ผลของระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพของเนื้อโค

Effect of Aging Time on Beef Quality

นาบุญ แสงทอง

Nabun Sangthong

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

การบ่มเนื้อโคเป็นวิธีการที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อในด้านความนุ่มและรสชาติ ซึ่งช่วยเพิ่มมูลค่าทางการตลาดของเนื้อโค อย่างไรก็ตามการบ่มที่นานหรือสั้นเกินไปอาจส่งผลต่อ สีของเนื้อ การสูญเสียน้ำของเนื้อ และการเน่าเสียของเนื้อโคได้ ดังนั้นสัมมนานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพของเนื้อโค โดยทำการทบทวนเอกสารงานวิจัยจำนวน 4 ฉบับ ที่ตีพิมพ์ในช่วงปี ค.ศ. 2016 – 2022 ที่มีระยะเวลาการบ่มตั้งแต่ 0 – 60 วัน พบว่าระยะเวลาการบ่ม 14 – 60 วัน ส่งผลให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (WBSF) ลดลงทำให้เนื้อนุ่มขึ้น ขณะที่ระยะเวลาการบ่ม 0 – 60 วัน ช่วยปรับปรุงคุณภาพสีให้มีความสว่างและแดงสดน่ารับประทานขึ้น และไม่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำจากการปรุงอาหาร (Cooking loss) ส่วนระยะเวลาการบ่ม 7 – 45 วัน ทำให้ระดับ pH อยู่ในระดับที่เหมาะสม และระยะเวลาการบ่ม 7 – 60 วัน ช่วยเพิ่มความพึงพอใจโดยรวมในด้านความนุ่มและรสชาติ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่มที่เหมาะสมที่สุดคือ 14 – 60 วัน เนื่องจากทำให้เนื้อมีความนุ่มและลักษณะปรากฏที่ดี และมีการยอมรับด้านรสชาติและค่าความชอบที่ดีขึ้น ทั้งนี้ควรพิจารณาส่วนของชิ้นเนื้อและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ร่วมด้วย

คำสำคัญ: คุณภาพเนื้อ ระยะเวลาการบ่ม ความนุ่ม เนื้อโค

บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตเนื้อโคทั่วโลกกำลังพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับคุณภาพของเนื้อโค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านความนุ่ม (Tenderness) และ รสชาติ (Flavor) ซึ่งเป็นคุณสมบัติหลักในการสร้างความพึงพอใจและมูลค่าทางการตลาด (Savell et al., 1987; Miller et al., 2001) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโค ซึ่งเนื้อโคมักมีเนื้อสัมผัสที่เหนียวกว่าเนื้อสัตว์อื่นๆ ด้วยเหตุนี้ การบ่มเนื้อ (Aging) จึงถูกนำมาใช้เป็นวิธีการหลักในการปรับปรุงคุณภาพของเนื้อโคหลังการฆ่า (Postmortem) การบ่มเนื้อเป็นกระบวนการที่อาศัยการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีน (Protease) ตามธรรมชาติในกล้ามเนื้อ โดยจะเข้ามาย่อยสลายโปรตีนโครงสร้างของกล้ามเนื้อ (Myofibrillar protein) ทำให้โครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้ออ่อนแอลง ส่งผลให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น (Koohmaraie, 1996) โดยการบ่มเนื้อมีทั้งการบ่มแบบเปียก (Wet Aging) และการบ่มแบบแห้ง (Dry Aging) อย่างไรก็ตามนอกจากวิธีการบ่มแล้ว ระยะเวลาในการบ่ม (Aging Time) เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่มีความสัมพันธ์กันกับวิธีการบ่ม ที่ส่งผลต่อความนุ่มของเนื้อ ซึ่งระยะเวลาการบ่มเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพเนื้อ หากระยะเวลาในการบ่มสั้นเกินไป เอนไซม์จะไม่สามารถย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนได้อย่างสมบูรณ์ เนื้อจึงยังคงมีความเหนียว ในทางตรงกันข้าม หากขยายระยะเวลาบ่มให้นานเกินความจำเป็น แม้จะช่วยให้เนื้อนุ่มขึ้น แต่อาจส่งผลเสียต่อคุณภาพด้านอื่น ๆ ตามมา เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้ไขมันเหม็นหืนและสีเนื้อคล้ำลง (Faustman et al., 1990) รวมถึงการสูญเสียน้ำออกจากชิ้นเนื้อที่เพิ่มขึ้น และมีความเสี่ยงต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย ซึ่งล้วนแต่เป็นการเพิ่มต้นทุนและความสูญเสียโดยไม่จำเป็น จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการบ่มที่สั้นหรือนานเกินไปมีผลต่อความนุ่มและคุณภาพของเนื้อโค ดังนั้นสัมมนาฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการบ่มต่อคุณภาพของเนื้อโค สำหรับใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นให้กับผู้ที่สนใจ

ผลของระยะเวลาในการบ่มต่อค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ (Warner-Bratzler Shear Force; WBSF)

Cho et al. (2016) ทำการศึกษาระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อโคพันธุ์ Hanwoo bulls โดยใช้เนื้อส่วนสันนอก (Longissimus thoracis) มาบ่มแบบเปียกที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0, 7, 14, และ 21 วัน พบว่าระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อลดลง ในทำนองเดียวกันกับงานวิจัยของ Kim et al. (2022) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการบ่มเนื้อต่อคุณภาพเนื้อโค โดยใช้เนื้อโคส่วนสันนอก (Loin) และสะโพก (Round) จากโคพันธุ์ Hanwoo bulls แบ่งการทดลองออกเป็นกลุ่มระยะเวลาการบ่มแบบเปียกตั้งแต่ 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อลดลง และงานของ Wyrwisz et al. (2016) ที่ได้ทำการศึกษาในกล้ามเนื้อส่วนสะโพก (Semimembranosus) ของโคพันธุ์ Limousin โดยนำมาบ่มแบบเปียกในถุงสุญญากาศ (Vacuum-aging) ที่อุณหภูมิ 2±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1, 7, 14, และ 21 วัน พบว่าระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อลดลง และงานของทิพย์ระวี และคณะ (2564) ที่ได้ทำการศึกษาการบ่มเนื้อโคขุนลูกผสม 3 สายพันธุ์ Charolais x Brahman x Native โดยเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก (Longissimus thoracis) มาบ่มแบบเปียกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7, 14, 21, และ 28 วัน พบว่าระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อลดลง (Table 1) ซึ่งการลดลงของค่าแรงตัดผ่านของเนื้อที่พบในทุกงาน ทั้งในหน่วยกิโลกรัม (kg) และนิวตัน (N) เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ธรรมชาติภายในกล้ามเนื้อ (Endogenous enzymes) โดยเฉพาะกลุ่ม Calpain system ที่ยังคงทำงานได้ดีภายใต้สภาวะอุณหภูมิแช่เย็น 2 - 4 องศาเซลเซียส เอนไซม์เหล่านี้จะเข้าไปย่อยสลายโครงสร้างโปรตีน Myofibril โดยเฉพาะ

บริเวณ Z-disk และโปรตีนโครงร่าง (Cytoskeleton) เช่น Desmin และ Titin ทำให้โครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการแตกหักและเปราะบาง ซึ่งส่งผลให้ค่า WBSF ลดลงนั่นคือเนื้อมีความนุ่มที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม แม้ว่าการยืดระยะเวลาบ่มให้นานขึ้นจะช่วยลดค่าแรงตัดผ่านได้ต่อเนื่อง แต่ช่วงเวลาที่มีประสิทธิภาพและเห็นการเปลี่ยนแปลงความนุ่มคือ ระยะเวลาการบ่มที่ 14 ถึง 60 วัน เพราะเป็นช่วงที่ส่งผลให้เนื้อโคมีความนุ่มในระดับที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับ อย่างไรก็ตามระยะเวลาการบ่มควรพิจารณา ลักษณะชิ้นเนื้อ อุณหภูมิ และบรรจุภัณฑ์ร่วมด้วย

ผลของระยะเวลาในการบ่มต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ในส่วนของค่า pH ของเนื้อในงานของ Kim et al. (2022) และ Wyrwisz et al. (2016) พบว่าค่า pH ของเนื้อเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม ในขณะที่งานของทิพย์ระวี และคณะ (2564) กลับพบว่าค่า pH ของเนื้อในวันที่ 14 ของการบ่มมีค่าลดลงก่อนจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในวันที่ 21 (Table 1) การลดลงของค่า pH ในช่วงกลางของการบ่มนี้ อาจเกิดจากสภาวะภายในถุงสุญญากาศที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลกติก (Lactic Acid Bacteria) ซึ่งใช้น้ำตาลและไกลโคเจนที่เหลืออยู่ในกล้ามเนื้อเปลี่ยนเป็นกรดแลกติก ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดต่ำลงชั่วคราว ก่อนที่กระบวนการย่อยสลายโปรตีน จะผลิตสารที่มีฤทธิ์เป็นด่างออกมาหักล้างในช่วงท้ายของการบ่ม แม้ค่าความเป็นกรด-ด่าง จะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามปัจจัยแวดล้อมและจุลินทรีย์ แต่ระยะเวลาการบ่มที่ส่งผลดีต่อคุณภาพเนื้อในแง่ของสมดุลค่า pH มากที่สุดคือ ระยะเวลา 7 – 45 วัน เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ค่า pH ของเนื้อโคในทุกงานปรับตัวเพิ่มขึ้นมาอยู่ในระดับที่เหมาะสม (5.30 – 5.80) ซึ่งสูงกว่าจุดไอโซอิเล็กทริก ทำให้โปรตีนในกล้ามเนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ดีขึ้น ช่วยรักษาความชุ่มฉ่ำของเนื้อไว้ได้ ในขณะเดียวกันค่า pH ระดับนี้ยังไม่สูงเกินไปจนเสี่ยงต่อการเน่าเสีย (ไม่เกิน 6.0) ดังนั้นระยะเวลาในการบ่มที่เหมาะสมที่สุดในการรักษาสมดุลระหว่างความนุ่มที่เพิ่มขึ้นกับคุณภาพด้านความชุ่มฉ่ำและความปลอดภัยทางอาหาร คือ 7 – 45 วัน

ผลของระยะเวลาในการบ่มต่อการสูญเสียน้ำจากการปรุงอาหาร (Cooking Loss)

การสูญเสียน้ำจากการปรุงอาหารในงานส่วนใหญ่ (Cho et al., 2016; Kim et al., 2022, ทิพย์ระวี และคณะ 2564) พบว่าระยะเวลาในการบ่มไม่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำจากการปรุงอาหาร อาจเกิดจากประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์สุญญากาศที่ดี และการควบคุมอุณหภูมิ (Cold chain) ได้ค่าที่ 2 – 4 องศาเซลเซียส จึงช่วยลดการระเหยและการสูญเสียความชื้นออกจากชิ้นเนื้อระหว่างการเก็บรักษาได้ ในขณะที่งานของ Wyrwisz et al. (2016) กลับพบว่าระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าการสูญเสียน้ำจากการปรุงอาหารเพิ่มขึ้น (Table 1) อาจเกิดจากการใช้อุณหภูมิในการบ่มที่ต่างกัน ชิ้นเนื้อที่นำมาทดลอง คุณภาพของบรรจุภัณฑ์ และระดับในการปรุงสุกที่ต่างจากอีก 4 งาน ซึ่งอาจส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอสที่เข้าไปย่อยสลายโปรตีนโครงร่าง (Cytoskeleton) ที่ทำหน้าที่ยึดเกาะโครงสร้างเซลล์ ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity) ของเซลล์ลดลง น้ำอิสระภายในเซลล์จึงไหลออกมาสะสมในถุงบรรจุภัณฑ์(Purge loss) และสูญเสียออกไปมากขึ้นเมื่อเนื้อผ่านความร้อน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากงานส่วนใหญ่จึงสรุปได้ว่าระยะเวลาการบ่ม 0 – 60 วัน ไม่ส่งผลต่อค่า Cooking Loss

Table 1 Effect of Aging Time on Meat Quality.

Aging Time (Day)	WBSF	Meat pH	Cooking loss	Meat color			Ref
				L*	a*	b*	
7	21.29±0.98^{A}(N)	5.33±0.02^{A}	30.74±0.73	-	-	-	
14	18.48±1.51^{AB}(N)	5.18±0.13^{B}	30.49±0.55	-	-	-	
21	16.45±1.00^{B}(N)	5.30±0.02^{A}	30.37±0.46	-	-	-	1/
28	16.67±0.54^{B}(N)	5.35±0.04^{A}	31.80±1.04	-	-	-	
P-value	0.0074	0.0005	0.5012	-	-	-	
0	6.36±1.41^{A}(Kg)	5.64±0.07^{C}	20.12±3.33	35.26±2.73^{C}	18.80±1.74^{C}	7.08±1.50	
15	4.01±1.09^{B}(Kg)	5.77±0.10^{B}	20.23±1.43	37.90±3.70^{B}	19.97±1.82^{AB}	7.73±1.36	
30	3.50±0.94^{C}(Kg)	5.75±0.03^{B}	23.72±0.18	37.87±3.08^{B}	19.74±1.82B^{C}	7.06±0.99	2/
45	3.36±1.06^{C}(Kg)	5.75±0.06^{B}	21.54±0.15	37.94±1.53^{B}	20.55±1.47^{B}	7.19±0.94	
60	3.10±0.98^{C}(Kg)	5.85±0.11^{A}	20.90±3.45	41.90±4.97^{A}	21.61±1.50^{A}	7.71±1.79	
P-value	<0.001	<0.001	NS	<0.001	<0.001	NS	
1	67.90±3.7^{C}(N)	5.55±0.09^{A}	22.1±0.90^{A}	38.70±1.30^{A}	20.90±1.40^{A}	10.10±1.30^{B}	
7	64.60±3.5^{C}(N)	5.64±0.12^{AB}	24.0±1.10^{B}	39.70±2.40^{A}	23.10±1.50^{BC}	10.40±1.30^{B}	
14	55.30±3.8^{B}(N)	5.74±0.16^{BC}	25.6±1.20^{C}	44.30±3.80^{B}	24.50±1.40^{C}	9.00±1.20^{AB}	3/
21	48.30±3.7^{A}(N)	5.80±0.18^{C}	26.1±1.20^{C}	41.40±0.80^{AB}	22.20±1.00^{B}	8.30±0.80^{A}	
P-value	<0.05	<0.001	<0.05	<0.05	<0.001	<0.05	
0	5.15±0.78^{A}(Kg)	-	30.69±1.88	32.06±1.01	16.69±0.96	6.58±0.94	
7	3.90±0.37^{AB}(Kg)	-	33.09±1.35	35.08±0.74	17.79±0.81	7.17±0.73	
14	2.85±0.28^{B}(Kg)	-	32.34±1.35	35.43±1.23	18.64±1.02	7.91±0.85	4/
21	2.62±0.25^{B}(Kg)	-	31.71±1.61	35.93±1.17	18.23±0.70	7.65±0.77	
P-value	<0.05	-	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	

Remark: $^{A-C}$ Means with different superscripts in the same column indicate significant differences among aging times ($p < 0.05$). Warner-bratzler shear force (WBSF). CIE standard Lightness (L*), Redness (a*), Yellowness (b*). Ref=References. 1/=ทิพย์ระวี และคณะ (2564), 2/=Kim et al. (2022), 3/=Wyrwisz et al. (2016), 4/=Cho et al. (2016)

ผลของระยะเวลาในการบ่มต่อค่าสีของเนื้อ (Meat Color)

ลักษณะของสีที่ปรากฏในเนื้อโคในงานของ Wyrwisz et al. (2016) พบว่าระยะเวลาในการบ่มที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L*, a* และ b* อาจเกิดจากกลไกการย่อยสลายโปรตีนโครงร่าง (Cytoskeleton) โดยเอนไซม์โปรตีเอสที่ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity) ลดลงจนน้ำอิสระไหลออกมาสะสมที่ผิวหน้าตัดเนื้อ ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้นจากการสะท้อนแสงที่ผิวหน้า ในขณะที่งานของ Kim et al. (2022) พบว่าระยะเวลาในการบ่มที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* และ a* แต่ไม่ส่งผลต่อค่าสี b* ซึ่งอาจเป็นผลจากการควบคุมสภาวะการเก็บรักษาที่ช่วยลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่า ในทางกลับกันงานของ Cho et al. (2016) กลับพบว่าระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี (Table 1) อาจเกิด

จากการใช้บรรจุภัณฑ์สุญญากาศที่มีประสิทธิภาพสูง ร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิในระบบ Cold chain ให้ค่าที่ในช่วง 2 – 4 องศาเซลเซียส ซึ่งมีส่วนสำคัญในการช่วยลดการระเหยและการสูญเสียความชื้นออกจากชิ้นเนื้อ จึงช่วยรักษาความคงตัวของสถานะไมโอโกลบินและค่าสีปรากฏให้มีความสม่ำเสมอตลอดช่วงการบ่ม แสดงให้เห็นถึงความเสถียรของสี (Color Stability) และประสิทธิภาพในการเก็บรักษา ที่ป้องกันการสัมผัสออกซิเจนได้อย่างสมบูรณ์ทำให้เนื้อยังคงสภาพสีเดิมได้ดีแม้จะผ่านการบ่มมาแล้วมา (Khliji et al. 2010) ในงานส่วนใหญ่ระบุว่าการบ่มเนื้อโคช่วยปรับปรุงคุณภาพสี ให้มีความสว่างและแดงสดน่ารับประทานขึ้น ดังนั้นช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมและยังคงค่าสีให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ 0 – 60 วัน

ผลของระยะเวลาในการบ่มต่อค่าความนุ่มของเนื้อโค

ในด้านความนุ่มของเนื้อโคในงานของ Cho et al. (2016) ที่ทำการบ่มเนื้อในช่วงระยะเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน พบว่าความนุ่มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากค่าคะแนนความนุ่ม (Tenderness) และค่าความชอบโดยรวม (Overall likeness) ที่เพิ่มขึ้นตามเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเนื้อมีความนุ่มมาก

Table 2 Effect of Aging Time on Meat Tenderness.

Aging Time (Day)	Tenderness	Juiciness	Flavor-likeness	Overall likeness	Ref
0	3.58±0.34^{B}	4.21±0.18	4.14±0.18	3.44±0.15^{B}	
7	3.63±0.25^{B}	4.22±0.23	4.24±0.19	3.78±0.16^{AB}	
14	4.44±0.20^{AB}	4.21±0.20	4.29±0.19	4.07±0.17^{A}	1/
21	4.58±0.19^{A}	4.42±0.13	4.24±0.20	4.23±0.19^{A}	
P-value	0.05	NS	NS	0.05	
Aging Time (Day)	Hardness	Adhesiveness	Gumminess	Chewiness	
0	2.98±0.89^{A}	1.60±1.31^{A}	1.24±0.50^{A}	92.68±58.37^{A}	
15	2.17±0.63^{BC}	0.95±0.67^{B}	1.01±0.44^{B}	74.15±47.24^{AB}	
30	2.32±0.52^{BC}	0.86±0.59^{BC}	0.87±0.34^{BC}	64.37±29.24^{B}	
45	2.47±0.55^{B}	0.85±0.57^{BC}	0.94±0.30^{BC}	65.32±29.24^{B}	2/
60	2.04±0.44^{C}	0.52±0.43^{C}	0.76±0.23^{C}	52.63±22.40^{B}	
P-value	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	
Aging Time (Day)	Total number of fiber	Fiber diameter (μm)	Perimysium thickness (μm)	Endomysium thickness (μm)	
7	154.00±6.47	42.28±2.21	11.65±0.37^{A}	4.19±0.15^{A}	
14	158.80±10.95	40.14±1.36	13.11±0.64^{AB}	4.86±0.24^{AB}	
21	158.60±10.75	43.34±1.67	14.65±1.39^{AB}	6.15±0.24^{BC}	3/
28	163.20±3.42	44.89±1.42	16.09±1.45^{B}	7.88±0.82^{C}	
P-value	NS	NS	0.0445	<0.001	

Remark: $^{A-C}$ Means with different superscripts in the same column indicate significant differences among aging times ($p < 0.05$). Ref=References. 1/=Cho et al. (2016), 2/=Kim et al. (2022), 3/=ทิพย์ระวี และคณะ (2564).

ขึ้นและได้รับความยอมรับจากผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Kim et al. (2022) ที่ทำการบ่มเนื้อในช่วงระยะเวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 วัน พบว่าเนื้อโคมีความนุ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้น ซึ่งจะได้จากค่าการวิเคราะห์ ค่าความแข็ง (Hardness) ความเหนียว (Chewiness) และความสามารถในการยึดเกาะ (Adhesiveness) มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง เป็นผลโดยตรงจากกระบวนการย่อยสลายโปรตีน (Proteolysis) โดยเอนไซม์ธรรมชาติภายในกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะกลุ่ม Calpain system ที่เข้าไปทำลายความแข็งแรงของโครงสร้างโปรตีน เช่น Desmin และ Titin รวมถึงการแตกหักของ Z-disk ในเส้นใยกล้ามเนื้อ ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวภายในโครงสร้างไมโอไฟบริลอ่อนแอลง เนื้อจึงมีความต้านทานต่อแรงบีบอัดลดลง ทำให้ผู้บริโภคหรือเครื่องมือวัดต้องใช้แรงในการเคี้ยวน้อยลง (ค่า Hardness และ Chewiness ต่ำลง) แสดงให้เห็นว่าเนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกันกับงานของทิพย์ระวี และคณะ (2564) ที่พบว่าการบ่มเนื้อในช่วงระยะเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน ส่งผลให้ความหนาของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันรอบมัดกล้ามเนื้อ (Perimysium) และรอบเส้นใยกล้ามเนื้อ (Endomysium) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น (Table 2) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความหนานี้ เกิดจากการที่เส้นใยคอลลาเจนและโครงสร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเกิดการคลายตัวและแยกออกจากกัน เป็นผลจากการทำงานของเอนไซม์ ทำให้โครงสร้างที่เคยยึดเกาะกันแน่นเกิดช่องว่างและการขยายตัว การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาค มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการลดลงของค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (WBSF) การบ่มช่วยทำลายความแข็งแรงของโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ส่งผลให้เนื้อโคมีความนุ่มเพิ่มขึ้น ดังนั้น ระยะเวลาการบ่มที่ 7 ถึง 60 วัน เป็นช่วงเวลาที่ทำให้เนื้อมีความนุ่มมากที่สุด

สรุป

จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับ ผลของระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพของเนื้อโค จำนวน 4 ฉบับ ปี ค.ศ. 2016 – 2022 ที่มีระยะเวลาการบ่มตั้งแต่ 0 - 60 วัน สามารถสรุปได้ว่าการเพิ่มระยะเวลาในการบ่มส่งผลดีต่อความนุ่มและลักษณะปรากฏของเนื้อโค แต่ส่งผลต่อค่าการสูญเสียน้ำที่แตกต่างกันไปตามประสิทธิภาพของการควบคุมสภาวะการเก็บรักษา โดยระยะเวลาการบ่มที่เหมาะสมคือ 14 - 60 วัน เนื่องจากทำให้มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลงหรือเนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น และมีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติและค่าความชอบโดยรวมที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาส่วนของชิ้นเนื้อ และบรรจุภัณฑ์ที่นำมาใช้บรรจุในการบ่มร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

ทิพย์ระวี รัศมีพงศ์, โศภิตา สุทธิไกร, นิธิรา อนัคกุล, อัญธิกา บุญเลา และ อัจฉรา ขยัน. 2564. “ผลของระยะเวลาในการบ่มแบบเปียกต่อคุณภาพเนื้อและลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อโค”. **ว. วิทย์. กษ.** 52(1), 46–56.

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.

Faustman, C., & Cassens, R. G. 1990. “The Biochemical Basis for Discoloration in Fresh Meat: a Review”. **Journal of Muscle Foods,** 1(3), 217-243.

Geesink, G. H., Kuchay, S., Chishti, A. H., & Koohmaraie, M. 2006. “Calpain-1 is Essential for Postmortem Meat Tenderization”. **Journal of Animal Science,** 84(10), 2834-2840.

Kim, S., Kim, G. H., Moon, C., Ko, K. B., Choi, Y. M., Choe, J. H., & Ryu, Y. C. 2022. “Effects of Aging Methods and Periods on Quality Characteristics of Beef”. **Food Sci. Anim. Resour.** 42(6), 953–967.

Khliji, S., van de Ven, R., Lamb, T. A., Lanza, M., & Hopkins, D. L. 2010. “Relationship Between Consumer Ranking of Lamb Colour and Objective Measures of Colour”. **Meat Science,** 85(2), 224-229.

Koohmaraie, M. 1996. “Biochemical Factors Regulating the Toughening and Tenderization Processes of Meat”. **Meat Science,** 43, 193-201.

Miller, M. F., Carr, M. A., Ramsey, C. B., Crockett, K. L., & Hoover, L. C. 2001. “Consumer Thresholds for Establishing the Value of Beef Tenderness”. **Journal of Animal Science,** 79(12), 3062-3068.

Savell, J. W., Branson, R. E., Cross, H. R., Stiffler, D. M., Wise, J. W., Griffin, D. B., & Smith, G. C. 1987. “National Beef Tenderness Survey”. **Journal of Animal Science,** 65(1), 47-47.

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 Science.** 122:48-54.