

초음파 및 저온 침지숙성에 따른 돈육의 부위별 품질특성

남정현 · 김철범¹ · 고덕훈² · 천지연*
제주대학교 식품공학과, ¹딥플랜트, ²탐라인

Change in Quality of Pork Belly and Pork Shoulder with Low Temperature Hydrostatic Pressure and Ultrasound Treatment during Storage

Jung-Hyun Nam, Chul-Beom Kim¹, Deok-Hoon Ko², and Ji-Yeon Chun*

¹Department of Food Bioengineering, Jeju National University

²DEEPLANT, Korea

³TAMRAIN, Korea

Abstract

Meat aging methods consist of dry aging, wet aging, and water aging. Ultrasonic and high-pressure processing has been applied to enhance meat quality in the meat aging process. This study investigated the effects of pressure and ultrasonic processing on pork belly and shoulder. The vacuum-packed pork belly and shoulder were stored in a water chamber at 0.1 MPa or 1 MPa during aging and then ultrasonic treated with a strength of 40 kHz before quality characterization. The water holding capacity of the pressure treatment group was 94.23±1.87% for the belly and 93.93±0.86% for the shoulder, which was higher than other groups. The cooking loss was the lowest ultrasonic, pressure treatment group (26.73±1.08%) in the belly and pressure treatment group (28.06±1.85%) in the shoulder. The hardness showed the lowest ultrasonic and pressure treatment group in the belly (7.13±1.41 N) and shoulder (6.49±2.17 N). The L^* and a^* value of the belly were increased compared to the early days of storage. When pressure and ultrasound were treated on pork belly and shoulder, positive effects such as increased water holding capacity, reduced hardness and cooking loss, and improved color were observed.

Key words: pork belly, pork shoulder, wet aging, ultrasound, hydrostatic pressure

서 론

국민소득 수준 향상과 외식산업 발전으로 1인당 육류 소비량은 해를 거듭할수록 증가하고 있으며 소비자는 더욱 좋은 품질을 요구하며 제공받기를 원한다. 돼지고기 소비량은 쇠고기와 닭고기 소비량의 2배 정도를 차지하고 있으며 소비자들은 돼지고기를 더욱 선호하는 것으로 생각된다 (Kostat, 2020).

식육은 도살 이후 사후강직에 의해 근육이 수축되어 질겨지게 되고, 저장 중 단백질분해효소 작용과 근육 이완으로 육질이 연해지는데 이를 숙성이라 한다(Park et al., 2016). 식육에 있어서 숙성이란 부가가치를 창출하며 식미를 증진할 수 있는 방식 중의 하나이며 숙성의 방법으로는

건식숙성과 습식숙성 방법이 있다. 건식숙성은 포장하지 않은 식육을 공기 중에 노출시켜 숙성하는 방법으로 부드러운 질감을 갖게 되며 독특한 풍미가 생기게 된다. 하지만 숙성과정 중 수분손실이 발생하고, 손질 과정에서 겉면을 잘라내기 때문에 중량손실이 발생하며 미생물학적 안전성에 대한 논란도 있다(Choe & Kim, 2013; An et al., 2020). 습식숙성은 진공포장 상태로 저장하여 숙성하는 방법으로 건식숙성보다 중량손실이 적으며 선도유지, 보관 등이 용이하기 때문에 널리 사용되는 방법이지만 장기간 보관시 육즙 감량이 많고 육질이 저하되는 단점이 있다(Ha et al., 2019). 또한 최근에는 수분이 통과하지 않도록 포장지로 밀착하여 합기포장하여 냉장수(약 2°C) 또는 염수에 침지하는 침지숙성법도 많이 쓰이는 추세이다. 침지숙성은 기존 습식숙성에 비해 중량손실을 줄일 수 있으며 식육 고유의 색을 유지하며 숙성할 수 있다(Joo & Park, 2001). 특히 염수침지숙성은 일반 냉장수에 비해 빙점이 낮기 때문에 식육을 0°C 이하의 저온에서 침지하여 숙성할 수 있다.

식육의 품질을 개선하는 방법으로는 초음파처리

*Corresponding author: Ji-Yeon Chun, Department of Food Bioengineering, Jeju National University, 102 Jejudaehak-ro, Jeju-si, Jeju-do, 63243, Korea
Tel: +82-64-755-3601; Fax: +82-64-755-3601
E-mail: chunjiyeon@jejunu.ac.kr
Received March 29, 2021; revised May 17, 2021; accepted May 24, 2021

(ultrasonication)가 적용되고 있는데, 식육의 초음파 처리는 연도 증가, 보수력 상승, 감열감량 감소, 가열시간 단축 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Jung et al., 2019). 또한, Alarcon-Rojo et al. (2015)은 초음파 처리가 근육의 완전성을 붕괴시키고 콜라겐의 구조를 변형하여 연도를 증진시킨다고 하였으며, 육질에 영향을 주지 않고 염의 확산에 도움을 줄 수 있으며 미생물 감소, 드립 손실 감소, 해동 시간 단축 등의 효과도 있다고 하였다. Jayasooriya et al. (2007)은 쇠고기에 초음파 처리를 하였을 때 전단력과 경도의 감소, pH 증가, 가열감량 감소 등의 효과가 있다고 보고하였다. 고압처리는 육단백질 형성에 영향을 미치고 단백질의 변성, 응집, 겔화를 유도하게 되는데 이는 소수성 및 정전기적 상호작용의 파괴에서 기인하며 이에 의해 육류의 다즙성, 탄력성, 씹힘성이 증가하는 것으로 알려져 있다(Sun & Holley, 2010).

지금까지 국내에서는 건식숙성 조건에 따른 쇠고기의 품질변화가 주로 연구되었고, 침지숙성법과 돼지고기의 숙성에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 소비자의 기호도가 높은 돼지고기 부위인 삼겹살과 목살을 저온의 염수에서 정수압을 가하며 20일 동안 침지숙성한 뒤, 초음파 처리에 따른 품질특성 차이를 관찰하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 처리과정

본 연구에서 사용한 시료는 제주시 탐라인 영농조합법인에서 도축된 돈육의 삼겹살과 목살을 구입하여 사용하였다. 삼겹살과 목살은 각각 400 g씩 2중 진공포장 하여 -1°C 의 염수에서 1 MPa의 정수압(hydrostatic pressure)을 가하

면서 20일 동안 저온 침지숙성하였고, 숙성 후 60분간 초음파 처리(1200 W, 40 kHz)를 하여 모든 숙성과정을 마무리하였다(Fig. 1). 저온 침지숙성 돈육은 정수압을 달리하여 5일, 10일, 20일 동안 숙성한 뒤 초음파 처리하여 품질특성을 분석하였으며, 샘플은 숙성방법 및 초음파 처리에 따라 Control, US, HP, USHP로 구분하였다(Table 1).

색도

색도는 시료에서 근막과 지방을 제거하여 근육 부분만을 취하여 3 mm plate 장착한 grinder (Kenwood MG510, Havant, UK)를 이용하여 3회 분쇄하여 색차계(TCR200, PCE Americas Inc., Jupiter, FL, USA)를 이용하여 L^* , a^* , b^* 값을 5회 반복 측정하였다. 이 때 표준 백색판의 L^* , a^* , b^* 값은 93.90, 3.95, -9.54이었다.

pH

pH는 시료 5 g을 취하여 증류수 45 mL를 가한 뒤 homogenizer (Ultra Turrax T25, IKA, Braun, Germany)로 13,500 rpm에서 10초간 균질하여 pH-meter (S470 Seven-

Table 1. Information of hydrostatic pressure and ultrasound treatment on pork belly and shoulder

Sample name	Treatment		
	Atmospheric pressure (-1°C , 0.1 MPa)	Hydrostatic pressure (-1°C , 1 MPa)	Ultrasound (1200 W, 40 kHz)
Control	○		
US	○		○
HP		○	
USHP		○	○

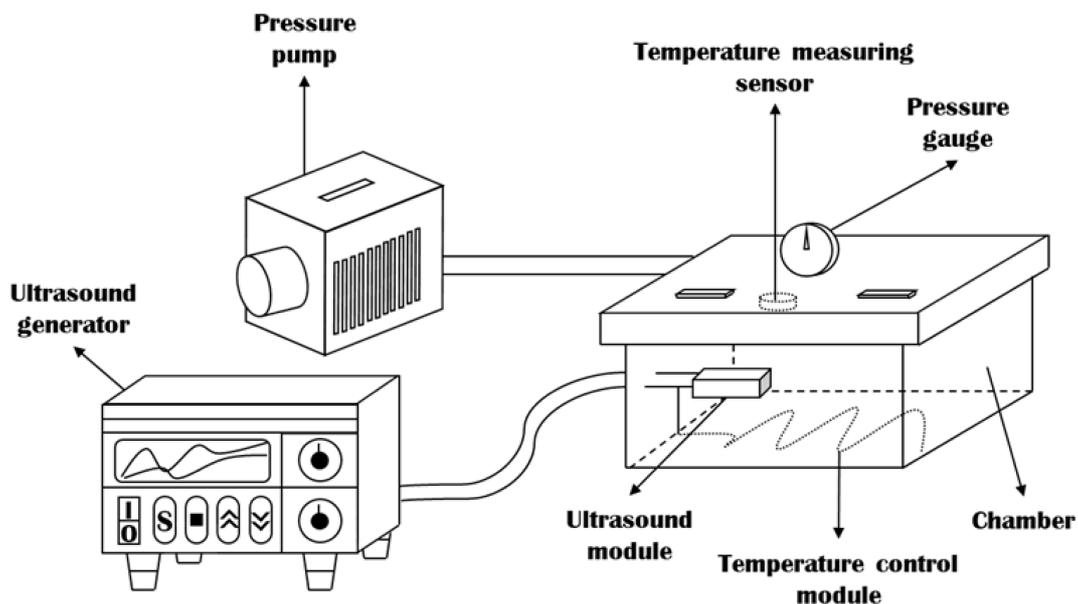


Fig. 1. Schematic diagram of pressure and ultrasound operation system.

Excellence™, Inti Inc., Schwerezenbach, Switzerland)로 5회 반복 측정하였다.

보수력

보수력은 Shim et al. (2009)의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료 1g을 건조된 거즈가 들어있는 튜브에 넣어 4°C로 조절된 원심분리기(LaboGene 1248R, GYROZEN, Daejeon, Korea)로 3,000 rpm으로 10분간 원심분리 하였다. 원심분리 후 튜브에서 시료를 제거한 후 무게를 측정하여 다음의 공식으로 계산하였다.

$$\text{보수력(\%)} = \left[1 - \left(\frac{\text{원심분리 후 튜브(g)} - \text{원심분리 전 튜브(g)}}{\text{시료(g)}} \right) \right] \times 100$$

가열감량

시료를 약 6g으로 정형하여 밀봉한 후 70°C로 조절된 항온수조(DWB-22, Korea Material Scientific Co., Seoul, Korea)에서 30분간 가열한 후 30분간 상온에서 냉각하였고 다음의 공식으로 계산하였다.

$$\text{가열감량(\%)} = \frac{\text{가열 전 시료(g)} - \text{가열 후 시료(g)}}{\text{가열 전 시료(g)}} \times 100$$

경도

경도(Hardness)는 Park et al. (2019)의 방법에 따라 측정하였다. 시료를 2 cm × 2 cm × 2 cm로 정형한 후 근섬유 방향과 직각이 되도록 하여 Texture analyzer (CT3 10K, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)로 10회 이상 측정하였다. TA-25/1000 50.8 mm D probe를 장착하였으며 측정 조건은 deformation 40%,

trigger load 0.1 N, pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 2.0 mm/s, post-test speed 2.0 mm/s로 하였다.

통계처리

실험결과와 통계처리는 Minitab 18 (Minitab Inc., State College, PA, USA)을 이용하여 Tukey의 Multiple range test에 의해 분석하였고 *p* 값이 0.05 미만일 때 유의적 차이가 있다고 간주하였다.

결과 및 고찰

색도 및 외관

육색은 일반 소비자들이 식육을 선택하는데 있어 중요한 요소이고, 밝은 선홍빛 육색이 소비자들이 가장 선호하며 구매 욕구를 불러일으킨다(Kang et al., 2014). 숙성기간 중 삼겹살과 목살의 색도는 Table 2와 3, 외관은 Table 4와 5에 나타내었다. 삼겹살의 경우 명도와 적색도 모두 숙성 초기에 비해 증가하는 경향을 나타내었으며 정수압을 가하여 숙성했을 때 다른 처리구에 비해 높은 적색도를 나타내었다. 목살의 경우 숙성기간에 따른 명도의 뚜렷한 변화는 없었으며, 적색도는 0일 때에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었으나(*p*<0.05), 숙성기간 및 처리에 따른 유의적 차이가 거의 없었다. 삼겹살과 목살의 외관은 숙성 시작일(0일)에 암적색에 가까웠으며 숙성하는 동안 밝기가 향상된 것으로 보이며 특히, 정수압에서 숙성하고 초음파 처리한 시료의 외관이 비교적 밝은 것으로 나타났다(Table 4와 5).

Joo (2019)의 연구에서 냉장 저장 중 돈육의 부위별 색도 변화를 관찰한 결과 저장기간이 증가함에 따라 삼겹살과 등심의 명도가 유의적으로 증가하였으며 목살은 유의적 변화를 나타내지 않았다. 근육에 함유된 미오글로빈은 산소에 노출된 정도에 따라서 색이 변화하는데, 보통 포장

Table 2. Changes in color of pork belly treated with hydrostatic pressure or ultrasound during storage at -1°C

Color	Storage days	Control ¹⁾	US	HP	USHP
L*	0	48.25±0.59 ^{Ac}	48.20±0.31 ^{Ad}	48.25±0.59 ^{Ac}	48.20±0.31 ^{Ac}
	5	56.49±0.20 ^{Bb}	55.49±0.43 ^{Cc}	57.17±0.06 ^{Ab}	55.11±0.42 ^{Db}
	10	58.49±0.39 ^{Ca}	60.08±0.27 ^{Aa}	57.07±0.26 ^{Db}	59.55±0.50 ^{Ba}
	20	58.87±0.23 ^{Ba}	59.13±0.27 ^{Bb}	58.30±0.60 ^{Ca}	59.87±0.38 ^{Aa}
a*	0	11.89±0.35 ^{Ad}	11.54±0.12 ^{Bd}	11.89±0.35 ^{Ac}	11.54±0.12 ^{Bb}
	5	13.07±1.24 ^{Bc}	12.35±0.69 ^{BCc}	16.34±0.18 ^{Aa}	11.74±0.32 ^{Cb}
	10	16.32±0.23 ^{Aa}	15.87±0.52 ^{Ba}	16.54±0.08 ^{Aa}	15.32±0.10 ^{Ca}
	20	14.34±0.12 ^{Db}	14.70±0.23 ^{Cb}	15.79±0.11 ^{Ab}	15.34±0.20 ^{Ba}
b*	0	0.44±0.36 ^{Aa}	0.09±0.17 ^{Bb}	0.44±0.36 ^{Ac}	0.09±0.17 ^{Bd}
	5	-1.19±0.38 ^{Dc}	-0.61±0.13 ^{Cc}	1.39±0.06 ^{Aa}	0.35±0.18 ^{Bc}
	10	-0.10±0.09 ^{Db}	0.43±0.25 ^{Ca}	0.78±0.10 ^{Bb}	1.20±0.09 ^{Aa}
	20	0.18±0.20 ^{Cab}	0.51±0.22 ^{ABa}	0.46±0.11 ^{Bc}	0.65±0.08 ^{Ab}

¹⁾Control, -1°C, 0.1 MPa; US, -1°C, 0.1 MPa, ultrasound; HP, -1°C, 1 MPa; USHP, -1°C, 1 MPa, ultrasound.

^{A-D}Means±SE within same row with different superscript letters differ significantly at *p*<0.05.

^{a-d}Means±SE within same column with different superscript letters differ significantly at *p*<0.05.

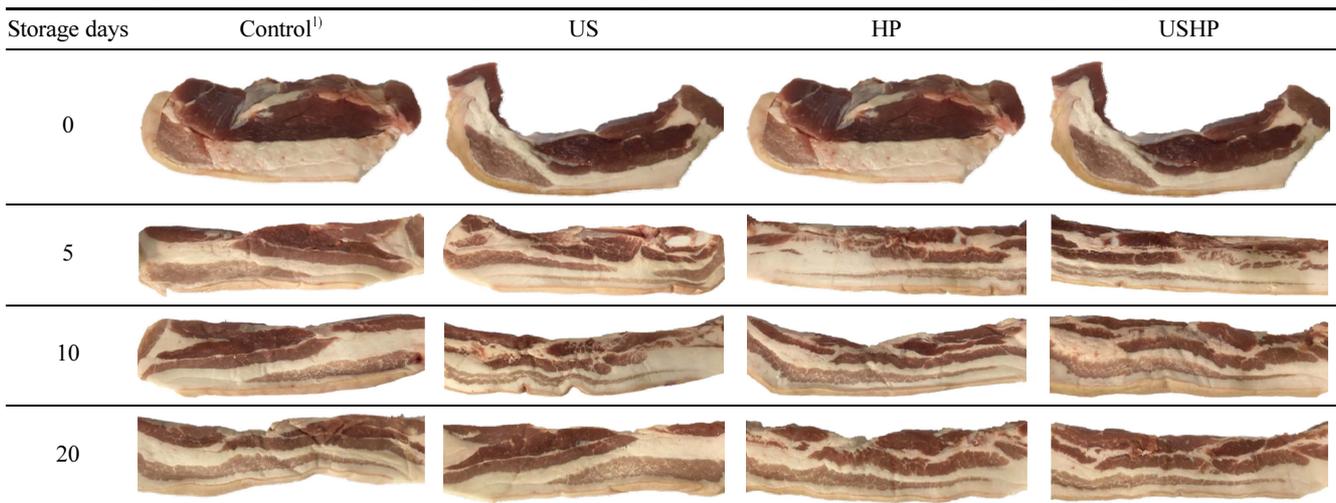
Table 3. Changes in color of pork shoulder treated with hydrostatic pressure or ultrasound during storage at -1°C

Color	Storage days	Control ¹⁾	US	HP	USHP
L*	0	52.87±0.25 ^{Aa}	48.65±0.11 ^{Bbc}	52.87±0.25 ^{Aa}	48.65±0.11 ^{Bc}
	5	51.44±0.44 ^{Ab}	50.90±0.28 ^{Ba}	49.20±0.59 ^{Cd}	51.00±0.48 ^{ABa}
	10	48.74±0.61 ^{Bd}	48.31±1.12 ^{Bc}	50.28±0.37 ^{Ab}	50.05±0.63 ^{Ab}
	20	50.59±0.48 ^{Ac}	49.12±0.12 ^{Cb}	49.70±0.27 ^{Bc}	50.19±0.82 ^{ABb}
a*	0	12.88±0.39 ^{Bb}	13.31±0.26 ^{Ac}	12.88±0.39 ^{Bc}	13.31±0.26 ^{Ac}
	5	19.13±0.92 ^{Ba}	19.71±0.67 ^{ABb}	19.92±0.48 ^{Aa}	18.18±0.34 ^{Cb}
	10	19.02±0.39 ^{Aa}	19.46±1.52 ^{Ab}	19.71±0.57 ^{Aa}	19.59±0.64 ^{Aa}
	20	18.61±0.54 ^{Ca}	20.64±0.14 ^{Aa}	18.88±0.68 ^{Cb}	19.46±0.64 ^{Ba}
b*	0	-1.38±0.12 ^{Bc}	-0.51±0.14 ^{Ad}	-1.38±0.12 ^{Bd}	-0.51±0.14 ^{Ac}
	5	0.29±0.48 ^{Bb}	0.34±0.19 ^{Bb}	0.48±0.26 ^{Bc}	1.28±0.20 ^{Ab}
	10	0.44±0.24 ^{Cb}	-0.24±0.33 ^{Dc}	0.83±0.11 ^{Bb}	1.76±0.34 ^{Aa}
	20	1.52±0.20 ^{Ba}	2.31±0.10 ^{Aa}	2.14±0.17 ^{Aa}	1.55±0.31 ^{Ba}

¹⁾Control, -1°C, 0.1 MPa; US, -1°C, 0.1 MPa, ultrasound; HP, -1°C, 1 MPa; USHP, -1°C, 1 MPa, ultrasound.

^{A-D}Means±SE within same row with different superscript letters differ significantly at $p<0.05$.

^{a-d}Means±SE within same column with different superscript letters differ significantly at $p<0.05$.

Table 4. Changes in appearance of pork belly treated with hydrostatic pressure or ultrasound during storage at -1°C

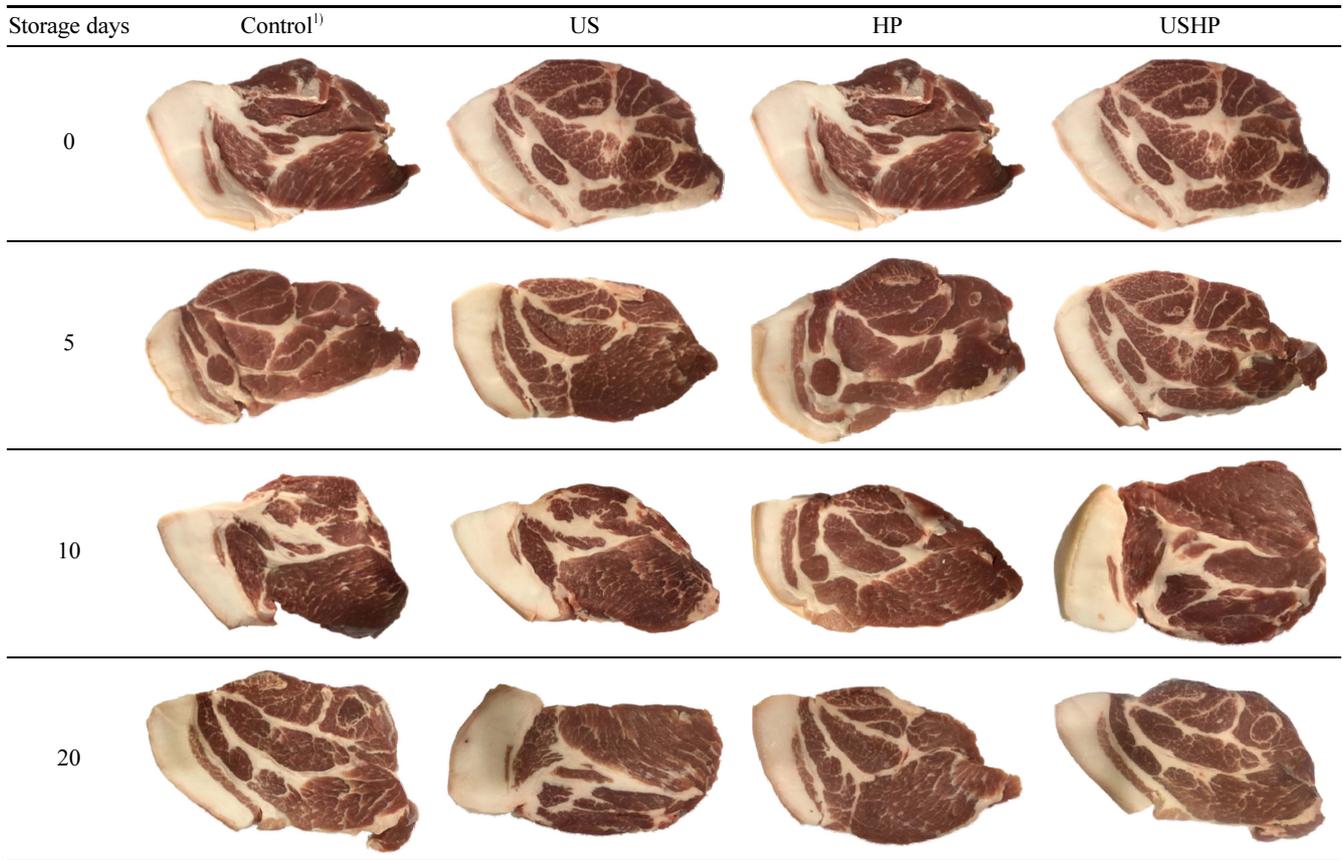
¹⁾Control, -1°C, 0.1 MPa; US, -1°C, 0.1 MPa, ultrasound; HP, -1°C, 1 MPa; USHP, -1°C, 1 MPa, ultrasound.

전에는 산소에 적당히 노출되어 미오글로빈(myoglobine)이 산소화된 옥시미오글로빈(oxymyoglobine) 상태로 붉은빛의 선홍색을 띠며, 진공포장되어 산소로부터 차단되면 미오글로빈 상태로 암적색 혹은 적자색을 띠기 때문이다. 본 연구에서 관찰한 부위별 식육은 2중 진공포장에 의해서 산소에 대한 노출이 거의 없었으므로 숙성기간 및 처리공정에 의한 색의 변화로 판단된다. Shim et al. (2009)의 연구에 의하면 식육에 낮은 압력을 가할 경우 육색이 향상될 수 있으며, 초고압 처리는 globin 변성과 환원 효소계 활성화에 기인하여 육색을 향상시킬 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서 숙성시 처리한 압력은 타 연구에 비해 낮은 압력 수준이었지만, 대기압보다 10배 높은 압력으로서 육색 향상에 어느 정도 영향을 미친 것으로 생각된다.

pH

pH는 식육의 품질에 중요한 요소로 작용하며 보수력, 연도, 육색, 조직감, 신선도 등에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Yim et al., 2016). 일반적으로 식육의 pH는 5.5~5.8일 때 신선한 상태이며 8.0에 도달하면 부패단계로 판단한다. 식육의 pH는 저장기간이 증가함에 따라 점차 증가하며 이는 저장 중 효소에 의한 유리아미노산 생성, 암모니아 생성, 전해질의 해리, 아미노산 분해 등에 의해서 일어난다고 보고되었다(Shin et al., 2006). 숙성기간 중 삼겹살과 목살의 pH 변화는 Table 6에 나타내었다. 숙성기간 동안 대조구와 처리구는 pH 5.85~6.58로 신선한 상태에 가까웠다. 삼겹살의 경우 0일에 초음파 처리했을 때 pH가 6.04에서 6.25로 감소하였으며, 숙성기간동안에도 초음파 처리구에서 pH 감소변화가 작았다. 목살의 경우 초기 pH

Table 5. Changes in appearance of pork shoulder treated with hydrostatic pressure or ultrasound during storage at -1°C



¹⁾Control, -1°C, 0.1 MPa; US, -1°C, 0.1 MPa, ultrasound; HP, -1°C, 1 MPa; USHP, -1°C, 1 MPa, ultrasound.

Table 6. Changes in pH of pork belly and pork shoulder treated with hydrostatic pressure or ultrasound during storage at -1°C

pH	Storage days	Control ¹⁾	US	HP	USHP
Belly	0	6.40±0.01 ^{Aa}	6.25±0.01 ^{Ba}	6.40±0.01 ^{Aa}	6.25±0.01 ^{Ba}
	5	5.85±0.01 ^{Dd}	5.93±0.03 ^{Cb}	5.96±0.01 ^{Bc}	6.01±0.02 ^{Ac}
	10	5.94±0.00 ^{Bb}	5.87±0.02 ^{Dc}	5.97±0.01 ^{Abc}	5.93±0.02 ^{Cd}
	20	5.93±0.01 ^{Cc}	5.92±0.01 ^{Db}	5.98±0.00 ^{Bb}	6.06±0.01 ^{Ab}
Shoulder	0	6.33±0.01 ^{Bc}	6.53±0.01 ^{Ab}	6.33±0.01 ^{Bd}	6.53±0.01 ^{Ab}
	5	6.05±0.01 ^{Dd}	6.19±0.01 ^{Cc}	6.42±0.00 ^{Ac}	6.40±0.01 ^{Bc}
	10	6.58±0.01 ^{Ba}	6.60±0.00 ^{Aa}	6.52±0.01 ^{Ca}	6.58±0.01 ^{Ba}
	20	6.48±0.01 ^{Bb}	6.18±0.01 ^{Dc}	6.51±0.00 ^{Ab}	6.36±0.01 ^{Cd}

¹⁾Control, -1°C, 0.1 MPa; US, -1°C, 0.1 MPa, ultrasound; HP, -1°C, 1 MPa; USHP, -1°C, 1 MPa, ultrasound.

^{A-D}Means±SE within same row with different superscript letters differ significantly at *p*<0.05.

^{a-d}Means±SE within same column with different superscript letters differ significantly at *p*<0.05.

가 삼겹살에 비해 높았으며, 초음파처리에 의해 6.33에서 6.53으로 다소 증가하였으나, 숙성기간동안에는 뚜렷한 경향은 없었다. Park et al. (2001)은 초음파 처리에 의해 단백질이 분해되고, 이에 따라 염기성 물질의 생성을 촉진하여 pH가 증가할 수 있다고 보고하였다. Kang et al. (2011) 및 Choi et al. (2016)의 연구에 의하면 돈육의 품종 및 부위에 따라 pH의 차이가 있을 수 있다는 결과와 유사하며, 이에 따라 동일한 처리를 하였어도 부위별로 품

질특성 변화는 달리 나타날 수 있다고 판단된다.

보수력

보수력은 pH에 의해 영향을 받으며, 수율, 육즙손실, 기호도(풍미) 등 육가공품의 품질에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Jung et al., 2006). 숙성기간 중 삼겹살과 목살의 보수력 변화는 Table 7에 나타내었다. 삼겹살의 경우 초음파 처리에 의해 96.34%에서 94.22%로 다소 감소하였

고, 대조구의 경우 0일째에 96.34%에서 20일째에 90.79%로 숙성기간동안 유의적으로 감소하였으나($P<0.05$), 초음파 혹은 정수압 처리를 한 경우 숙성기간동안 유의적인 차이가 없었다($p>0.05$). 목살의 보수력은 모든 시료가 숙성기간 10일 까지는 유의적 차이가 없었으나($p>0.05$), 숙성 20일에 모두 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 삼겹살과 목살 모두 정수압을 처리하여 숙성하였을 때 대조구에 비해 높은 보수력을 나타냈다. 압력 처리는 단백질의 정전기적 인력을 감소시키고, 압력 처리에 따라 인력 재형성을 감소시켜 보수력 증진이 가능한 것으로 알려져 있다(Choi et al., 2013). Stadnik et al. (2008)의 연구결과에 따르면 초음파 처리구가 미처리구에 비해 높은 보수력 수준을 나타내었다. 본 연구에서는 초음파 처리에 의해 보수력이 유지되는 것을 관찰하였으며, 비록 낮은 정수압이지만 대기압 처리보다 보수력이 개선된 것을 관찰하였다.

가열감량

식육을 가열했을 때 근섬유의 수축과 근질의 단축에 의해 보수력이 감소하고 가열감량이 나타나게 되는데 가열감

량은 pH, 가열시간, 가열온도, 식육의 조성 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Park et al., 2010). 숙성기간 중 삼겹살과 목살의 가열감량 변화는 Table 8에 나타내었다. 삼겹살의 경우 정수압에서 숙성했을 때 가열감량이 5일째에 23.95%, 10일째에 26.19%로 유의적으로 낮았으며($p<0.05$), 숙성기간에 따라 유의적으로 증가했다($p<0.05$). 목살의 경우 정수압에서 숙성한 뒤 초음파 처리 하였을 때 5일째에 27.04%, 10일째에 27.85%로 비교적 낮은 가열감량을 나타냈으며, 숙성기간에 따른 유의적 변화는 거의 없었다. 삼겹살과 목살의 대조구는 처리구에 비해 숙성기간 높은 가열감량을 나타냈으나 유의적 차이를 보이지 않았다($p<0.05$). 본 연구의 저장온도는 -1°C 로 식육의 빙점($-1.5^{\circ}\text{C}\sim-1.7^{\circ}\text{C}$)보다 다소 높은 온도이다. 즉, 냉동육과 냉장육 저장온도의 사이에 해당한다. 식육의 가장 오래 보관할 수 있는 냉동보관의 장점과 냉동육에 비해 육질이 우수하게 유지할 수 있는 냉장보관의 이점을 동시에 충족하는 온도이다. 본 연구에서 이용한 삼겹살과 목살은 20일 동안 빙점에 가까운 온도에서 얼지 않은 채 저장되어 근육 조직의 변화가 덜 발생하고, 이는 가열감량 및 보수력에 긍정

Table 7. Changes in Water holding capacity (WHC) of pork belly and pork shoulder treated with hydrostatic pressure or ultrasound during storage at -1°C

Water holding capacity (%)	Storage days	Control ¹⁾	US	HP	USHP
Belly	0	96.34±0.15 ^{Aa}	94.22±1.09 ^{Ba}	96.34±0.15 ^{Aa}	94.22±1.09 ^{Ba}
	5	93.45±0.67 ^{Bb}	94.61±0.88 ^{ABa}	95.64±1.08 ^{Aa}	94.41±0.86 ^{ABa}
	10	91.48±2.61 ^{Ab}	92.75±1.93 ^{Aa}	91.62±1.75 ^{Ab}	92.65±2.33 ^{Aa}
	20	90.79±2.14 ^{Bb}	92.69±2.63 ^{ABa}	94.23±1.87 ^{Aa}	93.42±1.77 ^{ABa}
Shoulder	0	95.00±0.21 ^{Aa}	94.86±1.17 ^{Aa}	95.00±0.21 ^{Ab}	94.86±1.17 ^{Aa}
	5	94.85±0.59 ^{Ba}	95.27±1.01 ^{ABa}	95.52±0.47 ^{ABab}	96.14±0.39 ^{Aa}
	10	93.77±1.01 ^{Ba}	95.82±0.54 ^{Aa}	95.98±0.65 ^{Aa}	96.32±0.74 ^{Aa}
	20	91.25±1.31 ^{Bb}	92.65±1.69 ^{ABb}	93.93±0.86 ^{Ac}	91.03±1.92 ^{Bb}

¹⁾Control, -1°C , 0.1 MPa; US, -1°C , 0.1 MPa, ultrasound; HP, -1°C , 1 MPa; USHP, -1°C , 1 MPa, ultrasound.

^{A-D}Means±SE within same row with different superscript letters differ significantly at $p<0.05$.

^{a-d}Means±SE within same column with different superscript letters differ significantly at $p<0.05$.

Table 8. Changes in Cooking loss of pork belly and pork shoulder treated with hydrostatic pressure or ultrasound during storage at -1°C

Cooking loss (%)	Storage days	Control ¹⁾	US	HP	USHP
Belly	0	-	-	-	-
	5	28.14±2.42 ^{ABb}	31.08±3.48 ^{Aa}	23.95±2.90 ^{Bb}	26.03±3.73 ^{Ba}
	10	32.64±2.98 ^{Aa}	31.15±2.19 ^{ABa}	26.19±1.66 ^{CaB}	29.27±2.29 ^{BCa}
	20	29.92±2.88 ^{Aab}	29.92±2.62 ^{Aa}	28.63±3.23 ^{Aa}	26.73±1.08 ^{Aa}
Shoulder	0	-	-	-	-
	5	31.20±4.72 ^{Aab}	29.94±2.98 ^{Aa}	27.86±1.96 ^{Aa}	27.04±1.23 ^{Ab}
	10	27.58±3.58 ^{Ab}	27.39±0.93 ^{Aa}	28.67±1.57 ^{Aa}	27.85±1.78 ^{Ab}
	20	34.09±1.85 ^{Aa}	30.42±5.09 ^{ABa}	28.06±1.85 ^{Ba}	32.43±3.30 ^{ABa}

¹⁾Control, -1°C , 0.1 MPa; US, -1°C , 0.1 MPa, ultrasound; HP, -1°C , 1 MPa; USHP, -1°C , 1 MPa, ultrasound.

^{A-D}Means±SE within same row with different superscript letters differ significantly at $p<0.05$.

^{a-d}Means±SE within same column with different superscript letters differ significantly at $p<0.05$.

Table 9. Changes in Hardness of pork belly and pork shoulder treated with hydrostatic pressure or ultrasound during storage at -1°C

Hardness (N)	Storage days	Control ¹⁾	US	HP	USHP
Belly	0	8.93±4.56 ^{Ba}	13.83±2.13 ^{Aa}	8.93±4.56 ^{Ba}	13.83±2.13 ^{Aa}
	5	8.69±2.33 ^{Ba}	9.22±2.54 ^{Bab}	13.01±2.50 ^{Aa}	5.56±1.71 ^{Cb}
	10	9.56±5.41 ^{ABa}	7.45±2.90 ^{ABb}	10.01±2.46 ^{Aa}	5.27±1.58 ^{Bb}
	20	8.69±2.55 ^{Aa}	8.59±4.33 ^{Ab}	9.36±2.55 ^{Aa}	7.13±1.41 ^{Ab}
Shoulder	0	5.68±1.77 ^{Bc}	8.42±1.70 ^{Ab}	5.68±1.77 ^{Bb}	8.42±1.70 ^{Aa}
	5	22.53±8.27 ^{Aa}	15.36±5.94 ^{ABa}	12.44±4.77 ^{Bc}	8.06±2.98 ^{Ca}
	10	13.75±4.65 ^{Ab}	11.56±4.09 ^{ABab}	8.95±6.00 ^{ABab}	7.83±3.86 ^{Ba}
	20	8.30±2.23 ^{Abc}	9.87±4.52 ^{Ab}	10.14±4.67 ^{Ab}	6.49±2.17 ^{Aa}

¹⁾Control, -1°C, 0.1 MPa; US, -1°C, 0.1 MPa, ultrasound; HP, -1°C, 1 MPa; USHP, -1°C, 1 MPa, ultrasound.

^{A-D}Means±SE within same row with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

^{a-d}Means±SE within same column with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

적인 영향을 미친 것으로 판단되며, 초음파 및 정수압처리가 가열감량 변화에는 보수력에 비해 덜 영향을 미치는 것으로 판단된다.

경도

경도는 식품을 압축하여 일정한 변형을 일으키는데 필요한 힘을 말하며 부서짐성, 씹힘성, 겹성 등에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Koo et al., 2014). 숙성기간 중 삼겹살과 목살의 경도는 Table 9에 나타내었다. 경도는 같은 부위에서도 위치별로 차이가 있어 10회 이상 측정하였으나 표준편차가 다소 크게 측정되었다. 그러므로 유의적 변화 관찰이 어려웠으나, 초음파 처리 하였을 때 0일째 모든 처리구와 10일째 목살 부위를 제외하고 삼겹살과 목살의 경도가 감소되는 경향을 보였다. 또한 정수압과 초음파가 모두 처리된 경우 삼겹살은 10일에 5.27 N, 목살은 20일에 6.49 N으로 가장 낮은 경도를 나타냈다. 즉, 초음파 처리는 돼지고기의 단단함을 완화하여 경도를 낮추는 효과가 있는 것으로 판단된다. 육류의 연도는 소비자가 느끼는 중요한 감각적 특성 중의 하나이다. 초음파의 캐비테이션(cavitation)은 조직의 결합을 파괴하여 구조를 변화시킨다. 즉, 근육세포가 파괴되고 근원섬유가 분리되고 내재 되어 있던 효소를 자극하여 연화효과를 나타낼 수 있다(Kim, 2010). 초음파 강도, 처리시간 등에 의해 캐비테이션으로 발생하는 전단력을 조절되며, 이는 고기의 연화 정도를 조절할 수 있다.

요 약

본 연구는 정수압 처리와 초음파 처리가 20일 숙성기간 동안 돈육의 삼겹살과 목살 부위의 품질특성에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 다양한 품질특성을 관찰한 결과 정수압에서 숙성하고 초음파 처리한 돈육은 부위별로 효과의 차이는 있지만, 품질향상에 효과적인 것으로 나타났으며

또한, 초음파 처리했을 때 특히 고기의 연도와 관계가 있는 pH, 보수력, 경도 품질을 높이는 것으로 관찰되었다. 본 연구에서 이용한 저온 정수압 숙성 및 초음파 처리공정은 낮은 온도에서 돈육을 빠른 시간안에 숙성하는데 적용 가능할 것으로 판단된다.

References

Alarcon-Rojo AD, Janacua H, Rodriguez JC, Paniwnyk, L, Mason, TJ. 2015. Power ultrasound in meat processing. *Meat Sci.* 107: 86-93.

An SB, Hwang SH, Cho YS. Storage stability of raw beef, dry-aging beef, and wet-aging beef at refrigeration temperature. *J. Food Hyg. Saf.* 35: 170-176.

Choe JH, Kim HY. 2017. Effects of dry aging on physicochemical properties of beef cattle loins. *Korean J. Food Sci. Technol.* 49: 158-161.

Choi YC, Jung KH, Chun JY, Choi MJ, Hong GP. 2013. Effects of high pressure and binding agents on the quality characteristics of restructured pork. *Korean J. Food Sci. An.* 33: 664-671.

Choi YS, Ku SK, Lee HJ, Sung JM, Jeon KH, Kim HW, Kim TK, Kim YB. 2016. Study on processing quality of different parts of pork and beef. *Korean J Food Cook Sci.* 32:157-167.

Ha YK, Hwang IH, Choi JH, Kang SM, Kim YS, Seol KH, Seo HW, Kim JH, Cho SH. 2019. Comparison of meat quality traits for *M. Longissimus thoracis*, *M. Glutaemusmedus*, *M. Semimembranosus* from low-grade Hanwoo cow beef by dry aging and wet aging conditions. *Ann Anim Resour Sci.* 30: 121-132.

Jayasooriya SD, Torley PJ, D'Arcy BR, Bhandari BR. 2007. Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine *Semitendinosus* and *Longissimus* muscles. *Meat Sci.* 75: 628-639.

Joo SH. 2019. Study on changes in meat quality traits during cold storage of pork shoulder, loin, belly. Master thesis, Gyeongsang National Univ., Jinju, Korea.

Joo ST, Park GB. 2001. Method for aging of meat by submersion in chilled (salt)water and it's apparatus. Korea patent NO. 100295552.

Jung IC, Park KS, Moon YH. 2006. Effect of slaughter weight on

- the quality and palatability of pork meat from various muscles. *J East Asian Soc Dietary Life*. 16: 113-119.
- Jung S, Jo K, Lee SM, Choi YS. 2019. Effect of ultrasound treatment on the quality properties of chicken breast meat and the broth from Korean chicken soup (Baeksuk). *Korean J Agri Sci*. 46: 539-548.
- Kang HS, Seo KS, Kim KT, Nam KC. 2011. Comparison of pork quality characteristics of different parts from domesticated pig species. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour*. 31: 921-927.
- Kang SM, Kang GH, Seong PN, Kim YC, Park BY, Cho SH. 2014. Effect of packaging methods on the color and taste-related precursors in Hanwoo (Korean Cattle) beef during aging. *Ann Anim Resour Sci*. 25: 38-48.
- Kim YJ. 2010. Ultrasound application on food technology. *Bulletin of Food Technol*. 23: 392-399.
- Koo NS, Kim HS, Lee KA, Kim MJ. 2014. Sensory evaluation : theory and experiment. *Kyomunsa, Paju, Korea*, p. 35.
- Kostat. 2020. The structural change of livestock industry from a statistical perspective. p. 21.
- Park CI, Shon JC, Kim YJ. 2010. Effects of dietary supplementation of mulberry leaves and dandelion extracts on performance and blood characteristics of chickens. *Korean J. Poult. Sci*. 37: 173-180.
- Park CK, Park SH, Jeon DS, Kim HD, Moon YH, Jung IC. 2001. Effect of ultrasonic treatment on physicochemical properties and palatability of cooked chicken meat. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour*. 21: 126-132.
- Park HJ, Kim TH, Um KH, Kim JS, Kim BS, Song SH. 2016. Changes of qualities in dry-aged beef products made from 3rd quality grade Hanwoo beef (Korean Native Cattle) according to aging periods. *Food Eng. Prog*. 20: 67-72.
- Park M, Lee NH, In YW, Oh SY, Cho HY. 2019. Effect of hypotonic and hypertonic solution on brining process for pork loin cube: Mass transfer kinetics. *Food Eng. Prog*. 23: 7-15.
- Shim KB, Hong GP, Choi MJ, Min SG. 2009. Effect of high pressure freezing and thawing process on the physical properties of pork. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour*. 29: 736-742.
- Shin HY, Ku KJ, Park SK, Song KB. 2006. Use of freshness indicator for determination of freshness and quality change of beef and pork during storage. *Korean J. Food Sci. Technol*. 38: 325-330.
- Stadnik J, Dolatowski ZJ, Baranowska HM. 2008. Effect of ultrasound treatment on water holding properties and microstructure of beef (m. semimembranosus) during ageing. *LWT-Food Sci. Technol*. 41: 2151-2158.
- Sun XD, Holley RA. 2010. High hydrostatic pressure effects on the texture of meat and meat products. *J Food Sci*. 75: R17-R23.
- Yim DG, Yang MR, No GR, Choi DS, Jang HM, Kim TY, Jo JW, Yang SC, Kim SW, Kim IS. 2016. Quality characteristics of the meat products reached expiration date in Korean market. *J. Agri. Life Sci*. 50: 169-177.

Author Information

남정현: 제주대학교 식품공학과 대학원생(석사과정)

김철범: (주)딥플랜트 대표이사

고덕훈: 영농조합법인 탐라인 대표이사

천지연: 제주대학교 식품생명공학과 교수