

ผลการบ่มเนื้อแบบเปียกและแบบแห้งต่อคุณภาพเนื้อโค
(Effect of Wet Aging and Dry Aging on Beef Meat Quality)

ทิพย์สุดา โคตรบัณฑิต
Thipsuda Khotbandit

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

การบ่มเนื้อที่อุณหภูมิประมาณ 1-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 สัปดาห์ หลังการฆ่าเป็นวิธีการที่ทำให้เอนไซม์โปรตีเอส (protease) ย่อยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เนื้อจึงมีความเหนียวลดลง โดยการบ่มเนื้อ มี 2 วิธี คือ การบ่มแบบแห้ง และการบ่มแบบเปียก ซึ่งอาจทำให้คุณภาพเนื้อแตกต่างกัน ดังนั้นสมมติฐานนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการบ่มเนื้อแบบแห้งและแบบเปียกต่อคุณภาพเนื้อโค โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้องจำนวน 13 ฉบับ ซึ่งตีพิมพ์ในช่วง ค.ศ. 1992-2020 จากการศึกษาพบว่าการบ่มแบบแห้งมีค่าสีของเนื้อ การสูญเสียน้ำจากการปรุงสุก แรงเค็มของเนื้อ ความทนทานต่อแรงกด การเกาะติดกันของเนื้อ กลิ่นเปรี้ยว ต่ำกว่าการบ่มแบบเปียก ในขณะที่การบ่มแบบแห้งมีค่า pH เนื้อสัมผัส ความชุ่มชื้น กลิ่นรส การยอมรับโดยรวม ความคม ความฝาด และรสชาติอร่อย สูงกว่าการบ่มแบบเปียก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการบ่มเนื้อแบบแห้งมีผลให้คุณภาพเนื้อดีกว่าการบ่มเนื้อแบบเปียก

คำสำคัญ: การบ่มเนื้อแบบแห้ง การบ่มเนื้อแบบเปียก คุณภาพเนื้อโค

บทนำ

ผู้บริโภคเนื้อโคในปัจจุบันให้ความสำคัญกับลักษณะเนื้อสัมผัส ความนุ่ม ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญที่บ่งบอกถึงคุณภาพเนื้อ ซึ่งคุณภาพเนื้อผันแปรตามหลายปัจจัย เช่น ชนิดของโค พันธุ์ เพศ อายุ สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้รวมถึงกรรมวิธีการก่อนการฆ่า และการจัดการเนื้อหลังการฆ่าด้วย โดยปกติหลังการฆ่าเนื้อจะเกิดการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (rigor mortis) และมีการย่อยสลายของไกลโคเจนที่อยู่ในกล้ามเนื้อ มีผลทำให้เนื้อที่มีคุณภาพต่ำ ดังนั้นจึงต้องมีการบ่มเนื้อหลังการฆ่า (aging) ซึ่งปกติจะบ่มที่อุณหภูมิประมาณ 1-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 สัปดาห์ เพื่อให้เนื้อที่มีคุณภาพดีขึ้น โดยการบ่มเนื้อเป็นกรรมวิธีที่ทำให้เอนไซม์โปรตีเอส (protease) ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ได้ย่อยเส้นใยโปรตีนกล้ามเนื้อ (myofibril) และโปรตีนที่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เส้นใยอีลาสติน (elastin) และคอลลาเจน (collagen) ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อ ทั้งสีของกล้ามเนื้อ การสูญเสีย น้ำ ความนุ่ม และคุณค่าทางประสาทสัมผัส ซึ่งการบ่มเนื้อสัตว์ทำได้ 2 วิธีคือ การบ่มแบบแห้ง (dry aging) โดยการแขวนซากสัตว์ หรือวางชิ้นเนื้อไว้ในห้องเย็นที่สะอาด และการบ่มแบบเปียก (wet aging) ทำโดยการบรรจุเนื้อสัตว์หรือซากสัตว์ในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ (vacuum packaging) เพื่อให้เกิดการบ่มภายในบรรจุภัณฑ์ อย่างไรก็ตามวิธีการบ่มเนื้ออาจทำให้ได้คุณภาพเนื้อที่แตกต่างกัน ดังนั้นสมมนาฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการบ่มเนื้อแบบแห้งและเปียกต่อคุณภาพเนื้อโค

ผลการบ่มเนื้อแบบแห้งและเปียกต่อคุณภาพเนื้อโค

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

Kim et al. (2017) ทำการศึกษากระบวนการบ่มเนื้อโดยใช้เนื้อส่วนสะโพก (Top round) และเนื้อส่วนแข้ง (Shank) ของเนื้อโคพันธุ์โฮลสไตน์ จำนวน 12 ตัว ใช้เนื้อเกรด C แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ บ่มเนื้อแบบเปียก และบ่มเนื้อแบบแห้ง ผลการศึกษาพบว่าการบ่มเนื้อแบบแห้งมีค่า pH สูงกว่าการบ่มเนื้อแบบเปียก นอกจากนั้นแล้วชนิดของเนื้อก็มีผลต่อค่า pH ของเนื้อเช่นเดียวกัน โดยเมื่อบ่มเนื้อส่วนสะโพกมีแนวโน้ม pH ต่ำกว่าเนื้อส่วนแข้ง ส่วนการบ่มเนื้อของเนื้อทั้งสองชนิดมีค่า pH ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาในการบ่มที่ 20 และ 40 วัน ของการบ่มเนื้อทั้งสองแบบไม่แตกต่างกัน (Table 1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim et al. (2019) ทำการศึกษาลักษณะทางเคมีและประสาทสัมผัสของเนื้อสันนอก จากโคเนื้อพันธุ์ฮานวู เกรด 2 จำนวน 6 ตัว แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (ไม่มีการบ่มเนื้อ) กลุ่มแช่แข็งเนื้อ กลุ่มบ่มเนื้อแบบแห้ง และกลุ่มบ่มเนื้อแบบเปียก ผลการศึกษาพบว่า pH ของกลุ่มการบ่มเนื้อแบบแห้งสูงกว่า กลุ่มการทดลองอื่น (Table 2) สอดคล้องกับ Aksu et al. (2005) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของ pH ในเนื้อวัวเกิดจากการสลายโมเลกุลของโปรตีนด้วยเอนไซม์โปรตีเอสให้มีโมเลกุลขนาดเล็กลง เป็นเปปไทด์สายสั้นๆ จากกระบวนการโปรตีโอไลซิส (proteolysis) ระหว่างการบ่ม ในขณะที่ยานวิจัยของ Shi et al. (2020) ทำการทดลองโดยใช้เนื้อโคพันธุ์ Luxi bulls จำนวน 12 ตัว ใช้กล้ามเนื้อสันนอก แบ่งการทดลองเป็น 6 กลุ่ม คือกลุ่มการบ่มเนื้อแบบเปียก กลุ่มการบ่มเนื้อแบบแห้ง กลุ่มที่บรรจุในถุงสุญญากาศที่มีอัตราการถ่ายเทอากาศ 350, 5000, 7900 และ

11,000 ก./ตร.ม./24 ชม. ที่อุณหภูมิ 23 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 50% จากการศึกษาพบว่าความเป็นพิษของการบ่มเนื้อแบบแห้งและแบบเปียกไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table3)

Table 1 Effects of different aging methods and aging time on meat quality of beef

	Cooking loss (%)	pH	Shear force (kg)
Muscle Aging			
Top round	5.55	5.31	20.58
Shank	6.01	5.59	18.69
p-value	<0.001	0.333	0.131
SEM	0.01	0.20	0.83
Aging methods			
Dry	12.91	6.24	5.14
Wet	26.36	5.37	5.76
p-value	<0.001	0.033	<0.001
SEM	0.01	0.20	0.81
Muscle type and aging method			
TR-Dry	14.88	5.84	5.47
TR-Wet	26.28	5.27	5.70
SH-Dry	10.94	6.65	4.80
SH-Wet	26.44	5.46	5.82
p-value	<0.001	0.168	0.104
SEM	0.02	0.31	1.04
Aging method and aging time			
Dry 20 day	13.61	6.11	6.55
Dry 40 day	12.20	6.38	3.72
Wet 20 day	27.66	5.62	5.46
Wet 40 day	25.06	5.12	6.05
p-value	<0.001	<0.001	0.620
SEM	0.02	0.30	1.08

TR, top round; SH, shank muscle

Source: Kim et al., (2017)

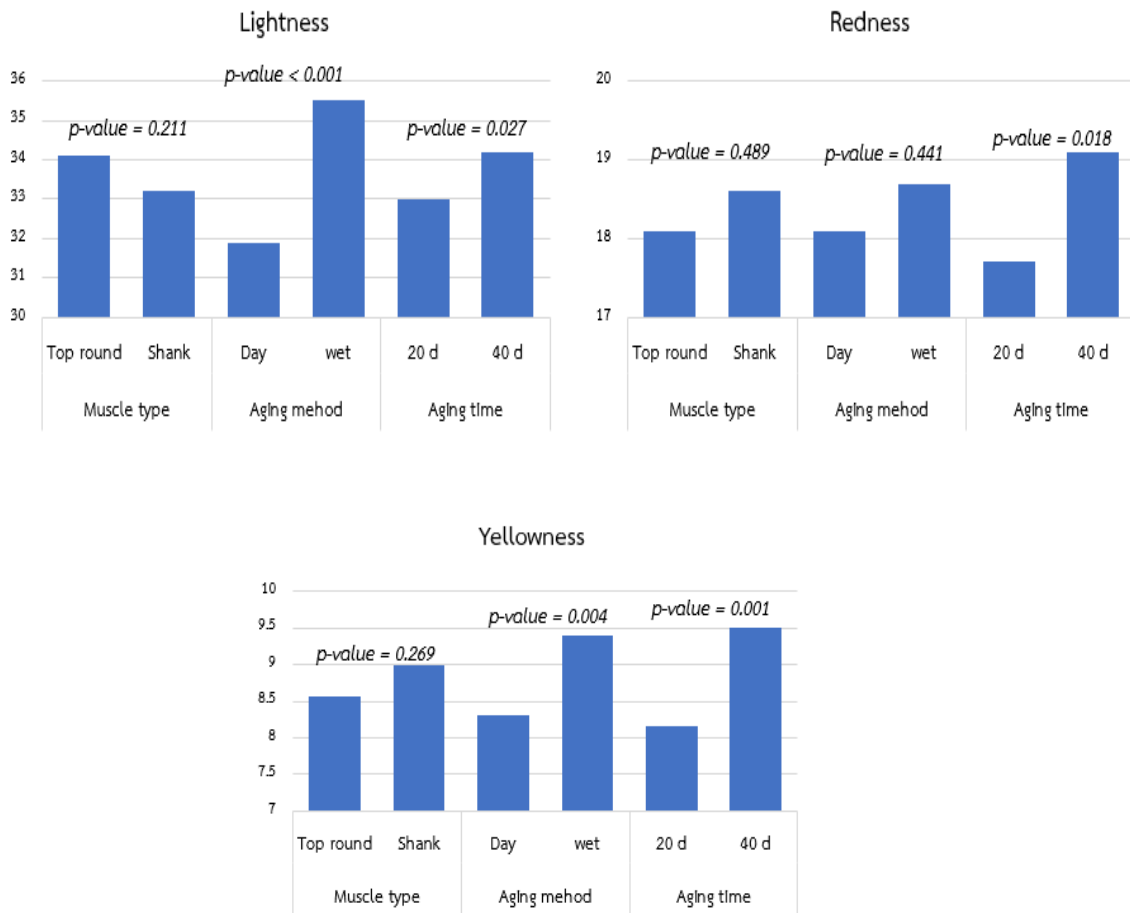


Figure 1. Values of lightness, redness and yellowness according to three factors (treatment, aging method, and aging time) of different muscles

Source: Kim et al., (2017)

ค่าสี (Color)

การวัดค่าสีของเนื้อ มีการใช้ค่าวัดอยู่ 3 ลักษณะคือ Lightness (L^*) คือ ค่าแสดงความสว่างของเนื้อ ค่า Redness (a^*) คือ แสดงความเป็นสีแดงและเขียว ค่าบวกเป็นสีแดง ค่าลบเป็นสีเขียว หรือเนื้อเน่า และ ค่า Yellowness (b^*) แสดงความเป็นสีเหลืองของเนื้อ หากค่าเป็นบวก คือ สีเหลือง มีค่าเป็นลบ คือ สีน้ำเงิน Kim et al. (2017) ทำการศึกษาค่าสีของการบ่มเนื้อ พบว่าความเป็นเนื้อสีแดงและความเป็นเนื้อสีเหลืองของการบ่มเนื้อแบบเปียกและแบบแห้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามความสว่างของการบ่มเนื้อแบบแห้งต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1) สอดคล้องกับ Shi et al. (2020) ค่าความสว่างวันที่ 0 ของการบ่มเนื้อ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่วันที่ 7 และ 14 พบว่าการบ่มเนื้อแบบแห้งมีค่าความสว่างของเนื้อต่ำที่สุด (Table 3) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kim et al. (2019) พบว่าค่าสีของการบ่มเนื้อแบบแห้ง มีค่าความสว่างของเนื้อ (L) ความเป็นสีแดงของเนื้อ (a) และความเป็นสีเหลืองของเนื้อ (b) ต่ำกว่ากลุ่มการทดลองอื่น (Table 2) ทั้งสามงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าความสว่างของการบ่มแบบแห้งต่ำกว่า เป็นผลมาจากการบ่มเนื้อ

แบบแห้งเนื้อจะสัมผัสกับอากาศตลอดเวลา และมีการจับของจุลินทรีย์บริเวณเนื้อผิวด้านนอกทำให้เนื้อมีสีคล้ำลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีของไมโอโกลบินเม็ดสีไมโอโกลบินเป็นรงควัตถุที่มีสีม่วงแดง (purplish red) ในภาวะที่มีออกซิเจน จะรวมตัวกับออกซิเจนเป็น oxymyoglobin ซึ่งมีสีแดงสดและซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเมตไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน หากสัมผัสเนื้อกับอากาศนาน (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2556)

Table 2 Effects of different aging methods on meat quality of beef

	Aging Methods				SEM	p-value
	Con	HF	HW	HD		
Cooking loss	24.40 ^b	26.46 ^a	25.28 ^{ab}	19.24 ^d	0.49	<0.001
pH	5.39 ^c	5.52 ^a	4.95 ^d	5.45 ^b	0.02	<0.001
L*	41.08 ^c	42.15 ^b	46.91 ^a	34.60 ^d	0.29	<0.001
a*	26.36 ^a	23.85 ^b	22.05 ^c	19.07 ^d	0.17	<0.001
b*	11.34 ^c	13.13 ^b	14.56 ^a	9.25 ^d	0.19	<0.001
Shear force (kg)	2.87 ^b	3.44 ^a	2.15 ^c	2.52 ^c	0.06	<0.001

CON, control group; HF: Hanwoo frozen; HW: Hanwoo wet-aging; HD: Hanwoo dry-aging; SEM: standard error of the mean. ^{a-d}Means sharing different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$)

Source: Kim et al. (2019)

การสูญเสียจากการปรุงอาหาร (Cooking loss)

Kim et al. (2017) ทำการศึกษาการสูญเสียจากการปรุงอาหาร พบว่าการบ่มเนื้อแบบแห้งมีการสูญเสียให้น้อยกว่าการบ่มเนื้อแบบเปียก (Table 1) สอดคล้องกับ Kim et al. (2019) ที่พบว่า การบ่มเนื้อแบบแห้งมีการสูญเสียให้น้อยกว่าการบ่มเนื้อแบบเปียก ($p < 0.05$) (Table 2) เช่นเดียวกันกับ Shi et al. (2020) ที่พบว่า การสูญเสียจากการปรุงอาหาร กลุ่มที่บ่มเนื้อแบบแห้งต่ำกว่ากลุ่มบ่มแบบเปียก ($p < 0.05$) (Table 3) ทั้งสามงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าการสูญเสียของกุ่มการบ่มแบบแห้งน้อยกว่า เนื่องจากการบ่มแบบแห้งเนื้อมีการสัมผัสกับอากาศตลอดเวลาเกิดการสูญเสียและมีปริมาณความชื้นที่อยู่ในเนื้อน้อยลงซึ่งเกิดจากการระเหยทำให้การสูญเสียจากการปรุงอาหารจึงต่ำกว่ากลุ่มบ่มแบบเปียก โดยปกติการระเหยของน้ำหรือความชื้นบนพื้นผิวของเนื้อเป็นกระบวนการตอบสนองทางธรรมชาติ ซึ่งผลจากการให้ความร้อนกับเนื้อทำให้โปรตีน เสียสภาพธรรมชาติ เกิดการสูญเสียจากโครงสร้างของโปรตีน ความสามารถในการจับน้ำ (Water binding capacity) ของโปรตีนลดลง (Damadoran, 1996)

Table 3 Effects of different aging methods and aging time on meat quality of beef

Trait	Time (day)	Aging Methods						SE	p-values		
		Wet	350	5000	7900	11000	Dry		Time	method	Time x Method
Cooking loss (%)	0	23.09 ^{ay}	23.28 ^{ay}	22.66 ^{ay}	23.66 ^{ay}	25.00 ^{ax}	25.04 ^{ay}				
	7	25.79 ^{abcx}	27.97 ^{abx}	28.27 ^{abx}	23.51 ^{cy}	25.10 ^{bc}	25.09 ^{bcy}	0.28	<0.001	0.001	0.001
	14	21.27 ^{cy}	28.82 ^{ax}	28.22 ^{abx}	25.90 ^{bx}	25.64 ^{bx}	27.41 ^{abx}				
pH	0	5.40 ^{ay}	5.40 ^{ay}	5.37 ^{ay}	5.38 ^{ay}	5.41 ^{ay}	5.41 ^{ay}				
	7	5.57 ^{ax}	5.58 ^{ax}	5.58 ^{ax}	5.59 ^{ax}	5.58 ^{ax}	5.58 ^{ax}	0.01	<0.001	0.848	0.466
	14	5.63 ^{ax}	5.59 ^{ax}	5.62 ^{ax}	5.59 ^{ax}	5.61 ^{ax}	5.61 ^{ax}				
L*	0	37.75 ^{ax}	37.58 ^{ax}	37.59 ^{ax}	37.12 ^{ax}	37.56 ^{ax}	38.25 ^{ax}				
	7	38.39 ^{abx}	37.63 ^{abcx}	39.26 ^{ax}	34.96 ^{dy}	37.14 ^{bcx}	35.92 ^{cdy}	0.15	0.179	0.001	0.007
	14	38.29 ^{ax}	38.25 ^{ax}	38.26 ^{ax}	37.78 ^{ax}	37.71 ^{ax}	36.69 ^{by}				
a*	0	17.31 ^{ax}	16.43 ^{ax}	17.20 ^{ax}	16.53 ^{ax}	16.05 ^{ax}	17.36 ^{ax}				
	7	15.2a ^{by}	16.26 ^{ax}	14.51 ^{by}	15.57 ^{abx}	15.16 ^{abx}	15.8 ^{abx}	0.13	<0.001	0.382	0.198
	14	14.78 ^{ay}	15.76 ^{ax}	15.85 ^{ay}	14.87 ^{ax}	14.57 ^{ax}	14.81 ^{ay}				
b*	0	6.29 ^{ax}	6.49 ^{ax}	7.23 ^{ax}	5.95 ^{ax}	6.61 ^{ax}	7.60 ^{ax}				
	7	6.19 ^{ax}	6.33 ^{ax}	6.09 ^{ay}	6.17 ^{ax}	6.11 ^{ax}	7.03 ^{ax}	0.12	<0.001	0.003	0.004
	14	5.24 ^{abx}	7.3 ^{ax}	7.05 ^{axy}	4.62 ^{bx}	4.81 ^{by}	4.67 ^{by}				
Shear Force (N)	0	81.13 ^{ax}	76.42 ^{az}	68.08 ^{ax}	76.62 ^{ax}	79.39 ^{ax}	81.62 ^{ax}				
	7	29.82 ^{bcy}	43.56 ^{ay}	35.81 ^{acy}	30.71 ^{bcy}	32.86 ^{bcy}	25.70 ^{cy}	2.58	<0.001	0.199	0.006
	14	33.84 ^{ay}	31.59 ^{ax}	33.84 ^{ay}	27.66 ^{aby}	29.04 ^{ay}	22.79 ^{by}				

Under aging methods, 350, 5000, 7900, and 11,000 mean the transmission of water vapor of four different moisture-permeable packagings, respectively; p-values after columns indicate the level of significance including aging time, aging methods, and their interaction; SE: standard error; ^{a~d} within the same row indicates a significant difference (p < 0.05) between aging methods, ^{x~z} within the same column indicates a significant difference (p < 0.05) between aging time.

Source: Shi et al. (2020)

ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ (Shear force)

Shi et al. (2020) พบว่าในวันที่ 0 วิธีการบ่มเนื้อไม่มีผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อความแตกต่างกัน ขณะที่วันที่ 7 และ 14 ระยะเวลาการบ่มส่งผลทำให้แรงตัดผ่านของการบ่มเนื้อแบบแห้งมีค่าต่ำกว่าการบ่มแบบเปียก (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับ Kim et al. (2017) ที่พบว่า การบ่มแบบเปียกและแห้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามระยะเวลาการบ่มที่ 20 และ 40 วัน ของการบ่มเนื้อทั้งสองแบบแตกต่างกัน (Table 1) ซึ่งเกิดจากเอนไซม์โปรตีเอสที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ย่อยเส้นใยกล้ามเนื้อ (myofibril) และโปรตีนที่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มีผลให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บรักษา (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2556) อย่างไรก็ตาม Kim et al. (2019) ทำการศึกษาแรงตัดผ่านเนื้อ พบว่า การบ่มเนื้อแบบเปียกและแบบแห้งมีค่าแรงตัดเฉือนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากความนุ่มของเนื้อโคมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ ได้แก่ อายุ เพศ อัตราการเกิดไกลโคลิซิส ปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในมัดกล้ามเนื้อ ความยาว ของซาร์โคเมอร์ (sarcomere length) สภาวะการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อ การสลายตัวของโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อหลังการฆ่า (proteolysis post-slaughter) อิทธิพลของเอนไซม์ proteinases และปัจจัยด้านไขมันแทรกในเนื้อ (Warner et al., 2010) โดยปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อ ความนุ่มของเนื้อ คือ ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ที่สะสมในเนื้อ ซึ่งส่วนมากจะเป็น คอลลาเจน (collagen effect) และโปรตีนจากเส้นใย กล้ามเนื้อ (actomyosin effect) (สุทธิพงศ์, 2542) และนอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลา ในการบ่มเนื้อ ความเร็วในการลดอุณหภูมิเนื้อ และวิธี การปรุงอาหาร ก็ล้วนมีผลต่อความนุ่มของเนื้อโคด้วยเช่นกัน (จุฑารัตน์ และญาณิน, 2548)

ผลการบ่มเนื้อแบบแห้งและเปียกต่อคุณค่าทางประสาทสัมผัส

คุณสมบัติทางเนื้อสัมผัส (texture profile)

Shi et al. (2020) พบว่า ในวันที่ 7 และ 14 ของการบ่มเนื้อ ค่าความทนทานต่อแรงกด (Hardness) การเกาะติดกันของเนื้อ (Cohesiveness) และเนื้อสัมผัส (Chewiness) ของการบ่มเนื้อแบบแห้งต่ำกว่าการบ่มแบบเปียก ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามความยืดหยุ่น (Springiness) ของเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 4) งานวิจัยนี้สอดคล้องกับ Kim et al. (2019) พบว่าการบ่มเนื้อแบบแห้ง มีค่าเนื้อสัมผัส (Chewiness) ความชุ่มฉ่ำ (Juiciness) กลิ่นรสของเนื้อ (Flavor) และการยอมรับโดยรวม (Overall acceptance) สูงกว่าการบ่มแบบเปียก (Figure 2) ซึ่งสอดคล้องกับ ชัยณรงค์ (2529) ที่รายงานว่าพบว่าการเกิดขึ้นของรสชาติเฉพาะนั้น เกิดขึ้นมาได้โดยแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก ในทางปฏิบัติโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในยุโรปและอเมริกานั้น จะมีการเติมเชื้อแบคทีเรียเหล่านี้เข้าไปในเนื้อผสมโดยตรง เชื้อเหล่านี้ได้แก่ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* เป็นต้น ในทางกลับกัน ความนุ่ม (Tenderness) ของการบ่มแบบเปียกมีค่าสูงกว่าการบ่มแบบแห้ง เนื่องจากการบ่มเนื้อแบบเปียกเป็นการบ่มในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศจะช่วยการป้องกันการสูญเสียความชื้นออกจากชิ้นเนื้อ รักษาความฉ่ำของเนื้อทำให้เนื้อนุ่มมากขึ้น

Table 4 Effects of different aging methods and aging time on texture profile analysis (TPA) of beef

Trait	Time (d)	Aging Methods						SE	p-values		
		Wet	350	5000	7900	11000	Dry		Time	Method	Time × Method
Hardness	0	13,885.00 ^{ax}	15,676.31 ^{ax}	14,344.76 ^{ax}	15,036.12 ^{ax}	14,462.26 ^{ax}	15,988.77 ^{ax}	203	<0.001	<0.001	<0.001
	7	14,489.43 ^{ax}	14,006.18 ^{ax}	13,497.55 ^{ax}	10,995.27 ^{by}	11,386.99 ^{by}	11,136.72 ^{by}				
	14	13,711.00 ^{abx}	14,911.28 ^{ax}	14,359.48 ^{ax}	11,657.09 ^{by}	11,386.99 ^{by}	9133.81 ^{cz}				
Springiness	0	0.464 ^{ay}	0.463 ^{ax}	0.442 ^{ay}	0.465 ^{ay}	0.479 ^{ax}	0.475 ^{ax}	0.01	0.001	0.468	0.667
	7	0.518 ^{ax}	0.482 ^{ax}	0.518 ^{ax}	0.503 ^{axy}	0.499 ^{ax}	0.507 ^{ax}				
	14	0.487 ^{ay}	0.470 ^{ax}	0.476 ^{axy}	0.514 ^{ax}	0.502 ^{ax}	0.495 ^{ax}				
Cohesiveness	0	0.519 ^{axy}	0.493 ^{ax}	0.480 ^{ay}	0.519 ^{ax}	0.503 ^{ax}	0.517 ^{ax}	0.01	<0.001	0.056	0.003
	7	0.533 ^{ax}	0.490 ^{abx}	0.530 ^{ax}	0.484 ^{by}	0.490 ^{bx}	0.484 ^{bx}				
	14	0.487 ^{ay}	0.481 ^{ax}	0.506 ^{axy}	0.478 ^{ay}	0.481 ^{ax}	0.441 ^{by}				
Chewiness	0	3145.06 ^{ax}	3768.84 ^{ax}	318166 ^{ax}	3703.85 ^{ax}	3646.82 ^{ax}	3947.95 ^{ax}	74.1	<0.001	0.08	0.003
	7	3878.69 ^{ax}	3333.02 ^{ax}	3809.51 ^{ax}	2582.78 ^{by}	2859.62 ^{by}	2729.91 ^{by}				
	14	3022.42 ^{abx}	3222.11 ^{abx}	3456.25 ^{ax}	2825.88 ^{by}	2760.79 ^{by}	2035.61 ^{cy}				

Under aging methods, 350, 5000, 7900, and 11,000 mean the transmission of water vapor of four different moisture-permeable packagings, respectively; p-values after columns indicate the level of significance including aging time, aging methods, and their interaction; SE: standard error; a-d within the same row indicates a significant difference ($p < 0.05$) between aging methods, x-z within the same column indicates a significant difference ($p < 0.05$) between aging time.

Source: Shi et al. (2020)

(พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2556) และระยะเวลาของการบ่มเนื้อที่ยาวนานขึ้นโดยจะทำให้สภาพแวดล้อมภายในเนื้อเกิด การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี คือทำให้ actomyosin ถูกตัดขาด ณ บริเวณ Z-line ทำให้ความตึงตัวลดลง และเป็นเหตุให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อีกกิจกรรม ที่พบขณะบ่มซาก คือ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเนื้อ โดยสารย่อย cathepsins เกิดการรั่วไหลออกมานอกเซลล์ แล้วเข้าไปย่อยโปรตีนบริเวณ Z-line ดังกล่าว จึง ทำให้ sarcomere มีความยาวขึ้นและเนื้อมีความนุ่มขึ้น (ชัยณรงค์, 2529)

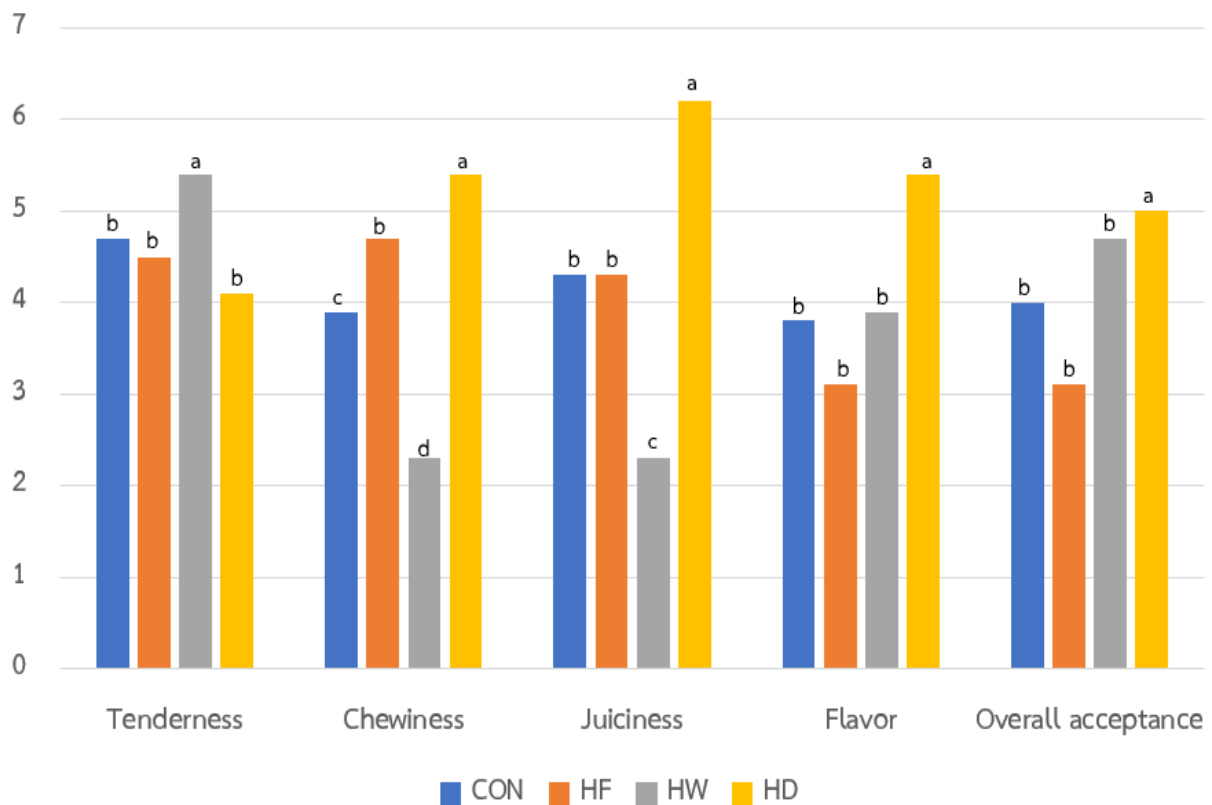


Figure 2. Electronic tongue scores of Hanwoo sirloins after the freezing or aging processes
CON: control group; HF: Hanwoo frozen; HW: Hanwoo wet-aging; HD: Hanwoo dry-aging.

^{a-d}Means sharing different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Source: Kim et al. (2019)

คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส (Sensory properties)

Kim et al. (2017) พบว่า ความขม (Bitterness) ความฝาด (Astringency) รสชาติอร่อย (Umami) ความเค็ม (Saltiness) ของการบ่มแบบแห้งมีค่ามากกว่าการบ่มแบบเปียก ในขณะที่กลิ่นเปรี้ยว (Sourness) ของการบ่มแบบเปียกมากกว่าการบ่มแบบแห้ง แต่ความกลมกล่อม (Richness) ของการบ่มแบบแห้งและแบบเปียกก็ไม่แตกต่างกัน (Table 5) สอดคล้องกับ Kim et al. (2019) ที่พบว่า การบ่มแบบแห้งมีความขม (Bitterness) ความฝาด (Astringency) ความกลมกล่อม (Richness) และความอร่อย (Umami) ความเค็ม (Saltiness) สูงกว่าการบ่มแบบเปียกเช่นกัน ($p < 0.05$) ในทางกลับกันกลิ่นเปรี้ยว (Sourness) ของการบ่ม

แบบเปียกสูงกว่าการแบบแบบแห้ง (Figure 3) ซึ่งรสชาติส่วนใหญ่ของเนื้อโคอาจได้รับอิทธิพลมาจากองค์ประกอบของกรดอะมิโนอิสระ (Watanabe et al., 2016) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของรสชาติหลังจากกระบวนการบ่มเนื้อเกิดจากการดอะมิโนอิสระและนิวคลีโอไทด์ เช่นกลูตาเมต และแอสพาเทตที่มีผลต่อรสชาติความอร่อย (Liu et al., 2007) ความเค็มในเนื้อ พบว่าการบ่มแบบเปียกมีความเค็มน้อยกว่า เนื่องจากการบ่มเนื้อแบบเปียกเป็นการบ่มในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศจะช่วยการป้องกันการสูญเสียความชื้นออกจากชิ้นเนื้อและป้องกันการสูญเสียน้ำทำให้เกิดกระบวนการออสโมซิส น้ำถูกดึงกลับเข้าไปภายในเซลล์ทำให้เนื้อมีความเค็มลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ความเปรี้ยวเกิดจากแบคทีเรียที่อยู่ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนสร้างกรดแลกติก โดยแบคทีเรียจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในเนื้อเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดแลกติก จึงทำให้เนื้อมึกลิ่นเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้น (Warren and Kastner, 1992)

Table 5 Effects of different aging methods and aging time on Sensory properties of beef

	Sourness	Bitter	Astrin	Umami	Rich	Saltiness
Aging method						
Dry	-25.81	6.95	-1.92	10.73	0.95	-7.61
Wet	-15.75	3.75	-2.58	7.73	0.98	-8.42
p-value	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.398	<0.001
SEM	0.52	0.13	0.05	0.19	0.02	0.08
Muscle type and aging method						
TR-Dry	-23.23	6.29	-2.10	9.99	0.79	-7.98
TR-Wet	-16.59	4.00	-2.68	7.93	0.80	-8.76
SH-Dry	-28.39	7.61	-1.74	11.48	1.12	-7.25
SH-Wet	-14.91	3.51	-2.48	7.53	1.17	-8.08
p-value	0.002	0.001	0.304	0.007	0.528	0.816
SEM	0.73	0.18	0.07	0.26	0.03	0.11
Aging method and aging time						
Dry 20 day	-20.83	4.79	-2.18	9.41	1.30	-7.85
Dry 40 day	-30.79	9.11	-1.66	12.06	0.60	-7.38
Wet 20 day	-15.20	3.46	-2.66	7.67	1.26	-8.47
Wet 40 day	-16.30	4.05	-2.50	7.80	0.71	-8.36
p-value	<0.001	<0.001	0.031	0.001	0.051	0.135
SEM	0.73	0.18	0.07	0.26	0.03	0.11

Bitterness, Bitter; Astrin, Astringency of astringency; Rich is aftertaste of umami.

Source: Kim et al., (2017)

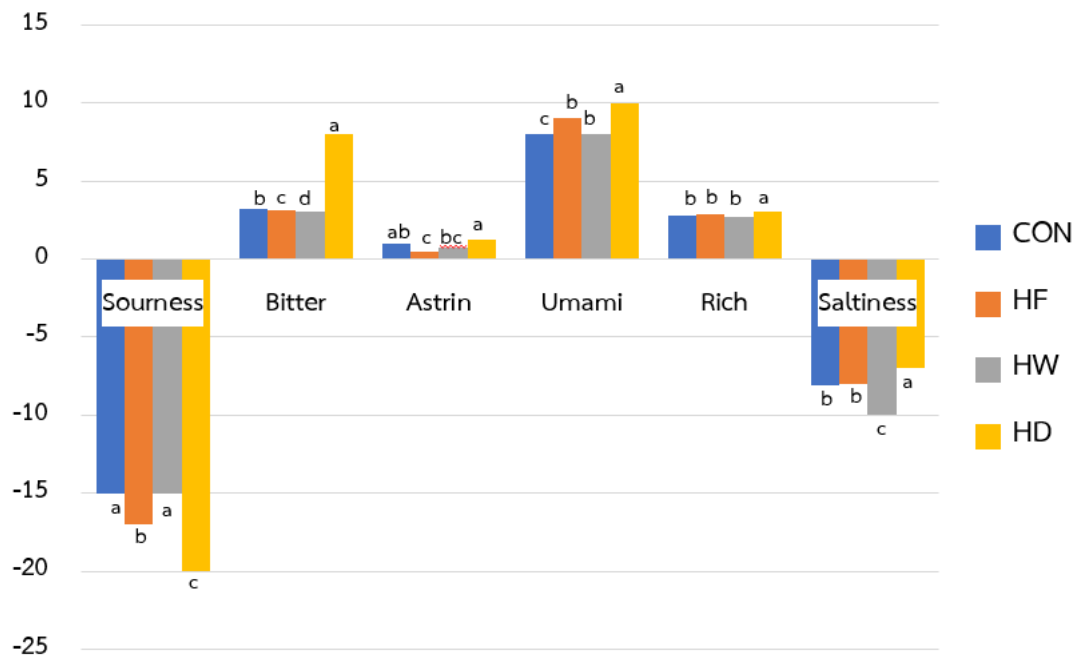


Figure 3. Sensory properties of Hanwoo sirloins after the freezing or aging processes, 7-Point hedonic scale (1 = extremely dislike, 7 = extremely like). CON, control group; HF, Hanwoo frozen; HW, Hanwoo wet-aging; HD, Hanwoo dry-aging. ^{a-d}Means sharing different letters in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Source: Kim et al. (2019)

สรุป

จากผลการศึกษาทั้ง 3 ฉบับ เกี่ยวกับการบ่มเนื้อแบบแห้งและการบ่มแบบเปียก สามารถสรุปได้ว่าการบ่มเนื้อแบบแห้งมีผลดีต่อคุณภาพเนื้อมากกว่าการบ่มแบบเปียก เนื่องจากมีค่าสีของเนื้อ การสูญเสียน้ำจากการปรุงสุก แรงตึงเนื้อของเนื้อ ความทนทานต่อแรงกด การเกาะติดกันของเนื้อ กลิ่นเปรี้ยว ต่ำกว่าการบ่มแบบเปียก ในขณะที่ค่า pH เนื้อสัมผัส ความชุ่มฉ่ำ กลิ่นรส การยอมรับโดยรวม ความเค็ม และรสชาติอร่อย ของการบ่มแบบแห้งมีค่าสูงกว่าการบ่มแบบเปียก แม้ว่าค่าความนุ่ม ของเนื้อที่ได้จากการบ่มแบบเปียกจะสูงกว่าการบ่มแบบแห้งก็ตาม

เอกสารอ้างอิง

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และญาณิน โอภาสพัฒนกิจ. 2548. “คุณภาพของเนื้อโคภายใต้ระบบการผลิตและการตลาดของประเทศไทย”. บริษัทสุพีเรียฟรินติ้งเฮาส์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. “วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์”. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช. กรุงเทพฯ.

- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์. 2556. “Meat aging / การบ่มเนื้อสัตว์”. (ออนไลน์). สืบค้น จาก: <https://1th.me/8wQvs> (เข้าถึงเมื่อ 01 กุมภาพันธ์ 2564).
- สุทธิพงศ์ อุริยะพงศ์สรรค์. 2542. “เนื้อสัตว์และเคมีเนื้อสัตว์”. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สัณชัย จตุรสิทธิ์ธา. 2543. “เทคโนโลยีเนื้อสัตว์”. เชียงใหม่:ธนบรรณการพิมพ์.
- Aksu, M.I., Kaya M., and Ockeman H.W. 2005. “Effect of modified atmosphere packaging and temperature on the shelf life of sliced pastrima produced from frozen/thawed meat”. **J. Muscle Foods**. 16:192-206.
- Damodaran, S. 1996. “Amino acids, peptides and proteins In Food Chemistry”. **Food Chemistry**. 321- 429.
- Kim, J., Jeon M., and Lee C. 2019. “Physicochemical and sensory characteristics of commercial, frozen, dry-aged and wet-aged Hanwoo sirloins”. **Asian-Australas J Anim Sci**. 32(10):1621-1629.
- Kim, J., Kim D., Ji D., Lee H., Yoon D., and Lee C. 2017. “Effect of Aging Process and Time on Physicochemical and Sensory Evaluation of Raw Beef Top Round and Shank Muscles Using an Electronic Tongue”. **Food Sci**. 37(6): 823-832.
- Shi, Y., Zhang W., and Zhou G. 2020. “Effects of Different Moisture-Permeable Packaging on the Quality of Aging Beef Compared with Wet Aging and Dry Aging”. **Foods**. 9:1-13.
- Warner, R.D., Greenwood P.L., Pethick D.W., and Ferguson D.M. 2010. “Genetic and environmental effects on meat quality”. **Meat Sci**. 86: 171-183.
- Warren, K. E., and Kastner C.L. 1992. “A comparison of dry-aged and vacuum aged beef strip loins”. **J. Muscle Foods**, 3:151-157.
- Watanabe, G., Kobayashi H., Shibata M., Kubota M., Kadowaki M., and Fujimura S. 2016. “Reduction of dietary lysine increases free glutamate content in chicken meat and improves its taste”. **Anim. Sci. J**. 88(2): 300-305.