



오존가스 처리가 저장기간 중 포장 돈육의 미생물학적, 이화학적 특성에 미치는 영향

정진형 · 김창렬¹ · 김광현² · 문승주² · 국길² · 강석남^{3*}

축산물 등급판정소, ¹서강정보대학 식품영양학과, ²전남대학교 농생명과학대학 동물자원학과,
³전북대학교 생리활성물질연구소

Microbial and Physiochemical Characteristics of Pork Loin Cuts Treated with Ozone Gas During Storage

Jin-Young Jeong, Chang-Ryool Kim¹, Kwang-Hyun Kim², Seung-Ju Moon², Kil Kook², and Suk-Nam Kang^{3*}

Animal Product Grading Service, Gunpo 435-010, Korea

¹Department of Food Science and Nutrition, Seokang College, Gwangju 500-742, Korea

²Division of Animal Science, Institute of Agriculture Science and Technology, Chonnam National University,
Gwangju 500-757, Korea

³Research Center of Bioactive Materials, Chonbuk National University, Junju 561-756, Korea

ABSTRACT

This experiment was conducted to investigate the changes of pork meat quality characteristics exposed to ozone gas for 5, 10, and 15 min and then vacuum packaged during storage for 0, 5, 10, 15, and 20 day at 4°C. The ozone gas exposed groups of pork loin cuts (OZM) had slightly higher pH value compared to the control at day 0 and 5 ($p < 0.01$). The 15 min exposure of ozone gas groups showed significantly ($p < 0.01$) higher TBARS value than that of control at the day 15 and 20. However, there was no significant difference in all groups at day 0, 5, and 10. The CIE L* and b* values of OZM showed no significant difference between control and ozone gas treated groups during storage. The loin cut color of ozone gas exposure for 15 min had significantly lower CIE a* values than the other groups at day 0, 5, and 15 ($p < 0.01$). The aerobic plate count and coliform bacteria count of pork loin cuts exposed ozone gas significantly ($p < 0.01$) was reduced at day 0 by about 0.45-1.04 \log_{10} CFU/g and 0.26-0.30 \log_{10} CFU/g, respectively. As ozone gas exposure time extended, the aerobic plate count and coliform bacteria count of OZM were increased at day 0, 5, and 10 ($p < 0.01$). However, there were no significant differences observed among groups at day 20 in the counts of aerobic and coliform bacteria. In conclusion, the meat cuts exposed to ozone gas for 5 and 10 min before packing may be a reasonable packing method regarding the effects of ozone level on meat oxidation, color change and microbial reduction.

Key words : ozone gas, package, storage, bacteria, lipid oxidation

서 론

오존은 무색의 기체로 코를 자극하는 독특한 냄새를 가지며, 구조적인 특성으로 인해 전자와 핵에 친화적이다 (Gurol *et al.*, 1986). 오존은 오존생성기에 의해 발생된 전자를 산소와 결합시켜 생성되며, 오존의 구조는 가스 또는 액체 상태에서 매우 불안정하기 때문에 hydroxy(OH),

hydroperoxy($\cdot\text{HO}_2$), superoxide($\cdot\text{O}_2^-$) 라디칼로 변화하게 된다(Kim *et al.*, 1999). 또한 오존의 반응성은 이들 자유라디칼의 빠른 산화 능력 때문이며, 보통 20°C의 물에서 20-30분의 반감기를 갖기 때문에 잔존에 대한 위험성이 적다고 할 수 있다. 오존의 다양한 미생물에 대한 억제작용은 오존의 농도, 불순물의 존재 여부(기질 및 당 등), 압력, pH, 온도, 촉매제(금속이온), 그리고 세포주위의 유기물질의 함량(Castillo *et al.*, 2003; Restaino *et al.*, 1995; Sharma *et al.*, 2002)에 따라 달라진다. 오존은 그람양성, 그람음성균, 그리고 곰팡이 등의 미생물에 강한 억제 효과를 보이며, 특히 바이러스에 효과가 강력하다고 보고되

*Corresponding author : Suk-Nam Kang, Research Center of Bioactive Materials, Chonbuk National University, 644-14 Buckjin, Jeonbuk 561-756, Korea. Tel: 82-63-270-4987, E-mail: whitenightt@hanmail.net

었다(Restaino *et al.*, 1995).

지금까지 식품분야에서 오존은 다양하게 이용되어 왔다. 즉, 어류 (Goche and Cox, 1999; Haraguchi *et al.*, 1969), 닭고기(Dave, 1999; Sheldon and Brown, 1986), 식육 및 식육 가공품(Dondo *et al.*, 1992; Gorman *et al.*, 1997)에서의 미생물억제에 이용되었으며, 콩과 면실유의 aflatoxin 제거(Dwankanath *et al.*, 1968)에 효과적이며, 베이컨, 쇠고기, 계란 그리고 야채 및 과일의 살균(Gammon and Karelak, 1973; Han *et al.*, 2002; Kaess and Weidemann, 1968; Kim *et al.*, 1999; Lyons-Magnus, 1999; Singha *et al.*, 2003)을 위해 사용되기도 하였다. 특히 오존의 이용은 수질의 오염을 방지하는데 가장 많은 연구가 보고되었다 (Bryant *et al.*, 1992; Stover and Jarnis, 1981 Rice *et al.*, 2000).

식육 도체는 냉각 이후 시간이 경과함에 따라 미생물의 오염이 계속 증가하는데, 기존에 사용하는 도체의 세척만으로 원하는 수준의 식육위생에 접근할 수 없으며, 이후 식육은 부분육 가공단계에서 작업자나 기구에 의한 새로운 미생물 오염원에 노출하게 된다(Emswiler *et al.*, 1976). 기존의 많은 연구에서 신선육의 포장 및 가공시 오존수에 침지하거나 오존수를 직접 살포방법에 대한 연구가 진행되었는데(Emswiler *et al.*, 1976; Johnson *et al.*, 1979), 이런 처리방식은 도체의 세척에는 적합할지 모르나, 부분육의 포장에는 적당한 처리방식이 아니다. 또한 이러한 침지 및 살포방식은 부분육의 포장시 이차오염을 발생시킬 수 있을 뿐만 아니라, 안전성에도 큰 문제를 야기시킬 수 있기 때문에 적용에 문제점을 가지고 있다.

미국의 FDA에서는 2000년에 오존을 GRAS로 인정하고, 식품의 저장 혹은 가공을 위한 직접적인 첨가제로 승인하였다(Khadre *et al.*, 2001). 이는 식품 생산라인에서의 오존사용이 식품의 품질 변화를 최소화하고 잔류성에 문제가 없다고 판단되었기 때문으로 사료된다(Clark *et al.*, 1980). Reagan 등(1996)은 도축장에서 오존수를 이용해 도체의 세척이 총 호기성미생물수의 유의적인 감소를 보고하였으며, Stivarius 등(2002)은 분쇄 가공육에서의 병원성 미생물 감소 및 육색의 변화에 대하여 보고하였다.

따라서 본 연구는 돈육 부분육을 오존 가스를 이용하여 포장한 후 저장할 때 미생물학 및 이화학적 특성을 조사함으로써 안전한 식육 위생과 유통 방법을 개발하기 위한 목적으로 실시하였다.

재료 및 방법

시료의 조제

가공장에서 돈육의 등심부위를 구매하여 가식지방을 제거한 돈육을 사용하였다. 오존 처리는 실내온도(20±1°C)에서 오존 발생기(V-meter 210, Shin Kwang Control, Korea)

를 30분 가동하여 오존을 포화시킨 용기(10×20×5 cm) 안에 돈육(4×4×2 cm)을 넣고 0, 5, 10, 그리고 15분간 노출시켰으며, 이 실험은 3반복되었다. 이때 오존발생기의 주입구는 시료가 담긴 용기 안에 넣어 오존이 계속 발생되도록 하였다. 시료육은 오존에 노출시킨 후 진공 포장하여 4°C 냉장상태에서 저장하면서 조사하였다. 이때 처리 오존의 농도는 Ozone Controller(Model 3600 analyzer, Orbisphere Lab, Switzerland)를 사용하여 조사하였으며, 오존의 포화농도는 1.0 ppm이었다.

육색 및 pH 분석

육색은 Color meter(JC801S, Color Techno System Co. Ltd., Japan)를 사용하였으며, Hunter color L*(lightness), a*(redness) 및 b*(yellowness)를 분석하였다. pH는 pH meter(520A, Orion, USA)를 이용하여 측정하였다.

미생물 분석

미생물의 채취는 저장기간별로 25 g을 취하여 멸균팩에 담아 175 mL 멸균수와 함께 균질화(Stomacher, USA) 시킨 후 생성된 현탁액을 취하여 분석하였으며, 미생물 분석은 이를 희석하여 도말법을 이용하였다. 총균수는 표준평판배지(Difco, USA)를 대장균균 수는 MacConkey agar (Difco, USA)를 이용하여 37°C에서 48시간 배양 이후 나타난 집락을 조사하였다.

지방 산패도(Thiobarbituric acid reactive substances: TBARS)

지방 산패도는 Witte 등(1970)의 방법으로 측정하였으며, mg malonaldehyde/kg 시료의 값으로 표시하였다.

통계 분석

본 실험의 결과는 통계분석용 프로그램인 SAS(2000)를 이용하여 분산분석을 수행하였고, 평균간 유의성 검정은 Duncan의 Multiple range test로 처리간의 결과 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

pH의 변화

저장기간 중 오존 가스를 처리한 진공포장 돈육의 pH 값의 변화는 Table 1에 나타나 있다. 저장기간이 증가함에 따라 모든 돈육의 pH 값은 증가하였으며, 저장기간 동안 모든 식육에서 5.45-5.75 범위에 있었다. 저장 중 식육의 pH는 식육내 glycogen의 함량(Terlouw, 2005), 유리아미노산의 생성(Melo *et al.*, 1974), 암모니아의 생성(Deymer, 1979), 그리고 이산화탄소의 해리(Lowenadler and Ronner, 1994) 등의 원인으로 변화한다고 보고되었다. 모든 처리구

Table 1. Effect of ozone gas treatment on the pH values of pork loin cut during storage at 4°C

Treatment	Storage (days)				
	0*	5*	10*	15	20
Control	5.45±0.02 ^c	5.48±0.02 ^d	5.61±0.02 ^b	5.69±0.03	5.74±0.07
5 OZ ¹⁾	5.49±0.01 ^b	5.62±0.02 ^b	5.62±0.05 ^b	5.67±0.05	5.64±0.04
10 OZ	5.55±0.02 ^b	5.56±0.02 ^c	5.63±0.03 ^b	5.67±0.05	5.67±0.04
15 OZ	5.51±0.02 ^a	5.69±0.03 ^a	5.70±0.01 ^a	5.74±0.08	5.72±0.06

Mean values within the same column with different letters were significantly different (* $p < 0.01$).

¹⁾OZ means ozonation time (min).

에서 오존 처리 직후(저장 0일차) 및 저장 5일차까지 무처리군에 비해 오존을 처리한 군의 pH 값이 다소 높게 나타났다($p < 0.01$). 또한 15분간 오존에 노출시킨 돈육에서 저장 5일과 10일차에 대조구보다 유의적으로 높은 pH 값을 나타내었다. 처리구에서는 이러한 결과는 조개류의 저장실험에서 오존 처리군과 무처리군 간의 pH 값의 차이가 없다는 Manousaridis 등(2005)의 보고와 일치하지 않았다. 하지만 저장 15일차에는 처리구와 대조구의 pH는 유의적인 차이가 발견되지 않았다.

TBARS의 변화

저장기간 중 오존 가스를 처리한 진공포장된 돈육의 지방 산패도의 변화는 Table 2에 나타나 있다. 식육의 분석에 있어 TBARS는 지방의 산화를 측정하는 좋은 방법으로 알려져 있다. 본 실험의 경우, 모든 시험군에서 저장기간의 증가에 따라 TBARS 값이 증가하였다. 하지만, 모든 시험군의 TBARS 값이 2 mg MA/kg를 넘지 않아야 한다는 Connell(1995)의 제안을 넘지 않아 돈육이 가식권내에 있었다고 판단된다. 지방산패도의 경우 저장초기 및 10일까지 처리구와 대조구의 TBARS 값이 0.50-0.72 mg MA/kg으로 가식권 내에 있었으며, 시험구간 내 유의적인 차이를 보이지 않았다. 하지만 오존에 15분간 노출시킨 처리구의 경우 15 및 20일차에 대조구 및 다른 처리구보다 유의적으로 높은 지방산패도를 나타내었다($p < 0.01$). 이는 15분간 오존 가스에 처리시, 오존의 처리로 인해 식육의 표면의 지방 산화를 촉진한다는 기존의 보고와 일치하였다(Lee *et al.*, 1996). 본 실험의 결과 오존 가스를 이용한

분육의 포장시 1 ppm의 오존을 사용할 때 15분 이상 노출하는 것을 피하는 것이 산화의 위험성을 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

육색의 변화

저장기간 중 오존 가스를 처리한 진공포장된 돈육의 육색 백색도의 변화는 Fig. 1에 나타나 있다. 오존처리에 의한 돈육의 육색변화를 살펴보면, 육색의 백색도 및 황색도는 저장기간 동안 처리구와 대조구의 유의적 차이는 발견되지 않았다. 저장기간이 증가할수록 모든 처리구의 육색의 밝기는 증가하였는데, 적색도 및 황색도는 20일차를 제외하고는, 저장기간 동안 증감이 나타나지 않았다. 이상의 결과는 Stivarius 등(2002)은 소도체에 오존수를 살포하였을 때 분쇄육의 백색도의 증가를 가져왔다는 보고와 일치하지 않았다. 또한 15분간 오존 가스에 처리한 돈육의 적색도가 처리 직후 및 저장 5일, 그리고 10일차에 대조구보다 유의적으로 낮은 적색도를 나타내었다($p < 0.01$). 이러한 결과는 소도체 포면에 오존수를 살포했을 때 분쇄육의 적색도에 영향을 주지 않는다는 Stivarius 등(2002)의 보고와 일치하지 않았다. 하지만 낮은 농도의 오존수를 우육에 이용할 때 육색의 변화에 영향을 주지 않는다는 Kaess와 Weidemann(1968)의 보고와 일치하였다. 이러한 오존 처리에 의한 육색의 서로 다른 견해는 오존의 노출 시간과 오존의 처리방식에 따라 달라진다고 사료된다. 또한 본 실험의 경우 15분간 오존 가스에 노출한 돈육의 적색도가 감소한 결과는 Fournaud와 Lauret(1972)의 실험에서 우육을 오존 가스에 노출시 바람직하지 않는 육색의 변화를

Table 2. Effect of ozone gas treatment on the TBARS values of pork loin cut during storage at 4°C

Treatment	Storage (days)				
	0	5	10	15*	20*
Control	0.51±0.03	0.63±0.03	0.69±0.02	0.72±0.03 ^b	1.13±0.03 ^c
5 OZ ¹⁾	0.50±0.03	0.67±0.04	0.67±0.03	0.73±0.03 ^b	1.12±0.03 ^c
10 OZ	0.54±0.02	0.66±0.03	0.69±0.06	0.73±0.03 ^b	1.19±0.03 ^b
15 OZ	0.54±0.03	0.67±0.03	0.72±0.06	0.87±0.02 ^a	1.34±0.03 ^a

Mean values within the same column with different letters were significantly different (* $p < 0.01$).

¹⁾OZ means ozonation time (min).

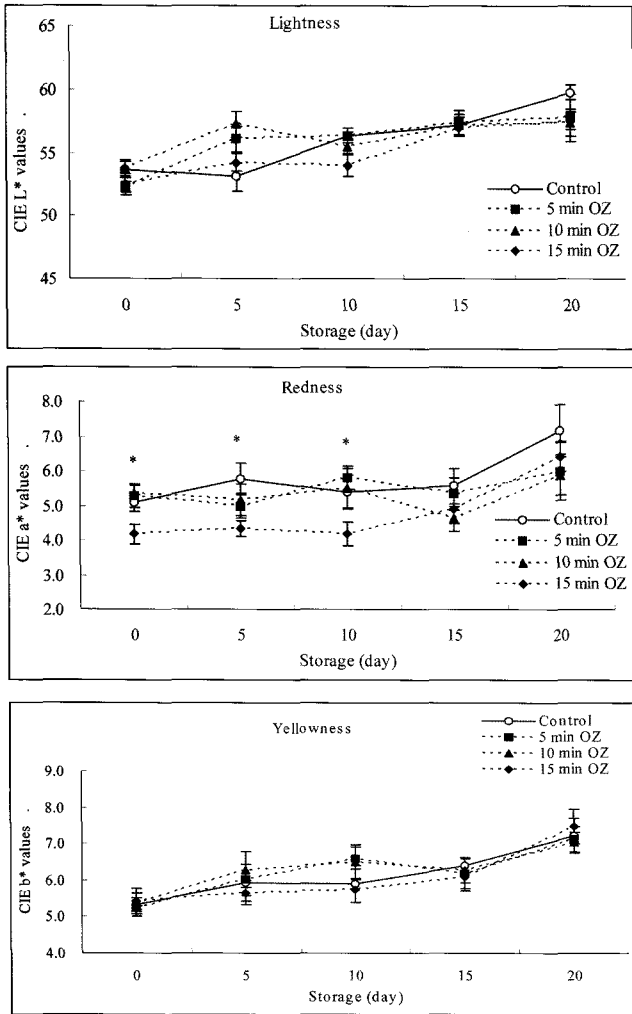


Fig. 1. Effect of ozone gas treatment on the CIE L* (lightness), a* (redness) and b* (yellowness) values of pork loin cut during storage at 4°C. Values are significantly different between control and treatment group (15 min ozonation) in the same storage (* $p < 0.01$). OZ means ozonation time.

가져온다는 보고와 일치하였다.

미생물의 변화

저장기간 중 오존 가스를 처리한 진공포장 돈육의 총균수의 변화는 Table 3에 나타나 있다. 오존을 이용한 돈육의 총균수의 변화의 경우, 처리 초기에(저장 0일차) 처리

구 전체의 총균수가 대조구보다 낮게 나타났다($p < 0.01$). 초기 미생물 수치는 대조구가 2.93 \log_{10} CFU/g 이었지만 5, 10분, 15분간 오존에 노출시간이 증가함에 따라 각각 2.48, 2.23과 1.89 \log_{10} CFU/g으로 나타났다. 오존에 노출시간을 길게 할수록 돈육의 총균수의 감소폭이 커졌다. 오존의 노출시간을 각각 5, 10, 그리고 15분일 때, 돈육의 미생물의 감소폭은 각각 0.45, 0.70, 그리고 1.04 \log_{10} CFU/g으로 나타났다. 저장 5일차의 경우에 5, 10 그리고 15분간 오존에 노출한 돈육의 총균수가 대조구보다 낮게 나타났으며($p < 0.01$), 노출시간이 증가할수록 미생물 감소폭이 증가하였다. 즉 5, 10, 그리고 15분간 오존에 처리한 돈육의 미생물 감소폭이 각각 0.61 \log_{10} CFU/g, 1.35 \log_{10} CFU/g, 그리고 1.46 \log_{10} CFU/g으로 나타났다. 저장 10일차에도 각각의 미생물의 감소폭은 0.87, 1.48 그리고 1.68 \log_{10} CFU/g으로 나타나 오존 가스의 노출시간에 따른 총 미생물의 감소폭이 증가하였다. 저장 15일차의 경우, 10분 및 15분 오존 가스 처리구의 총균수가 대조구의 총균수보다 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다($p < 0.01$). 하지만 저장 20일차의 총균수는 모든 처리구에서 대조구와 유의적인 차이를 나타내지 않았다. ICMSF(1986)는 신선한 식육의 총균수는 5 \log_{10} CFU/g을 넘지 않은 상태라고 제안하였는데, 본 실험에 사용된 돈육의 경우 저장 10일까지 모든 처리구에서 5 \log_{10} CFU/g을 초과하지 않아 기준에 적합한 총균수 수준이었다. 하지만 저장 15 및 20일차에는 모든 시험구에서 기준을 초과한 총균수가 검출되었다. Nottingham (1982)의 부패 식육의 기준을 총균수 7 \log_{10} CFU/g라고 하였는데, 저장 20일까지 모든 처리구에서 기준을 초과하지는 않았지만, 저장 20일차의 경우 모든 시험구의 총균수가 7 \log_{10} CFU/g에 가까운 수치를 나타내었다. 저장 15일차의 경우에는 10 및 15분간 오존처리구가 대조구보다 상대적으로 낮은 총미생물 수치를 나타내어 오존 가스의 처리구가 돈육의 저장성에 도움을 주는 것으로 사료된다. Luck와 Jager(1998)는 오존이 미생물의 세포벽을 붕괴 혹은 구성단백질을 변화시켜 미생의 성장을 억제 또는 지연시킨다고 보고하였다. 오존을 이용한 식육의 총균수 변화에 대한 연구를 살펴보면, 계육의 도체(Sheldon and Brown, 1986; Fabrizio *et al.*, 2002) 그리고 우육의 도체(Gorman *et al.*, 1997; Bosilevac, *et al.*, 2005)에 오존수를

Table 3. Effect of ozone gas treatment on the aerobic plate counts of pork loin cut during storage at 4°C

Treatment	Storage (days)				
	0*	5*	10*	15*	20
Control	2.93±0.13 ^a	3.71±0.23 ^a	4.85±0.31 ^a	6.28±0.25 ^a	6.74±0.24
5 OZ ¹⁾	2.48±0.14 ^b	3.10±0.28 ^a	3.98±0.25 ^b	5.75±0.26 ^b	6.48±0.41
10 OZ	2.23±0.23 ^b	2.36±0.41 ^b	3.37±0.23 ^c	5.25±0.12 ^c	6.61±0.23
15 OZ	1.89±0.17 ^c	2.25±0.42 ^b	3.17±0.27 ^c	5.14±0.12 ^c	6.72±0.17

Mean values within the same column with different letters were significantly different (* $p < 0.01$).

¹⁾OZ means ozonation time (min).

Table 4. Effect of ozone gas treatment on the coliform bacterial counts of pork loin cut during storage at 4°C

Treatment	Storage (days)				
	0*	5*	10*	15*	20
Control	2.52±0.12 ^a	3.52±0.43 ^a	4.10±0.35 ^a	5.32±0.22 ^a	6.58±0.32
5 OZ	2.00±0.13 ^b	2.20±0.32 ^b	3.09±0.23 ^b	4.44±0.31 ^b	6.00±0.31
10 OZ	2.04±0.11 ^b	2.25±0.22 ^b	3.24±0.32 ^b	4.44±0.23 ^b	6.15±0.33
15 OZ	2.04±0.12 ^b	2.21±0.22 ^b	2.78±0.32 ^b	4.31±0.27 ^b	6.07±0.37

Mean values within the same column with different letters were significantly different (* $p < 0.01$).

^bOZ means ozonation time (min).

살포하였을 때 유의적인 총균수의 감소가 보였다고 보고된 바 있다. 분쇄육에서도 오존의 처리가 총균수의 감소를 가져왔다고 보고되었다(Pohlman *et al.*, 2002).

저장기간 중 오존 가스를 처리한 진공포장된 돈육의 대장균 수의 변화는 Table 4에 나타나 있다. 오존처리에 의한 돈육의 대장균 수의 변화를 살펴보면, 저장 초기에(0일차) 오존에 노출한 처리구 전체의 대장균 수가 대조구보다 낮게 나타났다($p < 0.01$). 초기(0일차) 대장균 수는 대조구가 2.52 log₁₀CFU/g이었지만, 5, 10, 그리고 15분간 오존에 노출한 돈육은 2.00, 2.04, 그리고 2.04 log₁₀CFU/g으로 감소폭은 각각 0.52, 0.48, 그리고 0.48 log₁₀CFU/g으로 유의적으로 감소하였다($p < 0.01$). 저장 기간 5, 10, 그리고 15일에 대조구와 처리구간의 대장균 수의 차이가 분명하게 드러났으며($p < 0.01$), 이기간 동안 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$). 하지만 20일차의 경우, 대조구와 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Castillo 등(2003)과 Novak과 Yuan (2003)은 오존수(3 ppm)를 소도체 표면에 도포하였을 때, *E. coli* O157:H7의 수가 감소하였다고 보고하였다. 또한 Manousaridis 등(2005)은 조개 속살의 저장시 오존수(1 mg/L)의 침지 처리가 그람음성균 수 및 *Pseudomonas* 균, H₂S를 생산하는 미생물, 젖산균 그리고 장내미생물의 감소에 효과가 있었다고 보고하였다.

이상의 결과를 종합하여 보면 오존 가스를 이용해 돈육을 포장할 때, 오존 가스의 포화 농도가 1 ppm일 경우, 노출시간을 달리하였을 때 오존 가스가 식육의 산화, 육색의 변화, 그리고 미생물의 감소 정도에 영향을 주는 것을 종합해 보았을 때 15분 이상은 미생물의 사멸에 가장 좋은 효과를 나타내었으나, 식육의 산화와 육색의 변화에 영향을 미치지 않기 때문에 오존가스를 이용한 식육의 포장시 노출시간을 5분, 10분으로 포장하는 것이 합리적인 포장 방법이라고 사료된다.

적 요

본 실험은 식육의 미생물 억제 및 저장성을 향상하기 위하여, 기존의 침수나 살포방법이 아닌, 오존 가스에 노

출하는 방식으로 돈육을 5, 10, 15분간 오존 가스에 노출시켜 진공포장이후 4°C에서 0, 5, 10 그리고 20일간 저장하였으며, 이때 식육의 이화학적 특성 변화 및 미생물 변화를 관찰하였다. 오존 처리후 저장 0 및 5일차에 처리구의 pH 값이 대조구보다 다소 높게 나타났다($p < 0.01$). 지방산패도(TBARS)의 경우 오존에 15분간 노출시킨 처리구의 경우 15 및 20일차에 대조구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다($p < 0.01$). 하지만 0, 5, 그리고 10일차에는 TBARS 값에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 육색의 백색도 및 황색도는 시험구간내 유의적인 차이가 없었다. 하지만, 적색도의 경우 15분간 오존 가스에 노출한 돈육이 0, 5 그리고 15일에 다른 처리구보다 높은 적색도를 나타내었다($p < 0.01$). 저장 0일차에 처리구 전체의 총균수 및 대장균 수(각각 0.45-1.04와 0.26-0.30 log₁₀CFU/g)가 대조구보다 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.01$). 오존처리 시간이 증가할수록 0, 5, 10일차에 총균수 및 대장균 수가 증가하였으나, 저장 20일차에는 총균수 및 대장균수의 유의적인 차이는 발견되지 않았다. 이상의 결과에서 부분육의 포장시, 포화 오존가스에 5분 및 10분간 노출시킨 후 포장하는 것이 식육의 산화, 육색의 변화, 그리고 향미생물 효과를 감안했을 때 합리적인 방법이라고 사료된다.

참고문헌

- Bosilevac, J. M., Nou, X., Osborn, M. S. and Allen, D. M., and Koochmaria, M. (2005) Development and evaluation of an on-line hide decontamination procedure for use in a commercial beef processing plant. *J. Food Protect.* **68**, 265-272.
- Bryant, E. A., Fulton, G. P., and Budd, G. L. (1992) Disinfection alternatives for safe drinking water, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Castillo, A., McKenzie, K. S., Lucia, L. M., and Acuff, G. R. (2003) Ozone treatment for reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* serotype typhimurium on beef carcass surfaces. *J. Food Protection* **66**, 775-779.
- Clark, D. S., Olson, J. C., and Roberts, T. A. (eds). (1980) Microbial ecology of foods. Academic Press, New York, Vol. 1, pp. 189-192.
- Connell, J. J. (1995) Control of Mussel Quality. 4th ed., Fish-

- ing News Books Ltd., Farnham, Surrey, UK, Vol. 157, pp. 159-160.
6. Dave, S. A. (1999) Effect of ozone against *Salmonella enteritidis* in aqueous suspensions and on poultry meat. MS thesis, Ohio State Univ., Columbus, OH, USA. pp. 26-68.
 7. Deymer, D. I. and Vandekerckhove, P. (1979) Compounds determining pH in dry sausage. *Meat Sci.* **3**, 161-167.
 8. Dondo, A., Nachman, C., Doglione, L., Rosso, A., and Genetti, A. (1992) Foods their preservation by combined use of refrigeration and ozone. *Ing. Aliment. Conserve Anim.* **8**, 16-25.
 9. Dwankanath, C. I., Rayner, E. T., Mann, G. E., and Dollar, F. G. (1968) Reduction of aflatoxin levels in cotton seed and peanut meals by ozonization. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* **45**, 93-97.
 10. Emswiler, B. S., Kotula, A. W., and Rough, D. K. (1976) Bactericidal effectiveness of three chlorine sources used in beef carcass washing. *J. Animal Sci.* **42**, 1445-1450.
 11. Fabrizio, K. A., Sharma, R. R., Demirci, A., and Cutter, C. N. (2002) Comparison of electrolyzed oxidizing water with various antimicrobial interventions to reduce *Salmonella* species on poultry. *Poult Sci.* **81**, 1598-605.
 12. Fournaud, J. and Lauret, R. (1972) Influence of ozone on the surface microbial flora of frozen boot and during thawing. *Ind. Aliment. Agric.* **89**, 585-589.
 13. Gammon, R. and Karelak, A. (1973) Gaseous sterilization of foods. *Amer. Inst. Chem. Eng. Symp. Series* **69**, 91-102.
 14. Goche and Cox, B. (1999) Ozone treatment of fresh H&G Alaska salmon. Report to Alaska Science and Technology Foundation and Alaska Department of Environmental Conservation, November, Seattle, Washington Surefish.
 15. Gorman, B. M., Kuchevar, S. L., Sofos, L. W., Morgan, J. B., Schmidt, G. R., and Smith, G. C. (1997) Changes on beef adipose tissue following decontamination with chemical solutions or water 35°C or 74°C. *J. Muscle Foods* **8**, 185-197.
 16. Gurol, M. D. and Vatistas, R. (1986) Oxidation of phenolic compounds by ozon and Ozone/UV radiation. A Comorative study. *Wat. Res.* **21**, 895-895.
 17. Han, Y., Floros, J. D., Linton, R. H., Nielsen, S. S., and Nelson, P. E. (2002) Response surface modeling for the inactivation of *E. coli* O157 H7 on green peppers by ozone gas treatment. *J. Food Sci.* **67**, 3188-3193.
 18. Haraguchi, T., Simidu, U., and Aiso, K. (1969) Preserving effect of ozone on fish. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Mussel* **35**, 915-919.
 19. ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods) (1986) Microorganisms in Foods. Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Scientific Applications. Vol. 2, 2nd ed., University of Toronto Press, Toronto, pp. 181-196.
 20. Johnson, M. G., Titus, T. C., McCaskill, L. H., and Acton, J. C. (1979) Bacterial counts on surfaces of carcasses and in ground beef from carcasses sprayed or not sprayed with hypochlorous acid. *J. Food Sci.* **44**, 169-173.
 21. Kaess, G. and Weidemann, J. F. (1968) Ozone treatment of chilled beef. Effect of low concentrations of ozone on microbial spoilage and surface color of beef. *J. Food Technol.* **3**, 325-334.
 22. Khadre, M. A., Yousef, A. E., and Kim, J. G. (2001) Microbiological aspects of ozone applications in food a review. *J. Food Sci.* **6**, 1242-1252.
 23. Kim, J. B., Yousef, A. E., and Dave, S. (1999) Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods a review. *J. Food Protection* **62**, 1071-1087.
 24. Lee, M., Sebranek, J. G., Olson, D. G., and Dickson, J. S. (1996) Irradiation and packaging of fresh meat and poultry. *J. Food Protection* **59**, 62-72.
 25. Lowenadler, J. and Ronner, U., (1994). Determination of dissolved carbon dioxide by coulometric titration in modified atmosphere systems. *Lett. Appl. Microbiol.* **18**, 285-288.
 26. Luck, E. and Jager, M. (1998) Antimicrobial Food Additives. 2nd ed., Springer-Verlag, New York, pp. 42.
 27. Lyons-Magnus, (1999) Ozone Use Survey Data. Ozone Treatment of Fresh Strawberries. Data submitted to EPRI Agriculture and Food Alliance, September 28, 1999, Lyons-Magnus. Fresno, CA, USA.
 28. Manousaridis, G., Nerantzaki, A., Paleologos, E. K., Tsiotias, A., Savvaidis, I. N. and Kontominas, M. G. (2005) Effect of ozone on microbial, chemical and sensory attributes of shucked mussels. *Food Microbiol.* **22**, 1-9.
 29. Melo, T. S., Blumer, T. N., Swaisgood, M. E., and R. J. Monroe. (1974) Cateptic enzyme activity in aged country-style ground porks as influenced by precuring treatment. *J. Food Sci.* **39**, 511-515.
 30. Nottingham, P. M. (1982) Microbiology of carcass meats. In: Meat Microbiology, Brown, M. H. (ed), Applied Science Pub., London, pp. 13-65.
 31. Pohlman, F. W., Stivarius, M. R., McElyea, K. S., Johnson, Z. B., and Johnson, M. G. (2002) The effects of ozone, chlorine dioxide, cetylpyridinium chloride and trisodium phosphate as multiple antimicrobial interventions on microbiological, instrumental color, and sensory color and odor characteristics of ground beef. *Meat Sci.* **61**, 307-313.
 32. Reagan, J. O., Acuff, G. R., Buege, D. R., Buyck, M. R., Dickson, J. S., Kastner, C. L., Morgan, J., Nickelson, L., II, R., Smith, G. C., and Sofos, J. N. (1996) Trimming and washing of beef carcasses as a method of improving the microbiological quality of meat. *J. Food Protect.* **59**, 751-756.
 33. Restaino, L., Frampton, E., Hemphill, J., and Palnikar, P. (1995) Efficacy of ozonated water against various food related microorganisms, *Appl. Environ. Microbiol.* **61**, 3471-3475.
 34. Rice, R. G., Overbeck, P., and Larson, K. A. (2000) Costs of ozone in small drinking water systems. In: Proceedings on Small Drinking Water and Wastewater Systems. NSF International, Ann Arbor, MI, pp. 27.
 35. SAS (2000) SAS/STAT User's Guide. Version 6.02, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
 36. Sharma, R. R., Demirci, A., Beuchat, L. R., and Fett, W. F. (2002) Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on inoculated alfalfa seeds with ozonated water and heat treatment. *J. Food Protect.* **65**, 447-451.

37. Sheldon, B. W. and Brown, A. L. (1986) Efficacy of ozone as a disinfectant for poultry carcasses and chilled water. *J. Food Sci.* **51**, 305-309.
38. Singha, N., Singh, R. K., and Bhuniab, A. K. (2003) Sequential disinfection of *E. coli* O157:H7 inoculated alfalfa seeds before and during sprouting using aqueous chlorine dioxide, ozonated water and thyme essential oil, *Lebensm. Wiss. Tech.* **36**, 235-243.
39. Stivarius, M. R., Pohlman, F. W., McElyea, K. S., and Apple, J. K. (2002) Microbial, instrumental color and sensory color and odor characteristics of ground beef produced from beef trimmings treated with ozone or chlorine dioxide. *Meat Sci.* **60**, 295-298.
40. Stover, E. L. and Jarnis, R. W. (1981) Obtaining high level wastewater disinfection with ozone. *J. Water Pollut. Control Fed.* **53**, 1637-1647.
41. Terlouw, C. (2005) Stress reactions at slaughter and meat quality in pigs: genetic background and prior experience: A brief review of recent findings. *Livestock Production Science* **94**, 125-135
42. Witte, V. C., Krause, G. F., and Bailey, M. E. (1970) A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.* **35**, 582-582.

(2006. 12. 19. 접수/2007. 1. 19. 채택)