

식물성 유지 첨가 후 초고압 처리가 우육의 안전성 및 육질에 미치는 영향

정연국 · 정사무엘 · 이현정 · 강민구 · 이수기 · 김윤지¹ · 조철훈*
충남대학교 동물자원생명과학과, ¹한국식품연구원 식품안전성연구부

Effect of High Pressure after the Addition of Vegetable Oil on the Safety and Quality of Beef Loin

Yeonkook Jung, Samooel Jung, Hyun Jung Lee, Mingu Kang, Soo Kee Lee, Yun Ji Kim¹, and Cheorun Jo*
Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea
¹Division of Food Safety, Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

Abstract

Olive oil and grape seed oil (10% of meat weight) were added to a package of beef loin. The package was then vacuum-sealed, and high pressure was applied (HP, 600 MPa) to investigate the effect of the penetration of vegetable oil into meat and safety and quality of the meat. Non-HP (0.1 MPa) without any oil treatment was considered as a control. The color L* and b*-values of beef loin were higher and the a*-value was lower than those of the control after HP at 600 MPa. The total aerobic bacterial number was 3 Log CFU/g in the control but no viable cell was detected in the beef with 600 MPa. All inoculated *E. coli* and *L. monocytogenes* were inactivated by HP. The beef loin with vegetable oil added without HP did not show any difference in fatty acid composition, but that treated by HP showed a higher oleic and linoleic acid content when olive oil and grape seed oil were added, respectively. The addition of olive oil inhibited lipid oxidation, and sensory evaluation revealed that there was no difference among treatments. The results indicate that the addition of vegetable oil followed by the application of HP enhances the safety of beef loin, changing the fatty acid composition in a health beneficial way. In addition, the use of olive oil can inhibit lipid oxidation induced by HP.

Key words: high pressure, olive oil, grape seed oil, safety, quality, fatty acids

서 론

최근 식육 및 육제품의 소비 패턴은 국민소득 증가와 생활수준 및 소비자 의식수준 향상으로 양적인 면에서 질적인 측면으로 증가, 발전하는 추세이다. 또한 소비자의 냉장육에 대한 선호로 냉장유통 형태의 식육 판매가 빠르게 증가하고 있어 이에 따른 식육 및 육제품의 안전성 역시 업계에서는 매우 중요한 문제로 인식하고 있다(Kim and Lee, 2007).

식육 및 육제품 중 우육의 품질을 결정짓는 요인으로는 근내지방도(마블링)가 중요한 기준점이 되고 있다. 이는 현행 축산물등급판정에 있어서 가장 중요한 요소로서, 생산자 및 유통업자의 경제적인 측면에서도 매우 중요하다

(Jo *et al.*, 2010). 마블링은 육의 풍미 증진 및 연도 향상과 다즙성에 밀접하게 관련이 있어(Jo *et al.*, 2010; Kim and Lee, 2003) 소비자의 선택에 있어 중요한 요인으로 작용된다고 보고하고 있다(Morgan *et al.*, 1991). 그러므로, 마블링은 우육의 등급에 영향을 미치며 등급에 따른 육의 가격 경쟁력에서 크게 차이가 나게 된다(Park, 2010).

한편 초고압 기술은 비가열 처리기술로서 영양소 파괴를 최소화하면서도 미생물의 형태와 소수성 결합 및 이온결합 등에 영향을 주어 미생물과 효소의 활성을 효과적으로 제어할 수 있다. 이 기법은 식육 및 육제품뿐만 아니라 다양한 식품의 안전성 및 저장성을 높일 수 있는 가공 기술로 평가 받고 있다(Park *et al.*, 2010). 돈육 균질물에 그람 음성균 및 진균류 등을 10⁷ CFU/g 수준으로 접종 후 초고압 처리시(400 MPa, 10분, 25°C) 6 Log 정도의 감소를 보고하였으며(Shigehisa *et al.*, 1991), 우육에 520 MPa로 260 초간 초고압 처리시 총균수가 2.5 Log 정도 감소를 보고하고 있다(Jung *et al.*, 2003). 한편, Chefte과 Culioli(1997)에 따르면 초고압에 의한 미생물 감소는 그람 양성균보다

*Corresponding author: Cheorun Jo, Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea. Tel: 82-42-825-9754, Fax: 82-42-9754, E-mail: cheorun@cnu.ac.kr

그람 음성균에서 효과적이지만 크게 같은 중에서도 균주 차이에 따른 감소효과는 다르다고 한다. 또한 초고압 가공기술은 추출효율을 증대시키고, 단백질의 겔화 및 유화작용으로 조직감을 개선하여 어육제품 제조를 가능하게 하였고(Morrissey *et al.*, 1998), 현재 햄, 우유, 주스류, 수산가공품 제조 등 식품가공기술의 하나로 활용되고 있다(Zhang and Mittal, 2008). 하지만 초고압 처리는 강한 압력으로 인한 단백질간의 결합력 강화로 경도 및 저작성의 증가와 식육의 세포막 파괴, 햄 함유 단백질의 변성 및 금속이온에 의한 지방산패의 가속화 현상이 나타날 수 있어(Carlez *et al.*, 1995; Cheah and Ledward, 1997; Ma *et al.*, 2007; Orlien *et al.*, 2000) 이에 대한 대책도 필요하다.

가공육제품 제조 시 등지방을 대체하여 올리브유나 다른 식물성 유지를 사용해서 제품의 지방산 조성을 변화시키고 품질을 향상하는 연구들이 수행되고 있다(Bloukas *et al.*, 1997). 그 중 올리브유는 주요 지방산이 단가 불포화지방산인 oleic acid와 함께 tocopherol이나 다량의 polyphenols을 함유하여 자체적으로 항산화 활성을 지니며, 저밀도지방단백질 산화방지와 혈관벽 혈전응고 방지로 항암 및 관상동맥경화증의 예방에 효과적이라고 보고되고 있다(Brenes *et al.*, 2000; Gimeno *et al.*, 2002; Kamal-Eldin and Andersson, 1997; Tasioula-Margari and Okogeri, 2001). 또한 포도씨유는 다가 불포화지방산인 linoleic acid가 주요 지방산이고 또한 여러 종류의 polyphenols을 다량 함유하며, 그 중 proanthocyanidin은 항바이러스작용, 항염작용, 항알레르기, 항암 및 혈관확장의 기능성을 가져 이의 섭취는 인간의 건강에 유익한 효과를 준다(Bail *et al.*, 2008; Beveridge *et al.*, 2005; Ye *et al.*, 1999).

이상과 같이 초고압 기술은 병원성 미생물을 사멸하여 식품의 안전성을 높이는 동시에 저장기간을 연장하고 품질을 개선할 수 있다. 본 연구의 가설은 다른 가공방법을 쓰지 않고 단지 초고압 기술을 이용하여 식물유를 신선육 내로 침투시켜 근내지방도를 향상시키고, 지방산 조성의 변화를 통한 영양학적 품질의 향상을 이룰 수 있다는 것이었다. 이와 함께 초고압 가공을 통해 이미 잘 알려진 병원성 미생물의 사멸 등 안전성 증진효과도 부가적으로 얻을 수 있을 것이다. 따라서 본 연구는 우육 등심에 올리브유와 포도씨유를 함께 포장한 후 초고압 처리하여 병원성미생물에 대한 안전성과 초고압 처리 중에 의해 발생하는 식물유지의 식육 내 투입에 의한 근내 지방도 및 영양학적 품질 개선 효과를 동시에 성취할 수 있는지 평가하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 사용된 우육 등심(2등급, 육우), 올리브유(CJ, Korea) 및 포도씨유(CJ)는 시중에서 구입하였으며, 처리구

는 약 70-80 g의 우육에 10% (w/w)의 올리브유 및 포도씨유를 첨가하여 시료의 반은 초고압처리하고 나머지 반은 처리하지 않았다. 대조구로는 식물성 유지를 첨가하지 않고 초고압도 처리하지 않은 시료를 사용하였다.

초고압 처리

진공포장 된 우육을 한국식품연구원(성남)에 비치된 hydrostatic fluid medium으로 채워진 고압기(Quintus food processor 6; ABB Autoclave System, Inc., USA)의 chamber에 넣고 600 MPa 압력으로 5분간 처리 하였으며 이때 chamber의 온도는 $15 \pm 3^\circ\text{C}$ 였다. 초고압 처리 직후 처리구의 잔여 지방을 제거한 후 다시 진공포장하여 4°C 에서 10일간 보관하며 식육의 품질 및 미생물 분석을 실시 하였다.

표면 육색

진공포장을 개봉한 후 시료를 지름 40 mm, 두께 1 mm의 석영셀(Minolta, Japan)에 맞도록 절단하여 넣은 후 육색을 측정하였다. 육색의 측정은 색차계(Spectrophotometer, CM-3500d, Minolta)를 이용하여 medium size aperture(지름 10 mm)로 Hunter color L*(명도), a*(적색도) 및 b*(황색도)값을 측정하였으며 측정된 값은 Spectra Magic Software(Minolta)로 자동 분석 하였다. 시료의 3부분을 측정하여 그 평균값을 한 반복 값으로 처리하였다.

조직감

조직감 분석을 위해 처리구와 대조구 모두 심부 온도가 72°C 가 되게 가열 한 후 $30 \times 20 \times 10$ mm의 크기로 절단한 후 하였으며, 조직감 분석기(Model TA-XT 2i, Stable Microsystems Ltd., UK)를 이용하여 Texture profile analysis(TPA)로 분석하였다. 이 때의 분석 조건은 75 mm의 등근 probe를 사용했으며 probe의 측정 속도는 1.00 mm/sec 이었고 시료에 0.005 kg의 힘이 가해지는 시점부터 시료 높이의 60%까지 두 번 압착한 결과로 TPA parameter를 분석하였다. 측정 parameter는 경도(hardness), 접착성(adhesiveness), 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess) 및 씹힘성(chewiness)등 이었다.

호기성 총균수

처리된 시료 10 g에 멸균된 식염수(0.85% NaCl) 90 mL을 첨가하여 10배 희석 후 Bag Mixer[®](Model 400, Interscience, France)를 사용하여 30분 동안 혼합 후 10진 희석법으로 희석한 희석액을 tryptic soy agar(TSA, Difco Laboratories, USA)에 도말 하였다. 미생물의 증식은 표준한천 배양방법으로 37°C 에서 48시간 배양한 후 집락을 계수 하여 Log CFU/g으로 나타내었다.

병원성 미생물 안전성 실험

병원성미생물에 대한 안전성 실험을 위해 모든 우육 시료는 한국원자력연구원(전북 정읍, 방사선과학연구소)의 Co-60 감마선 조사시설(point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co., Ltd., Canada)에서 40 kGy의 선량으로 멸균 하여 사용하였다. 병원성미생물 표준균주로는 *Escherichia coli*(KCTC 41682)와 *Listeria monocytogenes*(KCTC 3569)를 사용했으며, 각 표준균주는 구입 후 tryptic soy broth(Difco Laboratories)에서 37°C 조건으로 stationary phase까지 진탕 배양(200 rpm) 후 4°C에서 10분간 원심분리(2,090 g)고 침전물에 0.85% NaCl 용액 50 mL을 첨가하여 이를 접종균으로 준비하였다. 각 시험균주의 접종농도는 약 10^7 CFU/g이었고, 멸균상태로 준비된 시료에 두종의 균주를 2%(v/w)농도로 접종 하였다. 접종된 시료를 무처리(0.1 MPa)와 600 MPa 로 처리한 후 시료 11 g에 멸균된 식염수(0.85%, NaCl) 99 mL를 첨가 후 Bag Mixer®를 사용하여 30분 동안 혼합한 후 10진 희석법으로 희석한 희석액을 tryptic soy broth에 도말 하였다. 미생물의 증식은 37°C에서 48시간 배양한 후 집락을 계수 하여 Log CFU/g으로 나타내었다.

지방산 조성 분석

시료 30 g에 150 mL의 Folch 용액(chloroform: methanol = 2:1)을 첨가하여 지방을 추출 하였다(Folch, 1957). 추출된 지방 중 약 100 mg을 시험관에 취한 뒤 1 mL의 0.5 N KOH in methanol 용액을 첨가하여 70°C 수조에서 10분 동안 반응시킨 뒤 흐르는 물에 냉각하였다. 냉각된 시험관에 3 mL의 BF₃-methanol(Sigma-Aldrich, USA) 용액을 첨가하여 80°C에서 한 시간 동안 methylation 후 냉각시켰다. 냉각 후 n-hexane과 0.88% NaCl을 각각 2 mL을 첨가하여 진탕 후 상층액을 무수황산나트륨으로 수분을 제거하고 가스크로마토그래프를 이용하여 분석하였다. 지방산 분석은 Omegawax 320(30 m×0.32 mm×0.25 μm film thickness, Supelco Inc., USA) 컬럼이 장착된 가스크로마토그래프(17-A, Shimadzu, Japan)로 분석하였으며 주입부와 검출기 온도는 각각 260°C 및 280°C로 설정하였다. 오븐의 온도는 60°C에서 190°C까지 30°C/min로 승온 후 190°C에서 200°C까지 1°C/min로 승온, 200°C에서 250°C까지 5°C/min 승온하여 250°C에서 10분간 유지하도록 하였으며, 이때 질소의 유속은 1 mL/min, split ratio는 100:1로 분석하였다. 지방산 분석결과는 전체 피크면적에 대한 각 피크 면적의 비율(%)로 계산하였다.

지방산패도 측정

시료의 저장 중 지방 산패도의 측정은 2-thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)값을 Ahn 등(1999)의 방법으로 측정하였다. 즉 시료 3 g에 증류수 9 mL을 넣은

후 7.2% butylated hydroxyl toluene(Sigma-Aldrich, USA) 50 μL을 첨가하여 균질기를 사용하여 균질(1,130×g, 1분)시킨 후 균질액 1 mL을 시험관에 넣고 2-thiobarbituric acid(TBA, Sigma-Aldrich)와 trichloroacetic acid 혼합용액(20 mM TBA in 15% trichloroacetic acid) 2 mL을 혼합하였다. 혼합액을 30분간 90°C 수욕상에서 가열 후 10분간 냉각하여 2,090 g로 15분간 원심분리 후 상등액을 취하여 분광광도계(DU[®]530, Beckman Instruments Inc., USA)를 이용하여 532 nm에서 흡광도 측정하였다. 지방산 패도는 mg malondialdehyde/kg sample로 표시하였다.

관능검사

초고압 처리 후 변화되는 관능적 변화를 소비자 기호도 기준으로 평가 하였다. 식육 및 육제품 관련 관능검사에 경험이 1년 이상 있는 검사 요원 10명을 선발하여 대조구 시료를 이용하여 기초적인 훈련을 2회 실시하였으며, 9점 척도법을 이용하여 색, 이취, 조직감, 풍미, 종합적 기호도, 그리고 구매 의사를 조사 하였다. 점수는 1점이 매우 좋지 않음, 9점이 매우 좋음으로 하였고, 이취의 경우는 1점이 이취가 가장 낮음, 9점이 매우 심함으로 검사 하였다. 검사를 위해 준비된 시료의 두께를 20 mm가 되게 일정하게 세절 후 구이용 전기판을 이용하여 심부 온도가 72°C 되게 조리하여 무작위로 선별된 3자리 숫자가 표시된 흰색 일회용 접시에 담아 관능검사요원에게 제시하였다.

통계분석

실험은 총 두개의 초고압 처리군과 3개의 첨가구를 모두 3회 반복 실험 하였으며 얻어진 자료의 통계 분석은 SAS program(ver. 9.2, SAS Institute Inc.)을 이용하여 처리 하였고 각 처리구 간의 유의성 검증을 하기 위해 One-way ANOVA를 실시한 후 사후 검증으로 Duncan의 신다중검정법(Duncan, 1955)을 사용하여 평균값간의 유의차를 분석($p < 0.05$) 하였다.

결과 및 고찰

표면 육색

저등급 우육의 품질 개선을 위하여 식물성 유지를 함께 진공포장하여 초고압 처리한 후 우육의 표면 육색을 측정 한 결과는 Table 1과 같다. 처리 직후(저장 0일차) 명도를 나타내는 L* 값과 황색도를 나타내는 b*값은 초고압 600 MPa 처리군이 무처리군(0.1 MPa)에 비해 유의적으로 높은 수치를 나타냈으며, 반면 a* 값은 유의적으로 낮은 값을 나타냈다($p < 0.05$). 이러한 결과는 올리브유나 포도씨유를 첨가하여 초고압 처리한 구에서도 같은 결과를 나타내어 명도와 황색도의 증가 및 적색도의 감소는 초고압 처리에 의한 것임이 확인되었다. 저장 10일 후 시료의 표면

Table 1. Surface color of the beef loin added with vegetable oil and treated by high pressure

Color value	Pressure (MPa)	Treatment ¹⁾	Storage (d)		
			0	10	SEM ²⁾
L*	0.1	Not added	25.79 ^b	26.79 ^b	0.742
		Olive oil	27.33 ^b	25.80 ^b	0.487
		Grape seed oil	25.42 ^b	25.83 ^b	0.568
	600	Not added	48.65 ^a	46.05 ^a	1.072
		Olive oil	46.88 ^{ax}	44.21 ^{ay}	0.623
		Grape seed oil	49.16 ^a	47.16 ^a	0.862
SEM ³⁾			0.707	0.794	
a*	0.1	Not added	10.67 ^a	10.79 ^a	0.550
		Olive oil	11.67 ^a	11.56 ^a	0.532
		Grape seed oil	11.09 ^a	10.32 ^a	0.521
	600	Not added	6.32 ^b	5.97 ^b	0.263
		Olive oil	5.82 ^b	6.87 ^b	0.423
		Grape seed oil	5.71 ^b	6.08 ^b	0.301
SEM ³⁾			0.434	0.459	
b*	0.1	Not added	11.46 ^b	11.27 ^b	0.354
		Olive oil	12.30 ^b	10.72 ^b	0.595
		Grape seed oil	11.38 ^{bx}	9.93 ^{by}	0.220
	600	Not added	15.50 ^a	16.26 ^a	0.213
		Olive oil	15.36 ^a	17.17 ^a	0.852
		Grape seed oil	14.30 ^a	15.97 ^a	0.459
SEM ³⁾			0.467	0.534	

¹⁾Vegetable oil was added at 10% of meat weight (w/w).

²⁾Standard error of mean (n=18)

³⁾(n=6)

^{a,b}Different letters within same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x,y}Different letters within same row differ significantly ($p < 0.05$).

육색 측정값 또한 저장 0일차 측정값과 같은 경향으로 측정되었다. 다만 올리브유를 첨가하여 초고압 처리한 시험구에서 0일차에 비해 10일차의 L*값이 낮고 또한 포도씨유 처리구의 경우 초고압 처리하지 않은 시험구에서 황색도의 차이가 있었다. 본 결과는 우육 및 돈육 등심에 압력 처리 시 L* 값 및 b* 값이 유의적으로 증가한 반면 a*

값의 감소로 인하여 회갈색의 표면 육색을 갖는다는 이전 보고와 일치 하고 있다(Campus *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2007; Kruk *et al.*, 2011). 이러한 현상은 식육에 초고압 처리시 발생하는 문제점 중 하나로 인식되고 있으며 globin의 변성과 heme의 위치 이탈, hemochrome이 산화되어 hemichrome로 전환되기 때문인 것으로 알려져 있다(Carlez *et al.*, 1995; Cheftel and Culioli, 1997).

조직감

저급 우육의 품질 개선을 위해 식물성유지 첨가 후 초고압 처리가 우육의 조직감에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 처리된 후 가열한 우육의 조직감은 초고압 무처리군과 600 MPa 처리군 간의 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Jo 등(2010)은 닭가슴육에 올리브유를 첨가한 후 300 MPa의 초고압 처리한 결과 무처리 대조군과 경도와 씹힘성 등에서 유의적인 차이가 없었고, 가열한 후 관능적 특성을 비교한 결과 초고압만 처리할 경우 대조구보다 연도가 낮게 나타났으나 올리브유 처리군에서는 초고압을 적용한 후에도 대조구와 연도의 차이가 없었다고 보고하였다. 그러나 Kim 등(2007)은 우육의 *Semitendinosus* 근육에 500 MPa 초고압 처리시 Ca²⁺ 및 Mg²⁺ ATPase 효소의 불활성화와 대조구에 비하여 전단력(shear force) 및 경도(hardness)가 유의적으로 증가한다고 보고 하였으며, Kruk 등(2011)은 계육에 500 MPa 이상의 초고압 처리시 0.1 MPa 처리구에 비해 경도가 유의적으로 증가한다는 보고 하고 있다. 반면 Park 등(2010)과 Laack 등(2001)은 초고압을 처리하였을 때 근육내 지방 함량이 증가함에 따라 연도가 개선되고 조직감 중 경도가 낮아지는 것을 보고하였다. 선행연구와 본 연구결과를 종합해 볼 때 초고압 처리시 첨가한 식물성 유지의 육 내 침투가 경도에 영향을 주어 600 MPa 초고압 처리 후에도 경도의 차이를 보이지 않았다고 설명할 수 있다. 그러나 식물유지를 첨가하지 않은 대조구도 초고압 처리 및 무처리간 차이를 보이지 않아 이와 관련한 좀 더 심도 있는 연구가 진행될 필요가 있다고 본다.

Table 2. Texture profile analysis of cooked beef loin added with vegetable oil and treated by high pressure

Pressure (MPa)	Treatment ¹⁾	Hardness (kg)	Adhesiveness (g-s)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
0.1	Non-oil	30.50	-4.07	0.64	0.58	17.49	11.27
	Olive oil	29.38	-5.86	0.73	0.63	18.63	13.47
	Grape seed oil	24.52	-4.08	0.64	0.59	14.61	9.46
600	Non-oil	23.57	-5.12	0.68	0.65	15.25	10.35
	Olive oil	31.75	-10.96	0.56	0.62	19.56	10.97
	Grape seed oil	32.64	-10.31	0.66	0.62	20.37	13.66
SEM ²⁾		2.115	3.435	0.062	0.024	1.702	1.772

¹⁾Vegetable oil was added at 10% of meat weight (w/w).

²⁾Standard error of mean (n=18)

호기성 미생물 수의 변화

저등급 우육 등심에 식물성 유지를 첨가하고 초고압 처리한 후 미생물학적 품질을 평가하여 Fig. 1에 나타내었다. 초고압 처리 직후(저장 0일차) 무처리군에서 총균수가 3.54에서 3.95 Log CFU/g 수준에서 검출되었으며, 그에 반해 600 MPa 처리군에서는 어떠한 미생물도 검출되지 않아 초고압 처리에 의한 미생물의 사멸효과를 충분히 확인할 수 있었다. 초고압 무처리군 간의 비교에서 보면 올리브유나 포도씨유 첨가 시험구가 식물유지 무첨가 대조구에 비해 약간 그렇지만 유의적으로 높은(약 0.4 Log cycle) 미생물수를 나타내었다. 저장 10일 후의 총균수 변화는 무처리군에서 대략 3 Log cycle 정도 증가한 것을 확인할 수 있었으며 최대 6.87 Log CFU/g까지 증식한 반면 600 MPa 처리군에서는 포도씨유 첨가구만 2.81 Log CFU/g를 나타내었고, 나머지 처리구에서는 여전히 호기성 미생물이 검출되지 않았다. Jung 등(2003)은 우육 중 *Biceps femoris* 근에 520 MPa로 260초 초고압 처리시 2.5 Log의 총균이 감소한다는 결과를 발표하였으며, Garriga 등(2004)은 조미된 우육을 600 MPa로 6분간 처리 후 진공포장보관 시 저장 120일간 총균수가 2 Log CFU/g 이하로 증식함을 보고하여 초고압 처리로 미생물 증식이 억제되는 것은 충분한 증거가 있다고 보여진다. 이러한 초고압에 의한 미생물의 사멸의 원인은 인지질막의 결정화 같은 세포질막의 변형에 따른 삼투압과 이온교환의 변형과 초고압으로 인한 효소의 불활성화로 DNA 복제 및 전사 제한으로 인한 단백질 합성 저해에 의한 것으로 보고되고 있다(Park *et al.*, 2010; Yuste *et al.*, 2001). 따라서 우육에 초고압 처리로 미생물학적 품질 향상을 시켜 저장기간 증대 효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다.

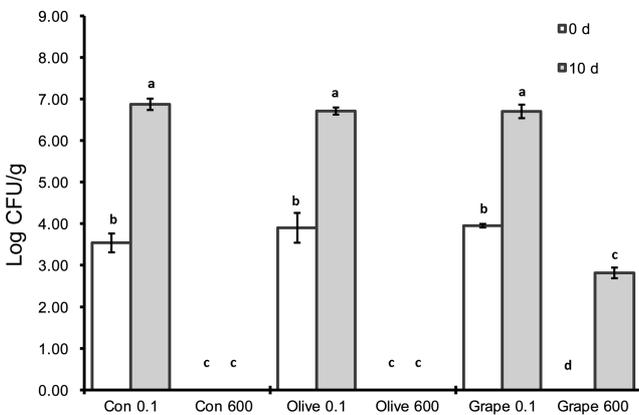


Fig. 1. Number of total aerobic bacteria (Log CFU/g) in the beef loin added with vegetable oil and treated by high pressure. Vegetable oil was added at 10% of meat weight (w/w). ^{a-d}Different letters within same treatment differ significantly ($p < 0.05$).

병원성 미생물 사멸효과

초고압 처리의 병원성 미생물 사멸효과를 통한 안전성 증진 효과를 관찰하기 위하여 식육제품에서 가장 빈번하게 발생하는 병원성 미생물 2종을 선택하여 시료에 접종한 후 초고압 처리한 실험결과를 Fig. 2에 나타내었다. *E. coli*와 *L. monocytogenes*의 초기 접종균수는 약 7 Log CFU/g 정도를 나타냈으며, 저장 10일차에서도 7 Log CFU/g 수준을 유지 된 것을 볼 때 첨가된 식물성유지인 올리브유와 포도씨유는 시험한 2가지 병원성 미생물에 대한 어떠한 항균반응도 일으키지 않은 것으로 판단된다. 반면 Medina 등(2007)은 virgin olive oil로 제조한 마요네즈에 *Salmonella Enteritidis* 및 *L. monocytogenes* 접종하여 미생물 제어 시 3 Log CFU/g의 수준의 감소를 보고했으며 Moniharapon과 Hashinaga(2004)는 포도 씨 추출물 중 포도씨유와 유사한 극성도를 갖는 n-hexane 추출물에서 약한 항균활성을 보고하였다.

초고압 600 MPa 처리는 저장 0일차에 *E. coli*와 *L. monocytogenes* 모두 검출한계(10^1 CFU/g)이하의 수준을 보였으며 저장 10일 후에도 검출되지 않아 초고압 처리에 따른 *E. coli* 및 *L. monocytogenes* 두 병원성 미생물의 사멸 및 증식억제 효과를 증명하였다. 초고압 처리에 의한 병원성 미생물제어에 관한 이전 연구에 따르면 Gola 등(2000)는 생육 및 buffer system에 *E. coli* O157:H7균주를

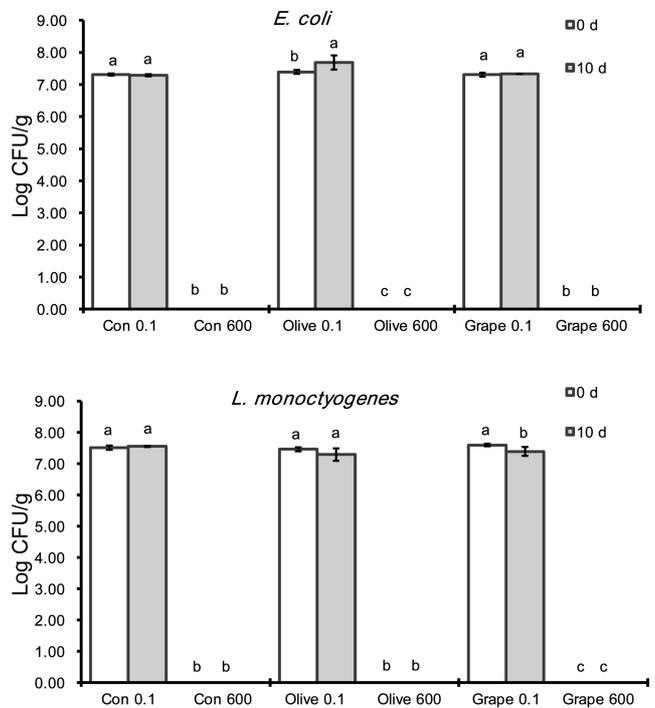


Fig. 2. Effects of high pressure on inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* inoculated into the beef loin added with vegetable oil during storage at 4°C (Log CFU/g). Vegetable oil was added at 10% of meat weight (w/w). ^{a-c}Different letters within same treatment differ significantly ($p < 0.05$).

접종하여 초고압 처리 하였을 때 생육에선 600 MPa로 2 분간 처리시 4 Log 정도 감소되었으며, buffer system은 500 MPa에서 5분간 처리시 5 Log 정도 감소됨을 보고하였다. 또한 Kruk 등(2011)은 닭가슴육에 *E. coli* 및 *L. monocytogenes*를 접종 후 초고압 처리시(600 MPa, 5 min, 15±3°C) *E. coli*는 저장 14일차까지 검출되지 않았으며 *L. monocytogenes*는 저장 7일 까지 검출되지 않았고 저장 14 일차에 1.95 Log만 증식하였다고 보고 하였으며 본 실험 과도 유사한 경향을 나타내고 있다.

지방산 조성

식물성유지 첨가 후 초고압 처리가 우육 등심 내 지방산 조성에 미치는 영향을 조사하였다(Table 3). 초고압 무처리군에서는 식물성유지의 첨가에 따른 우육 등심 내 지방산 조성에는 유의한 변화가 없었다($p>0.05$). 이는 단순한 첨가만으로는 우육 내부로 유지가 침투되지 못함을 의미한다. 하지만 식물성유지를 첨가한 후 600 MPa 처리군을 살펴보면 올리브유 첨가군과 포도씨유 첨가군에서 초고압 무처리군 보다 각각 올리브유에 다량 함유되어있는 oleic acid와 포도씨유에 다량 함유되어 있는 linoleic acid가 유의적으로 높게 측정되었다. 또한 600 MPa 처리군중 포도씨유 첨가군에서 불포화지방산과 포화지방산 비율이 다른 첨가군은 변화가 없으나 유의적으로 높아지는 것을 확인할 수 있다. 이는 포도씨유 첨가 후 초고압 처리한 실험구의 linoleic acid의 조성이 초고압 처리하지 않은 실험구에 비해 현저히 높아진 결과로 해석된다. 이 결과로 유추해 볼 때 식물성 유지 첨가 후 진공포장만 하는 경우 첨가된 유지가 식육 내부에 약간 침투할 수는 있으나 그 양이 제한적이고, 초고압 처리에 의한 압력으로 인해 침투력이 크게 향상될 수 있을 것으로 생각된다. Jo 등(2010)

은 닭가슴육에 10%(w/w)의 올리브유를 첨가하여 초고압 처리(600 MPa, 5 min, 15±3°C)후 지방산 조성을 살펴본 결과 oleic acid가 초고압 무처리군에 비해 5.75%증가 함을 보고하여 식물성 유지 첨가와 초고압 처리로 육 내 지방산 조성변화가 가능하다고 보고하였으며, 본 실험도 이와 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과로 초고압을 이용하여 우육의 안전성을 개선함과 동시에 지방산 조성을 소비자가 요구하는 불포화지방산이 높은 방향으로 변화시키는 것이 가능할 것이라고 판단된다. 이러한 물리적 지방산 조성 변환기법은 건강지향적 식육제품을 추구하는 현대 소비자에게 적합한 식육 및 육제품을 제공할 수 있는 한 방법이라 생각된다.

지방 산패도

저급우육의 품질개선을 위한 식물성유지 첨가 및 초고압 처리한 우육의 저장 중 지방산패도(TBARS 값)를 Table 4에 제시하였다. 초고압 무처리군에서는 저장 0일차에서는 TBARS 값이 차이를 보이지 않았으나 저장 10일 이후 올리브유 첨가군이 가장 낮고 포도씨유 첨가군이 가장 높은 지방산패도를 나타내었다. 올리브유를 첨가한 경우 비록 우육 내부로 깊숙히 침투되지는 않았으나 올리브유에 함유되어 있는 항산화 물질에 의해 지방산패가 현저히 줄어드는 것을 볼 수 있었으며, 반대로 포도씨유의 경우 또한 많은 항산화 물질들을 함유하고 있으나, 이와 더불어 다가의 불포화지방산인 linoleic acid가 유의적으로 많이 함유되어 있어 상대적으로 빠른 지방산패도를 나타내었다고 판단된다. 초고압을 600 MPa 처리한 시험구에서도 양상은 매우 비슷하게 나타났으나 처리 직후 무처리군에 비해 올리브유나 포도씨유 처리구가 낮은 TBARS값을 나타내었다. 그러나 저장 10일 이후에는 TBARS값이 현저히 증가하여 무처리

Table 3. Fatty acid composition (%) of beef loin added with vegetable oil and treated by high pressure

Pressure (MPa)	Treatment ¹⁾	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C ₂₀	C _{20:4}	C _{22:6}	SFA ³⁾	USFA ⁴⁾	U/S ⁵⁾
0.1	Non-oil	25.70	3.63	13.88	42.31	7.25	1.72	0.07	2.49	0.12	41.90	58.10	1.40
	Olive oil	25.08 ^x	3.34	13.02	45.74	6.41	1.26	0.08 ^y	1.82	0.13 ^x	40.84	59.16	1.46
	Grape seed oil	22.43	2.57	13.31	39.79	17.10	0.93 ^y	0.09	1.22	0.05 ^y	37.93	62.07	1.69
	SEM ²⁾	1.537	0.381	0.967	1.857	3.902	0.221	0.007	0.349	0.019	2.547	2.548	0.186
600	Non-oil	25.90 ^a	3.32 ^a	14.78	41.01 ^b	7.93 ^b	1.45	0.09 ^b	2.89	0.18	42.80 ^a	57.20 ^b	1.35 ^b
	Olive oil	21.92 ^{by}	2.28 ^b	17.33	48.96 ^a	5.12 ^b	1.23	0.15 ^{ax}	1.09	0.06 ^y	40.99 ^a	59.00 ^b	1.44 ^b
	Grape seed oil	18.82 ^c	1.75 ^c	10.67	31.93 ^c	31.42 ^a	1.42 ^x	0.09 ^b	2.34	0.13 ^x	30.82 ^b	69.18 ^a	2.29 ^a
	SEM ²⁾	0.648	0.148	1.770	1.455	2.801	0.164	0.015	0.629	0.036	2.086	2.086	0.175

^{a-c} Values with different superscripts within the same column differ significantly ($p<0.05$).

^{x,y} Values with different superscripts within the same column in the same oil treatment differ significantly ($p<0.05$).

¹⁾Vegetable oil was added at 10% of meat weight (w/w).

²⁾Standard error of the mean (n=9)

³⁾Saturated fatty acid

⁴⁾Unsaturated fatty acid

⁵⁾Unsaturated fatty acid/Saturated fatty acid

Table 4. 2-Thiobarbituric acid reactive substances (mg malondialdehyde/kg meat) value of the beef loin added with vegetable oil and treated by high pressure

Pressure (MPa)	Treatment ¹⁾	Storage (d)		
		0	10	SEM ²⁾
0.1	Non-oil	0.46 ^a	0.81 ^{bc}	0.096
	Olive oil	0.42 ^{aby}	0.63 ^{cx}	0.028
	Grape seed oil	0.41 ^{aby}	1.02 ^{bx}	0.098
600	Non-oil	0.45 ^{ay}	1.42 ^{ax}	0.025
	Olive oil	0.34 ^{cy}	0.74 ^{bcx}	0.047
	Grape seed oil	0.38 ^{by}	1.58 ^{ax}	0.013
	SEM ³⁾	0.012	0.085	

¹⁾Vegetable oil was added at 10% of meat weight (w/w).

²⁾Standard error of mean (n=18)

³⁾(n=6)

^{a-c}Different letters within same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x,y}Different letters within same row differ significantly ($p < 0.05$).

군에 비해 높아짐을 볼 수 있었다. Ma 등(2007)은 우육 및 가금육에 0.1-800 MPa의 초고압 처리시 TBARS 값이 증가와 저장기간 중 산화가 촉진됨을 보고하였으며, Cheah와 Ledward(1997)은 돈육에 초고압 처리시(400 MPa, 20 min, 19°C) 유의적으로 TBARS 값이 상승한다고 보고 하였다. 초고압 처리시 지방산화의 가속화에 따른 TBARS 값의 상승은 세포 이하의 구조적 변형 및 헴 함유 단백질의 변형으로 인한 유리된 철의 증가로 인하여 촉진 된다고 보고하고 있다. 이러한 유리된 철로 인한 지방산화는 citrate 및 ethylenediamine tetraacetic acid와 같은 킬레이트 화합물을 첨가하여 유리 철의 함량을 줄임으로써 방지할 수 있다 (Cheah and Ledward 1997; Ma *et al.*, 2007).

본 연구에서는 초고압 처리 후 초기(저장 0일 차)에는 선행연구에서 보인 초고압에 따른 TBARS 값 상승과 일치하진 않지만 저장기간에 따른 지방산화의 촉진에 의해 TBARS 값이 초고압 무처리구에 비해 현저하게 증가하는 현상과는 일치하고 있다. 반면 저장 10일차에서는 올리브

유 첨가 후 600 MPa 초고압 처리구가 식물성 유지도 첨가하지 않고 초고압 처리도 하지 않은 대조구에 비해서도 낮은 TBARS 값을 가졌다. Andjelkovic 등(2006)은 polyphenols중 catechol 및 galloyl groups을 가진 화합물은 킬레이트 능력을 가지고 있다고 보고하고 있으며 그 중 olive oil이 함유하고 있는 hydroxytyrosol 또한 킬레이트 능력을 가진 항산화 물질로써 초고압 처리시 발생된 유리 철을 킬레이트 하여 다른 처리구에 비하여 지방산화가 억제된 것으로 사료된다.

관능평가

초고압 및 식물성유지 첨가 처리하여 저급 우육의 품질 향상에 끼치는 관능적 품질을 평가하였다(Table 5). 육색의 경우 600 MPa 처리군에서 올리브유 첨가군에서 유의적으로 가장 높게 나타났으며 같은 처리군 중 포도씨유 첨가군에서 가장 낮았다. 표면육색의 결과는 초고압 무처리군과 비교할 때 600 MPa 처리군에서 L* 및 b* 값은 높아지며 a* 값은 낮아져 육색이 밝아지며 회갈색을 띠었으나, Jung 등(2000)의 보고에 의하면 초고압 처리로 인한 표면 육색의 변화는 조리 후 육색의 차이가 사라진다는 보고와 같이 본 실험에서도 무처리군과 600 MPa 처리군의 조리 후 육색 차이를 관능요원이 명확히 판단하지 못하였다. 이취에서는 초고압 무처리군중 올리브유 첨가구가 가장 낮았으며, 연도는 포도씨유 첨가군에서 가장 높았다. 초고압 600 MPa 처리군 중 식물성유지 무첨가구와 포도씨유 첨가군에서 이취가 낮게 나타났다. 씹힘성에서도 초고압 무처리군중 포도씨유 첨가군에서 가장 높았으며, 600 MPa 처리군 중 식물성유지 무첨가군에서 가장 낮았다. 다즙성과 풍미, 종합적 기호도, 구매의사도에서는 유의적인 차이를 갖지 못하였다. 연구 결과 식물성유지의 첨가 후 초고압 기술을 이용하여 저등급 우육의 영양학적 및 미생물학적 품질 개선과 함께 관능적 품질도 개선하기 위한 추가적인 노력이 필요하다고 판단된다. 이를 위해서는 식육의 풍미와 잘 조화될 수 있으면서도 영양학적으로

Table 5. Sensory evaluation of the beef loin added with vegetable oil and treated by high pressure

Pressure (MPa)	Treatment ¹⁾	Color	Odor	Tenderness	Juiciness	Chewiness	Flavor	Overall acceptance	Willingness to buy
0.1	Non-oil	5.00 ^{ab}	4.20 ^{ab}	3.80 ^{ab}	4.00	3.90 ^{ab}	4.10	4.00	3.70
	Olive oil	4.50 ^{ab}	3.00 ^b	3.50 ^{ab}	3.70	3.50 ^{ab}	3.30	3.20	2.90
	Grape seed oil	5.70 ^{ab}	4.90 ^a	4.60 ^a	4.60	4.50 ^a	4.50	4.20	4.00
600	Non-oil	4.60 ^{ab}	4.30 ^{ab}	2.50 ^b	3.40	2.60 ^b	4.00	3.10	2.80
	Olive oil	5.90 ^a	3.70 ^{ab}	3.90 ^{ab}	4.30	3.90 ^{ab}	4.50	3.70	3.40
	Grape seed oil	4.10 ^b	4.00 ^{ab}	2.80 ^b	3.70	3.05 ^{ab}	4.10	3.20	2.90
	SEM ²⁾	0.414	0.405	0.438	0.481	0.435	0.357	0.421	0.394

The score was evaluated with 10 semi-trained panelists (1, extremely dislike; 5, neither dislike nor like; 9, extremely like).

¹⁾Vegetable oil was added at 10% of meat weight (w/w).

²⁾Standard error of mean (n=18)

^{a, b}Different letters within same column differ significantly ($p < 0.05$).

소비자가 선호하는 유지의 탐색과 초고압 적용 시에 육내 침투력을 증가시키는 가공방법의 연구가 필요하다고 본다.

요 약

본 연구는 식물성 유지를 첨가한 저급우육 등심의 초고압 처리가 저급우육의 물리화학적, 미생물학적 품질에 미치는 영향을 평가하기 위해서 실시되었다. 저등급 우육 중량의 10%(w/w) 식물성유지인 올리브유와 포도씨유를 첨가 하여 진공포장 후 600 MPa의 초고압에서 처리하였으며 0.1 MPa 처리군과 표면 육색, 조직감, 지방산, 관능평가, 일반 미생물 및 병원성 미생물학적 품질차이검사를 실시하였다. 표면 육색은 600 MPa 처리군이 0.1 MPa 처리군에 비해 L* 값과 b* 값이 유의적으로 높았으며 a* 값은 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$), 저장 10일 후에도 유사한 경향을 보였다. 초고압 처리된 우육의 조직감은 초고압 무처리군(0.1 MPa)와 유의적인 차이가 없었다($p > 0.05$). 지방산 조성 분석 결과 600 MPa 처리군중 올리브유 첨가구와 포도씨유 첨가구에서 각각 oleic acid와 linoleic acid가 유의적으로 높게 분석되었다($p < 0.05$). 일반 미생물학적 품질 평가 결과 저장 초기 600 MPa 처리군에서 검출되지 않았으나 0.1 MPa 처리군에서 3 Log CFU/g 수준으로 검출되었으며 저장 10일 후 0.1 MPa에서 6 Log CFU/g 수준까지 증가한 반면 600 MPa 처리군 중 포도씨유 첨가구만 2 Log CFU/g 정도의 증가만 보였다. 병원성 미생물 접종시험 결과 600 MPa 처리시 *E. coli*와 *L. monocytogenes* 모두 저장 초기(저장 0일 차) 및 저장 10일 후 검출되지 않은 반면 0.1 MPa 처리군은 저장 초기에 초기 접종 농도인 7 Log CFU/g 수준으로 측정되었으며 저장 10일 후 역시 7 Log CFU/g 수준을 유지 하였다. 관능평가에서 종합적 기호도와 구매의사 항목에선 모든 시험구에서 유의적인 차이를 나타내지 못하였다($p > 0.05$). 연구결과 저급우육에 식물성 유지를 첨가하여 초고압 기술을 적용할 경우 병원성 미생물에 대한 안전성 확보와 식물성 유지 첨가에 의한 지방산 조성의 변화를 가져올 수 있다고 판단된다. 또한 올리브유 첨가를 통해 초고압 시 발생하는 지방산패를 억제할 수 있는 가능성을 보였다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 차세대 바이오그린21사업(과제번호: PJ0081330)의 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Ahn, D. U., Olson, D. G., Jo, C., Love, J., and Jin, S. K.

- (1999) Volatiles production and lipid oxidation in irradiated cooked sausage as related to packaging and storage. *J. Food Sci.* **64**, 226-229.
2. Andjelkovic', M., Camp J. V., Meulenaer, D. B., Depae-melaere, G., Socaciu, C., Verloo, M., and Verhe, R. (2006) Iron-chelation properties of phenolic acids bearing catechol and galloyl groups. *Food Chem.* **98**, 23-31.
3. Bail, S., Stuebiger, G., Krist, S., Unterweger, H., and Buchbauer, G. (2008) Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. *Food Chem.* **108**, 1122-1132.
4. Beveridge, T. H. J., Girard, B., Kopp, T., and Drover, J. C. G. (2005) Yield and composition of grape seed oils extracted by supercritical carbon dioxide and petroleum ether: varietal effects. *J. Agric. Food Chem.* **53**, 1799-1804.
5. Bloukas, J. G., Paneras, E. D., and Fournitzis, G. C. (1997) Effect of replacing pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat Sci.* **45**, 133-144.
6. Brenes, M., Hidalgo, F. J., García, A., Rios, J. J., García, P., Zamora, R., and Garrido, A. (2000) Pinoresinol and 1-acetoxypinoresinol, two new phenolic compounds identified in olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **77**, 715-720.
7. Campus, M., Flores, M., Martinez, A., and Toldrá, F. (2008) Effect of high pressure treatment on colour, microbial and chemical characteristics of dry cured loin. *Meat Sci.* **80**, 1174-1181.
8. Carlez, A., Veciana-Nogues, T., and Cheftel, J. C. (1995) Changes in colour and myoglobin of minced beef meat due to high pressure processing. *Lebensm.-Wiss. Technol.* **28**, 528-538.
9. Cheah, P. B. and Ledward D. A. (1997) Catalytic mechanism of lipid oxidation following high pressure treatment in pork fat and meat. *J. Food Sci.* **62**, 1135-1139.
10. Cheftel, J. C. and Culioli, J. (1997) Effects of high pressure on meat: a review. *Meat Sci.* **46**, 211-236.
11. Folch, J. M., Lees, M., and Sloan Stanley, G. H. (1957) A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **226**, 497-509.
12. Garriga, M., Grébol, N., Aymerich, M. T., Monfort, J. M., and Hugas, M. (2004) Microbial inactivation after high-pressure processing at 600 MPa in commercial meat products over its shelf life. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **5**, 451-457.
13. Gimeno, E., Castellote, A. I., Lamuela-Raventós, R. M., De la Torre, M. C., and López-Sabater M. C. (2002) The effects of harvest and extraction methods on the antioxidant content (phenolics, α -tocopherol, and β -carotene) in virgin olive oil. *Food Chem.* **78**, 207-211.
14. Gola, S., Muttia, P., Manganellia, E., Squarcinaa, N., and Rovereb, P. (2000) Behaviour of *E. coli* 0157:H7 strains in model system and in raw meat by HPP: Microbial and technological aspects. *High Pressure Res.* **19**, 91-97.
15. Jo, C., Kruk, Z. A., Yun, H., and Rutley, D. (2010) Methods for producing high quality non-comminuted meat products

- using high hydrostatic pressure technology and processed meat products using the method. *Korea Patent Submission Number* 10-2010-0018463.
16. Jung, S., Ghoul, M., and de Lamballerie-Anton, M. (2000) Changes in lysosomal enzyme activities and shear values of high pressure treated meat during ageing. *Meat Sci.* **56**, 239-246.
 17. Jung, S., Ghoul, M., and Lamballerie-Anton, M. D. (2003) Influence of high pressure on the color and microbial quality of beef meat. *Lebensm.-Wiss. Technol.* **36**, 625-631.
 18. Kamal-Eldin, A. and Andersson, R. (1997) A multivariate study of the correlation between tocopherol content and fatty acid composition in vegetable oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **74**, 375-380.
 19. Kim, C. J. and Lee, E. S. (2003) Effects of quality grade on the chemical, physical and sensory characteristics of Hanwoo (Korean native cattle) beef. *Meat Sci.* **63**, 397-405.
 20. Kim, Y. J., Lee, E. J., Lee, N. H., Kim, Y. H., and Yamamoto, K. (2007) Effects of hydrostatic pressure treatment on the physicochemical, morphological, and textural properties of bovine *semitendinosus* muscle. *Food Sci. Biotechnol.* **16**, 49-54.
 21. Kim, Y. J. and Lee, E., J. (2007) Application of hydrostatic pressure techniques on the meat products. *Food Sci. Ind.* **40**, 36-40
 22. Kruk, Z. A., Yun, H., Rutley, D. L., Lee, E. J., Kim, Y. J., and Jo, C. (2011) The effect of high pressure on microbial population, meat quality and sensory characteristics of chicken breast fillet. *Food Control* **22**, 6-12.
 23. Laack, R. L. J. M. V., Stevens, S. G., and Stalder K. J. (2001) The influence of ultimate pH and intramuscular fat content on pork tenderness and tenderization. *J. Anim. Sci.* **79**, 392-397.
 24. Ma, H. J., Ledward, D. A., Zamri, A. I., Frazier, R. A., and Zhou, G. H. (2007) Effects of high pressure/thermal treatment on lipid oxidation in beef and chicken muscle. *Food Chem.* **104**, 1575-1579.
 25. Medina, E., Romero, C., Brenes, M., and de Castro, A. (2007) Antimicrobial activity of olive oil, vinegar, and various beverages against foodborne pathogens. *J. Food Prot.* **70**, 1194-1199.
 26. Moniharapon, E. and Hashinaga, F. (2004) Antimicrobial activity of atung (*Parinarium glaberrimum* Hassk) fruit extract. *Pakistan J. Biol. Sci.* **7**, 1057-1061.
 27. Morgan, J. B., Sawell, J. W., Hale, D. S., Miller, R. K., Griffin, D. B., Cross, H. R., and Shackelford S. D. (1991) National beef tenderness survey. *J. Anim. Sci.* **69**, 3274-3283.
 28. Morrissey, M. T., Karaibrahimoglu, Y., and Sandhu, J. (1998) Process-induced chemical changes in food. Plenum Press, NY, Vol. 434, pp. 57-65.
 29. Orlien, V., Hansen E., and Skibsted L. H. (2000) Lipid oxidation in high-pressure processed chicken breast muscle during chill storage: critical working pressure in relation to oxidation mechanism. *Eur. Food Res. Technol.* **211**, 99-104.
 30. Park, B. (2010) 2010 Annual handbook of meat, Yong Seong Print Company, Gunpo-si, Korea, pp. 45 (in Korean).
 31. Park, J. Y., Na, S. Y., and Lee, Y. J. (2010) Present and future of non-thermal food processing technology. *Food Sci. Ind.* **75**, 1-20.
 32. Shigehisa, T., Ohmori T., Saito, A., Taji, S., and Hayashi R. (1991) Effects of high hydrostatic pressure on characteristics of pork slurries and inactivation of microorganisms associated with meat and meat products. *Int. J. Food Microbiol.* **12**, 207-215.
 33. Tasioula-margari, M. and Okogeri, O. (2001) Isolation and characterization of virgin olive oil phenolic compounds by HPLC/UV and GC-MS. *J. Food Sci.* **66**, 530-534.
 34. Ye, X., Krohn, R. L., Liu, W., Joshi, S. S., Kuszynski, C. A., McGinn, T. R., Bagchi, M., Preuss, H. G., Stohs S. J., and Bagchi D. (1999) The cytotoxic effects of a novel IH636 grape seed proanthocyanidin extract on cultured human cancer cells. *Mol. Cell. Biochem.* **196**, 99-108.
 35. Yuste, J., Capellas, M., Pla, R., Fung, D. Y. C., and Mor-Mur, M. (2001) High pressure processing for food safety and preservation: a review. *J. Rapid. Meth. Aut. Mic.* **9**, 1-10.
 36. Zhang, H. and Mittal, G. (2008) Effects of High-pressure processing (HPP) on bacterial spores: An overview. *Food Rev. Int.* **24**, 330-351.

(Received 2011.10.2/Revised 1st 2011.11.14, 2nd 2011.11.25/
Accepted 2011.11.25)