

การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ซาก ปริมาณคอเลสเตอรอล และคอลลาเจน ในเนื้อไก่ไข่ที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์

Comparison of Carcass Percentage Cholesterol and Collagen Content in Laying Hen Meat at 75 and 80 Weeks of Age

อังสุมา แก้วคต¹ ณัฐภัทรา ภมรสุต² ณัฐวรรณ คงกระพัน² ณันณรัตน์ คุ่มครอง³ และ อัจฉรา ขยัน^{2,*}
Aungsuma Kaewkot¹, Nattapatra Pamornsuite², Nattawan Kongkapan²,
Nunyarat Koomkrong³ and Autchara Kayan^{2,*}

¹ สาขาวิชาเกษตรและเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ 10600

² ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

³ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84100

¹ Program of Agriculture and Agriculture Technology, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok 10600

² Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

³ Program of Animal Science, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University, Suratthani 84100

รับเรื่อง: 23 พฤษภาคม 2563

Received: 23 May 2020

ปรับปรุงแก้ไข: 8 กันยายน 2563

Revised: 8 September 2020

รับตีพิมพ์: 11 กันยายน 2563

Accepted: 11 September 2020

* Corresponding author: fagrark@ku.ac.th

ABSTRACT: The present study was aimed to determine comparison of carcass percentage cholesterol and collagen content in laying hens at 75 and 80 weeks of age. Chickens were fed *ad libitum*. Chickens were randomly selected in 40 chickens (20 of age group) from total 5,000 chickens for the experiment. They were slaughtered and dressed according to international standard method. The average live weights were 1,629 and 1,559 grams, respectively. The result shown that carcass percentage, breast, fillet, drumstick and thigh of laying hens at 80 weeks of age were higher than laying hens at 75 weeks of age ($P < 0.01$). Breast and thigh muscles were used to analyze cholesterol and collagen content. The result shown that the cholesterol content in breast and thigh muscle was not significant difference between groups ($P > 0.05$). Also, the soluble collagen and insoluble collagen content were not significant difference between groups ($P > 0.05$). Therefore, the results indicated that age of laying hens had not affected on collagen and cholesterol content, but affected on carcass quality. This is useful for farmers to extend the replacement of laying hen in case the high price of laying hen. This study was provided the information of laying hen meat for the consumers.

Keywords: Carcass quality, cholesterol, collagen, laying hen

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ซาก ปริมาณคอเลสเทอรอล และคอลลาเจนในเนื้อไก่ไข่ที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์ โดยไก่ไข่ได้รับน้ำและอาหารอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ไก่ถูกสุมนำมาใช้ในการทดลองจำนวน 40 ตัว (ช่วงอายุละ 20 ตัว) จากไก่ทั้งหมด 5,000 ตัว ไก่ถูกฆ่าและตัดแต่งตามวิธีมาตรฐานสากล โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักมีชีวิตเท่ากับ 1,629 และ 1,559 กรัม ตามลำดับ พบว่า เปอร์เซ็นต์ซาก เนื้ออก เนื้อสันใน เนื้อน่อง และเนื้อสะโพกของไก่ไข่อายุ 80 สัปดาห์มีค่าสูงกว่าไก่ไข่อายุ 75 สัปดาห์ ($P < 0.01$) จากนั้นเก็บตัวอย่างบริเวณเนื้ออกและสะโพกเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณคอเลสเทอรอลและคอลลาเจน ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณคอเลสเทอรอลในเนื้ออกและสะโพกของไก่ไข่ที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ (Soluble collagen) และคอลลาเจนที่ไม่ละลาย (Insoluble collagen) ของเนื้อไก่ไข่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่ม ($P > 0.05$) ดังนั้นผลการทดลองในครั้งนี้บ่งชี้ว่าอายุไม่มีผลต่อปริมาณคอเลสเทอรอลและคอเลสเทอรอล แต่มีผลต่อคุณภาพซาก ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการยืดอายุการปลดระวางแม่ไก่ไข่หากอยู่ในสภาวะไก่ไข่สาวทดแทนมีราคาแพง การศึกษานี้ให้ข้อมูลของเนื้อไก่ไข่ให้กับผู้บริโภค

คำสำคัญ: คุณภาพซาก, คอเลสเทอรอล, คอลลาเจน, ไก่ไข่

บทนำ

ปัจจุบันความนิยมในการบริโภคไข่ไก่มีจำนวนมากขึ้น เนื่องจากไข่ไก่เป็นแหล่งสารอาหารที่มีความสำคัญต่อร่างกายและสมองของมนุษย์ อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายรวมถึง

การประกอบอาหารที่ง่ายต่อการรับประทานและเหมาะสมสำหรับผู้บริโภคในทุกเพศทุกวัย ส่งผลให้ไก่ไข่มีบทบาทและความสำคัญต่อการผลิตไข่เพื่อการบริโภคของประชากรมนุษย์ สำหรับการเลี้ยงไก่ไข่ในปัจจุบันมีการเลี้ยงอย่างแพร่หลายที่มีรูปแบบการเลี้ยงในเชิงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ไก่ไข่นอกจากผลผลิตไข่แล้วยังสามารถนำเนื้อของไก่ไข่ที่ปลดระวางมาประกอบอาหารบริโภคได้ เช่น ไก่ต้ม น้ำปลา หรือสามารถจำหน่ายเป็นเนื้อไก่ไข่ปลดระวางเพื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ไส้กรอกไก่ และ ไก่ยอ เป็นต้น แต่พบว่า ราคาที่เกษตรกรจำหน่ายเป็นไก่สดได้ราคาค่อนข้างต่ำส่งผลให้เกษตรกรเผชิญกับภาวะราคาตกต่ำอย่างต่อเนื่อง จากสถิติราคาไข่ไก่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557–2562 ราคาไข่ไก่คณะหน้าฟาร์มเฉลี่ยที่เกษตรกรขายได้ต่ำกว่าต้นทุนมาโดยตลอด โดยในปี พ.ศ. 2557 ขาดทุน 0.12 บาทต่อฟอง ปี พ.ศ. 2558 ขาดทุน 0.14 บาทต่อฟอง ปี พ.ศ. 2559 เป็นปีเดียวที่มีกำไรอยู่ที่ 0.06 บาทต่อฟอง ปี พ.ศ. 2560 ขาดทุน 0.21 บาทต่อฟอง และปี พ.ศ. 2561 ขาดทุน 0.30 ต่อฟอง (Office of Agricultural Economics, 2020) โดยราคาไข่ไก่จะผันผวนตามปริมาณอุปสงค์และมักจะสูงในช่วงเทศกาล

ความไม่สมดุลของอุปสงค์และอุปทานไข่ไก่ในประเทศ เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้มีการพิจารณาการปลดระวางแม่ไก่ไข่ โดยแม่ไก่ไข่เริ่มให้ผลผลิตไข่เมื่ออายุประมาณ 20 ถึง 21 สัปดาห์ ซึ่งจะให้ไข่ประมาณร้อยละ 50 ให้ไข่สูงสุดเมื่ออายุ 27–28 สัปดาห์ ประมาณร้อยละ 95 และจะเริ่มปลดระวางประมาณอายุ 80 สัปดาห์ซึ่งจะให้ไข่ประมาณร้อยละ 68.4 เมื่อไข่ปลดระวางจากการให้ไข่มีการนำไปชำแหละขายเป็นเนื้อไก่ไข่ปลดระวางซึ่งเป็นไก่ที่มีอายุมากส่งผลให้เนื้อมีคุณภาพต่ำ มีเส้นใยกล้ามเนื้อที่หยาบกว่าสัตว์ที่มีอายุน้อย เปอร์เซ็นต์การอมน้ำน้อยเนื่องจากปริมาณคอลลาเจน โครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกมัดแน่น และการเกิด intermolecular crosslink ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในเนื้อไก่ไข่ปลดระวาง

มีสูงตามอายุที่เพิ่มมากขึ้น (Lewis and Purslow 1991; Archile-Contreras *et al.*, 2011) ส่งผลให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียวมากเกิดปัญหาเคี้ยวยาก นอกจากนี้ยังพบว่าไขมันสะสมในซากสูง ทำให้เนื้อที่ได้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายในระหว่างการเก็บรักษาและส่งผลให้คุณภาพเนื้อด้านต่าง ๆ ต่ำลง (Maksri *et al.*, 2017) จึงไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ไก่ไข่ปลดระวาง ประกอบกับในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับอาหารที่มีผลต่อสุขภาพส่งผลให้ผู้บริโภคได้คำนึงถึงคุณภาพของเนื้อสัตว์มากขึ้น

ปริมาณคอเลสเตอรอลเป็นดัชนีบ่งบอกที่มีความสำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภค หากได้รับในปริมาณที่ไม่เหมาะสมกับร่างกายอาจส่งผลต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคความดัน โรคหลอดเลือดในสมอง ตีบ และ โรคหัวใจ เป็นต้น (Jaturasitha *et al.*, 2002) ซึ่งร่างกายสามารถได้รับคอเลสเตอรอลจาก 2 ทาง คือ จากการรับประทานเนื้อสัตว์ และจากการที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นมา ซึ่งตามปกติผู้ใหญ่จะสังเคราะห์คอเลสเตอรอลโดยเฉลี่ยวันละ 1 กรัม และมีการใช้วันละประมาณ 0.3 กรัม ร่างกายจะควบคุมให้มีคอเลสเตอรอลในร่างกาย 150 ถึง 200 มิลลิกรัมต่อเคซิลิตร นอกจากนี้ปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อสัตว์มีความแตกต่างกัน ซึ่งพบว่าขึ้นอยู่กับปัจจัยจากชนิดของสัตว์ เพศ ชนิดของกล้ามเนื้อ อาหาร และอายุของสัตว์ เป็นต้น สำหรับปริมาณคอลลาเจนเป็นดัชนีชี้วัดที่มีความสำคัญต่อลักษณะคุณภาพเนื้อทางด้านความนุ่ม เนื้อส่งผลให้ความนุ่มเนื้อขึ้นอยู่กับปริมาณของคอลลาเจน การทนต่อความร้อน และโครงสร้างของ myofibrillar protein ในกล้ามเนื้อ จากการรายงานพบว่า เนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ (Soluble collagen) สูง ส่งผลให้เนื้อมีความนุ่ม ส่วนเนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลาย (Insoluble collagen) สูง ส่งผลให้เนื้อมีความเหนียว (Monson *et al.*, 2005) จากการศึกษาของ Jaturasitha *et al.* (2008) พบว่าปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลายในเนื้อสะโพกของไก่พื้นเมืองมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ไก่กระดุกดำ ไก่

โรตไอแลนด์เรด และไก่เบรส โดยมีค่าเท่ากับ 25.5 21.7 20.6 และ 18.8 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ เนื่องจากอายุของสัตว์เพิ่มขึ้นมีผลต่อปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ และคอลลาเจนที่ไม่ละลายเกิดการเชื่อมต่อกัน (Cross-linking) ของพันธะคอลลาเจนในเนื้อสัตว์ที่เพิ่มตามอายุของสัตว์ ทำให้เนื้อมีความเหนียวเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากปริมาณของคอลลาเจนที่ละลายได้ลดลงและปริมาณของคอลลาเจนที่ไม่ละลายเพิ่มขึ้น

ดังนั้น จากเหตุผลด้านคุณภาพเนื้อดังกล่าวจึงนำมาสู่การศึกษาเปอร์เซ็นต์ซาก ปริมาณคอเลสเตอรอล และปริมาณคอลลาเจนของไก่ไข่ที่ปลดระวางในช่วงอายุ 75 และ 80 สัปดาห์ โดยเปรียบเทียบช่วงอายุที่แตกต่างกันว่าช่วงอายุใดของไก่ไข่ที่ให้คุณภาพดีกว่าหรือคุณภาพเนื้อที่ได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ที่มีกะปลดระวางไก่ในช่วงที่ราคาซื้อไก่สูง แต่หากช่วงราคากการรับซื้อต่ำ เกษตรกรบางรายอาจตัดสินใจยืดอายุการปลดระวางไก่ไข่ได้ และข้อมูลคุณภาพเนื้อที่ได้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้แก่ผู้บริโภคในการตัดสินใจเลือกซื้อเนื้อไก่ไข่ปลดระวาง นอกจากนี้ การเลือกศึกษาในไก่ไข่ในช่วงอายุ 75 และ 80 สัปดาห์ เนื่องจากเกษตรกรมักจะเริ่มปลดระวางแม่ไก่ไข่ที่อายุประมาณ 80 สัปดาห์เป็นต้นไป โดยพิจารณาจากผลผลิตไข่ คุณภาพไข่ขาว และเปลือกไข่ที่ลดลงที่อาจส่งผลให้การเลี้ยงต่อไปได้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่า รวมทั้งการปลดระวางไก่ไข่ที่มีอายุมากจะส่งผลให้เนื้อมีคุณภาพต่ำไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและการเก็บตัวอย่าง

ไก่ไข่ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือไก่ไข่ลูกผสมสายพันธุ์ไฮเซ็ก บราวน์ (Hisex Brown) เริ่มเลี้ยงที่อายุ 1 วัน ในระบบโรงเรือนแบบปิด (Evaporative cooling system) โดยไก่ไข่ได้รับน้ำและอาหารอย่างเต็มที่

(*ad libitum*) อาหารที่ใช้เป็นอาหารสำเร็จรูปทางการค้า เมื่อไก่ไข่มุ่ยอายุครบตามที่กำหนด คือ อายุ 75 และ 80 สัปดาห์ตามลำดับ ไก่ไข่มุ่ยจะถูกสุ่มมา 40 ตัว (ช่วงอายุละ 20 ตัว) จากทั้งหมด 5,000 ตัว ซึ่งน้ำหนักมีชีวิต หลังจากนั้นไก่ไข่มุ่ยถูกฆ่าตามแบบวิธีมาตรฐานสากลของโรงฆ่าสัตว์ปีก

การศึกษาคุณภาพซาก

นำซากไก่ไข่มุ่ยหลังจากถูกฆ่าตามแบบวิธีมาตรฐานสากลจำนวนทั้งหมด 40 ตัว (ช่วงอายุละ 20 ตัว) ไปแช่ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น ทำการตัดแต่งและแยกชิ้นส่วนของซากไก่ไข่มุ่ยและทำการชั่งน้ำหนักของชิ้นส่วนไก่ไข่มุ่ยทั้งหมด เพื่อนำมาคำนวณข้อมูลคุณภาพซากและเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของไก่ไข่มุ่ย ได้แก่ เนื้ออก เนื้อสะโพก เนื้อน่อง เนื้อสันใน ปีก และโครงไก่ หลังจากทำการตัดแต่งและแยกชิ้นส่วนของซากไก่ไข่มุ่ยและเก็บตัวอย่างเนื้ออกและเนื้อสะโพกเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพเนื้อต่อไป

การศึกษาคุณภาพเนื้อ

สุ่มตัวอย่างเนื้ออกและเนื้อสะโพกมาวิเคราะห์หาปริมาณคอลเลสเตอรอลตามวิธีของ Jung *et al.* (1975) ช่วงอายุละ 10 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และวิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนตามวิธีของ Hill (1966) ช่วงอายุละ 10 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าคอลลาเจนที่ละลายได้ (Soluble collagen) และคอลลาเจนที่ไม่ละลาย (Insoluble collagen)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ t-tests ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยพิจารณาความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$

ผลการทดลองและวิจารณ์

คุณภาพซากของไก่ไข่มุ่ย

จากผลการศึกษาด้านคุณภาพซากของไก่ไข่มุ่ยพบว่า น้ำหนักมีชีวิต เพอร์เซ็นต์ปีก และเปอร์เซ็นต์โครงกระดูกของไก่ไข่มุ่ยที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$; Table 1) แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์ซาก เนื้ออก สันใน เนื้อสะโพก เนื้อน่อง และปีกของไก่ไข่มุ่ยที่อายุ 80 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์สูงกว่าไก่ไข่มุ่ยที่อายุ 75 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$; Table 1) อาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบซากส่วนที่กินไม่ได้ ได้แก่ หัว ขน หนัง และอวัยวะภายใน เช่น ลำไส้ และไขมันช่องท้องของไก่ไข่มุ่ยที่อายุ 80 สัปดาห์มีน้ำหนักที่น้อยกว่า ซึ่งจากการศึกษาของ Hossain *et al.* (2012) พบว่า ไก่เนื้อมีเปอร์เซ็นต์ซากต่ำกว่าไก่พื้นเมืองเป็นผลมาจากน้ำหนักของหัวใจ หนัง ไขมันช่องท้อง และขนที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไก่พื้นเมืองที่มีน้ำหนักตัวน้อยกว่า โดยเปอร์เซ็นต์ของหัวใจ หนัง ไขมันช่องท้อง และขน มีค่าเท่ากับ 0.56, 6.25, 0.73 และ 4.19 ตามลำดับ ในไก่เนื้อ และ 0.37, 4.54, 0.43 และ 3.03 ตามลำดับ ในไก่พื้นเมือง และจากการศึกษาของ Abebe *et al.* (2002) พบว่า น้ำหนักมีชีวิตมีความสัมพันธ์เชิงลบกับเปอร์เซ็นต์ซาก ($r = -0.2$) สอดคล้องกับ Olawumi (2013) รายงานว่า น้ำหนักซากมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักเนื้ออก ($r = 0.921$) น้ำหนักสะโพก ($r = 0.957$) และน้ำหนักน่อง ($r = 0.921$) นอกจากนี้ Koomkrong *et al.* (2015) รายงานว่า น้ำหนักมีชีวิตและเปอร์เซ็นต์เนื้ออกมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ($r = 0.84$ และ 0.91 ตามลำดับ) โดยไก่ที่มีน้ำหนักมีชีวิตและเปอร์เซ็นต์เนื้อหน้าอกสูงจะมีขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่าไก่ที่มีน้ำหนักมีชีวิตและเปอร์เซ็นต์เนื้ออกต่ำ

Table 1 Carcass composition of retail cuts from laying hen at 75 and 80 weeks of age

Trait	Age of laying hen		P-value
	75 weeks	80 weeks	
Live weight, g	1,629.00 ± 51.28	1,559.00 ± 45.62	0.2684
Dressing percentage, %	53.63 ± 3.83	63.63 ± 3.37	0.0031
Breast, %	7.96 ± 0.33	9.34 ± 0.30	0.0034
Thigh, %	10.05 ± 0.22	12.54 ± 0.20	<0.0001
Drumstick, %	9.27 ± 0.17	9.93 ± 0.12	0.0096
Fillet, %	2.52 ± 0.08	3.33 ± 0.16	<0.0001
Wing, %	8.48 ± 0.17	8.75 ± 0.16	0.4022
Bone, %	19.95 ± 0.54	19.77 ± 0.34	0.7765

ปริมาณคอเลสเตอรอลในไก่ไข่

ปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่ไข่ที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$; Table 2) โดยปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้ออกของไก่ไข่ที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 32.78 ± 4.42 และ 33.80 ± 3.72 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ส่วนในเนื้อสะโพกมีปริมาณคอเลสเตอรอลเท่ากับ 47.92 ± 4.35 และ 52.70 ± 2.80 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ความแตกต่างของอายุไม่มีผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่ไข่ แต่พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในเนื้อไก่ไข่ที่มีอายุมากขึ้น ($P > 0.05$) เนื่องจากสัตว์ที่มีอายุมากขึ้นจะส่งผลให้อัตราส่วนในการสะสมปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น (Jaturasitha, 2004) ซึ่งมีผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลที่มากขึ้นตามไปด้วย (Armstrong *et al.*, 2005) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Fakolade (2015) รายงานว่า เนื้ออกของไก่อายุ 20 สัปดาห์มีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงกว่าเนื้ออกของไก่อายุ 16 สัปดาห์ โดยมีค่าเท่ากับ 72.45 และ 69.91 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ โดยปริมาณคอเลสเตอรอลเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของไขมันในเนื้อสัตว์

ได้ ซึ่งส่งผลโดยตรงกับความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ โดยพบว่าความแตกต่างของอายุ ชนิดของสัตว์ และองค์ประกอบทางเคมีในอาหารสัตว์ถือเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อสัตว์ (Rule *et al.*, 2002)

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ไก่ไข่จะมีปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำกว่าไก่เนื้อโดยเนื้ออกไก่ไข่มีปริมาณคอเลสเตอรอลอยู่ระหว่าง 32.78 ถึง 33.80 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และเนื้อสะโพกไก่ไข่มีปริมาณคอเลสเตอรอลอยู่ระหว่าง 47.92 ถึง 52.70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับไก่เนื้อที่อายุ 6 สัปดาห์ พบว่า เนื้ออกและสะโพกมีปริมาณคอเลสเตอรอลประมาณ 57.73 และ 82.62 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (Mahuemaung *et al.*, 2004) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับไก่พื้นเมืองที่อายุ 16 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้ออกของไก่ไข่ที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์ จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าสูงกว่าไก่พื้นเมืองซึ่งมีปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้ออกเท่ากับ 12.40 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม แต่ในเนื้อสะโพกมีค่าคอเลสเตอรอลต่ำกว่า โดยเนื้อสะโพกไก่พื้นเมืองมีปริมาณคอเลสเตอรอลเท่ากับ 58.70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Jaturasitha *et al.*, 2008) งานวิจัยใน

ครั้งนี้พบว่า ปริมาณคอเลสเตอรอลในเนื้อไก่ไข่ที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากอายุของไก่ที่ใช้ในการศึกษามีช่วงอายุที่ไม่แตกต่างกันมากและจำนวนของช่วงอายุที่ใช้อาจมีจำนวน

ไม่มากพอที่จะเห็นถึงความแตกต่าง รวมทั้งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จึงส่งผลให้ปริมาณคอเลสเตอรอลไม่แตกต่างกัน

Table 2 Cholesterol content (mg/100g) in breast and thigh from laying hen at 75 and 80 weeks of age

Muscle	Age of laying hen		P-value
	75 weeks	80 weeks	
Breast	32.78 ± 4.42	33.80 ± 3.72	0.8017
Thigh	47.92 ± 4.35	52.70 ± 2.80	0.5196

ปริมาณคอลลาเจนในไก่ไข่

ปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลาย (Insoluble collagen content) ในเนื้ออกและสะโพกของไก่ไข่ที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$; Table 3) โดยมีปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลายในเนื้ออกของไก่ไข่ที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 8.66 ± 1.03 และ 10.23 ± 1.45 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ส่วนในเนื้อสะโพกของไก่ไข่ที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์มีปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลายเท่ากับ 13.85 ± 1.77 และ 14.43 ± 1.51 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ สำหรับปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ (Soluble collagen content) ในเนื้ออกและสะโพกของไก่ไข่ที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$; Table 3) โดยมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ในเนื้ออกของไก่ไข่ที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 0.09 ± 0.02 และ 0.10 ± 0.05 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ส่วนในเนื้อสะโพกมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ เท่ากับ 0.17 ± 0.05 และ 0.18 ± 0.02 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ โดยปริมาณคอลลาเจนในเนื้ออกและสะโพกของไก่ไข่ที่อายุ 75 และ 80 สัปดาห์ ในการศึกษานี้พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน จึงส่งผลให้อายุไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้และคอลลาเจน

ที่ไม่ละลาย ($P > 0.05$) ทั้งนี้ อาจเนื่องจากการสะสมของปริมาณคอลลาเจนจะเป็นไปอย่างช้า ๆ และต่อเนื่องเมื่ออายุของสัตว์เพิ่มมากขึ้น อีกทั้ง อายุของไก่ไข่ที่ใช้ในการทดลองนี้มีช่วงอายุที่ไม่ห่างกันมาก แต่พบว่าปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ในเนื้ออกและเนื้อสะโพกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในไก่ไข่ที่มีอายุมากขึ้น ($P > 0.05$) อาจเนื่องจาก pyridinoline ซึ่งเป็นสารประกอบของ crosslinks ในเส้นใยคอลลาเจนสำหรับสัตว์ที่โตเต็มวัย มีปริมาณมากขึ้นตามอายุของสัตว์ที่เพิ่มขึ้น จากการศึกษานี้ของ Coró *et al.* (2003) รายงานว่า ความเข้มข้นของ pyridinoline มีความสัมพันธ์กับปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ และปริมาณคอลลาเจนทั้งหมดในเนื้ออกของไก่ไข่อายุ 20 ถึง 540 วัน โดยปริมาณของ pyridinoline เพิ่มขึ้นตามอายุไก่ที่มากขึ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.448 ถึง 0.568 เปอร์เซ็นต์

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ขัดแย้งกับทฤษฎีและผลวิจัยอื่นที่รายงานว่า ปริมาณและโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีผลต่อความนุ่มของเนื้อ โดยพบว่ากล้ามเนื้อบริเวณใดมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและปริมาณคอลลาเจนสูงจะทำให้เนื้อมีความนุ่มต่ำ โดยสัตว์ที่อายุน้อย ภายในโมเลกุลของคอลลาเจนจะมีปริมาณของ intermolecular crosslink ต่ำ ซึ่ง intermolecular crosslink มีหน้าที่เป็นตัวเชื่อม

ระหว่างโมเลกุลของคอลลาเจนแต่ละโมเลกุลเข้าด้วยกัน และปริมาณ intermolecular crosslink จะเพิ่มขึ้นตามอายุของสัตว์ที่เพิ่มมากขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้เนื้อเหนียวขึ้นไปด้วย รวมทั้งเมื่อสัตว์อายุมากขึ้น

ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะเพิ่มสูงขึ้นด้วย (Jaturasitha, 2004) ดังนั้น ไก่ที่มีอายุมากกว่าจึงมี cross-linking ของคอลลาเจนสูงกว่า

Table 3 Collagen content (g/100g) in breast and thigh from laying hen at 75 and 80 weeks of age

Properties	Age of laying hen		P-value
	75 weeks	80 weeks	
Insoluble collagen content			
Breast	8.66 ± 1.03	10.23 ± 1.45	0.5348
Thigh	13.85 ± 1.77	14.43 ± 1.51	0.7900
Soluble collagen content			
Breast	0.09 ± 0.02	0.10 ± 0.05	0.7808
Thigh	0.17 ± 0.05	0.18 ± 0.02	0.8623

สำหรับปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ พบว่าเมื่อไก่มีอายุมากขึ้นจะส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์คอลลาเจนที่ละลายได้ลดลง จากการศึกษาของ Chuaynukool *et al.* (2007) พบว่า เนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่ไข่ปลดระวาง (อายุ 52 สัปดาห์) มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ต่ำกว่าเนื้ออกและสะโพกของไก่พื้นเมือง (อายุ 16 สัปดาห์) โดยเนื้ออกมีค่าเท่ากับ 19.14 และ 25.15 เปอร์เซ็นต์ของคอลลาเจนทั้งหมด และเนื้อสะโพกมีค่าเท่ากับ 16.02 และ 19.17 เปอร์เซ็นต์ของคอลลาเจนทั้งหมด เช่นเดียวกับการศึกษาของ Wattanachant *et al.* (2005) พบว่า ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ของกล้ามเนื้ออกไก่พื้นเมืองมีค่าเท่ากับ 22.2 เปอร์เซ็นต์ของคอลลาเจนทั้งหมด และจากรายงานของ Wattanachant *et al.* (2004) พบว่า กล้ามเนื้ออกและสะโพกของไก่พื้นเมืองมีปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด และปริมาณของคอลลาเจนที่ละลายได้สูงกว่าไก่กระทุง ($P < 0.01$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Wattanachant (2008) พบว่า ไก่พื้นเมืองใช้ระยะ

เวลาในการเลี้ยงจนถึงน้ำหนักส่งตลาดนานกว่าไก่เนื้อ โดยใช้เวลาในการเลี้ยง 16 ถึง 18 สัปดาห์ ขณะที่ไก่เนื้อใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 38 ถึง 45 วัน ซึ่งทำให้ไก่พื้นเมืองมีการเกิด intermolecular crosslink ของคอลลาเจนที่มากกว่าไก่เนื้อ อาจเนื่องจากผลของความแตกต่างของอายุและระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lawrie (1991) และ Warriss (2000) พบว่า กล้ามเนื้อของสัตว์ที่มีอายุมากและกล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวสูงหรือเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงมีการสะสมไขมันน้อย มีปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสูงขึ้น และมีปริมาณของ intermolecular crosslinks ของเส้นใยคอลลาเจนที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลทำให้ปริมาณของคอลลาเจนที่ละลายได้ลดลงทำให้เนื้อมีความเหนียว ดังนั้น ความแตกต่างของอายุของสัตว์จึงมีอิทธิพลต่อปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้จะมีปริมาณลดลง และ cross-linking ของคอลลาเจนจะเพิ่มขึ้นตามอายุของสัตว์ที่เพิ่มขึ้น (Jaturasitha *et al.*, 2008)

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า ปริมาณคอลลาเจนในเนื้อเป็นหนึ่งในดัชนีที่ใช้บอกถึงลักษณะเนื้อสัมผัสสำหรับความนุ่มหรือเหนียวของเนื้อที่มีอิทธิพลจากอายุ ความแตกต่างของน้ำหนักมีชีวิต และระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน (Bhaskar Reddy *et al.*, 2016) อีกทั้งยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสในเนื้อสัตว์ที่มีอายุมากขึ้น ได้แก่ อัตราการเกิดไกลโคลิซิส ปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในมัดกล้ามเนื้อ ความยาวของซาร์โคเมอร์ ขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ การสลายตัวของโปรตีนเส้นใย และปัจจัยด้านไขมันแทรกในเนื้อ โดยปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อความนุ่มของเนื้อ คือ ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่สะสมในเนื้อ ซึ่งส่วนมากจะเป็นคอลลาเจน (Meenongyai, 2014)

นอกจากนี้ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อยังเป็นหนึ่งดัชนีที่ใช้บ่งบอกถึงลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความนุ่มหรือเหนียวของเนื้อ และเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคใช้พิจารณาตัดสินว่าเนื้อนั้นอร่อยหรือไม่อร่อยจากความรู้สึกหลังรับประทาน (Jaturasitha, 2004) โดยค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงแสดงว่าเนื้อมีความเหนียวกว่าเนื้อที่มีค่าแรงตัดผ่านน้อย (Jaturasitha *et al.*, 2003) และค่าแรงตัดผ่านพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคอลลาเจนทั้งหมด และคอลลาเจนที่ไม่ละลาย โดยมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ $r = 0.72$ และ $r = 0.66$ ตามลำดับ (Torrescano *et al.*, 2003) ดังนั้น ปริมาณคอลลาเจนจึงเป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อเหนียวของเนื้อ และเหนียวยังมีความรู้สึกของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้อง ซึ่งการที่จะวัดความรู้สึกของมนุษย์เป็นเรื่องยากและละเอียดอ่อนมาก จากหลายงานวิจัย พบว่า ไก่ไข่ปลดระวางในช่วงอายุไม่เกิน 90 สัปดาห์ และที่น้ำหนักมากกว่า 1 กิโลกรัมแต่ไม่เกิน 2 กิโลกรัมจะมีปริมาณคอลลาเจนอยู่ระหว่าง 4.01, 4.89 และ 6.84 มิลลิกรัมต่อกรัม

(Bhaskar Reddy *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2016; Muthulakshmi *et al.*, 2016) ซึ่งปริมาณคอลลาเจนที่มีสูงขึ้นจะส่งผลกระทบต่อการยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากทำให้ผู้บริโภครู้สึกว่าเนื้อเหนียวหรือเคี้ยวยากขึ้น

สรุป

การศึกษาคุณภาพซาก ปริมาณคอเลสเทอรอล และคอลลาเจนในเนื้ออกและเนื้อสะโพกของไก่ไข่ที่อายุแตกต่างกัน พบว่าเปอร์เซ็นต์ซาก เนื้ออก สันใน เนื้อสะโพก เนื้อน่อง และปีกของไก่ไข่ที่อายุ 80 สัปดาห์มีเปอร์เซ็นต์สูงกว่าไก่ไข่ที่อายุ 75 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สำหรับปริมาณคอเลสเทอรอล และคอลลาเจน พบว่าไก่ไข่ที่อายุ 75 สัปดาห์มีปริมาณน้อยกว่าไก่ไข่ที่อายุ 80 สัปดาห์เพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้น หากต้องการปลดระวางไก่ไข่ที่อายุ 75 สัปดาห์ เพื่อช่วยประหยัดต้นทุนในการเลี้ยงสามารถทำได้ขึ้นอยู่กับกลไกราคาของเนื้อไก่ไข่ ปลดระวางและปริมาณการให้ผลผลิตไข่ในช่วงเวลานั้น แต่ถ้าราคาของไก่ไข่ปลดระวางมีราคาต่ำมาก เกษตรกรอาจยืดอายุการปลดระวางไก่ไข่ได้ เนื่องจากอายุไม่มีผลต่อปริมาณคอเลสเทอรอล และคอลลาเจนในเนื้อไก่ และการยืดอายุการปลดระวางไก่ไข่ยังมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก เนื้ออก สันใน เนื้อสะโพก เนื้อน่อง และปีกที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์สำหรับดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Abebe, W., A.M. Getinet and H.M. Mekonnen. 2002. Study on live weight, carcass weight and dressing percentage of Issa camels in Ethiopia. *Rev. Med. Vet.* 153: 713–716.
- Archile-Contreras, A.C., M.C. Cha, I.B. Mandell, S.P. Miller and P.P. Purslow. 2011. Vitamins E and C may increase collagen turnover by intramuscular fibroblasts: Potential for improved meat quality. *J. Agric. Food Chem.* 59: 608–614.
- Armstrong, E.J., P.K. Safo and F.M. Sacks. 2005. Pharmacology of cholesterol and lipoprotein metabolism. *In Principles of pharmacology: the pathophysiologic basis of drug therapy*, D. Golon, A. Tashjian, J.R. Armstrong, E. Galanter, J. Armstrong, and A. Arnaout, eds. Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins. p. 357–373.
- Bhaskar Reddy, G.V., E. Naga Mallika, B. Obula Reddy, S.A.K. Azad and D. Maheswara Reddy. 2016. Comparison on meat quality characteristics of spent breeder, layer and broiler birds. *Int. J. Sci. Environ. Technol.* 5: 2590–2595.
- Chen, Y., Y. Qiao, Y. Xiao, H. Chen, L. Zhao, M. Huang and G. Zhou. 2016. Differences in physicochemical and nutritional properties of breast and thigh meat from crossbred chickens, commercial broilers, and spent hens. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 29: 855–864.
- Chuaynukool, K., S. Wattanachant and S. Siripongvutikorn. 2007. Chemical and physical properties of raw and cooked spent hen, broiler and Thai indigenous chicken muscles in mixed herbs acidified soup (tom yum). *J. Food Technol.* 5: 180–186.
- Coró, F.A.G., E.Y. Youssef and M. Shimokomaki. 2003. Age related changes in poultry breast meat collagen pyridinoline and texture. *J. Food Biochem.* 26: 533–541.
- Fakolade, P.O. 2015. Effect of age on physic-chemical, cholesterol and proximate composition of chicken and quail meat. *Afr. J. Food Sci.* 9: 182–186.
- Hill, F. 1966. The solubility of intramuscular collagen in meat animal of various ages. *J. Food Sci.* 31: 161–166.
- Hossain, M.M., M. Nishibori and M.A. Islam. 2012. Meat yield from broiler, indigenous naked neck and full feathered chicken of Bangladesh. *The Agriculturists* 10: 55–67.
- Jaturasitha, S., V. Leangwunta, A. Leotaragul, A. Phongphaew, T. Apichartsrungkoon, N. Simasathitkul, T. Vearasilp, L. Worachai and U. ter Meulen. 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*, 9–11 October 2002. p. 146.

- Jaturasitha, S. 2004. Meat Management. Mingmuang Press, Chiang Mai, Thailand. 170 pp. (in Thai)
- Jaturasitha, S., S. Saitong, A. Phongphaew, T. Apichatsrunkoon and A. Leotaragul. 2003. Carcass and meat quality of Thai indigenous chicken and their crosses 4 lines. *In* Research Report. Bangkok: The Thailand Research Fund. (in Thai)
- Jaturasitha, S., A. Kayan and M. Wicke. 2008. Carcass and meat characteristics of male chickens between Thai indigenous compared with improved layer breeds and their crossbred. *Archiv Tierzucht* 51: 283–294.
- Jung, D.H., B.E. Biggs and W.R. Moorehead. 1975. Colorimetry of serum cholesterol with use of ferric acetate uranyl acetate and ferrous sulfate/sulfuric acid reagent. *Clin. Chem.* 21: 1526–1530.
- Koomkrong, N., S. Theerawatanasirikul, C. Boonkaewwan, S. Jaturasitha and A. Kayan. 2015. Breed-related number and size of muscle fibres and their response to carcass quality in chickens. *Ital. J. Anim. Sci.* 14: 638–642.
- Lawrie, R.A. 1991. Meat science. Pergamon press, Oxford, UK. 158 pp.
- Lewis, G.J. and P.P. Purslow. 1991. The effect of margination and cooking on the technical properties of intramuscular connective tissue. *J. Muscle Foods.* 2: 177–195.
- Mahuemaung, T., S. Tangtaweewipat and B. Cheva-Isarakul. 2004. Reduction of fat and cholesterol in broiler by supplementing chitosan in diet. *In* Proc. The 42nd Kasetsart University Annual Conference, 3–6 February 2004. p. 244–252. (in Thai)
- Maksri, N., N. Chauychuwong, R. Chauychuwong and K. Soisuwan. 2017. Effects of supplementation with *Andrographis paniculata* and *Curcuma longa* in feed on carcass composition and meat quality of spent laying hen. *Khon Kaen Agr J.* 45 Suppl.1: 20– 25. (in Thai)
- Meenongyai, W. 2014. Factors affecting on beef tenderness. *Khon Kaen Agr. J.* 42: 443–452. (in Thai)
- Monson, F., C. Sanudo and I. Sierra. 2005. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Sci.* 71: 471–479.
- Muthulakshmi, M., M. Muthukumar, R.S. Rajkumar, P.S. Girish and P. Mooventhan. 2016. Carcass characteristics and meat quality attributes of commercial culled layer hen. *Int. J Sci. Environ. Technol.* 5: 3352–3361.
- Office of Agricultural Economics. 2020. Agricultural Economic Information: production and price. Available Source: <http://www.oae.go.th>, September 29, 2020.

- Olawumi, S.O. 2013. Phenotypic correlations between live body weight and carcass traits in Arbor Acre breed of broiler chicken. *Int. J. Sci. Nat.* 4: 145–149.
- Rule, D.C., K.S. Broughton, S.M. Shellito and G. Maiorano. 2002. Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, elk and chicken. *J. Anim. Sci.* 80: 1202–1211.
- Torrescano, G., A. Sánchez-Escalante, B. Giménez, P. Roncalés and J.A. Beltrán. 2003. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Sci.* 64: 85–91.
- Wattanachant, S., S. Benjakul and D.A. Ledward. 2004. Composition, color and texture of Thai Indigenous and broiler chicken muscles. *Poult. Sci.* 83: 123–128.
- Wattanachant, S., S. Benjakul and D.A. Ledward. 2005. Microstructure and thermal characteristic of Thai indigenous and broiler chicken muscles. *Poult. Sci.* 84: 328–336.
- Wattanachant, S. 2008. Factors affecting the quality characteristics of Thai indigenous chicken meat. *Suranaree J. Sci. Technol.* 15: 317–322. (in Thai)
- Warriss, P.D. 2000. *Meat Science: An Introductory Text*. Biddles Ltd. London, UK. 297 pp.