเตอรอล

ไก่เนื้อทางการค้ามีปริมาณโคเลสเตอรอลในเนื้ออก เนื้อสะโพก และหนัง มากกว่าไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยง ($p < 0.05$, ตารางที่ 16) ในขณะที่เนื้ออกของไก่เนื้อโคราชจะมีปริมาณโคเลสเตอรอลมากกว่าไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยง ($p < 0.05$) แต่ในเนื้อสะโพกและหนัง พบว่าไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยงมีปริมาณโคเลสเตอรอลไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ปริมาณโคเลสเตอรอลที่ต่างกันระหว่างไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยง อาจมีสาเหตุมาจากสายพันธุ์ อายุ และวิธีการเลี้ยงที่ต่างกัน โดยไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยงเป็นไก่ที่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวมากกว่าไก่เนื้อทางการค้า ส่งผลต่อระบบเผาผลาญไขมัน และโคเลสเตอรอล ส่วนระบบการเลี้ยงทั้ง 3 แบบสำหรับไก่ประดู่หางดำไม่ส่งผลต่อปริมาณโคเลสเตอรอล

ไก่พื้นเมืองมีการสะสมโคเลสเตอรอลในเนื้อดำ โดยไชยวรรณ และคณะ (2547) ศึกษาปริมาณโคเลสเตอรอลในไก่พื้นเมือง น้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม ที่เลี้ยงในรูปแบบการเลี้ยงปล่อยตามธรรมชาติ พบว่าในเนื้ออกมีปริมาณโคเลสเตอรอล เท่ากับ 37.93 มิลลิกรัม/100 กรัม ขณะที่เนื้อ

สะโพกมี 40.29 มิลลิกรัม/100 กรัม เปรียบเทียบกับไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงขังในโรงเรือน ผลการศึกษาของสัญญาชัย และคณะ (2546) พบว่าในเนื้ออกมีปริมาณโคเลสเตอรอล เท่ากับ 36.12-40.04 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนเนื้อสะโพกมี 79.81-83.87 มิลลิกรัม/100 กรัม จะเห็นได้ว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบขังจะมีปริมาณโคเลสเตอรอลในเนื้อสะโพกสูงกว่า Jaturasitha et al. (2008) เปรียบเทียบปริมาณโคเลสเตอรอลระหว่างไก่ไทยพื้นเมือง ไก่ไข่ Barred Plymouth Rock และไก่ลูกผสมระหว่างไก่พื้นเมืองและไก่ไข่ โดยศึกษาในไก่เพศผู้อายุ 16 สัปดาห์ และพบว่าเนื้ออกของไก่ 3 สายพันธุ์มีปริมาณโคเลสเตอรอลไม่ต่างกัน ($p>0.05$) แต่เนื้อสะโพกของไก่ไทยพื้นเมืองมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณโคเลสเตอรอลต่ำกว่าของลูกผสม และไก่ไข่ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้เนื้ออกมีโคเลสเตอรอลต่ำกว่าเนื้อสะโพก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา

ตารางที่ 16 ปริมาณโคเลสเตอรอลในไก่ 5 สายพันธุ์

Sample (mg/100g)	Broiler	Korat	Intensive	Semi- intensive	Free range
Breast	80.86±3.07 ^a	48.39±0.54 ^b	44.76±0.54 ^c	45.18±0.53 ^c	44.47±1.19 ^c
Thigh	95.02±3.24 ^a	52.87±0.65 ^b	54.08±1.90 ^b	51.81±1.54 ^b	50.74±2.02 ^b
Skin	116.88±3.36 ^a	62.00±0.64 ^b	59.78±1.61 ^b	59.71±1.62 ^b	58.78±0.77 ^b

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at $p<0.05$

2.6 ปริมาณคอเลสเตอรอล

ปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อมีความสัมพันธ์กับค่าแรงเหวี่ยงขึ้นเนื้อ และค่าความแน่นของเนื้อ จากผลการศึกษาพบว่าในเนื้ออก และสะโพกของไก่ประดู่ที่เลี้ยงปล่อยลานมีปริมาณคอเลสเตอรอลมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ไก่ประดู่ที่เลี้ยงกึ่งขังกึ่งปล่อย ไก่เนื้อโคราช ไก่ประดู่ที่เลี้ยงขังในโรงเรือน และไก่เนื้อทางการค้า ($p<0.05$, ตารางที่ 17) ผลการศึกษาสอดคล้องกับค่าแรงเหวี่ยง (ตารางที่ 4) อังคนาภรณ์ และคณะ (2556) พบว่าเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำมีปริมาณคอเลสเตอรอลที่ละลายได้ คอเลสเตอรอลที่ไม่ละลาย และปริมาณคอเลสเตอรอลทั้งหมดสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า ($p<0.05$) Wattanachant et al. (2004) พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลในกล้ามเนื้ออก และสะโพกของไก่สายพันธุ์พื้นเมืองมีปริมาณคอเลสเตอรอลโดยรวมสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า ($p<0.001$)

ตารางที่ 17 ปริมาณคอลลาเจนในไก่ 5 สายพันธุ์

Sample	Contents (mg/g)	Broiler	Korat	Intensive	Semi- intensive	Free range
Breast	Total	9.29±0.30 ^d	10.55±0.59 ^c	10.32±0.29 ^c	12.85±0.33 ^b	13.91±0.19 ^a
	collagen					
	Insoluble	5.45±0.25 ^d	6.30±0.51 ^c	6.18±0.31 ^c	7.60±0.45 ^b	8.47±0.37 ^a
Thigh	collagen					
	Soluble	3.84±0.50 ^b	4.25±0.56 ^b	4.15±0.54 ^b	5.25±0.42 ^a	5.43±0.38 ^a
	collagen					
Thigh	Total	12.24±0.60 ^c	15.67±0.88 ^c	13.92±0.65 ^d	16.91±0.72 ^b	20.87±0.90 ^a
	collagen					
	Insoluble	7.36±0.49 ^c	8.97±0.65 ^c	8.24±0.69 ^d	10.07±0.38 ^b	12.43±0.63 ^a
Thigh	collagen					
	Soluble	4.88±0.36 ^c	6.70±0.39 ^b	5.67±0.45 ^c	6.84±0.63 ^b	8.44±1.09 ^a
	collagen					

a, b, c, d, e Means with different superscript within a row are different at $p < 0.05$

ไก่ประดู่หางดำทั้ง 3 รูปแบบการเลี้ยง และไก่เนื้อโคราช มีเส้นใยห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า แม้จะมีรูปแบบการเลี้ยงที่จำกัดพื้นที่เช่นกัน แสดงว่าสายพันธุ์และอายุมีส่วนสำคัญต่อปริมาณคอลลาเจน และเมื่อพิจารณาผลของรูปแบบการเลี้ยงพบว่ารูปแบบการเลี้ยงมีผลต่อปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ (ตารางที่ 18) ไก่ที่เลี้ยงในลานปล่อยมีปริมาณคอลลาเจนทั้งในเนื้ออกและสะโพกสูงกว่าไก่ที่เลี้ยงในระบบกึ่งขังกึ่งปล่อยและในโรงเรือน ($p < 0.05$, ตารางที่ 18) Castellini et al. (2002) รายงานว่าไก่ Ross ที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน มีค่าแรงเฉือนของชิ้นเนื้อในส่วนอก และน่องสูงกว่าไก่ที่เลี้ยงขังในโรงเรือนอย่างเดียว เนื่องจากไก่กลุ่มดังกล่าวมีการเคลื่อนไหวมากทำให้เกิดกระบวนการ myogenesis ของกล้ามเนื้อ ส่งผลให้เนื้อมีความแน่น และการยืดเกาะมากขึ้น ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงแบบปล่อยลานไม่เพียงแต่เพิ่มปริมาณไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน เนื่องจากกล้ามเนื้อมีการเคลื่อนไหวมากกว่าระบบการเลี้ยงในพื้นที่จำกัด แต่ยังส่งเสริมให้กล้ามเนื้อสร้างคอลลาเจนเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบผลของรูปแบบการเลี้ยงต่อปริมาณคอลลาเจน

Sample	Contents (mg/g)	Intensive (Br+Kr+InPd)	Semi	Free range
Breast	Total collagen	10.05±0.69 ^c	12.85±0.33 ^b	13.91±0.19 ^a
	Insoluble collagen	5.97±0.52 ^c	7.60±0.45 ^b	8.47±0.37 ^a
	Soluble collagen	4.08±0.54 ^b	5.25±0.42 ^a	5.43±0.38 ^a
Thigh	Total collagen	13.94±1.59 ^c	16.91±0.72 ^b	20.87±0.90 ^a
	Insoluble collagen	8.19±0.89 ^c	10.07±0.38 ^b	12.43±0.63 ^a
	Soluble collagen	5.75±0.85 ^c	6.84±0.63 ^b	8.44±1.09 ^a

^{a, b} Means with different superscript within a row are different at $p < 0.05$

2.7 คุณภาพเนื้อโดยเทคนิครามานสเปกโทรสโกปี

รามานสเปกโทรสโกปีเป็นสเปกโทรสโกปีแบบสั่น (vibrational spectroscopy) ที่มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนและไขมันในเนื้อ โดยรามานสเปกโทรสโกปีสามารถให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของโปรตีนทั้งในระดับทุติยภูมิ (secondary structure) และตติยภูมิ (tertiary structure) โดยข้อมูลในระดับทุติยภูมิพิจารณาจาก spectra ในช่วง $1645-1685\text{ cm}^{-1}$ ส่วนข้อมูลของโครงสร้างในระดับตติยภูมิพิจารณาจาก spectra ในช่วง $544, 577, 760, 879, 1014, 1340, 1363, 1553$ and 1582 cm^{-1} ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนทริปโตเฟน (tryptophan) และ 855 and 828 cm^{-1} ซึ่งบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงของไทโรซีน และกรดอะมิโนไฮโดรโฟบิกสายตรงที่ 1450 cm^{-1} และ 2930 cm^{-1} (Herrero, 2008) นอกจากนี้ยังให้ข้อมูลของไขมันที่ $1750, 1660, 1470, 1443, 1306$, และ 1269 cm^{-1} ซึ่งเป็นการสั่นของกลุ่มฟังก์ชัน C=O stretching modes, C=C stretching modes, CH₂ scissoring modes, CH₂ twisting modes, และ CH (Li-Chan, 1996)

ผลการศึกษาพบว่าเนื้ออกของไก่เนื้อทางการค้ามีความเข้มข้นของแถบเอไมด์ I (amide I, $1680, 1669, 1659, 1647\text{ cm}^{-1}$) สูงสุด ($p < 0.05$, ตารางที่ 19) ขณะที่เนื้อสะโพกของไก่เนื้อโคราชมีแถบเอไมด์ I สูงที่สุด ($p < 0.05$) ซึ่งบ่งชี้ว่าโครงสร้างระดับทุติยภูมิของตัวอย่างทั้งสองมีความสมบูรณ์มากที่สุด โครงสร้างระดับทุติยภูมิประกอบด้วยโครงสร้างเกลียวแอลฟาเฮลิคซ์ (α -helix) โครงสร้างแผ่นเบต้า (β -sheet) และอื่นๆ โครงสร้างโปรตีนกล้ามเนื้อดิบในระดับทุติยภูมิของไก่ 5 กลุ่มมีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจมีนัยว่าสเปกตรัมที่ได้จากไก่แต่ละกลุ่มแตกต่างกัน ดังนั้นจึงอาจใช้เทคนิคนี้ในการจัดจำแนกชนิดไก่แต่ละสายพันธุ์

เมื่อนำเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่ไปต้มสุก แล้วนำมาวิเคราะห์โครงสร้างด้วยรามานสเปกโทรสโกปีพบว่าค่าแถบเอไมด์ I ของไก่ทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$, ตารางที่ 19) การให้ความร้อนส่งผลให้โครงสร้างเกลียวแอลฟาเปลี่ยนเป็นโครงสร้างแผ่นเบต้า และ random coil ซึ่งระดับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดังกล่าวของทุกตัวอย่างใกล้เคียงกัน Beattie, Bell, Borggaard, Moss (2008) และ Berhe, Engelsen, Hviid, Lametsch (2014) รายงานว่าการให้ความร้อนเนื้อหมูส่งผลให้โครงสร้าง α -helix มีความเข้มข้นลดลง ในขณะที่ β -sheet กับ random coil มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับการเสถียรภาพของโปรตีน ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าระดับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนของไก่เนื้อทางการค้า ไก่พื้นเมือง และไก่ลูกผสม (ไก่เนื้อโคราช) เมื่อได้รับความร้อนไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 19 ค่าความเข้มของรามานสเปกตรัม (Raman spectra) ที่แถบเอไมด์ I ของเนื้อไก่ 5 กลุ่มทั้งในรูปเนื้อดิบและเนื้อสุก

Sample	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free range
- Raw breast	0.010 ^a	0.005 ^c	0.006 ^c	0.007 ^{bc}	0.008 ^b
- Raw thigh	0.005 ^b	0.010 ^a	0.006 ^b	0.007 ^b	0.006 ^b
- Cooked breast	0.010	0.011	0.009	0.010	0.010
- Cooked thigh	0.011	0.011	0.010	0.011	0.010

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at $p<0.05$

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนที่มีโซ่ข้างเป็นคาร์บอนสายตรง (aliphatic side chain) ซึ่งเป็นการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างระดับตติยภูมิ พบว่าเนื้ออกของไก่เนื้อทางการค้ามีค่าสูงกว่าไก่กลุ่มอื่น ($p<0.05$, ตารางที่ 20) ในขณะที่เนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย และเลี้ยงปล่อยลาน มีค่าสูงกว่าไก่กลุ่มอื่น ($p<0.05$) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนที่มีโซ่ข้างเป็นวงอะโรมาติก (aromatic) ของเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่ทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าโครงสร้างระดับตติยภูมิของเนื้ออกของไก่เนื้อทางการค้า และเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงกึ่งขังกึ่งปล่อย และเลี้ยงปล่อยลาน แตกต่างจากตัวอย่างอื่น ซึ่งเป็นการบ่งชี้ว่าวิธีการเลี้ยงมีผลต่อโครงสร้างโปรตีนกล้ามเนื้อ และเมื่อนำตัวอย่างที่ให้ความร้อนมาตรวจวิเคราะห์ด้วยรามานสเปกโทรสโกปีพบว่าการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างตติยภูมิของไก่เนื้อโคราชมียากที่สุด ($p<0.05$, ตารางที่ 21) เมื่อพิจารณาจากการ

เปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนที่มีโครงสร้างเป็นคาร์บอนสายตรง ส่วนไก่เนื้อทางการค้า และไก่ประดู่หางดำ มีระดับการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่าเสถียรภาพของโปรตีนกล้ามเนื้อของไก่เนื้อโคราชแตกต่างจากไก่เนื้อทางการค้า และไก่ประดู่หางดำ เพื่อให้เกิดความชัดเจนถึงสาเหตุและปัจจัยที่ทำให้กล้ามเนื้อจากไก่แต่ละสายพันธุ์มีเสถียรภาพต่างกัน จำเป็นต้องศึกษาเชิงลึกต่อไป

ผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่าเทคนิครามานสเปกโทรสโกปีอาจมีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นเทคนิคการตรวจวิเคราะห์เพื่อจัดจำแนกชนิดของเนื้อไก่ว่าเป็นไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราช หรือไก่ประดู่หางดำ นอกจากนี้ยังสามารถใช้จำแนกความแตกต่างในเนื้อสุกระหว่างไก่เนื้อโคราช และไก่เนื้อทางการค้า หรือไก่ประดู่หางดำ แต่ไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างไก่เนื้อทางการค้า และไก่ประดู่หางดำที่ปรุงสุกได้ Ellis et al. (2005) ได้ใช้เทคนิครามานสเปกโทรสโกปีในการแยกความแตกต่างเนื้อไก่งวง (turkey) และ ไก่เนื้อทางการค้า (broiler) และยังสามารถแยกความแตกต่างของเนื้ออกและเนื้อสะโพก เพื่อใช้เป็นวิธีในการตรวจสอบการปลอมแปลง (authenticity) ดังนั้นการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์รามานสเปกโทรสโกปีสำหรับจัดจำแนกไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำ จะทำให้ได้เทคนิคที่สามารถแยกแยะไก่ชนิดต่างๆ ได้ เพื่อใช้ตรวจสอบชนิดไก่ และป้องกันการกล่าวอ้างผิดประเภท และปัญหาการหลอกลวงผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ไก่พื้นเมืองได้

ตารางที่ 20 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระดับตติยภูมิของเนื้อดิบของไก่ทั้ง 5 กลุ่ม

Wave number (cm ⁻¹)	Band assignment	Breast					Thigh				
		Broiler	Korat	Intensive	Semi- intensive	Free range	Broiler	Korat	Intensive	Semi- intensive	Free range
Aliphatic amino acid residues											
2980	□ _{as} (CH ₃)	0.037 ^a	0.027 ^c	0.027 ^c	0.031 ^b	0.031 ^b	0.019 ^b	0.021 ^a	0.022 ^a	0.024 ^a	0.026 ^a
1450	□ _s CH ₂ , □ _{as} CH ₃	0.018 ^a	0.012 ^b	0.013 ^b	0.014 ^b	0.014 ^b	0.008 ^b	0.011 ^a	0.010 ^{ab}	0.012 ^a	0.012 ^a
	Total	0.055^a	0.039^c	0.040^c	0.045^b	0.045^b	0.027^c	0.032^b	0.032^b	0.036^a	0.038^a
Aromatic amino acid residues											
3064	Aromatic □(CH)	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002
1554	□(Trp-ring)	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
1207	Tyr, Phe	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
1175	Tyr	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
	Total	0.007	0.005	0.005	0.005	0.006	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at p<0.05

ตารางที่ 21 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระดับตติยภูมิของเนื้อไก่ต้มสุกทั้ง 5 กลุ่ม

Wave number (cm ⁻¹)	Band assignment	Breast					Thigh				
		Broiler	Korat	Intensive	Semi- intensive	Free range	Broiler	Korat	Intensive	Semi- intensive	Free range
Aliphatic amino acid residues											
2980	□ _{as} (CH ³)	0.034	0.037	0.037	0.035	0.035	0.036 ^a	0.032 ^b	0.035 ^a	0.033 ^{ab}	0.036 ^a
1450	□ _s CH ² , □ _{as} CH ³	0.013 ^b	0.020 ^a	0.013 ^b	0.015 ^b	0.014 ^b	0.021 ^a	0.017 ^b	0.015 ^b	0.016 ^b	0.015 ^b
	Total	0.047 ^b	0.057 ^a	0.050 ^b	0.050 ^b	0.049 ^b	0.057 ^a	0.049 ^b	0.050 ^b	0.049 ^b	0.051 ^b
Aromatic amino acid residues											
3064	Aromatic □(CH)	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
1554	□(Trp-ring)	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
1207	Tyr, Phe	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
1175	Tyr	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	Total	0.007	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at p<0.05

2.8 สมบัติทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ในเนื้อมูก และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยง (เลี้ยงแบบขังในโรงเรือนแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย และปล่อยอิสระตามธรรมชาติ) ที่ผ่านการแช่แข็ง (ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส บรรจุกด้วยระบบสุญญากาศ เป็นเวลา 60 วัน) และทำให้สุก โดยใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน (เป็นชาย 3 คน และหญิง 7 คน อายุระหว่าง 24-30 ปี) พบว่าผู้ประเมินสามารถรับรู้ความแตกต่างของคุณลักษณะความมันเลี่ยน (oiliness) ในเนื้อสะโพกของไก่เนื้อทางการค้าได้มากกว่าไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยง ($p < 0.05$, ตารางที่ 22) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไขมันทั้งหมดที่พบว่า ไก่เนื้อทางการค้ามีปริมาณไขมันทั้งหมดในสะโพกมากกว่าไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยง (ตารางที่ 9, $p < 0.05$) ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Jaturasitha et al. (2008) ที่พบว่าไก่เนื้อทางการค้ามีไขมันในสะโพกสูงกว่าไก่พื้นเมือง เนื่องจากไก่เนื้อทางการค้าเป็นไก่ที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงเมื่อเปรียบเทียบกับไก่พื้นเมือง (Butterwith, 1989; Jaturasitha et al., 2002) ตลอดจนการได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูง ทำให้มีโปรตีนส่วนที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ และกลายเป็นกรดอะมิโน ซึ่งกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นจะถูกเปลี่ยนเป็น pyruvate และ acetyl CoA ตามลำดับ จากนั้น acetyl CoA จะเข้าสู่ Krebs cycle เพื่อสร้างเป็นพลังงาน (Ottoboni and Ottoboni, 2013) เมื่อร่างกายมีพลังงานเพียงพอแล้ว acetyl CoA จะไม่ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานแต่จะเข้าสู่กระบวนการสังเคราะห์ไขมัน (fatty acid synthesis) และทำให้เกิดการสะสมไขมันตามกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ของร่างกาย

ผู้ทดสอบสามารถรับรู้ความมันเลี่ยนของเนื้อสะโพกไก่ทุกสายพันธุ์มากกว่าเนื้อมูก (ตารางที่ 22 และภาพที่ 1-5) ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อสะโพกไก่มีปริมาณไขมันมากกว่าเนื้อมูก โดย Küçükyılmaz et al. (2012) รายงานว่าในเนื้อมูกของไก่เนื้อทางการค้าพันธุ์ Ross-308 มีไขมันร้อยละ 2.41 ขณะที่เนื้อสะโพกมีไขมันร้อยละ 6.54 และ Fernandez et al. (2001) รายงานว่าไขมันทั้งหมด (total lipid) ซึ่งสะท้อนถึงไขมันในรูปไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) และฟอสโฟลิพิด (phospholipids) ของเนื้อมูกมีค่าต่ำกว่าเนื้อสะโพก ทั้งนี้เนื่องจากกล้ามเนื้ออกมีการสะสมของไกลโคเจนเป็นแหล่งพลังงาน ในขณะที่เนื้อสะโพกสะสมไขมันเป็นแหล่งพลังงาน

การเกาะตัว (cohesiveness) และ ความแน่นเนื้อ (denseness) ของเนื้อสะโพกของไก่เนื้อทางการค้ามีน้อยกว่าไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยง (ตารางที่ 22, $p < 0.05$) ผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับค่าแรงเคียน (ตารางที่ 4) ที่วัดได้ด้วยเครื่องมือ แม้ผู้ประเมินจะไม่สามารถรับรู้ความแตกต่างของการเกาะตัว และ ความแน่นเนื้อในเนื้อมูกได้ ($p > 0.05$) แต่คะแนนของไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยงมีแนวโน้มสูงกว่าไก่เนื้อ

ทางการค้าซึ่งสอดคล้องกับค่าแรงเหวี่ยงเช่นกัน (ตารางที่ 4) นอกจากนี้ผลของความแน่นเนื้อ สอดคล้องกับปริมาณคอลลาเจนซึ่งพบว่า ไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยง และไก่เนื้อ ไคราชมีปริมาณคอลลาเจนมากกว่าไก่เนื้อทางการค้าทั้งส่วนอกและสะโพก (ตารางที่ 17) จีรวัดน์ และคณะ (2557) รายงานว่า ไก่เนื้อไคราชมีค่าการเกาะตัวมากกว่าไก่เนื้อทางการค้า ($p < 0.05$) โดย เนื้อสะโพกมีค่าการเกาะตัวสูงกว่าเนื้ออก ($p < 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าความแน่นเนื้อ พบว่าไก่เนื้อ ไคราชมีค่าสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า ($p < 0.05$)

ความหวานของเนื้อมีความสัมพันธ์กับปริมาณ และชนิดของกรดอะมิโน เช่น glycine, alanine, lysine, cysteine, methionine, glutamine และ succinic รวมถึงน้ำตาล เช่น glucose, fructose, ribose (Brewer, 2006) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า คะแนนความหวาน (sweetness) ของเนื้ออกไก่ทางการค้า น้อยกว่าไก่เนื้อไคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยง (ตารางที่ 22, $p < 0.05$) ส่วนเนื้อสะโพกของไก่ทั้งห้ากลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$, ตารางที่ 21) Fanatico et al. (2007) รายงานว่าเนื้ออกของไก่ที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้ามีแนวโน้มที่จะมีความหวานมากกว่าไก่ที่มี อัตราการเจริญเติบโตเร็ว ขณะที่เนื้อสะโพกของไก่ที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้ามีความหวานไม่ แตกต่างจากไก่ที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว ($p < 0.05$)

ผู้ประเมินไม่สามารถบ่งชี้ความแตกต่างของรสอูมามิของเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่ทั้ง ห้ากลุ่ม แต่สามารถบ่งชี้ได้ว่าเนื้ออกไก่ของไก่ทั้งห้ากลุ่มมีรสอูมามิมากกว่าเนื้อสะโพก ซึ่งเมื่อ เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ปริมาณ IMP (ตารางที่ 11-13) ในเนื้ออกของไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยง แบบปล่อยลาน เลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย และไก่เนื้อไคราช มีปริมาณ IMP สูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า และไก่ประดู่ที่เลี้ยงแบบขังในโรงเรือน ขณะที่ปริมาณ IMP ในเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำที่ เลี้ยงแบบปล่อยลานมีปริมาณมากที่สุด แต่เนื้อสะโพกของไก่กลุ่มอื่นๆ มีปริมาณ IMP ไม่แตกต่าง กัน จะเห็นได้ว่าปริมาณ IMP ที่แตกต่างกันในระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่มีผลทำให้เกิดรสอูมามิที่ ต่างกัน ปัจจัยอื่นเช่นปริมาณกรดอะมิโนอิสระเช่น กรดกลูตามิก น้ำตาล อาจมีผลต่อการรับรู้รส อูมามิ จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าเนื้ออกของตัวอย่างไก่ทั้ง 5 กลุ่มมีความ คล้ายคลึงกันยกเว้นเนื้ออกของไก่ประดู่หางดำมีความหวานมากกว่า และความแตกต่างที่เด่นชัดคือ เนื้อสัมผัสของเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำจะมีความแน่นเนื้อและเกาะตัวมากกว่าไก่เนื้อทาง การค้า ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่ประดู่หางดำและไก่เนื้อไคราชมีความใกล้เคียงกัน และรูปแบบการ เลี้ยงไม่มีผลต่อสมบัติทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 22 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ของไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราช และและไก่ประดู่หางดำ

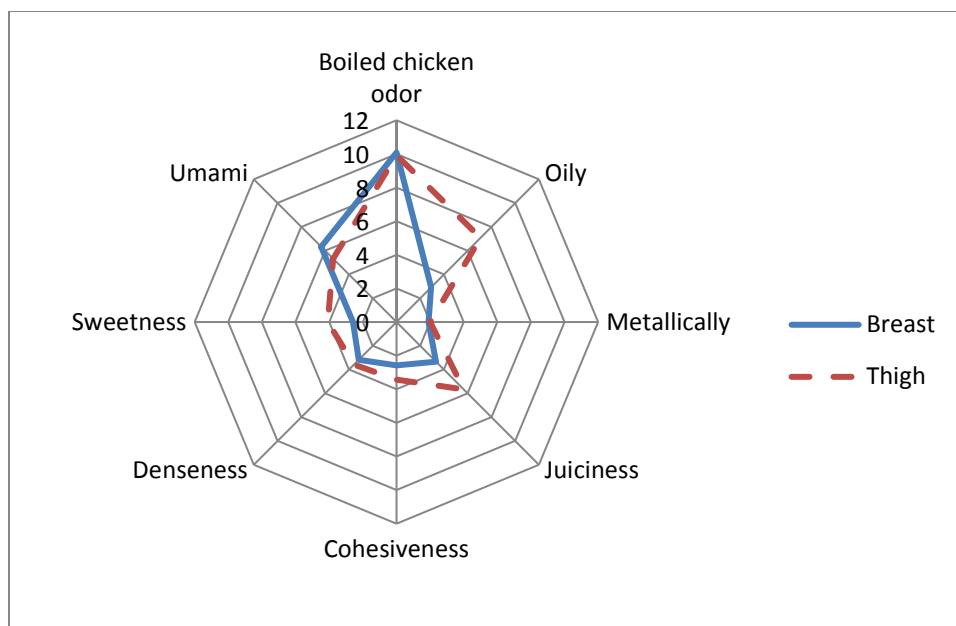
Attribute	Sample	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free range
Boiled chicken odor	Breast	10.08±0.80	10.50±1.05	10.58±0.49	11.57±1.13	10.85±1.34
	Thigh	9.92±0.66	10.33±1.03	10.17±0.68	10.57±0.98	10.42±0.98
Oiliness	Breast	2.92 ^x ±0.37	2.50 ^x ±0.64	2.83 ^x ±0.75	2.71 ^x ±0.76	2.57 ^x ±0.98
	Thigh	7.08 ^{ay} ±0.49	6.17 ^{by} ±0.75	5.83 ^{by} ±0.75	6.00 ^{by} ±2.82	5.86 ^{by} ±0.69
Metallic-like	Breast	1.92±0.74	1.83±0.75	1.33±0.52	1.43±0.53	1.29±0.49
	Thigh	2.00±1.26	2.17±0.75	1.83±0.75	1.85±0.69	1.71±0.76
Juiciness	Breast	3.33 ^x ±1.21	4.67±1.03	3.67 ^x ±0.82	3.29 ^x ±0.49	3.57 ^x ±0.79
	Thigh	5.67 ^y ±1.03	5.50±0.68	4.67 ^y ±0.52	5.14 ^y ±0.48	4.71 ^y ±0.49
Cohesiveness	Breast	2.58 ^x ±0.49	3.83 ^x ±0.68	3.67±1.01	3.71 ^x ±0.82	3.93 ^x ±0.79
	Thigh	3.42 ^{by} ±0.49	5.67 ^{ay} ±1.21	4.83 ^a ±0.73	5.43 ^{ay} ±0.98	5.57 ^{ay} ±0.45
Denseness	Breast	3.17±0.98	3.67 ^x ±0.63	3.83 ^x ±1.17	3.71 ^x ±1.11	3.86 ^x ±1.07
	Thigh	3.58 ^b ±0.49	6.17 ^{ay} ±1.02	5.67 ^{ay} ±0.52	5.86 ^{ay} ±0.69	5.71 ^{ay} ±0.49

ตารางที่ 22 (ต่อ)

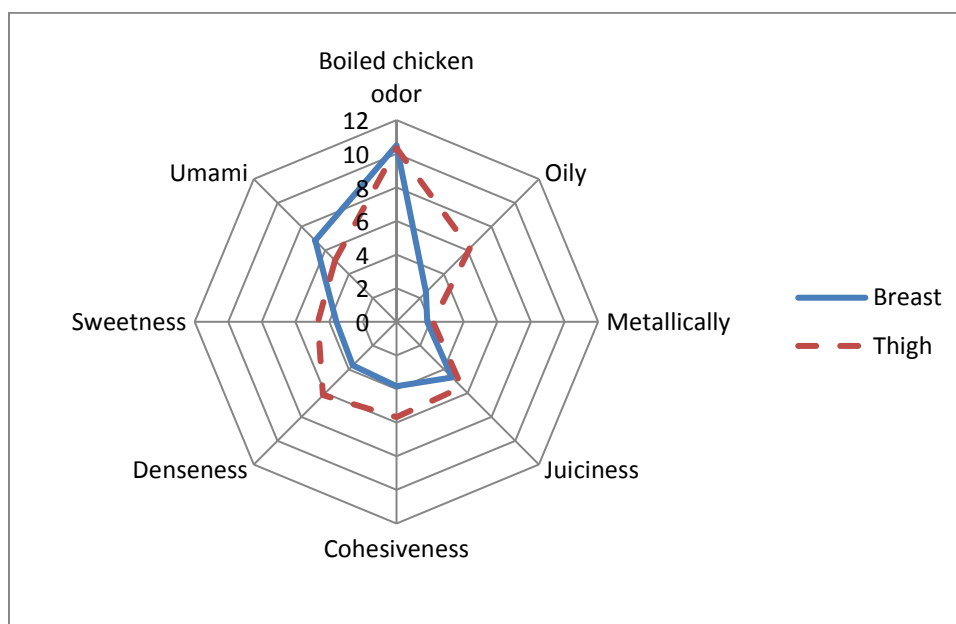
Attribute	Sample	Broiler	Korat	Intensive	Semi-intensive	Free range
Sweetness	Breast	2.58 ^{cx} ±0.66	3.58 ^{bex} ±0.49	4.83 ^a ±0.98	4.57 ^{ab} ±1.13	4.71 ^a ±0.95
	Thigh	4.08 ^y ±0.80	4.67 ^y ±0.82	4.25±0.61	4.21±0.57	4.36±0.63
Umami	Breast	6.33 ^x ±0.96	6.83 ^x ±1.17	6.50±0.84	6.71±0.95	6.57±0.79
	Thigh	5.33 ^y ±0.63	5.17 ^y ±0.98	5.83±0.98	5.93±0.84	5.86±0.90

^{a, b, c} Means with different superscript within a row are different at P<0.05

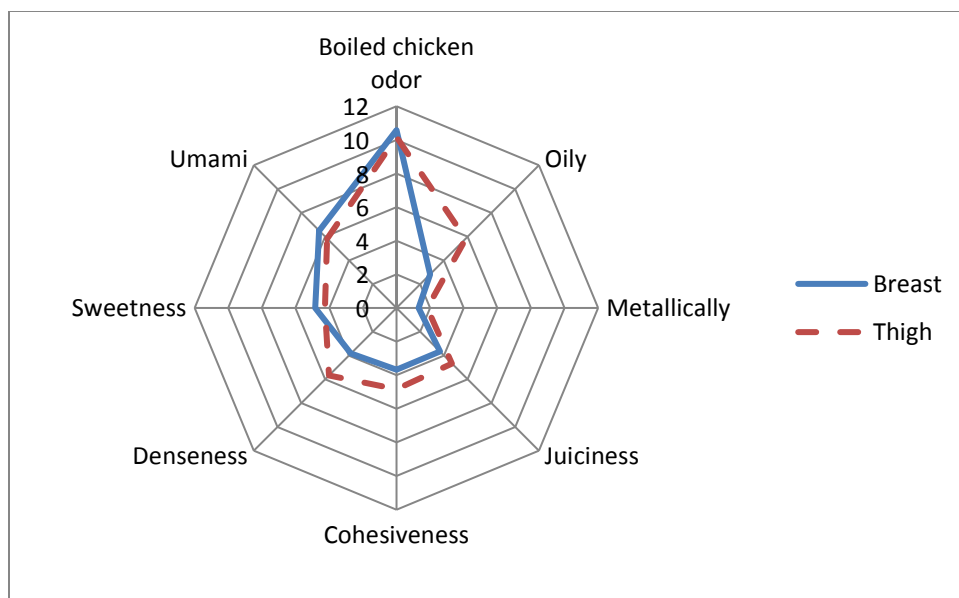
^{x, y} Means with different superscript within a column of the same attribute are different at P<0.05



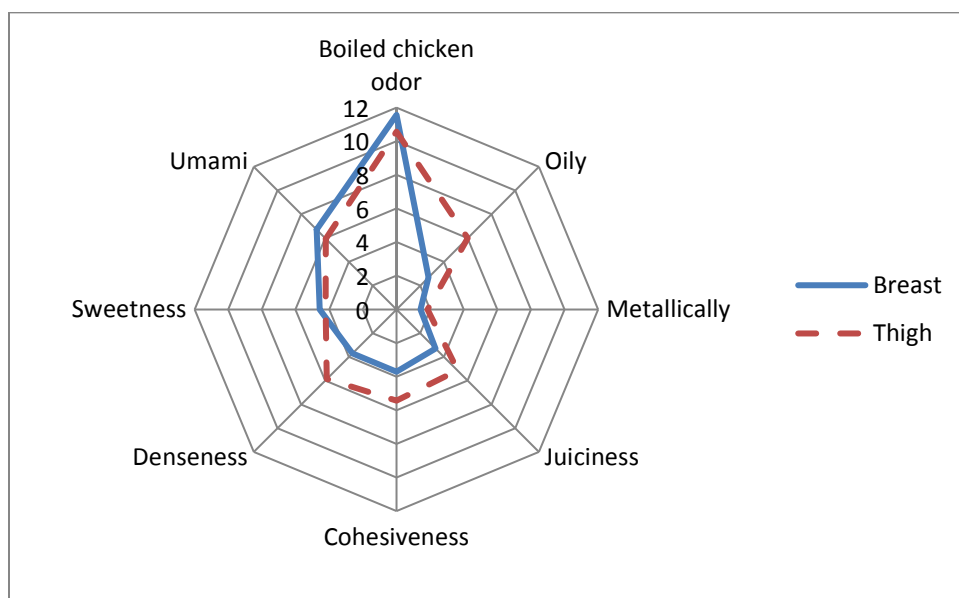
ภาพที่ 1 ผังใยแมงมุมแสดงการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ของเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อทางการค้า (n = 8)



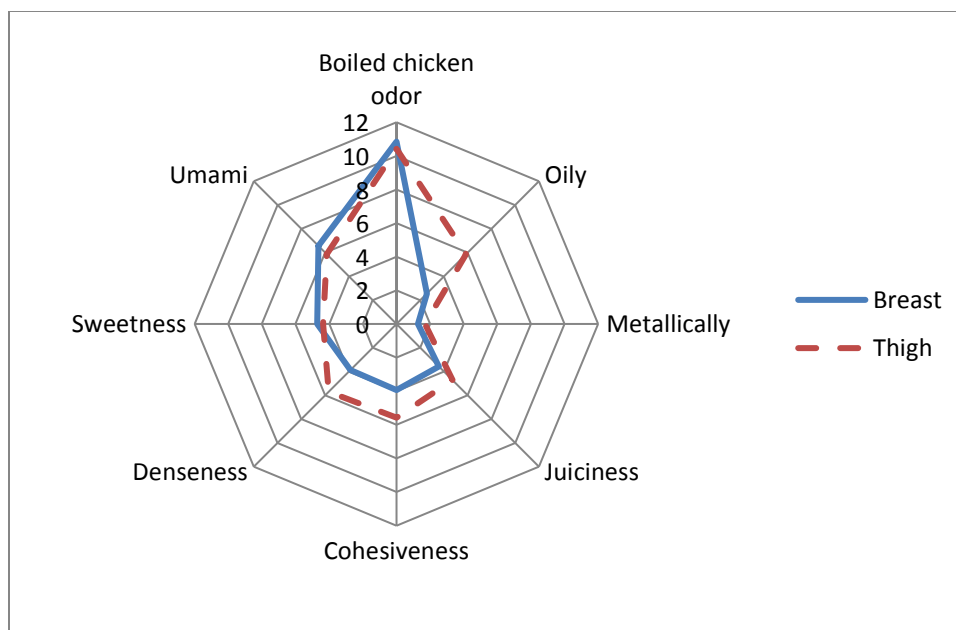
ภาพที่ 2 ผังใยแมงมุมแสดงการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ในเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่โคราช (n = 8)



ภาพที่ 3 ผังใยแมงมุมแสดงการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ในเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำเลี้ยงในระบบขังในโรงเรือน (n = 8)



ภาพที่ 4 ผังใยแมงมุมแสดงการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ในเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำเลี้ยงในระบบกึ่งขังกึ่งปล่อย (n = 8)



ภาพที่ 5 ผังใยแมงมุมแสดงการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ในเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำเลี้ยงในระบบปล่อยธรรมชาติ (n = 8)

ส่วนที่ 3 สรุปผลการศึกษา

ไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน และไก่เนื้อโคราชมีคุณภาพเนื้อทางด้านกายภาพ และเคมี แตกต่างจากไก่เนื้อทางการค้า โดยปริมาณโปรตีนในเนื้ออกไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีค่าสูงกว่าไก่เนื้อทางการค้า ไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบขังในโรงเรือน และเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย ($p < 0.05$) ส่วนเนื้อสะโพกของไก่ทั้ง 5 กลุ่มมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน ปริมาณไขมันทั้งหมด (ไตรกลีเซอไรด์ และฟอสโฟลิพิด) ในเนื้ออกมีค่าต่ำกว่าเนื้อสะโพก โดยในเนื้ออก และเนื้อสะโพก ของไก่เนื้อทางการค้า มีปริมาณไขมันทั้งหมด สูงกว่าไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้ง 3 รูปแบบการเลี้ยง

ค่าความเป็น กรด-ด่าง ของเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่ ทั้ง 5 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) และในเนื้ออกของไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยงมีค่าการอุ้มน้ำต่ำ และค่าการสูญเสีย น้ำจากการต้มสูงเมื่อเปรียบเทียบกับไก่เนื้อทางการค้า

สีของเนื้อไก่มีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์และรูปแบบการเลี้ยง ความสว่าง (L^*) ของเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลาน มีค่าสูงสุด ส่วนค่าความแดง (redness, a^*) ของเนื้ออกไก่เนื้อทางการค้า และไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบขังในโรงเรือนมีค่าสูงกว่าตัวอย่างอื่น ส่วนเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีค่าความแดงมากที่สุด เนื่องจากการปล่อยลานทำให้ไก่มีการใช้งานกล้ามเนื้อสะโพกมากกว่าไ้กลุ่มอื่นทำให้มีปริมาณไมโอโกลบิน และ/หรือ ฮีโมโกลบินสะสมใน

กล้ามเนื้อมาก นอกจากนี้เนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีค่าความเหลือง (yellowness, b*) สูงกว่าไก่กลุ่มอื่น เนื่องจากการได้จิกกินหญ้าซึ่งมีรงควัตถุแคโรทีนอยด์ (carotenoid)

ตัวอย่างของเนื้ออกไก่ประดู่หางดำเชิงใหม่ทีเลี้ยงแบบปล่อยลาน และการเลี้ยงแบบกึ่งขังกึ่งปล่อย มีปริมาณ IMP สูงกว่าตัวอย่างอื่น นอกจากนี้พบว่าสาร IMP ในเนื้ออกไก่ทั้ง 5 กลุ่มมีค่าสูงกว่าในเนื้อสะโพก ในเนื้อไก่สุก ปริมาณ IMP ในเนื้ออกและสะโพกของไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีปริมาณมากกว่าตัวอย่างอื่น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อไก่ดิบแล้วพบว่าปริมาณ IMP ในไก่ทุกกลุ่มมีปริมาณลดลง ผลลัพธ์ที่เกิดจากการเสื่อมสลายของนิวคลีโอไทด์คือ อิโนซีน และไฮโปแซนทีนมีค่าสูงทั้งในเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อทางการค้า และไก่ประดู่หางดำที่เลี้ยงแบบขังแล้วเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กลุ่มอื่น นอกจากนี้ในเนื้ออก และสะโพกของไก่ประดู่ที่เลี้ยงปล่อยลานมีปริมาณคอลลาเจนมากที่สุดสอดคล้องกับค่าแรงเหวี่ยงที่วิเคราะห์ได้

สารประกอบพิวรีนทั้งหมดในเนื้อไก่ทางการค้า และไก่เนื้อโคราชมีค่าสูงกว่าไก่ประดู่หางดำทั้ง 3 รูปแบบการผลิต โดยปริมาณพิวรีนทั้งหมดในเนื้ออกไก่มีมากกว่าเนื้อสะโพกไก่ในไก่ทั้ง 5 กลุ่ม ปริมาณของสารประกอบพิวรีนในเนื้ออก และเนื้อสะโพกต้มสุกของไก่ในทุกกลุ่มมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับผลการวิเคราะห์ในเนื้อไก่ดิบ แต่มีแนวโน้มว่าปริมาณของสารประกอบพิวรีนทุกตัวลดลงในไก่ทุกกลุ่ม นอกจากนี้ไก่เนื้อทางการค้ามีปริมาณโคเลสเตอรอลในเนื้ออก เนื้อสะโพก และหนัง สูงกว่าไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยง

รามานสเปกตรัมของตัวอย่างเนื้ออกและสะโพกของไก่ทั้ง 5 กลุ่มมีความแตกต่างกัน รูปแบบการเลี้ยงมีผลต่อทั้งโครงสร้างโปรตีนในระดับทุติยภูมิและตติยภูมิ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในระดับตติยภูมิของเนื้ออก และสะโพกหลังจากให้ความร้อนของไก่เนื้อทางการค้า มีความแตกต่างจากไก่เนื้อโคราชและไก่ประดู่หางดำด้วยเหตุนี้รามานสเปกโทรสโกปีเป็นเทคนิคที่มีศักยภาพที่สามารถพัฒนาเพื่อใช้จำแนกความแตกต่างระหว่างเนื้อไก่ดิบและสุกของแต่ละสายพันธุ์

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ QDA ในเนื้ออก และเนื้อสะโพกของไก่เนื้อทางการค้า ไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยง พบว่าในเนื้อสะโพกของไก่เนื้อทางการค้ามีความเลี่ยนมันมากกว่าไก่เนื้อโคราช และไก่ประดู่หางดำทั้งสามรูปแบบการเลี้ยง นอกจากนี้ไก่เนื้อทางการค้ามีการเกาะตัว และ ความแน่นน้อยกว่า นอกจากนี้ความหวานของเนื้ออกไก่ทางการค้ามีค่าน้อยที่สุด

จากผลการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ อาจกล่าวได้ว่าไก่ประดู่หางดำเชิงใหม่มีคุณภาพที่โดดเด่นในเชิงบวกในหลายองค์ประกอบ ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลทางการตลาดเพื่อส่งเสริมการบริโภคเนื้อไก่ชนิดนี้ โดยมีปริมาณคอลลาเจนสูง เนื้อมีการเกาะตัว และความแน่นเนื้อสูง นอกจากนี้การเลี้ยงมีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อ การเลี้ยงแบบปล่อยลาน และกึ่งขังกึ่งปล่อยมีแนวโน้มที่จะส่งเสริมการพัฒนาของมัดกล้ามเนื้อทำให้มีปริมาณไมโอไฟบรลาร์โปรตีนที่สูง มีปริมาณนิวคลีโอไทด์ที่ส่งเสริมรสอูมามิที่สูงกว่าการ

เลี้ยงแบบขัง ขณะเดียวกันในด้านสุขภาพของผู้บริโภค เนื้อไก่กระดูกหักดำโดยเฉพาะที่เลี้ยงแบบปล่อยลานมีความโดดเด่นในด้านที่มีปริมาณสารประกอบพิวรีนและโคเลสเตอรอลที่ต่ำ ปริมาณไขมันน้อยซึ่งสามารถพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

เอกสารอ้างอิง

- ขวัญใจ คำสว่าง, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, สุธา วัฒนสิทธิ และ อรุณพร อิฐรัตน์. (2553). ผลการเสริมสารสกัด
หายาจากขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) ต่อคุณภาพเนื้อไก่กระทง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 29(3): 308-316.
- จิรวัดน์ ยงสวัสดิกุล และคณะ. (2557). โครงการคุณภาพทางด้านเนื้อของไก่เนื้อโคราชระหว่างการเก็บแช่เยือก
แข็ง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานสนับสนุนการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, อารักษ์ ส่งแสง, สุธา วัฒนสิทธิ, พิทยา อุดมธรรม และ เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์. (2547).
คุณภาพซาก องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่คอลลอนและเนื้อ
ไก่พื้นเมือง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และมหาวิทยาลัยทักษิณ.
- ทัศนวรรณ สมจันทร์, ขนิษฐา เรืองวิทยานุสรณ์, ดวงภา พรหมเกตุ และ ทรงศักดิ์ จำปาอะดี. (2557). การศึกษา
คุณภาพเนื้อไก่ลูกผสมพื้นเมือง (จี). แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 1 :340-344.
- ธำรงค์ดี พลบำรุง. (2532). การเลี้ยงไก่พื้นเมือง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชจำกัด.
- นันทนา ช่วยชูวงศ์. (2540). การเปรียบเทียบสมรรถภาพการขุนคุณภาพผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ
ของโคเนื้อ 5 สายพันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาคุุณบัณฑิต ภาควิชาสัตวบาล
สาขาวิชาสัตวศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พัชรารัตน์ รัตนธรรม, ณัฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. (2556). การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนและฟิ
วรีนเบสในข้าวกล้องสีงอก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(2)(พิเศษ): 445-448.
- วิฑูรย์ โมพี, สุทิสรา เข้มพะกา และ เฉลิมชัย หอมตา. (2553). ผลของการเลี้ยงไก่พื้นเมืองแบบกึ่งขังกึ่งปล่อยต่อ
สมรรถนะการเจริญเติบโต ปริมาณโคเลสเตอรอล และองค์ประกอบของกรดไขมัน. รายงานวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ศิริพร กิตติการกุล. (2554). การรับรู้และการสร้างคุณค่าของไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ของผู้บริโภคในจังหวัด
เชียงใหม่. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- ศิริพร กิตติการกุล. (2557).โครงการระบบการสร้างอาชีพการเลี้ยงไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่อย่างยั่งยืน. รายงาน
การวิจัย. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- สิริญา ป้องจันทา, ชัยชนก สุทธินันท์, อมรัตน์ โมพี และ จิรวัดน์ ยงสวัสดิกุล. (2556). การศึกษาเปรียบเทียบ
คุณภาพเนื้อของไก่เนื้อโคราช และไก่เนื้อทางการค้า [ออนไลน์]. ได้จาก:
<http://161.246.34.107/animal/data/training/conference5/presentation/Sirinya.pdf>

สัญญาชัย จตุรติธธา, ศุภฤกษ์ สายทอง, อังคณา ผ่องแผ้ว, ทศนีย์ อภิชาติสร่างกูร และ อำนวย เลี้ยวธารากุล. (2546).

คุณภาพซากและเนื้อของไก่พื้นเมืองและสายพันธุ์ลูกผสม 4 สายพันธุ์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สัญญาชัย จตุรติธธา. (2551). เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สัญญาชัย จตุรติธธา. (2554). องค์ประกอบทางเคมีของไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อำนวย เลี้ยวธารากุล, ศิริพันธ์ โมราภบ, ครุณี ณ รังสี และ ปราณี รอดเทียน . (2554). ระบบการผลิตและระบบการรับรองพันธุ์ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ 1 ของฟาร์มเครือข่าย. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

อังคนาภรณ์ พงษ์ด้วง, อำนวย เลี้ยวธารากุล, อภิรักษ์ เพ็ชรมงคล, โปรคปราน ทาเขียว และ สัญชัย จตุรติธธา. (2556). ความนุ่มของเนื้อไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ 1 ไก่ลูกผสมประดู่หางดำเชียงใหม่ 1 และ ไก่กระทง. **แก่นเกษตร 41 ฉบับพิเศษ 1**: 21-26.

AOAC. (2010). **Official Methods of Analysis**. (18th ed). Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.

Barbut, S. (2002). **Poultry products processing (An Industry Guide)**. New York: CRC Press.

Beattie, J. R., Bell, S. E. J., Borgaard, C., Fearon, A., and Moss, B. W. (2008). Preliminary investigations on the effects of ageing and cooking on the Raman spectra of porcine longissimus dorsi. **Meat Sci.** 80: 1205–1211.

Berhe, D. T., Engelsens, S. B., Hviid, M. S., and Lametsch, R. (2014). Raman spectroscopic study of effect of the cooking temperature and time on meat proteins. **Food Res Int.** 66: 123-131.

Berri, C., et al. (2005). Variations in chicken breast meat quality: implications of struggle and muscle glycogen content at death. **Br Poult. Sci.** 46:572-579.

Blackburn, M. R., and Kellems, R. E. (2005). Adenosine deaminase deficiency: metabolic basis of immune deficiency and pulmonary inflammation. **Adv. Immunol.** 86: 1–41.

Boyaci, I. H., et al. (2015). Dispersive and FT-Raman spectroscopic methods in food analysis. **RSC Advances.** 5 (70): 56606-56624.

Brewer, M. S. (2006). **The Chemistry of Beef Flavor - Executive Summary** [Online]. Available: <http://beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/The%20Chemistry%20of%20Beef%20Flavor.pdf>

- Butterwith, S. C. (1989). Contribution of lipoprotein lipase activity to the differential growth of three adipose tissue depots in young broiler chickens. **Br Poult Sci.** 30:927–933.
- Castellini, C., Mugnai, C., and Dal Bosco, A. (2002). Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. **Meat Sci.** 60: 219-225.
- Chen, X., et al. (2013). Effects of outdoor access on growth performance, carcass composition, and meat characteristics of broiler chickens. **Poult. Sci.** 92: 435-443.
- Cheng, Y. L., Kuo, H., and Wan, T. (2014). Effect of free-range rearing on meat composition, physical properties and sensory evaluation in Taiwan game hens. **Asian-Australas J. Anim. Sci.** 27: 880–885.
- Dubowitz, V. (1985). **Muscle Biopsy: A practical approach.** (2nd ed.). London: BailliereTindall.
- Ellington, A. (2005). **Reduction of purine content in commonly consumed meat products through rinsing and cooking** [Online]. Available:https://getd.libs.uga.edu/pdfs/ellington_anna_k_200708_ms.pdf
- Ellis, D. I., Broadhurst, D., Clarke, S. J., and Goodacre, R. (2005). Rapid identification of closely related muscle foods by vibrational spectroscopy and machine learning. **Analyst.** 130: 1648–1654.
- Fanatico, A. C., Pillai, P. B., and Cavitt, L. C. (2006). Evaluation of slower-growing genotypes grown with and without outdoor access: sensory attributes. **Poult. Sci.** 85: 337-343.
- Fanatico, A. C., Pillai, P. B., Emmert, J.L., Gbur, E. E., Meullenet, J. F., and Owens, C. M. (2007). Sensory attributes of slow- and fast-growing chicken genotypes raised indoors or with outdoor access. **Poult. Sci.** 86:2441–2449.
- Fang, M., J. et al. (2015). Thermal degradation of small molecules: A global metabolomic investigation. **Anal Chem.** 87:10935-41.
- Fernandez, X., et al. (2001). Post mortem muscle metabolism and meat quality in three genetic types of turkey. **Poult. Sci.** 42: 462-469.
- Folch, J., Lees M., and Sloane-Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **J. Biol. Chem.** 226: 497-509.
- Funaro A., Cardenia, V., Petracci, M., Rimini, S., Rodriguez-Estrada, M. T., and Cavani, C. (2014). Comparison of meat quality characteristics and oxidative stability between conventional and free-range chickens. **Poult. Sci.** 93: 1511-1522.

- Gosnak, R.D., Erzen, I., Holcman, A., and skorjanc, D. (2010). Effects of divergent selection for 8-week body weight on postnatal enzyme activity pattern of 3 fiber types in fast muscles of male broilers (*Gallus gallus domesticus*). **Poult. Sci.** 89:2651–2659.
- Guan R., Lyu, F., Chen, X., Ma, J., Jiang, H., and Xiao, C. (2013). Meat quality traits of four Chinese indigenous chicken breeds and one commercial broiler stock. **J Zhejiang Univ Sci B.** 14(10): 896-902.
- Guèye, E. F., Dieng, A., and Dieng, S. (1997). Meat Quality of indigenous and commercial chickens in Senegal. In **Proceedings INFPD workshop**. M'Bour, Senegal.
- Herrero, A.M. (2008). Raman spectroscopy a promising technique for quality assessment of meat and fish: A review. **Food Chem.** 107: 1642–1651.
- Hill, F. (1969). The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. **J. Food Sci.** 31: 161-166.
- Jaturasitha, S., et al. (2002). A comparative study of Thai native chicken and broiler on productive performance, carcass and meat quality. In **Conference on International Agricultural Research for Development**. Witzenhausen, Germany.
- Jaturasitha, S., Kayan, A., and Wicke, M. (2008). Carcass and meat characteristics of female chickens between Thai indigenous compared with improved layer breeds and their crossbred. **Arch. Tierz., Dummerstorf.** 51: 283-294.
- Jorgensen, S. (1956). Breakdown of adenine and hypoxanthine nucleotides and nucleosides in human plasma. **Acta Pharm. Toxicol.** 12(3): 294–302.
- Kaneko, K., Aoyagi, Y., Fukuuchi, T., Inazawa, K., and Yamaoka, N. (2014). Total Purine and Purine Base Content of Common Foodstuffs for Facilitating Nutritional Therapy for Gout and Hyperuricemia. **Biol. Pharm. Bull.** 37 (5): 709-721.
- Katarzyna, P., and Doktor, J. (2011). Effect of free-range raising on performance, carcass attributes and meat quality of broiler chickens. **Anim. Sci. Pap. Rep.** 29(2): 139-149.
- Klaus, H., Allesen-Holm, B. H., Hermansena, J. E., and Kongsteda, A. G. (2011). **Sensory profiles of breast meat from broilers reared in an organic niche production system and conventional standard broilers.** [Online]. Available: <http://orgprints.org/21614/4/21614.pdf>
- Koulouris, S. (2015). **Gout and Chicken** [Online]. Available: <http://goutandyou.com/gout-and-chicken/>

- Küçükyılmaz, K., Bozkurt, M., Çatlı, A. U., Herken, E. N., Çınar, M., and BintaŞ, E. (2012). Chemical composition, fatty acid profile and colour of broiler meat as affected by organic and conventional rearing systems. **S Afr J Anim Sci.** 42: 360-368.
- Lawlor, J. B., Sheehan, E. M., Delahunty, C. M., Kerry, J. P., and Morrissey, P. A. (2003). Sensory Characteristics and Consumer Preference for Cooked Chicken Breasts from Organic, Corn-fed, Free-range and Conventionally Reared Animals. **Int. J. Poult. Sci.** 2: 409-416.
- Lawrie, R. A. and Ledward, D.A. (1998). **Lawrie's Meat Science.** (7th ed.). England: Woodhead Publishing Limited.
- Li-Chan, E. C. Y. (1996). The applications of Raman spectroscopy in food science. **Trends Food Sci. Tech.** 7: 361–370.
- Meelis, T. (2008). **Peptides and ribonucleotides in fresh meat as a function of aging in relation to sensory attributes of pork** [Online]. Available: <http://pub.epsilon.slu.se/1871/1/Thesis.pdf>
- Monin, G., Mejenes-Quijano, A., Talmant, A., and Sellier, P. (1987). Influence of breed and muscle metabolic type on muscle glycolytic potential and meat pH in pigs. **Meat Sci.** 20:149–158.
- Mudalal, S., Babini, E., Cavani, C., and Petracci, M. (2014). Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast fillets affected by white striping. **Poult. Sci.** 93: 1-9.
- Olsen, E. F., Rukke, E. O., Egelanddal, B. E., and Isaksson, T. (2008). Determination of omega-6 and omega-3 fatty acids in pork adipose tissue with nondestructive Raman and Fourier transform infrared spectroscopy. **Appl. Spectrosc.** 62: 968-974.
- Ottoboni, A., and Ottoboni, F. (2013). **The Modern nutritional diseases: and how to prevent them.** (2nd ed.) [Online]. Available: <http://ketopia.com/tag/modern-nutritional-diseases/>
- Palka, K., and Daun, H. (1999). Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine M. semitendinosus during heating. **Meat Sci.** 51: 237-243.
- Pedersen, D.K., Morel, S., Andersen, H.J., Engelsen, S.B. (2003). Early prediction of water-holding capacity in meat by multivariate vibrational spectroscopy. **Meat Sci.** 65: 581-592.
- Ponnampalam, E. N., Hopkins, D. L., Bruce, H., Li, D., Baldi, G., and Bekhit, A. E.-D. (2017). Causes and Contributing Factors to “Dark Cutting” Meat: Current Trends and Future Directions: A Review. **Compr Rev Food Sci Food Saf.** doi: 10.1111/1541-4337.12258

- Rowe, A., Macedo, F. A. F., Visentainer, J. V., Souza, N. E., and Matsushita, M. (1999). Muscle composition and fatty acid profile in lambs fattened in drylot or pasture. **Meat Sci.** 51:283-288.
- Sogunle, O. M., Olaniyi, O. A., Shittu, T. A., and Abiola, S.S. (2012). **Performance and meat attributes of chickens reared on deep litter and free range** [Online]. Available: <http://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v61n236/art9.pdf>
- Stone, H., and Sidel, J. L. (1993). **Sensory Evaluation Practices**. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780126726909>
- Tadpichayangkoon, P., and Yongsawatdigul, J. (2009). Comparative study of washing treatments and alkali extraction on gelation characteristics of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*) muscle protein. **J. Food Sci.** 74: C284-C291.
- Therkildsen M., Horsted, K., and Steinfeldt. S. (2013). Improved texture of breast meat after a short finishing feeding period of broilers in an organic free-range system. **Worlds Poult Sci J.** 69(supplement): 1-5.
- United States Department of Agriculture (USDA). (2013). **The Color of Meat and Poultry** [Online]. Available: http://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/meat-preparation/the-color-of-meat-and-poultry/the-color-of-meat-and-poultry/ct_index
- Wang K. H., Shi, S. R., Dou, T. C., and Sun., H. J. (2009). Effect of a free-range raising system on growth performance, carcass yield, and meat quality of slow-growing chicken. **Poult. Sci.** 88: 2219-2223.
- Wattanachant, S., Benjakul, S., and Ledward, D. A. (2004). Compositions, color and texture of Thai indigenous and broiler chicken muscles. **Poult. Sci.** 83: 123-128.
- Wattanachant, S. (2008). Factors affecting the quality characteristics of Thai indigenous chicken meat. Suranaree **J. Sci. Technol.** 15(4):317-322.
- Yamaguchi, S., and Kumiko, N. (2000). Umami and Food Palatability. **J Nutr.** 130: 921S-6S.
- Yang, D., and Ying, Y. (2011). Applications of Raman spectroscopy in agricultural products and food analysis: A review. **Appl. Spectrosc. Rev.** 46: 539-560.
- Zajac, A., Dymińska, L., Lorenc, J., and Hanuza, J. (2017). Fourier transform infrared and Raman spectroscopy studies of the time-dependent changes in chicken meat as a tool for recording spoilage processes. **Food Anal. Methods.** 10:640-648.