ผลของระยะเวลาในการบ่มแบบเปียกต่อคุณภาพเนื้อและลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อโค
Effect of Wet Aging Period on Meat Quality and Muscle Characteristics of Beef

ทิพย์ระวี รัศมีพงศ์[1], โศภิตา สุทธิไกร[1], นิธิรา อนัคกุล[1], อัญธิกา บุญเลา[2] และ อัจฉรา ขยัน[2,*]
Tiprawee Rassamepong[1], Sopita Suttikrai[1], Nitira Anakkul[1], Antika Boonlao[2] and Autchara Kayan[2,*]

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปศุสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
[2] ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[1] Research and Development Center for Livestock Production Technology, Faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330
[2] Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
รับเรื่อง: 20 พฤษภาคม 2564 Received: 20 May 2021
ปรับแก้ไข: 4 กรกฎาคม 2564 Revised: 4 July 2021
รับตีพิมพ์: 6 กรกฎาคม 2564 Accepted: 6 July 2021
*Corresponding author: fagrark@ku.ac.th

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of wet aging period on some criteria of meat quality and muscle fiber characteristics by using fifteen crossbred [Charolais x (Brahman x Native)] bulls. Beef cattle were slaughtered following the standard procedure at 24–36 months with an average body weight of 500–600 kg. The *Longissimus thoracis* muscles were sampled, vacuum–packed, and wet–aged at 4°C for 7, 14, 21, and 28 days. Then, the pH of meat, drip loss, cooking loss, shear force, and muscle fiber characteristics were analyzed. The results revealed that wet aging period significantly affected pH of meat ($P = 0.0005$), drip loss ($P < 0.0001$), shear force ($P = 0.0074$), perimysium thickness ($P = 0.0445$) and endomysium thickness ($P < 0.001$). However, this study found that wet aging period did not influence cooking loss, total number of fiber, fiber diameter, and fiber cross–section area ($P > 0.05$). The results from this study could be concluded that wet aging at 21 and 28 days could increase meat tenderness and improve some criteria of meat quality which would increase the value–added of meat.

Keywords: Aging, meat quality, muscle fiber characteristic, beef

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการบ่มแบบเปียกต่อคุณภาพเนื้อบางประการและลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อโค ใช้เนื้อโคขุนลูกผสม 3 สายพันธุ์ [Charolais x (Brahman x Native)] เพศผู้ จำนวน 15 ตัว โคเนื้อทั้งหมดถูกฆ่าตามแบบมาตรฐานสากลที่อายุ 24–36 เดือน น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 500–600 กิโลกรัม เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus thoracis*) บรรจุในถุงสุญญากาศ และนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน จากนั้น วิเคราะห์ค่า pH ของเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อ ผลการศึกษา พบว่า ระยะเวลาในการบ่มแบบเปียกมีผลต่อค่า pH ของเนื้อ ($P = 0.0005$) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา ($P < 0.0001$) ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ($P = 0.0074$) และความหนาของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันทั้งในส่วนของ perimysium ($P = 0.0445$) และ endomysium ($P < 0.001$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ระยะเวลาในการบ่มแบบเปียกไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก จำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อ เส้นผ่านศูนย์กลางของกล้ามเนื้อ และพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ($P > 0.05$) จากผลการทดลองครั้งนี้ จึงสรุปได้ว่า การบ่มเนื้อแบบเปียกที่ 21 และ 28 วัน ทำให้เนื้อนุ่มขึ้น และช่วยปรับปรุงคุณภาพของเนื้อบางประการ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของเนื้อโค

คำสำคัญ: การบ่ม, คุณภาพเนื้อ, ลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อ, โค

บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตเนื้อโคของประเทศไทยกำลังพัฒนาเพิ่มขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการบริโภคเนื้อโคของประเทศที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เนื้อโคที่มีคุณภาพยังไม่เพียงพอสำหรับการบริโภคภายในประเทศ ดังนั้น การเลี้ยงโคในปัจจุบันจึงเป็นการเลี้ยงเพื่อการบริโภคเนื้อและนมเป็นส่วนใหญ่ เนื้อโคเป็นแหล่งของโปรตีนจากสัตว์ที่มีความสำคัญสำหรับมนุษย์ เนื่องจากประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสร้างเองได้ นอกจากนี้ เนื้อโคยังมีกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความนิยม อย่างไรก็ตาม โคเนื้อเป็นสัตว์ที่มีระยะเวลาในการเลี้ยงนาน จำนวนและขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ จึงทำให้เนื้อโคมีความเหนียวมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสุกร เนื้อไก่ และเนื้อปลา เป็นต้น ฉะนั้น จึงมีการนำวิธีการบ่มเนื้อ (Aging) มาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อโคให้ดีขึ้น เนื่องจากในระหว่างกระบวนการบ่มจะเกิดการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีน (Protease) ส่งผลให้โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์กล้ามเนื้อและเส้นใยกล้ามเนื้อ (Myofibrillar protein) เกิดการย่อยสลาย (Marino *et al*., 2013) ทำให้โครงสร้างของเซลล์กล้ามเนื้อเกิดความเสียหาย เส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการเสื่อมสภาพ ส่งผลให้เส้นใยกล้ามเนื้อจับกันด้วยแรงที่อ่อนลง รวมทั้งโครงสร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอ่อนแอลง เป็นผลให้เนื้อเกิดความนุ่มขึ้น (Lonergan *et al*., 2010)

วิธีการบ่มเนื้อถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อ โดยพบว่าการบ่มเนื้อโคเป็นกระบวนการที่ช่วยให้เนื้อมีกลิ่นรสที่ดีขึ้นและมีความนุ่มมากขึ้น (Epley, 1992) วิธีการบ่มเนื้อที่นิยมอีกวิธีหนึ่ง คือ การบ่มแบบเปียก (Wet aging หรือ vacuum aging) เป็นการบ่มเนื้อโดยบรรจุเนื้อลงในถุงสุญญากาศ ก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 0–4 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกและง่ายต่อการจัดการ (Smith *et al*., 2008) ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวเป็นอุณหภูมิที่ช่วยลดอัตราการ

เจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ระยะเวลาในการบ่มเนื้อที่ 7–10 วัน เป็นระยะเวลาในการบ่มเนื้อที่ทำให้เนื้อมีความนุ่มในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับได้ แต่จากรายงานพบว่า การบ่มเนื้อในระยะเวลาที่นานขึ้นจะช่วยทำให้เนื้อมีความนุ่มมากขึ้น (Bratcher *et al*., 2005; Irurueta *et al*., 2008) และเนื้อโคที่ผ่านการบ่มจะมีมูลค่าทางการตลาดที่สูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาในการบ่มเนื้อที่เพิ่มขึ้นอาจทำให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน (Wyrwisz *et al*., 2016) การบ่มเนื้อในระยะเวลานานอาจทำให้เนื้อมีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสเฉพาะของเนื้อสัตว์มากขึ้น การบ่มเนื้อที่ 7, 14, 21 และ 28 วัน อาจช่วยเพิ่มคุณภาพเนื้อทางด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาในการบ่มแบบเปียกต่อคุณภาพเนื้อและลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อของโค เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตและพัฒนาคุณภาพเนื้อโคให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและการเก็บตัวอย่าง

โคเนื้อที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นโคขุนลูกผสม 3 สายพันธุ์ [Charolais × (Brahman × Native)] เพศผู้ จำนวน 15 ตัว โคเนื้อทั้งหมดถูกฆ่าตามแบบมาตรฐานสากลที่อายุ 24–36 เดือน น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 500–600 กิโลกรัม จากนั้น เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus thoracis*) เพื่อนำมาศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพเนื้อโค โดยนำเนื้อสันนอก 1 เส้น มาตัดเป็นชิ้นให้มีความหนา 2.54 เซนติเมตร ซึ่งตัดเนื้อได้ประมาณ 12 ชิ้นต่อเนื้อสันนอก 1 เส้น จากนั้น บรรจุเนื้อโคในถุงแบบสูญญากาศ (การบ่มเปียก) ที่ผลิตจากพลาสติก PE (Polyethylene)/PET (Polyethylene terephthalate) และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยแบ่งกลุ่มทดลองเป็น 4 กลุ่ม ตามระยะเวลาในการบ่ม ดังนี้ 1) กลุ่มเนื้อโคที่บ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน 2) กลุ่มเนื้อโคที่บ่มเป็นระยะเวลา 14 วัน 3) กลุ่มเนื้อโคที่บ่มเป็นระยะเวลา 21 วัน และ 4) กลุ่มเนื้อโคที่บ่มเป็นระยะเวลา 28 วัน โดยแต่ละกลุ่มทดลองใช้ตัวอย่างเนื้อจำนวน 45 ชิ้น (ตัวอย่างเนื้อ 3 ชิ้นต่อเนื้อสัน 1 เส้น) เมื่อครบระยะเวลาในการบ่มตามกำหนด จึงสุ่มตัวอย่างเนื้อเพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

การวัดค่า pH

สุ่มตัวอย่างเนื้อ (กลุ่มละ 15 ตัวอย่าง) มาวัดค่า pH หลังจากบ่มเนื้อเป็นระยะเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน โดยใช้เครื่องวัดค่า pH (pH Spear, EUTECH, Singapore) แทงปลาย electrode เข้าไปในกล้ามเนื้อสันนอก

การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษาและการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก

นำตัวอย่างเนื้อกลุ่มละ 15 ตัวอย่าง มาศึกษาการสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา โดยตัดตัวอย่างเนื้อให้มีความหนาประมาณ 2.5 เซนติเมตร และชั่งน้ำหนัก จากนั้น ห่อตัวอย่างเนื้อด้วยผ้าก๊อซ บรรจุในถุงพลาสติกชนิดเย็น ผนึกปากถุงให้สนิท และเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน เมื่อครบกำหนด นำตัวอย่างเนื้อออกจากถุงและชั่งน้ำหนัก และคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษาตามวิธีของ Honikel (1987) จากนั้นบรรจุตัวอย่างเนื้อในถุงและนำไปต้มในหม้อที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ โดยให้มีอุณหภูมิน้ำเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส ต้มจนอุณหภูมิใจกลางเนื้อเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส จึงนำตัวอย่างเนื้อออกมาทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักและนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก

การวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

นำตัวอย่างเนื้อต้มสุก (อุณหภูมิใจกลางเนื้อเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส) ที่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง มา

วิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โดยเจาะเนื้อตามแนวเส้นใยกล้ามเนื้อด้วยเหล็กกลวงชนิดกลม (Core) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร วัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA.XT Plus, Stable Micro System, England) ด้วยหัววัดกำลัง 5 กิโลนิวตัน วัดด้วยความเร็ว 200 มิลลิเมตรต่อนาที โดยแปลผลเป็นค่าแรงสูงสุด (Maximum force, นิวตัน) ค่าพลังงาน (Energy, จูล) และระยะทาง (Extension, มิลลิเมตร)

การศึกษาโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อ

นำตัวอย่างเนื้อที่ผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน กลุ่มละ 5 ตัวอย่าง มาศึกษาโครงสร้างของกล้ามเนื้อ โดยนำตัวอย่างเนื้อแช่ใน 10% neutral buffer formalin เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาผ่านกระบวนการมาตรฐานทางพยาธิวิทยา ฝังชิ้นเนื้อในparaffin (Thongkamkoon *et al*., 2011; Khoshoii *et al*., 2013) นำไปตัดให้มีความหนาประมาณ 3 ไมครอน เพื่อทำสไลด์เนื้อเยื่อ จากนั้น นำสไลด์มาผ่านกระบวนการ deparaffinization ตามมาตรฐานทางพยาธิวิทยาด้วย xylene และแอลกอฮอล์ ย้อมด้วยสี hematoxylin และ eosin (H&E stain) ตามวิธีของ Luna (1968) จากนั้น นำมาศึกษาโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อภายใต้กล้อง electron microscope (Olympus FSX100) ที่กำลังขยาย 100 เท่า ถ่ายภาพตัวอย่างเนื้อในลักษณะ cross–section จำนวน 5 พื้นที่ นำมาวิเคราะห์จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อต่อพื้นที่ (Alves *et al*., 2012) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและพื้นที่เส้นใยกล้ามเนื้อ (Rémignon *et al*., 1996) และความหนาของ perimysium และ endomysium (Rahaman *et al*., 2010) ด้วยโปรแกรม Image Analysis System (ImageJ 1.47V, National Institutes of Health, USA)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) สำหรับคุณภาพเนื้อและลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Tukey ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 2003)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของระยะเวลาในการบ่มแบบเปียกต่อคุณภาพเนื้อ

ระยะเวลาในการบ่มมีผลต่อค่า pH ของเนื้ออย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P = 0.0005) (Table 1) เนื้อที่ผ่านการบ่มแบบเปียกเป็นเวลา 7, 14, 21 และ 28 มีค่า pH เท่ากับ 5.33 ± 0.02, 5.18 ± 0.13, 5.30 ± 0.02 และ 5.35 ± 0.04 ตามลำดับ โดยเนื้อที่บ่มเป็นเวลา 14 วัน มีค่า pH ต่ำที่สุด จากการแบ่งเกรดคุณภาพเนื้อโคตามมาตรฐานของ United States Department of Agriculture (USDA) พบว่า เนื้อโคเกรด prime (ชั้นดีเยี่ยม) มีค่า pH ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อโคเกรด choice (ชั้นดี) และ select (กลาง) โดยมีค่า pH เท่ากับ 5.38, 5.57 และ 5.63 ตามลำดับ (Lee *et al*., 2006) อย่างไรก็ตาม การบ่มแบบเปียกมักทำให้แบคทีเรียแลคติกทำงานได้ค่อนข้างดี จึงทำให้เนื้อมีค่า pH ต่ำกว่าการบ่มแบบแห้ง (Shi *et al*., 2020) โดยค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ของเนื้อสามารถบ่งบอกถึงลักษณะของคุณภาพเนื้อได้เป็นอย่างดี เนื่องจากภายหลังสัตว์ตาย กล้ามเนื้อจะเกิดกระบวนการย่อยสลายไกลโคเจน (Glycolysis) ส่งผลให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ ทำให้ค่า pH ของกล้ามเนื้อลดลง (Lee *et al*., 2010) โดยปกติหลังสัตว์ตาย ค่า pH ในกล้ามเนื้อจะลดลงจาก 7 อยู่ที่ประมาณ 5.3–5.8 ภายใน 6–12 ชั่วโมง (Savell *et al*., 2005) ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดการย่อยสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมาจากการจัดการก่อนการฆ่า และการขนส่งที่มีผลต่อความเครียด เนื่องจากระยะทางและเวลา นอกจากนี้ กระบวนการฆ่ามีผลต่อการลดลงของปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเช่นกัน โดยส่งผลให้ค่า pH สุดท้ายลดลง ทำให้กล้ามเนื้อมีค่าความเป็นกรดมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อค่าสีและค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (Jaturasitha, 2008)

Table 1 Effect of wet aging period on meat quality

Traits	Wet aging period (day)				P-value
	7	14	21	28	
pH	5.33 ± 0.02^{x}	5.18 ± 0.13^{y}	5.30 ± 0.02^{x}	5.35 ± 0.04^{x}	0.0005
Drip loss (%)	3.74 ± 0.31^{x}	11.45 ± 0.68^{y}	3.26 ± 0.15^{y}	3.56 ± 0.63^{x}	<0.0001
Cooking loss (%)	30.74 ± 0.73	30.49 ± 0.55	30.37 ± 0.46	31.80 ± 1.04	0.5012
Shear force (N)	21.29 ± 0.98^{A}	18.48 ± 1.51^{AB}	16.45 ± 1.00^{B}	16.67 ± 0.54^{B}	0.0074

$^{A, B}$ Means with different superscripts within the same row differ significantly at P < 0.01

$^{x, y}$ Means with different superscripts within the same row differ significantly at P < 0.001

Values are presented as mean ± standard error of the mean

ความแตกต่างของระยะเวลาในการบ่มเนื้อมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P < 0.0001) (Table 1) โดยการบ่มเนื้อแบบเปียกเป็นเวลา 14 วัน ส่งผลให้เนื้อมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษามากที่สุด (11.45 ± 0.68) ขณะที่ เนื้อที่ผ่านการบ่มเป็นเวลา 7, 21 และ 28 วัน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษาประมาณ 3.71 ± 0.31, 3.26 ± 0.15 และ 3.56 ± 0.63 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษาที่มากที่สุดในกลุ่มเนื้อที่บ่มเป็นระยะเวลา 14 วัน อาจเนื่องมาจากค่า pH ของเนื้อในกลุ่มนี้มีค่าต่ำที่สุด โดยปกติแล้วค่า pH จะมีความสัมพันธ์เชิงลบกับเปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา (Koomkrong *et al*., 2017) การศึกษาของ Florek *et al*. (2007) รายงานว่า การบ่มเนื้อโคพันธุ์ Polish Holstein–Friesian ที่ระยะเวลา 7 และ 14 วัน ส่งผลให้เนื้อมีการสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษาน้อยลง สังเกตจากความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อที่เพิ่มขึ้นโดยในวันที่ 7 มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ 1.86 และวันที่ 14 มีความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ 2.87 นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาของ Stanisic *et al*. (2012) ที่รายงานว่า การบ่มเนื้อนาน 1 และ 7 วัน เนื้อจะมีการสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษาน้อยลง โดยดูจากค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อที่เพิ่มขึ้น สำหรับการศึกษาของ Simonetti *et al*. (2015) รายงานว่า การบ่มเนื้อโคพันธุ์ Nellore ที่ระยะเวลา 7 และ 14 วัน เนื้อมีการสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษาน้อยลง โดยความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเป็นลักษณะหนึ่งของคุณภาพเนื้อที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นลักษณะที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก ลักษณะปรากฏ การยอมรับทางประสาทสัมผัส คุณภาพการบริโภค และความน่ารับประทานที่ส่งผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค (Ocampo *et al*., 2009) การสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษาเป็นส่วนหนึ่งของการวัดคุณภาพเนื้อที่ใช้ในการประเมินค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ โดยการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (Drip loss) หมายถึงของเหลวที่ไหลออกมาจากชิ้นเนื้อโดยปราศจากแรงกดซึ่งของเหลวที่ไหลออกมาส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำและโปรตีน (Fischer, 2007) การสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษาในปริมาณมากอาจส่งผลกระทบต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจ คุณค่าทางโภชนาการ และลักษณะที่ปรากฏของเนื้อ (Jennen *et al.,* 2007)

จากผลการศึกษาระยะเวลาในการบ่มเนื้อที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก พบว่า ระยะเวลาในการบ่มเนื้อที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก

(P > 0.05) โดยกลุ่มที่บ่มเนื้อเป็นระยะเวลา 7, 14, 21 และ 28 มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุกเท่ากับ 30.74 ± 0.73, 30.49 ± 0.55, 30.37 ± 0.46 และ 31.80 ± 1.04 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Bertram *et al*. (2004) ที่พบว่า การบ่มเนื้อมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก โดยการบ่มเนื้อที่นานขึ้นส่งผลให้เนื้อมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุกเพิ่มมากขึ้น โดยสังเกตจากน้ำหนักที่หายไปของเนื้อภายหลังจากการนำเนื้อมาต้ม โดยการบ่มที่ 1, 3, 8 และ 16 วัน ทำให้น้ำหนักเนื้อหายไป 18.70, 18.72, 23.60 และ 29.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งพบว่าการบ่มเนื้อที่ 16 วัน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหารมากที่สุด นอกจากนี้ การศึกษาของ Boakye and Mittal (1993) รายงานว่า การบ่มเนื้อโคนาน 0, 2, 4, 8, 12 และ 16 วัน ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุกเช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 26.5, 27.8, 27.2, 27.3, 27.7 และ 28.9 ตามลำดับ โดยการบ่มที่ 16 วัน ทำให้น้ำหนักของเนื้อหายไปมากที่สุด สำหรับการศึกษาของ Simonetti *et al*. (2015) รายงานว่า การบ่มเนื้อโคพันธุ์ Nellore เป็นเวลา 1 วัน ส่งผลให้เนื้อมีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุกมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการบ่มเนื้อที่ 7 และ 14 วัน

นอกจากนี้ ระยะเวลาในการบ่มมีผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้ออย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P = 0.0074) โดยเนื้อที่บ่มแบบเปียกเป็นเวลา 7 วัน มีค่าแรงตัดผ่านมากที่สุด (21.29 ± 0.98 นิวตัน) ส่วนเนื้อที่บ่มเป็นเวลา 14, 21 และ 28 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 18.48 ± 1.51, 16.45 ± 1.00 และ 16.67 ± 0.54 นิวตัน ตามลำดับ ผลการศึกษานี้ให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ Bratcher *et al*. (2005) ที่รายงานว่า เนื้อมีความนุ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการบ่มเนื้อที่เพิ่มขึ้น โดยสังเกตได้จากค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่ลดลง โดยในวันที่ 7 ของการบ่ม เนื้อมีค่าแรงตัดผ่าน 41.16 นิวตัน และในวันที่ 14 ของการบ่ม เนื้อมีค่าแรงตัดผ่าน 39.2 นิวตัน นอกจากนี้ การศึกษาของ Cho *et al*. (2016) ที่รายงานว่า การบ่มเนื้อโคพันธุ์ Hanwoo ที่ระยะเวลา 7 วัน ทำให้เนื้อมีความนุ่มมากขึ้น โดยสังเกตจากค่าแรงตัดผ่านที่ลดลง โดยในวันที่ 0 ของการบ่ม เนื้อมีค่าแรงตัดผ่าน 5.36 กิโลกรัม ขณะที่ วันที่ 7 ของการบ่ม เนื้อมีค่าแรงตัดผ่าน 4.23 กิโลกรัม สอดคล้องกับการศึกษาของ Troy (1999) ที่รายงานว่า การบ่มเนื้อที่ระยะเวลา 7 วัน ทำให้เนื้อมีความนุ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการบ่มเนื้อที่ระยะเวลา 2 วัน โดยพิจารณาจากค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่ลดลงตามระยะเวลาการบ่มที่นานขึ้น ซึ่งการบ่มเนื้อจะทำให้ actomyosin ถูกตัดขาดตรงบริเวณ z–line ทำให้การยึดติดกันลดลง และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเนื้อ โดยเอนไซม์ cathepsin จะถูกปลดปล่อยออกมานอกเซลล์เพื่อเข้าไปย่อยโปรตีนบริเวณ z–line ทำให้ความยาวของซาร์โคเมียร์ (Sarcomere) ยาวขึ้น ส่งผลให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น ความนุ่มของเนื้อเป็นปัจจัยในการบ่งบอกถึงคุณภาพโดยรวมของเนื้อและเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ความนุ่มมีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับมากกว่าลักษณะอื่น ๆ เช่น ความชุ่มฉ่ำหรือกลิ่นรส เป็นต้น (Dilger *et al*., 2010) โดยความนุ่มของเนื้อขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สายพันธุ์ เพศ อายุ ลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อ ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ อุณหภูมิในการเก็บรักษา และเอนไซม์ย่อยโปรตีน (Proteolysis) (Maltin *et al*., 2003) รวมถึงปริมาณและโครงสร้างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Jaturasitha, 2008)

ผลของระยะเวลาในการบ่มแบบเปียกต่อลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อ

จากการศึกษาผลของระยะเวลาในการบ่มแบบเปียกต่อลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อ พบว่า ระยะเวลาในการบ่มเนื้อที่แตกต่างกันมีผลต่อความหนาของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันทั้งในส่วน perimysium (P = 0.0445) และ endomysium (P < 0.001) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยการบ่มเนื้อที่นานขึ้นทำให้เส้นใยเกี่ยวพัน perimysium และ endomysium มีความหนาเพิ่มขึ้น โดยมีความหนาน้อยที่สุดเมื่อบ่มเนื้อเป็นเวลา

7 วัน และมีความหนามากที่สุดเมื่อบ่มเนื้อเป็นเวลา 28 วัน ซึ่งอาจเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเส้นใยเกี่ยวพัน perimysium และ endomysium หลังจากบ่มนาน 28 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะทำให้มีการแยกตัวของเส้นใยคอลลาเจนที่แสดงให้เห็นถึงความนุ่มของเนื้อโคโดยจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อบ่มเนื้อไว้นาน 14 วัน (Nishimura *et al*., 1995)

Table 2 Effect of wet aging period on muscle fiber characteristics

Traits	Wet aging period (day)				
	7	14	21	28	P-value
Total number of fiber	154.00 ± 6.47	158.80 ± 10.95	158.60 ± 10.75	163.20 ± 3.42	0.8983
Fiber diameter (μm)	42.28 ± 2.21	40.14 ± 1.36	43.34 ± 1.67	44.89 ± 1.42	0.2772
Fiber cross-section area (μm^2)	3,051 ± 199	2,787 ± 211	2,981 ± 177	3,056 ± 114	0.6917
Perimysium thickness (μm)	11.65 ± 0.37^{a}	13.11 ± 0.64^{ab}	14.65 ± 1.39^{ab}	16.09 ± 1.45^{b}	0.0445
Endomysium thickness (μm)	4.19 ± 0.15^{x}	4.86 ± 0.24^{xy}	6.15 ± 0.24^{yz}	7.88 ± 0.82^{z}	<0.001

$^{a, b}$ Means with different superscripts within the same row differ significantly at $P < 0.05$
$^{x, y, z}$ Means with different superscripts within the same row differ significantly at $P < 0.001$
Values are presented as mean ± standard error of the mean

สำหรับจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อ เส้นผ่านศูนย์กลางของกล้ามเนื้อ และพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อ พบว่า ระยะเวลาของการบ่มไม่มีผลต่อลักษณะดังกล่าว ($P > 0.05$) โครงสร้างของกล้ามเนื้อประกอบด้วย เส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 3 ระดับ คือ 1) เอนโดไมเซียม (Endomysium) เป็นเยื่อหุ้มที่อยู่ล้อมรอบเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละเส้น (Muscle fiber) 2) เพอริไมเซียม (Perimysium) จะห่อหุ้มและเชื่อมต่อมัดเส้นใยกล้ามเนื้อ และ 3) เอพิไมเซียม (Epimysium) จะห่อหุ้มกล้ามเนื้อทั้งหมด (Kemp and Parr, 2012) เส้นใยกล้ามเนื้อมีประมาณ 75–90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกล้ามเนื้อ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อระหว่าง 10–100 ไมโครเมตร (Lefaucheur, 2010) ซึ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อในเนื้อสันนอกของโคพันธุ์ต่าง ๆ มีค่าระหว่าง 35.99–67.80 ไมโครเมตร (Xie *et al*., 2012) นอกจากนี้ ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อยังมีความแตกต่างกันระหว่างชิ้นส่วนของกล้ามเนื้อ โดยในโคพันธุ์ Angus, Gascon, Holstein และ Fleckvieh พบว่า เนื้อสันในมีพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพก (Bures *et al*., 2015) การศึกษาของ Lu *et al*. (2020) ได้ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดศึกษาโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่ถูกเก็บที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นส่งผลทำให้ระยะห่างของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น และอุณหภูมิที่เก็บรักษาเนื้อมีผลต่อการเกิดระยะห่างของเส้นใยกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ การศึกษาของ Feng *et al*. (2020) ได้ศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องผ่านเพื่อศึกษาโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อ พบว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไปจะเกิดการเสื่อมสลายขององค์ประกอบภายในกล้ามเนื้อในส่วนของ z–disk ทำให้มีการทำงานของเอนไซม์ที่มาย่อยเส้นใยกล้ามเนื้อและเกิดช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อ

สรุป

การบ่มเนื้อแบบเปียกมีผลต่อคุณภาพเนื้อโค โดยช่วยพัฒนาคุณภาพเนื้อในด้าน pH ของเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และความหนาของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ทั้งในส่วนของ perimysium และ endomysium ทั้งนี้ ระยะเวลาการบ่มแบบเปียกที่ 21 และ 28 วัน สามารถช่วยพัฒนาคุณภาพเนื้อทางด้านความนุ่มและกลิ่นรสของเนื้อ โดยเป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถเพิ่มมูลค่าของเนื้อโค

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปศุสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดินหมวดเงินอุดหนุน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

เอกสารอ้างอิง

Alves, M.R., F.R. Abe and I.C. Boleli. 2012. Influence of enclosure size on growth of breast and leg muscle fibers in domestic fowl. Int. J. Poult. Sci. 11(5): 361–367.

Bertram, H.C., A.K. Whittaker, W.R. Shorthose, H.J. Andersen and A.H. Karlsson. 2004. Water characteristics in cooked beef as influenced by ageing and high–pressure treatment–an NMR micro imaging study. Meat Sci. 66(2): 301–306.

Boakye, K. and G.S. Mittal. 1993. Changes in pH and water holding properties of *Longissimus dorsi* muscle during beef aging. Meat Sci. 34: 335–349.

Bratcher, C.L., D.D. Johnson, R.C. Littell and B.L. Gwartney. 2005. The effects of quality grade, aging, and location within muscle on Warner–Bratzler shear force in beef muscles of locomotion. Meat Sci. 70: 279–284.

Bures, D., L. Barton, J. Čítek and N. Lebedová. 2015. Muscle fiber characteristics of four muscles from different cattle breeds and their relation to meat instrumental toughness, pp. 148–151. *In* Proc. the 61st International Congress of Meat Science and Technology, 23–28 August 2015.

Cho, S., S.M. Kang, P. Seong, G. Kang, Y. Kim, J. Kim, S. Lee and S. Kim. 2016. Effect of aging time on physicochemical meat quality and sensory property of Hanwoo bull beef. Korean J. Food Sci. Anim. Resour. 36(1): 68–76.

Dilger, A.C., P.J. Rincker, J.M. Eggert, F.K. Mckeith and J. Killefer. 2010. Pork tenderness and postmortem tenderization: correlations with meat quality traits and the impact of sire line. J. Muscle Foods. 21: 529–544.

Epley, R.J. 1992. Aging Beef. Minnesota Extension Service, University of Minnesota, Minnesota, USA.

Feng, Y.H., S.S. Zhuang, B.Z. Sun, P. Xie, K.X. Wen and C.C. Xu. 2020. Changes in physical meat traits, protein solubility, and the microstructure of different beef muscles during post–mortem aging. Foods. 9(6): 806.

Fischer, K. 2007. Drip loss in pork: influencing factors and relation to further meat quality traits. J. Anim. Breed. Genet. 124: 12–18.

Florek, M., A. Litwinczuk, P. Skalecki and M. Ryszkowska–Siwko. 2007. Changes of physicochemical properties of bullocks and heifers meat during 14 days of ageing under vacuum. Polish J. Food Nutr. Sci. 57(3): 281–287.

Honikel, K.O. 1987. How to measure the water binding capacity of meat? Recommendation of standardized methods, pp. 129–142. *In* P.V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin, eds. Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs. Martinus Nijhoff Publishers, The Hague, The Netherlands.

Irurueta, M., A. Cadoppi, L. Langman, G. Grigioni and F. Carduza. 2008. Effect of aging on the characteristics of meat from water buffalo grown in the Delta del Parana region of Argentina. Meat Sci. 79: 529–533.

Jaturasitha, S. 2008. Meat Technology. 2nd edition. Ming Muang Printing, Chiang Mai. 335 pp. (in Thai)

Jennen, D.G.J., A.D. Brings, G. Liu, H. Jungst, E. Tholen, E. Jonas, D. Tesfaye, K. Schellander and C. Phatsara. 2007. Genetic aspects concerning drip loss and water–holding capacity of porcine meat. J. Anim. Breed. Genet. 124: 2–11.

Kemp, C.M. and T. Parr. 2012. Advances in apoptotic mediated proteolysis in meat tenderisation. Meat Sci. 92(3): 252–259.

Khoshoii, A.A., B. Mobini and E. Rahimi. 2013. Comparison of chicken strains: muscle fibre diameter and numbers in *Pectoralis superficialis* muscle. Glob. Vet. 11(1): 55–58.

Koomkrong, N., N. Gongruttananun, J. Noosud, C. Boonkaewwan and A. Kayan. 2017. The relationship between muscle pH and water–holding capacity in pork, pp. 17–20. *In* Proc. the National and International Graduate Research Conference, 10 March 2017.

Lee, M.S., J.W.S. Yancey, J.K. Apple, J. Sawyer and R.T. Baublits. 2006. Within–muscle variation in color and pH of beef *Semimembranosus*. Arkansas Animal Science Department Report. 545: 26–30.

Lee, S.H., S.T. Joo and Y.C. Ryu. 2010. Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. Meat Sci. 86: 166–170.

Lefaucheur, L. 2010. A second look into fibre typing–relation to meat quality. Meat Sci. 84(2): 257–270.

Lonergan, E.H., W. Zhang and S.M. Lonergan. 2010. Biochemistry of postmortem muscle–lessons on mechanisms of meat tenderization. Meat Sci. 86: 184–195.

Lu, X., Y. Zhang, B. Xu, L. Zhu and X. Luo. 2020. Protein degradation and structure changes of beef muscle during super chilled storage. Meat Sci. 168: 108180.

Luna, L.G. 1968. Manual of Histologic Staining Methods of the Arm Forces Institute of Pathology. 3rd edition. McGraw–Hill Inc, New York, USA. 217 pp.

Maltin, C., D. Balcerzak, R. Tilley and M. Delday. 2003. Determinants of meat quality: tenderness. Proc. Nutr. Soc. 62: 337–347.

Marino, R., M. Albenzio, A. della Malva, A. Santillo, P. Loizzo and A. Sevi. 2013. Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. Meat Sci. 95: 281–287.

Nishimura, T., A. Hattori and K. Takahashi. 1995. Structural weakening of intramuscular connective tissue during conditioning of beef. Meat Sci. 39(1): 127–133.

Ocampo, I.D., F.M. Bermúdez and H. Díaz. 2009. Effect of storage time, muscle type, and animal genotype on drip loss in raw pork. Acta Agron. 58(3): 180–188.

Rahaman, M.T., M.S. Rahman, M.F. Hoque and N.H. Parvez. 2010. Age related muscle texture variation between Cobb–500 and Ross broiler strain. J. Bangladesh Agril. Univ. 8(2): 265–269.

Rémignon, H., V. Desrosiers and G. Marche. 1996. Influence of increasing breast meat yield on muscle histology and meat quality in the chicken. Reprod. Nutr. Dev. 36: 523–530.

SAS. 2003. SAS STAT User's Guide. Version 9.1. SAS Inst. Inc., Cary, NC. 5180 pp.

Savell, J.W., S.L. Mueller and B.E. Baird. 2005. The chilling of carcass. Meat Sci. 70: 449–459.

Shi, Y., W. Zhang and G. Zhou. 2020. Effects of different moisture–permeable packaging on the quality of aging beef compared with wet aging and dry aging. Foods. 9(5): 649.

Simonetti, L.R., J.F. Lage, T.T. Berchielli, E.A. Oliveira, E.E. Dallantonia and L.M. Delevatti. 2015. Aging time of five muscles from carcass of Nellore young bulls. Acta Sci., Anim. Sci. 37(4): 397–404.

Smith, R.D., K.L. Nicholson, J.D.W. Nicholson, K.B. Harris, R.K. Miller, D.B. Griffin and J.W. Savell. 2008. Dry versus wet aging of beef: retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. Meat Sci. 79(4): 631–639.

Stanisic, N., M. Petricevic, D. Zivkovic, M.M. Petrovic, D. Ostojic Andric, S. Aleksic and S. Stajic. 2012. Changes of physical–chemical properties of beef during 14 days of chilling. Biotechnol. Anim. Husb. 28(1): 77–85.

Thongkamkoon, P., S. Mimapan and T. Chantamaneechote. 2011. A case report: coincidence of Jaagsiekte sheep retrovirus and *Mycoplasma ovipneumoniae* infections in sheep. Thai–NIAH eJournal. 6(3): 62–72. (in Thai)

Troy, D.J. 1999. Enhancing the Tenderness of Beef. The National Food Centre Research Report No. 11, Dublin, Ireland.

Wyrwisz, J., M. Moczkowska, M. Kurek, A. Stelmasiak, A. Półtorak and A. Wierzbicka. 2016. Influence of 21 days of vacuum–aging on color, bloom development, and WBSF of beef semimembranosus. Meat Sci. 122: 48–54.

Xie, X., Q. Meng, Z. Cui and L. Ren. 2012. Effect of cattle breed on meat quality, muscle fiber characteristics, lipid oxidation and fatty acids in China. Asian–Australas. J. Anim. Sci. 25(6): 824–831.