

연구노트

이산화염소 처리에 의한 적색육의 저장 중 품질변화

이승환 · 신희영 · 구경주 · 진유영 · 전소정 · 채현석 · 송경빈*

충남대학교 식품공학과

Quality Change of Red Meat by Chlorine Dioxide Treatment during Storage

Seung Hwan Lee, Hee Young Shin, Kyoung Ju Ku, You Young Jin, So Jeong Jeon,
Hyeon Seok Chae, and Kyung Bin Song*

Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

Abstract The effects of chlorine dioxide (ClO₂) treatment on the quality changes of pork and beef were examined. Pork belly and beef tenderloin samples were treated with 30, 50, and 100 ppm of ClO₂ solution, respectively, and stored at 4 ± 1°C. The ClO₂ treatment of pork and beef during storage decreased total aerobic bacteria, yeast, and mold counts with increasing concentrations of ClO₂. The total aerobic bacterial counts for the pork belly treated at 100 ppm of ClO₂ increased from 1.48 log CFU/g immediately following treatment to 4.73 log CFU/g after 10 days, while the control increased from 2.19 log CFU/g to 6.22 log CFU/g. For the beef tenderloin, the total aerobic bacterial counts increased from 3.98 log CFU/g to 5.97 log CFU/g after 10 days, and a ClO₂ treatment at 100 ppm resulted in an increase from 3.13 log CFU/g to 4.73 log CFU/g. The pH and volatile basic nitrogen (VBN) values of the ClO₂-treated pork and beef, as well as the control groups, increased during storage, and there were no significant changes among the treatments. The thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) values of the ClO₂-treated samples were slightly higher than those of the control. Sensory evaluation results showed that the pork and beef samples were not acceptable at day 8 and 6 of storage, respectively. These results indicate that ClO₂ treatment could be useful in improving microbial safety and quality of both pork and beef.

Key words: pork and beef, chlorine dioxide, microbial change, storage

서 론

최근 생활수준의 향상으로 식육의 소비가 증가하고 있다. 또한 식육의 소비 경향에 있어서, 돈육은 삼겹살이, 우육은 외식사업의 발달로 인하여 안심의 소비량이 증가하고 있다. 이러한 소비 증가와 함께 식육 제품의 위생적인 안전성이 중요시 되고 있다. 따라서 식육의 유통 및 소비 단계까지의 위생적인 식육을 제공하기 위해서는 식육의 전처리 및 저장 방법과 관련한 보다 많은 연구가 필요하다.

식육의 저장·유통 중 위생적인 안전성 확보를 위한 방법 중의 하나인 냉동 저장의 경우, 냉동에 따른 물성 등 품질저하 때문에 sodium chlorite 처리(1), 유기산 처리(2) 등 화학적 처리를 통한 저장 연구가 수행되어 왔다. 최근 이산화염소를 통한 식육의 안전성 확보에 대한 연구가 많이 이루어지고 있는데, 이산화염소는 염소보다 물에 대한 용해성이 매우 높고(3), 염소보다 약 2.5배 이상 강한 산화력을 가지고 있으며(4), nitrogen을 포함한 성분이나 암모니아 성분들과도 반응하지 않기 때문에 유독 성분인 chloramine을 생성하지 않는다(5). Food and Drug Administra-

tion(FDA)에서는 과일과 야채 등 식품에 직접 사용이 허가된 이산화염소의 농도를 5-450 ppm으로 허용하고 있다(6). 따라서 현재 여러 식품 분야에서 연구가 진행되고 있는데, Andrew 등(7)은 새우와 가재에 이산화염소를 처리하여 그 효과를 보고하였고, Bae 등(8)은 넙치에 대한 살균 효능을 보고한 바 있다. 또한 본 연구 전에 의해서도 육류 제품의 주요 식중독 균인 *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* 등에 대한 이산화염소의 살균력이 보고된 바가 있다(9).

따라서 본 연구에서는 돈육과 우육에 대한 이산화염소의 처리를 통한 적색육의 저장·유통 중의 미생물학적인 안전성 확보를 도모하고자 연구하여, 이에 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 사용한 돈육 삼겹살과 우육 안심 시료는 대전에서 도축 후 24시간이 경과한 시료를 구입하여 사용하였다.

이산화염소 용액의 제조 및 처리

이산화염소 용액은 chlorine dioxide generator system(CH₂O Inc., Olympia, Washington, USA)을 사용하여 제조하였고 농도는 iodometry 방법(10)으로 측정하였다. 시료는 30 g으로 일정하게 잘라 0, 30, 50, 100 ppm 농도의 이산화염소 용액에 10분간 침지하고 drip drying을 10분간 실시한 후 건조를 마친 시료를 polypropylene(PP) film으로 포장 후 저장 온도 4 ± 1°C에서 10일 동안 저장하면서 2일 간격으로 실험을 수행하였다.

*Corresponding author: Kyung Bin Song, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea
Tel: 82-42-821-6723
Fax: 82-42-825-2664
E-mail: kbsong@cnu.ac.kr
Received November 27, 2006; accepted March 3, 2007

미생물 측정

시료 10 g을 각각 채취하여 0.1% 멸균 펄슨수 90 mL와 함께 멸균백에 넣고 stomacher(MIX 2, AES Laboratoire, Combourg, France)를 이용하여 3분 동안 균질화하였다. 균질화된 시료는 거즈를 이용하여 거르고 얻어진 조 추출액은 0.1% 멸균 펄슨수로 희석하여 각 배지에 분주하였다. 호기성 세균은 plate count agar(Difco Co., Ann Arbor, MI, USA)를, 효모와 곰팡이는 potato dextrose agar(Difco Co.)에 tartaric acid를 첨가한 배지를 사용하여 이를 37°C에서 48시간 동안 배양 후 형성된 colony를 계수하여 colony forming unit(CFU)로 표기하였다.

pH 측정

pH는 시료 5 g을 취해 증류수 45 mL를 첨가하여 균질화시킨 후 원심분리하여 pH meter(Coming Inc., Coming, NY, USA)를 사용하여 측정하였다.

VBN(volatilic basic nitrogen) 측정

미량 확산법(11)을 이용하여 시료 10 g에 증류수 90 mL를 첨가하여 균질화시킨 후 30분간 원심분리하여 그 상등액을 여과지(Whatman No. 1)로 여과하였다. 여과액 1 mL를 Conway dish 외실 왼쪽에 넣고, 0.01 N H₃BO₃ 1 mL와 Conway reagent(0.066% methyl red + 0.066% bromocresol green) 50 µL를 Conway dish 내실에 넣었다. 외실의 오른쪽에 K₂CO₃ 포화 용액 1 mL를 넣고 뚜껑을 닫은 후 외실 왼쪽의 시료와 반응시킨 후 37°C에서 120분간 방치했다. 방치 후 0.02 N H₂SO₄로 내실의 H₃BO₃ 용액을 적정하여 측정하였다.

$$\text{휘발성 염기질소(mg\%)} = 0.14 \times (b - a) / f / W \times 100 \times d$$

- a: 본 실험의 적정치(mL)
- b: 공 실험의 적정치(mL)
- d: 희석배수
- W: 시료의 양
- f: 0.02 N H₂SO₄ 표준화지수

TBARS(thiobarbituric acid reacted substance) 측정

지방 산패 측정은 Ahn 등(12)의 방법에 의하여 측정하였다. 시료 5 g을 취하여 증류수 15 mL와 함께 균질화시킨 후 시료 1 mL를 취하여 여기에 thiobarbituric acid(TBA)/trichloroacetic acid(TCA) 2 mL를 첨가한 후 vortex mixer(Vortex Genie-2, Scientific Industries, Inc., Bohemia, NY, USA)로 혼합하였다. 이것을 100°C 항온수조에서, 15분간 끓인 뒤 방냉하여 2,000×g에서 15분 동안 원심분리 후 상등액을 취해 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. TBARS값은 시료 중 malonaldehyde(MA)의 양을 mg/kg으로 나타내어 표시하였다.

관능검사

식육의 품질 변화를 분석하기 위해 선발된 관능검사 요원 7명에 의해 관능검사를 실시하였다. 신선도, 냄새, 조직감, 부패 및 종합적 선호도의 항목에 따라 5단계 평점(13)으로 관능평가 되어 얻어진 값을 SAS program을 이용하여 분산분석 후 Duncan's multiple range test로 통계처리하였다(14).

결과 및 고찰

미생물 수 변화 측정

저장 중 식육의 품질에 있어 가장 중요한 인자는 미생물 수이다. 일반적으로 식품의 미생물학적 위해인자 제어 관련해서는 총 세균 수와 효모 및 곰팡이의 수 변화가 일반적으로 연구되기에 본 연구에서도 측정하였다. 삼겹살과 안심의 저장 중 총균수의 변화는 Fig. 1에 나타나 있다. 저장 중 이산화염소를 처리한 시료가 대조군에 비해 크게 감소한 것을 확인할 수 있었다. 저장 초기에 삼겹살의 대조군은 2.19 log CFU/g이었고 처리군 30, 50, 100 ppm은 각각 1.83, 1.48, 1.48 log CFU/g으로 나타났으며, 저장 4일에 30 ppm은 대조군 보다 1.26 log cycle 감소를 보였고 100 ppm은 1.87 log cycle 감소를 보이며 미생물 억제 효과를 나타내었다(Fig. 1-A). 안심의 경우도 이산화염소 처리가 미생물 성장 억제를 보였는데 처리 후 대조군은 3.98 log CFU/g, 이산화염소 처리 30, 50, 100 ppm은 각각 3.89, 3.46, 3.13 log CFU/g이었고, 저장 10일에 50 ppm은 1 log cycle, 100 ppm은 1.25 log cycle 감소를 보였다(Fig. 1-B). Stivarius 등(15)은 ground beef에 200 ppm의 이산화염소를 처리하여 0.72 log cycle 미생물 수의 감소를 보고하였고, Unda 등(16)은 쇠고기 100 ppm의 이산화염소를 처리하여 1 log cycle 호기성균 감소 효과를 보고하였는데, 우

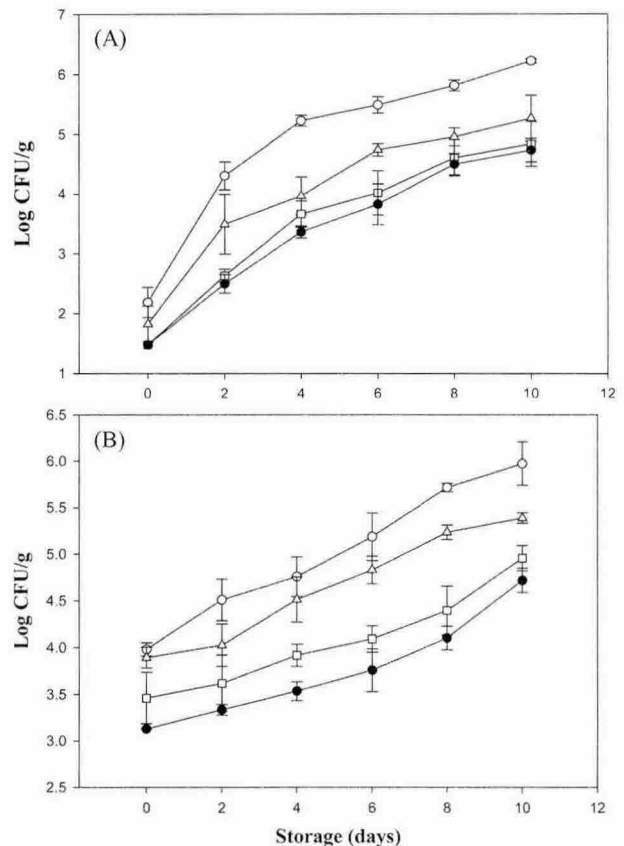


Fig. 1. Change in total aerobic bacteria of ClO₂-treated pork belly (A) and beef tenderloin (B) during storage. ○: control, △: 30 ppm, □: 50 ppm, ●: 100 ppm.

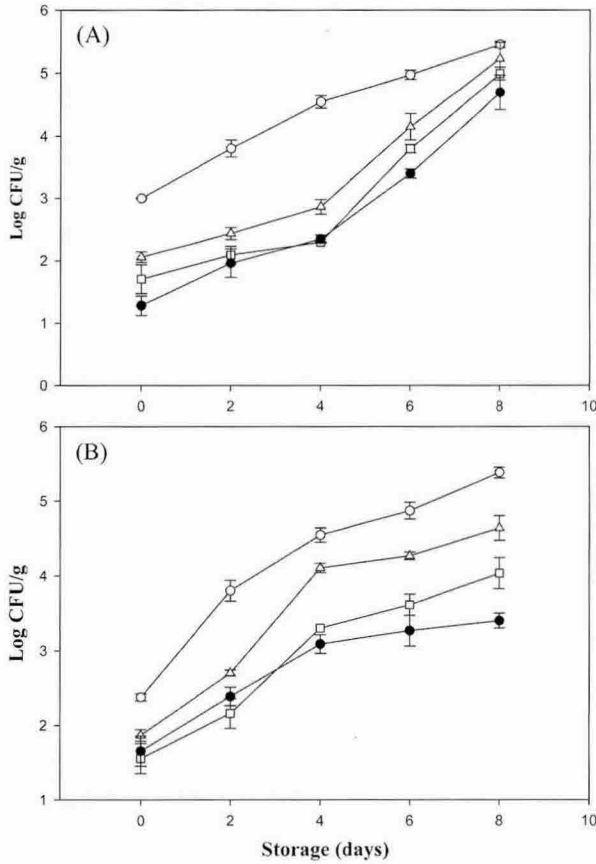


Fig. 2. Change in yeast and molds of ClO₂-treated pork belly (A) and beef tenderloin (B) during storage. ○: control, △: 30 ppm, □: 50 ppm, ●: 100 ppm.

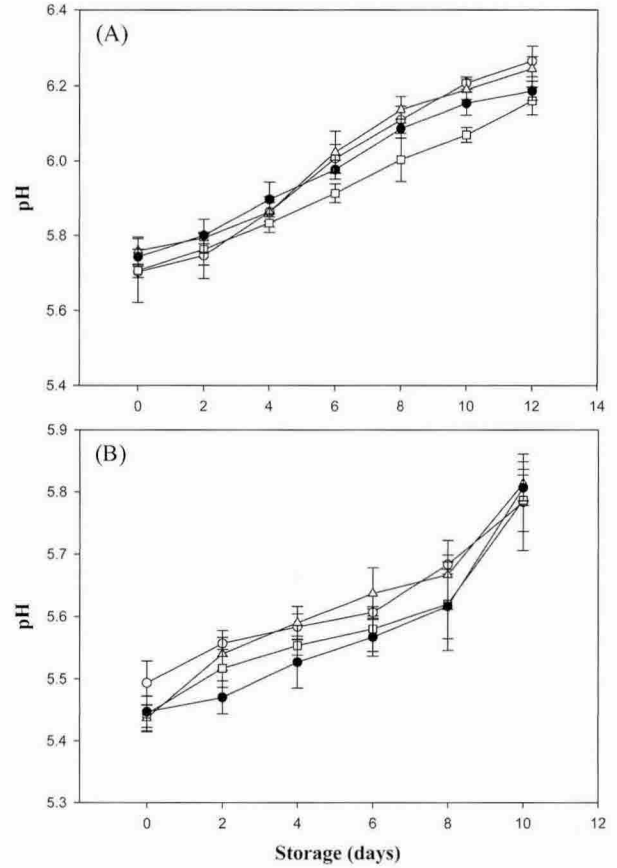


Fig. 3. Change in pH of ClO₂-treated pork belly (A) and beef tenderloin (B) during storage. ○: control, △: 30 ppm, □: 50 ppm, ●: 100 ppm.

육 안심을 사용한 본 연구에서도 유사한 결과를 나타내었다. 또한 삼겹살과 안심 모두 이산화염소의 처리량이 증가함에 따라 미생물 억제 효과도 더 크게 나타나는 것을 알 수 있었는데, 이러한 결과는 이산화염소를 처리한 계육의 미생물 감소 효과가 이산화염소 처리 농도와 비례했다는 Ko 등(17)의 보고와도 일치한다. 효모와 곰팡이에 대한 이산화염소의 효과는 Fig. 2에 나타나 있다. 삼겹살의 경우, 이산화염소 0, 30, 50, 100 ppm 처리 후 각각 3.00, 2.06, 1.70, 1.28 log CFU/g를 나타냈다(Fig. 2-A). 안심의 경우도 비슷한 경향을 보였는데, 이산화염소 처리 후 2.38, 1.87, 1.56, 1.66 log CFU/g를 보였고, 저장 8일차에 2 log cycle 이상 감소를 보였다(Fig. 2-B). 삼겹살과 안심 모두 이산화염소 처리 농도에 따라 미생물 감소 폭이 증가하는 경향을 보였다. 따라서 본 연구 결과로부터 이산화염소 처리는 신선 적색육의 미생물 억제에 효과를 나타낸다고 판단된다.

pH 측정

이산화염소를 처리한 돈육과 우육의 저장 기간에 따른 pH 변화를 측정된 결과, 돈육의 삼겹살과 우육의 안심은 대조군과 처리군 모두 저장 기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였다(Fig. 3). 돈육과 우육의 pH는 도축 후 경과 시간과 따라 변하는데 본 연구에서 사용한 시료 또한 도축 후 경과된 시간 및 도축 전의 스트레스 및 환경 여건 상태에 따라 달라질 수 있다. Park 등(18)은 식육은 저장하는 동안 pH가 증가하고, 또한 증기는 지방의 산패에 의한 과산화물의 축적과 단백질 분해에 의한 암모

니아의 생성 때문이라고 하였다. 삼겹살의 pH는 저장 중 모든 시료의 pH가 증가한 반면에, 처리군 간의 유의적인 차이는 없었다(Fig. 3A). 안심의 pH 또한 돈육의 삼겹살과 동일한 경향을 보였다(Fig. 3B). Tan 등(19)은 돈육에 sodium chloride 및 lactate 등을 처리한 결과, 저장 기간 동안 pH가 증가하는 추세를 보였다고 보고하였고, Ko 등(17)은 계육 가슴살에 이산화염소를 처리한 결과, 대조군과 처리군 모두 유사한 pH 값을 보이며 증가하였다고 하였으며, Jimenez-Villareal 등(20)의 200 ppm 이산화염소를 처리한 ground beef에서도 유사한 결과를 보였다.

VBN(volatile basic nitrogen) 측정

VBN은 식품의 부패에 따라 생성되는 각종 아민류와 암모니아 양을 측정하는 방법으로서 육제품의 신선도를 평가하는 데 중요한 지표가 된다(21). 계육의 경우 VBN이 신선도 지표로는 적당하지 않다는 보고(22)가 있지만 VBN 값이 5-10 mg%일 때 신선한 상태이고, 30-40 mg%이면 초기 부패 단계라고 판단한 보고(23)도 있다. 현재 국내 식품공전에는 생육 및 포장육에 한하여 VBN의 함량을 20 mg% 이하로 규정하고 있고 일본에서는 30 mg% 이하로 되어 있다(24). 저장 기간의 경과에 따른 돈육과 우육의 VBN의 함량 변화는 Fig. 4에 나타내었다. 이산화염소를 처리한 삼겹살은 저장 기간이 증가함에 따라 대조군과 처리군 모두 증가하는 경향을 보였으며 저장 6일차에 그 증가 폭이 가장 커지는 경향을 나타내었다. 처리 직후 대조군의 VBN 함량은 6.06 mg%인 반면에 30, 50, 100 ppm 처리군은 5.6 mg%로 대조군 보

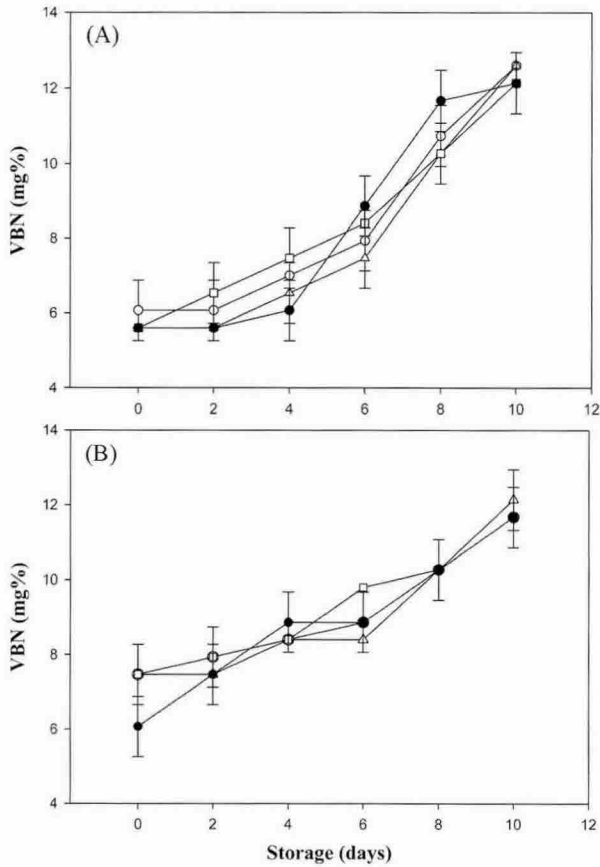


Fig. 4. Change in VBN of ClO₂-treated pork belly (A) and beef tenderloin (B) during storage. ○: control, △: 30 ppm, □: 50 ppm, ●: 100 ppm.

다 낮게 나타났지만, 저장 기간이 경과함에 따라 이산화염소 처리와 관계 없이 유사한 변화를 보였다. 안심도 마찬가지로 처리 직후 100 ppm의 VBN의 함량만 6.07 mg%로 가장 낮았고, 나머지 시료들은 7.47 mg%로 유사한 값을 나타내었다. 안심의 VBN은 저장 종료일까지 증가하여 대조군과 100 ppm은 11.67 mg%로 이산화염소 처리와 관계없이 유사한 변화를 보였다.

TBARS(thiobarbituric acid reacted substance) 측정

TBARS는 지방 산화에 의해 발생하는 malonaldehyde(MA)와 thiobarbituric acid가 반응하여 생성되는 복합체의 양을 측정하는 방법이다(25,26). TBARS는 육제품 중에 지방이 산패되면 malonaldehyde가 생성되어 산패취를 발생하기 때문에 신선도 판정 기준에 이용되고 있다(27). 저장 중 돈육과 우육의 TBARS 값의 변화는 Fig. 5에 나타내었다. 삼겹살은 저장 초기에 대조군의 TBARS 값이 1.52 mg MA/kg을 나타냈으며 처리군은 이보다 0.1-0.2 mg MA/kg 높게 나타났다. 저장 기간이 경과함에 따라 지방 산패도가 증가하였으며 대조군에 비해 처리군이 다소 높게 나타났지만 유의적인 차이는 없었다. Jimenez-Villarreal 등(18)은 ground beef에 200 ppm의 이산화염소를 처리한 결과, 대조군과 처리군의 TBARS가 유사하게 나타났고 7일 이후에는 처리군이 다소 높게 나타났다고 보고하였는데 본 실험결과와 유사함을 시사한다. 안심은 처리 직후 대조군이 1.02 mg MA/kg으로, 이산화염소 처리군 50, 100 ppm이 1.25, 1.29 mg MA/kg으로 유사한 값을 나타내었고, 삼겹살과 마찬가지로 처리군이 다소 높은 값을 나타

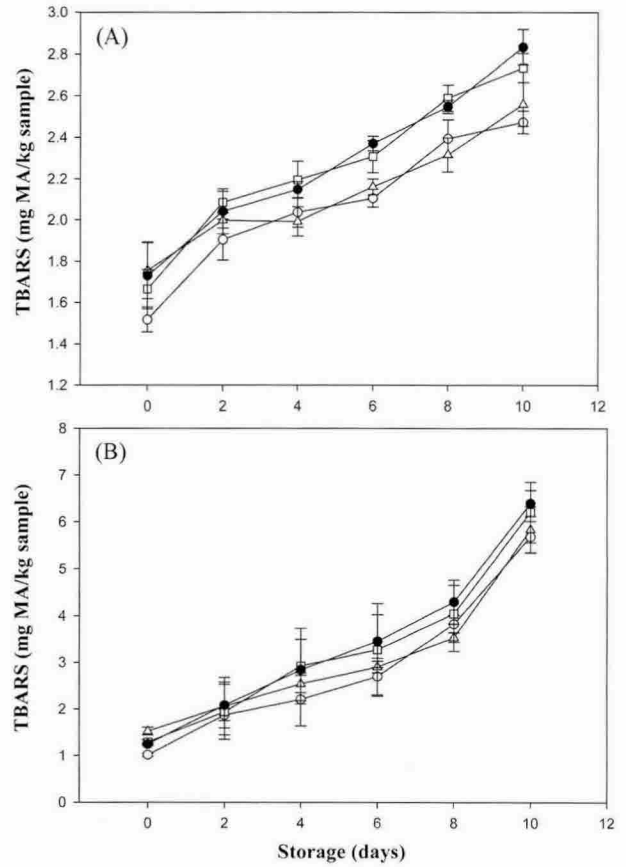


Fig. 5. Change in TBARS of ClO₂-treated pork belly (A) and beef tenderloin (B) during storage. ○: control, △: 30 ppm, □: 50 ppm, ●: 100 ppm.

내었다. 저장 8일차, 산패도가 급격히 증가하여 지방의 산패가 상당히 진행되는 시점으로 보이는데, 이것은 저장기간이 경과함에 따라 TBARS 값이 증가하여 지방산패가 계속적으로 발생한다는 Chae 등(28)의 보고와 일치하였다. 또한 삼겹살과 안심을 비교해 보면 같은 저장 일수에 안심의 TBARS 값이 더 크게 나타났는데, 이것은 우육의 TBARS 값이 돈육보다 1 mg MA/kg 이상 높았던 Kim 등(29)과 Shin 등(13)의 보고와 일치한다.

관능검사

이산화염소를 처리한 적색육의 저장 중 실시한 관능검사 결과는 저장 중 신선도, 조직감, 부패, 냄새, 종합적 선호도를 5점 기호 척도법으로 실시하였는데, 5점이 가장 신선한 단계이고 평가 점수 3점 이하에서는 부패 초기 단계, 2점 이하에서는 이취가 발생하고 점질물이 생성되어 상품성이 크게 떨어지는 시점으로 간주하였다(29). 삼겹살의 경우 저장 6일까지 모든 영역에서 3점 이상을 유지하여 식용 가능한 상태였고 저장 8일차에 접어들어 부패 초기 단계를 나타내었으며, 신선도와 품질은 처리군 간에 4일부터 유의적 차이를 보였는데 이산화염소 처리 농도가 높을수록 좋게 나타났다(Table 1). 안심의 경우, 저장 4일까지 식용이 가능한 상태였고 저장 6일차에 부패 시점을 나타냈는데, 이산화염소 처리군이 대조군에 비해 신선도와 품질이 더 나음을 보여 주었다(Table 2). 또한 본 연구에서의 관능검사 결과는 이화학적 측정 결과에서 간과하기 쉬운 부패 정도를 보다 더 확실하게 확인해 줄 수 있다는 것을 시사한다.

Table 1. Sensory evaluation of ClO₂-treated pork belly during storage

	ClO ₂ (ppm)	Storage time (day)					
		0	2	4	6	8	10
Freshness	0	5.00±0.00 ^A	4.86±0.38 ^A	4.14±0.38 ^{Bb}	3.29±0.49 ^{Cb}	2.57±0.54 ^{Dc}	1.71±0.49 ^{Eb}
	30	5.00±0.00 ^A	4.86±0.38 ^A	4.14±0.38 ^{Bb}	3.43±0.54 ^{Cba}	2.71±0.49 ^{Dbc}	1.86±0.38 ^{Eba}
	50	5.00±0.00 ^A	5.00±0.00 ^A	4.71±0.49 ^{Aa}	3.71±0.49 ^{Bba}	3.28±0.49 ^{Ca}	2.14±0.38 ^{Dba}
	100	5.00±0.00 ^A	5.00±0.00 ^A	4.86±0.38 ^{Aa}	3.86±0.38 ^{Ba}	3.14±0.38 ^{Cba}	2.29±0.49 ^{Da}
Texture	0	5.00±0.00 ^A	4.57±0.53 ^{Ab}	4.00±0.00 ^{Cba}	3.00±0.00 ^{Db}	2.49±0.53 ^{Ea}	1.43±0.53 ^F
	30	5.00±0.00 ^A	5.00±0.00 ^{Aa}	3.86±0.38 ^{Bb}	3.29±0.49 ^{Cba}	2.29±0.49 ^{Da}	1.57±0.53 ^E
	50	5.00±0.00 ^A	5.00±0.00 ^{Aa}	4.29±0.49 ^{Bba}	3.43±0.53 ^{Cba}	2.43±0.53 ^{Da}	1.71±0.49 ^E
	100	5.00±0.00 ^A	5.00±0.00 ^{Aa}	4.49±0.53 ^{Ba}	3.71±0.49 ^{Ca}	2.87±0.69 ^{Da}	1.71±0.49 ^E
Decay	0	5.00±0.00 ^A	5.00±0.00 ^A	4.00±0.00 ^{Bb}	3.14±0.38 ^{Cc}	2.29±0.76 ^{Db}	1.43±0.54 ^{Eb}
	30	5.00±0.00 ^A	5.00±0.00 ^A	4.14±0.38 ^{Bb}	3.57±0.54 ^{Cb}	2.86±0.38 ^{Dba}	1.71±0.49 ^{Eb}
	50	5.00±0.00 ^A	5.00±0.00 ^A	4.43±0.56 ^{Bba}	4.00±0.00 ^{Ca}	3.00±0.58 ^{Dba}	1.57±0.54 ^{Eb}
	100	5.00±0.00 ^A	5.00±0.00 ^A	4.71±0.49 ^{Ab}	3.14±0.38 ^{Ba}	3.14±0.69 ^{Ca}	1.29±0.49 ^{Da}
Odor	0	5.00±0.00 ^A	4.71±0.45 ^A	3.57±0.50 ^{Bb}	2.71±0.45 ^{Cb}	2.00±0.54 ^{Db}	1.29±0.45 ^{Ea}
	30	5.00±0.00 ^A	4.86±0.35 ^A	3.86±0.35 ^{Bba}	3.14±0.35 ^{Cba}	2.14±0.35 ^{Dba}	1.29±0.45 ^{Ea}
	50	5.00±0.00 ^A	4.86±0.35 ^A	4.00±0.00 ^{Bba}	3.43±0.50 ^{Ca}	2.43±0.50 ^{Dba}	1.57±0.50 ^{Ea}
	100	5.00±0.00 ^A	5.00±0.00 ^A	4.29±0.45 ^{Ba}	3.57±0.50 ^{Ca}	2.71±0.45 ^{Da}	1.71±0.45 ^{Ea}
Total	0	5.00±0.00 ^A	4.86±0.38 ^A	4.00±0.00 ^B	3.00±0.00 ^{Cb}	2.00±0.00 ^{Dh}	1.28±0.49 ^{Eb}
	30	5.00±0.00 ^A	5.00±0.00 ^A	4.00±0.00 ^B	3.29±0.49 ^{Cb}	2.14±0.69 ^{Dh}	1.57±0.54 ^{Eba}
	50	5.00±0.00 ^A	5.00±0.00 ^A	4.14±0.38 ^B	3.43±0.54 ^{Cba}	2.29±0.49 ^{Dba}	1.86±0.38 ^{Ea}
	100	5.00±0.00 ^A	5.00±0.00 ^A	4.14±0.38 ^B	3.86±0.38 ^{Ba}	2.71±0.49 ^{Ca}	2.00±0.00 ^{Da}

^{A-F}Any means in the same row followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c}Any means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 2. Sensory evaluation of ClO₂-treated beef tenderloin during storage

	ClO ₂ (ppm)	Storage time (day)					
		0	2	4	6	8	10
Freshness	0	5.00±0.00 ^A	4.43±0.54 ^B	3.43±0.54 ^{Cb}	2.57±0.79 ^{Db}	1.43±0.54 ^{Ec}	1.00±0.00 ^E
	30	5.00±0.00 ^A	4.71±0.49 ^A	3.57±0.54 ^{Bba}	2.57±0.54 ^{Cb}	1.86±0.38 ^{Dbc}	1.00±0.00 ^E
	50	5.00±0.00 ^A	4.86±0.38 ^A	4.00±0.58 ^{Bba}	3.14±0.38 ^{Cba}	2.14±0.38 ^{Dba}	1.29±0.49 ^E
	100	5.00±0.00 ^A	4.86±0.38 ^A	4.14±0.69 ^{Ba}	3.29±0.49 ^{Ca}	2.42±0.54 ^{Da}	1.43±0.54 ^E
Texture	0	5.00±0.00 ^A	4.57±0.54 ^A	3.57±0.54 ^{Ba}	2.57±0.54 ^{Ca}	1.43±0.54 ^{Da}	1.00±0.00 ^D
	30	5.00±0.00 ^A	4.57±0.56 ^A	3.86±0.38 ^{Ba}	2.71±0.49 ^{Ca}	1.71±0.49 ^{Da}	1.14±0.38 ^E
	50	5.00±0.00 ^A	4.71±0.49 ^A	3.57±0.54 ^{Ba}	2.57±0.54 ^{Ca}	1.86±0.69 ^{Da}	1.29±0.49 ^E
	100	5.00±0.00 ^A	4.86±0.38 ^A	3.71±0.49 ^{Ba}	3.00±0.00 ^{Ca}	1.86±0.69 ^{Da}	1.43±0.53 ^D
Decay	0	5.00±0.00 ^A	4.43±0.54 ^B	3.43±0.79 ^{Ca}	2.43±0.54 ^{Db}	1.57±0.54 ^{Ea}	1.00±0.00 ^F
	30	5.00±0.00 ^A	4.71±0.49 ^A	3.57±0.54 ^{Ba}	2.71±0.49 ^{Cba}	1.71±0.49 ^{Da}	1.00±0.00 ^E
	50	5.00±0.00 ^A	4.86±0.38 ^A	3.86±0.38 ^{Ba}	3.00±0.58 ^{Cba}	2.00±0.00 ^{Da}	1.00±0.00 ^E
	100	5.00±0.00 ^A	4.86±0.38 ^A	3.86±0.38 ^{Ba}	3.14±0.69 ^{Ca}	2.00±0.58 ^{Da}	1.00±0.00 ^E
Odor	0	5.00±0.00 ^A	4.14±0.38 ^{Bb}	3.00±0.58 ^{Cb}	2.14±0.69 ^{Db}	1.29±0.49 ^{Ea}	1.00±0.00 ^E
	30	5.00±0.00 ^A	4.43±0.54 ^{Bba}	3.57±0.54 ^{Cba}	2.29±0.49 ^{Dba}	1.29±0.49 ^{Ea}	1.00±0.00 ^E
	50	5.00±0.00 ^A	4.86±0.38 ^{Aa}	3.86±0.69 ^{Ba}	2.71±0.49 ^{Cba}	1.71±0.49 ^{Da}	1.14±0.38 ^E
	100	5.00±0.00 ^A	4.71±0.49 ^{Aa}	3.86±0.38 ^{Ba}	2.85±0.69 ^{Ca}	1.57±0.54 ^{Da}	1.14±0.38 ^D
Total	0	5.00±0.00 ^A	4.43±0.54 ^A	3.28±0.54 ^{Bb}	2.57±0.79 ^{Cb}	1.57±0.54 ^{Db}	1.00±0.00 ^E
	30	5.00±0.00 ^A	4.71±0.49 ^A	3.57±0.54 ^{Bba}	2.86±0.38 ^{Cba}	1.86±0.38 ^{Dba}	1.00±0.00 ^E
	50	5.00±0.00 ^A	4.86±0.38 ^A	3.71±0.49 ^{Bba}	3.00±0.00 ^{Cba}	2.00±0.00 ^{Dba}	1.14±0.38 ^E
	100	5.00±0.00 ^A	4.86±0.38 ^A	3.86±0.38 ^{Ba}	3.14±0.38 ^{Ca}	2.28±0.49 ^{Da}	1.29±0.49 ^E

^{A-F}Any means in the same row followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c}Any means in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

결론적으로, 본 연구에서 수행한 관능검사를 통한 품질평가와 pH, VBN, TBARS 및 미생물 측정 결과를 종합해 볼 때, 이산화염소의 처리는 삼겹살과 안심의 초기 미생물을 감소시켜 저장 중 미생물 수를 감소시킨 반면에 지방 산패와 VBN 발생에는 영향을 끼치지 않았음을 보여 주었다. 따라서 본 연구 결과는 이산화염소 처리가 적색육의 저장 중 미생물학적 안전성에 좋은 효과가 있다는 것을 시사한다.

요 약

돈육과 우육의 품질 변화에 이산화염소 처리가 미치는 영향을 연구하였다. 돈육 삼겹살과 우육 안심은 이산화염소 용액 30, 50, 100 ppm 처리한 후 $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 저장하였다. 이산화염소 처리는 총 호기성 균수, 곰팡이 및 효모 수를 처리 농도 증가에 비례하여 감소시켰다. 저장 10일 후 총 호기성 균수는 삼겹살의 경우, 이산화염소 100 ppm 처리군이 1.48 log CFU/g에서 4.73 log CFU/g으로 증가한 반면에 대조군은 2.19 log CFU/g에서 6.22 log CFU/g으로 증가하였다. 안심의 경우, 대조군이 3.98 log CFU/g에서 5.97 log CFU/g로 증가하는 동안 100 ppm 처리군은 3.13 log CFU/g에서 4.73 log CFU/g으로 증가하였다. pH와 VBN 값은 모든 시료가 저장 중 증가하였으나 처리군 사이에 유사한 결과를 보였다. 저장 기간이 증가함에 따라 모든 처리군에서 TBARS 값이 증가하였는데, 처리군 간에는 차이를 보이지는 않았다. 관능평가는 돈육과 우육이 각각 저장 8일, 6일 이후에는 바람직하지 않음을 보여 주었다. 본 연구 결과는 이산화염소 처리가 적색육의 위생적인 안전성 확보와 품질수명 연장을 통한 저장성 증대에 도움을 줄 수 있다는 것을 시사한다.

감사의 글

이 논문은 2006년도 충남대학교 학술연구비의 지원에 의하여 연구되었음.

문 헌

- Lim KW, Mustapha A. Inhibition of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* on slide roast beef by cetylpyridinium chloride and acidified sodium chlorite. *Food Microbiol.* 24: 89-94 (2007)
- Shrestha S, Min Z. Effect of lactic acid pretreatment on the quality of fresh pork packed in modified atmosphere. *J. Food Eng.* 72: 254-260 (2006)
- Gordon G, Kieffer RG, Rosenblatt DH. The chemistry of chlorine dioxide. Vol. 15, pp. 202-286. In: *Progress in Inorganic Chemistry*. Lippard SJ (ed). John Wiley and Sons, New York, NY, USA. (1972)
- Benarde MA, Israel BM, Oliveri VP, Granstorm ML. Efficiency of chlorine dioxide as a bactericide. *Appl. Microbiol.* 13: 776-780 (1965)
- White GC. *Hand Book of Chlorination*. Van Nostrand Reinhold Co, New York, NY, USA (1972)
- Chandry MA, Bibi N, Khan M, Khart M, Badshah A, Qureshi MJ. Irradiation treatment of minimally processed carrots for ensuring microbiological safety. *Radiat. Phys. Chem.* 71: 169-173 (2004)
- Andrews LS, Key AM, Martin RL, Grodner R, Park DL. Chlorine dioxide washing of shrimp and crawfish an alternative to aqueous chlorine. *Food Microbiol.* 19: 261-267 (2002)
- Bae JH, Lee DS. Acute toxicity of chlorine dioxide to cultured-flounder (*Paralichthys olivaceus*) and its bactericidal efficacy. *Korean J. Lab. Anim. Sci.* 15: 87-91 (1999)
- Youm HJ, Ko JK, Kim MR, Song KB. Inhibitory effect of aqueous chlorine dioxide on survival of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* in pure cell culture. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 514-517 (2004)
- American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. Method 4-54. American Public Health Association, Washington, DC, USA. (1995)
- KFDA. Food code. Korea Food and Drug Administration. Seoul. Korean. pp. 222-223 (2002)
- Ahn DU, Olsin DG, Jo C, Chen X, Wu C, Lee JI. Effects of muscle type, packaging, and irradiation on lipid oxidation, volatile color in raw pork patties. *Meat Sci.* 49: 27-39 (1998)
- Shin HY, Goo KJ, Park SG, Song KB. 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 (2006)
- SAS. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC, USA (2001)
- Stivarius MR, Pohlman FW, McElyea KS, Apple JK. Microbial, instrumental color and sensory color and odor characteristics of ground beef produced from beef trimmings treated with ozone of chlorine dioxide. *Meat Sci.* 60: 299-305 (2002)
- Unda JR, Molins RA, Zamojcin CA. Sanitation of fresh rib eye steaks with chlorine dioxide generating binary systems. *J. Food Sci.* 54: 7-10 (1989)
- Ko JK, MA YH, Song KB. Effect of chlorine dioxide treatment on microbial growth and qualities of chicken breast. *J. Food. Sci. Nutr.* 10: 122-129 (2005)
- Park WM, Choi WH, Yoo IJ, Kim WJ, Jeon KH, Chung DH. Animal products and processing : Effects of lactic acid bacteria isolated from fermented foods on the microbiological properties of fermented sausages during storage. *Korean J. Anim. Sci.* 39: 60-61 (1997)
- Tan W, Shelef LA. Effect of sodium chloride and lactates on chemical and microbiological change in refrigerated and frozen fresh ground pork. *Meat Sci.* 62: 27-32 (2002)
- Jimenez-Villarreal, Pohlman FW, Johnson ZB, Brown AH. Effects of chlorine dioxide, cetylpyridinium chloride, lactic acid, and trisodium phosphate on physical, chemical and sensory properties of ground beef. *Meat Sci.* 65: 1055-1062 (2003)
- Ko MS, Yang JB. Effects of wrap and vacuum packaging on shelf life of chilled pork. *Korean J. Food Nutr.* 14: 255-262 (2001)
- Lee JE, Jung IC, Kim MS, Moon YH. Postmortem changes in pH, VBN, total plate counts and K-value of chicken meat. *Korean J. Food Sci. Res.* 14: 240-244 (1994)
- Han GJ, Shin DS, Kim JS, Cho YS, Jeong KS. Effects of propolis addition on quality characteristics of oriental medicinal seasoning pork. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 75-81 (2006)
- Jin SK, Kim IS, Hur SJ. Changes in microbe, pH, VBN, of exportation by-products of pork and establishment of shelf-life during storage at 4°C. *Korean J. Int. Agr.* 14: 58-64 (2002)
- Sallam KhI, Samejima K. Microbiological and chemical quality of ground beef treated with sodium lactate and sodium chloride during refrigerated storage. *Lebensm. -Wiss. Technol.* 37: 865-871 (2004)
- An JH, Kim YJ. Effect of feeding mugwort powder on the physicochemical properties of pork. *Korean J. Food Sci. Anim. Res.* 23: 16-20 (2003)
- Swain T. Secondary compounds as protective agents. *Ann. Rev. Plant Physio.* 28: 479-501 (1977)
- Chae HS, Yu YH, Ahn CN, Yoo YM, Jeong SG, Ham JS, Lee JM, Singh NK. Influence of different levels of NaClO, lactic acid, and acetic acid on meat quality and microbiological changes of duck breast during storage. *J. Anim. Sci. Technol.* 48: 269-278 (2006)
- Kim D, Jang YG, Park GH, Lee YC. Effects of sub-freezing systems on the freshness of pork loin, beef loin, and tuna. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 341-348 (2000)