

서방형 이산화염소 가스 젤팩을 이용한 닭가슴육 저장 중 품질 변화

†이경행 · 윤예지 · 권혜원 · 이 봄 · 김홍길*
한국교통대학교 식품영양학전공, *세진이앤피(주)

Quality Changes of Chicken Breast Meat by Slow-Released ClO₂ Gas Gel-Pack during Storage

†Kyung-Haeng Lee, Ye-Ji Yoon, Hye-Won Kwon, Bom Lee and Hong-Gil Kim*

Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27909, Korea

*Sejin E & P Co., Ltd., Gyeonggi-Do 14057, Korea

Abstract

To prolong the shelf-life of chicken breast meat, samples were treated with gel packs containing slow-released chlorine dioxide (ClO₂) gas at 7~15 ppm for eight days at 4°C. The microbial, physicochemical properties and sensory evaluation of the treated samples were investigated. The total number of bacteria in the control increased during storage and showed 6.78 log CFU/g on the 8th day of storage, but ClO₂ gas treatments showed 6.24~6.58 log CFU/g at the same time. The initial pH of chicken breast meat was 6.00 and gradually increased during storage. And ClO₂ gas treatments did not show any significant difference from the control during storage period, but maintained a generally lower pH than that of the control. The lightness, redness, and yellowness during storage were not significantly different between the control and the 7~10 ppm ClO₂ gas treatments. However, as the storage period was increased, the redness of 15 ppm ClO₂ gas treatment was reduced. The cooking loss and shear force were not different between the control and ClO₂ gas treatments during the storage period. Volatile basic nitrogen (VBN) increased in the control from the 6th day of storage and 23.80 mg% in the 8th day of storage. However, VBN of ClO₂ treatments showed lower than that of the control. In the change of sensory evaluation during storage, 10 ppm ClO₂ treatment showed the highest preference in odor, appearance and overall acceptance during storage period.

Key words: slow-release preparation, chlorine dioxide gas, chicken breast, gel pack, physico-chemical property

서 론

최근 경제 수준의 향상으로 인하여 우리나라 국민의 식단 구성과 식생활의 형태가 다양해지고 있다(Jung 등 2015). 특히 육류 및 육가공 제품에 있어 기존의 육가공 제품의 높은 칼로리를 고려하여 저지방 육제품, 고단백질 등의 기능성을 부여한 육제품 등이 개발되어지고 있다(Lee 등 2016).

원료육 중에서 백색육인 계육은 가공특성상 우육이나 돈육보다 가공적성이 떨어져 다양한 육제품의 가공에 한계가 있는 것은 사실이나, 최근의 웰빙 추세와 다이어트에 관심이

고조되는 소비자 취향에 맞춰 관심도가 높아지고 있어 계육의 소비량은 지속적으로 증가하고 있는 추세이다.

그러나 계육은 매우 부패되기 쉬운 식품으로써 유통 및 저장 중 취급에 주의가 필요하다(Raeisi 등 2016). 부패의 원인으로서는 계육의 밀집 사육, 도계 공정 중 냉각수에 침지하는 과정에서 발생하는 교차오염 등을 들 수 있으며(Hong 등 2008), 백색 근섬유 비율이 높아 사후 대사속도가 빠를 뿐만 아니라(Brooke & Kaiser 1970), 인지질과 불포화 지방산이 많아 다른 축산물에 비하여 유통기한이 짧다(Park & Kim 2008). 특히, 미생물 오염은 유통기한 외에도 신선도를 결정하는 주

† Corresponding author: Kyung-Haeng Lee, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27909, Korea. Tel: +82-43-820-5334, Fax: +82-43-820-5850, E-mail: leekh@ut.ac.kr

요한 요인으로 작용함으로 식육 위생확보와 신선도 유지를 위해 미생물 방지를 위한 적극적인 대처가 요구되고 있다 (Kim 등 2016).

계육의 저장성 증진을 위한 연구로는 감마선 조사(Kim 등 2005), 식품첨가물 처리(Choi YI 1992; Yamamoto & Samejima 1977; Lee 등 2015), 다양한 포장방법(Yang 등 2009; Hart 등 1991), 가스저장(Chae 등 2011; Hood & Mead 1993) 등 여러 가지 방법을 활용하여 계육의 저장성 증진에 관한 연구를 수행하여 왔으나, 다른 육류에 비하여 저장성은 여전히 떨어지고 있다.

계육의 부위 중 닭가슴육은 단백질 및 지방의 함량은 각각 약 23%, 1.2%(Kim MJ 2011)로 다른 축종이나 닭고기의 다른 부위에 비해 단백질 함량은 현저히 많고 담백하며, 소화 흡수가 잘 될 뿐만 아니라, 지방함량과 콜레스테롤이 거의 없어(Oh 등 2014) 심장병이나 동맥경화, 심근경색 등의 심혈관 질환들에게 좋은 식품 원료가 될 수 있다.

한편, 미생물 제어 방법 중 이산화염소(ClO_2)는 반응부산물도 적게 생성되고(Kim JM 2001), 발암물질 등이 생성되지 않으며, pH 변화에 무관하게 살균력을 유지할 수 있다고 보고되어 있다(Kim 등 2009). 이와 같은 이산화염소는 액상의 이산화염소의 형태보다 가스형태일 때 투과성이 높아 신선 농산물의 저장 및 유통 중 보다 효과적으로 미생물을 제어할 수 있다고 알려져 있다(Han 등 2001).

따라서 본 연구에서는 이산화염소 가스에 의한 농산물 이외에 축산물에서도 저장성 증진 여부를 확인하기 위하여 계육 중 닭가슴육을 원료로 하여 저장하는 동안 7~15 ppm의 서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 넣고 저장하면서 저장 기간에 따른 미생물학적, 이화학적 및 관능적 품질 변화를 측정하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 닭가슴육은 2017년에 닭고기 전문 생산 업체인 (주)체리부로(Jincheon, Korea)에서 생산된 직후 포장된 시료를 구입하여 사용하였으며, 시료 간 차이를 최소화하기 위하여 닭가슴육 내 동일한 부위를 7×5 cm 정도의 크기로 절단하여 사용하였다.

2. 이산화염소 가스 처리

닭가슴육에의 이산화염소 가스 처리는 서방형의 이산화염소 가스 젤팩(Sejin E & P Co., Ltd., Anyang, Korea)을 사용하였으며, 닭가슴육의 저장 중 품질 변화를 측정하기 위하여 각 농도의 이산화염소 가스 처리군(7, 10, 15 ppm)은 각각의 처

리군별로 동일한 부위를 절단한 닭가슴육을 4개의 군으로 하여 용기(155×155×87 mm, Lock & Lock Co., China)에 넣고 이산화염소 가스 젤팩은 용기의 뚜껑에 부착시켜 넣었으며, 4°C에서 8일 동안 저장하면서 실험에 사용하였고, 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하지 않은 실험군은 대조군으로 하였다.

3. 총균수 측정

서방형 이산화염소 가스 젤팩을 넣은 닭가슴육을 저장하면서 저장기간에 따른 총균수를 측정하기 위하여 표면 4×4 cm의 template를 접촉시키고 멸균시킨 면봉으로 swab을 한 후 멸균 희석수를 넣어 적절한 비율로 희석하였다. 총균수는 aerobic count plate petrifilm(3 M Health care, USA)에 희석액 1 mL를 접종하여 37°C에서 2일간 배양한 후 계수하였으며, 시료 1 cm²당 log colony forming unit(CFU/cm²)로 나타내었다.

4. pH 측정

닭가슴육의 저장기간에 따른 pH의 변화는 마쇄시킨 시료 5 g에 증류수 45 mL를 첨가하여 균질화한 후 원심분리하여 여과액으로 pH meter(AB15 pH meter, Fisher Scientific Co., IL, USA)를 이용하여 측정하였다.

5. 육색 측정

서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 처리한 닭가슴육의 저장 중 표면의 육색의 변화는 색차계(Model CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정하였으며, 각 시료당 15회 이상 측정한 뒤 평균값을 나타내었다. 이때 사용한 표준 백색판(standard plate)의 L*, a* 및 b* 값은 각각 95.02, 0.04 및 0.26이었다.

6. 가열감량 측정

이산화염소 가스 젤팩과 함께 저장한 닭가슴육의 저장기간에 따른 가열감량은 30-40 g의 닭가슴육을 진공포장하여 75°C 항온수조에서 시료 심부온도 72°C에 도달할 때까지 가열한 후 가열 전·후 중량차를 백분율로 하여 가열감량을 계산하였다.

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

7. 전단력 측정

서방형 이산화염소 가스 젤팩과 함께 저장한 닭가슴육의 저장기간에 따른 전단력의 변화는 가열감량을 측정한 시료에 대하여 Warner-Bratzler shear를 장착한 Texture analyzer (TA-XT II, Stable Micro System Ltd., Surrey, UK)를 사용하여

닭가슴육이 완전히 절단될 때까지의 전단력(shear force work)을 측정하였다. 각 처리군마다 5회 이상의 반복 측정한 후 측정치의 평균값을 사용하였다. 이때의 분석조건은 pre-test speed 2 mm/sec, test speed 1.00 mm/sec, post-test speed 5 mm/sec, distance 40 mm로 하였다.

8. 휘발성 염기태질소(Volatile Base Nitrogen) 측정

닭가슴육 저장시 서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 함께 넣어 저장하면서 저장기간에 따른 휘발성 염기태질소의 함량 변화는 Conway 미량확산법(KFDA 2002)에 따라 측정하였다. 즉, 시료 마쇄한 10 g의 시료를 취한 후 증류수 90 mL를 가하여 균질기로 균질화시킨 후 원심분리하고 여과하였으며, 여과액 1 mL를 Conway 외실 왼쪽에 넣고 50% K₂CO₃ 1 mL를 외실 오른쪽에 넣은 후 내실에는 0.01 N H₂BO₃ 1 mL와 500 µL 지시약을 넣은 후 글리세린을 바른 뚜껑을 닫은 후 외실의 시료와 K₂CO₃를 반응시켰다. 반응시킨 후 37°C의 배양기에서 120분간 반응시키고, 10 µL GC용 injector로 중화될 때까지 0.01 N H₂SO₄의 양을 측정하여 계산하였다.

9. 관능검사

서방형 이산화염소 가스 젤팩을 이용하여 저장한 닭가슴육에 대한 관능검사는 시료의 평가 방법 및 평가 특성에 대한 교육을 실시한 후 관능검사 요원을 선별하여 세 자리 난수를 써놓은 시료를 무작위로 배열하고 나눠준 뒤, 시료의 냄새, 외관(색) 및 종합적 기호도에 대하여 대단히 싫다(dislike extremely) 1점, 보통이다(neither like nor dislike)를 4점, 대단히 좋다(like extremely)를 7점으로 하는 7점 척도법에 따라 측정하였다.

10. 통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS 12.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 각 실험구간의 유의성($p < 0.05$)을 ANOVA로 분석한 후 Duncan's multiple range test에 의해 실험군 간의 차이를 분

석하였다.

결과 및 고찰

1. 총균수 측정

서방형 이산화염소 가스 젤팩을 넣은 닭가슴육의 저장기간에 따른 총균수의 변화를 측정한 결과는 Table 1과 같다.

닭가슴육의 초기 총균수는 3.43 log CFU/g이었고, 저장 중 균수 변화는 초기에는 서서히 증가하다가 저장 2일 이후부터는 빠르게 증가하였으며, 저장 8일째에는 6.78 log CFU/g의 균수를 보였다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우에도 대조군과 마찬가지로 저장 중 균수가 증가하는 것으로 나타났으나, 대조군보다는 균수의 증가가 다소 적은 것으로 나타나 이산화염소 가스 젤팩에 의한 미생물 제어 효과가 어느 정도 있음을 알 수 있었다.

Hong 등(2008)은 삼계용 닭의 초기 미생물수는 4.14 log CFU/g이었고, 저장 중 균수가 증가하여 저장 10일차 되었을 때에는 6.92 log CFU/g으로 증가하였는데 이산화염소수 처리 시에는 저장 초기부터 저장기간 내내 낮은 균수를 보여 미생물을 제어할 수 있었으며, 이산화염소수 농도가 높아질수록 미생물 생육 억제효과가 있다고 하여 본 결과와 비교하여 보면 상(phase)의 차이가 있지만 미생물 사멸효과는 유사하였다. 그러나 본 연구에서의 미생물 사멸효과는 이산화염소수에서의 결과보다 낮은 것으로 나타났는데 이는 닭가슴육을 포장한 밀봉된 용기 내에서 용출된 이산화염소 가스의 유효성이 적어 예상했던 만큼의 미생물 제어 효과는 적은 것으로 사료되었으며, 이를 해결할 수 있는 다양한 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

2. pH 측정

서방형 이산화염소 가스 젤팩과 함께 저장한 닭가슴육의 저장기간에 따른 pH의 변화를 측정한 결과는 Table 2와 같다.

닭가슴육 초기의 pH는 6.00이었고, 저장기간에 따른 변화를 살펴보면 대조군의 경우, 저장 중 서서히 증가하는 경향을

Table 1. Changes in total bacterial counts of chicken breast treated with slow-released chlorine dioxide gas during storage
(unit: log CFU/cm²)

Treatment	Storage period (day)				
	0	2	4	6	8
Control	3.43±0.16 ^{eA1)}	3.78±0.08 ^{dA}	4.61±0.10 ^{eA}	6.06±0.13 ^{bA}	6.78±0.04 ^{aA}
7 ppm	3.43±0.16 ^{dA}	3.53±0.09 ^{dB}	4.57±0.11 ^{eA}	5.91±0.15 ^{bA}	6.58±0.11 ^{aB}
10 ppm	3.43±0.16 ^{dA}	3.65±0.11 ^{dAB}	4.44±0.09 ^{eA}	5.88±0.18 ^{bA}	6.50±0.19 ^{aB}
15 ppm	3.43±0.16 ^{dA}	3.33±0.24 ^{dC}	4.21±0.11 ^{eB}	5.53±0.16 ^{bB}	6.24±0.14 ^{aC}

1) Values with different superscripts within a row (^{a-c}) and a column (^{A-C}) were significantly different ($p < 0.05$).

Table 2. Changes in pH of chicken breast treated with slow-released chlorine dioxide gas during storage

Treatment	Storage period (day)				
	0	2	4	6	8
Control	6.00±0.06 ^{cA1)}	5.99±0.02 ^{cA}	6.13±0.03 ^{bAB}	6.27±0.05 ^{aA}	6.30±0.06 ^{aA}
7 ppm	6.00±0.06 ^{bA}	6.01±0.04 ^{bA}	6.16±0.01 ^{aA}	6.21±0.03 ^{aA}	6.21±0.02 ^{aA}
10 ppm	6.00±0.06 ^{bA}	6.01±0.06 ^{bA}	5.98±0.04 ^{bB}	6.20±0.01 ^{aA}	6.26±0.01 ^{aA}
15 ppm	6.00±0.06 ^{bA}	5.99±0.01 ^{bA}	5.98±0.11 ^{bB}	6.15±0.07 ^{abA}	6.25±0.03 ^{aA}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) and a column (^{A,B}) were significantly different ($p < 0.05$).

보였으며, 저장 8일 되었을 때에는 6.30의 값을 나타내었다. 7~15 ppm의 이산화염소 가스 젤팩을 처리한 경우에는 각각 6.01~6.21, 6.01~6.26 및 5.98~6.25로 대조군과 마찬가지로 서서히 증가하는 경향이었으며, 4일차를 제외하고는 저장기간 내내 유의적인 차이를 보이지는 않았지만, 대조군보다는 대체적으로 낮은 pH를 유지하는 것으로 나타났다.

사후 24시간 경과된 신선 계육의 pH는 가슴살의 경우, pH 5.8~6.0정도이며(kim 등 1987), 저장과정 중 pH가 증가한다고 하였는데(Kim MR 1996; Kim 등 2014; Shin 등 2006), 이는 미생물 생육에 의해 닭가슴육이 분해되며, 암모니아나 아민류가 생성되므로 pH가 상승되는 것으로 알려져 있어(Swab & Boles 2002) 본 연구 결과와 비교해 보면 저장 중 pH는 증가하는 것은 일치하였으며, 닭가슴육 저장시 이산화염소 가스 젤팩을 활용할 경우, 대조군과 유의적인 차이는 없었지만 대조군보다는 다소 낮은 pH를 유지하므로 어느 정도는 저장성을 유지할 수 있을 것으로 판단되었다.

3. 육색 측정

서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하고 저장한 닭가슴육의 육색 변화를 측정한 결과는 Table 3과 같다.

명도의 경우, 초기의 값은 46.07이었으며, 저장 중 변화는 43.73~52.06으로 저장기간의 증가에 따른 명도의 증감 경향은 없는 것으로 나타나, 저장 중 명도의 변화는 크지 않고 시료 개체 간 차이에 의한 것으로 판단되었다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군도 대체적으로 증감의 경향을 보이지 않아 저장기간 내내 대조군과 비슷한 명도를 갖는 것으로 판단되었다.

적색도의 경우, 초기에는 2.44였으며, 8일차를 제외하고는 저장 중 다소 감소하는 경향이였다. 7~10 ppm의 이산화염소 가스 젤팩 처리군은 대조군과 함께 저장 6일까지는 대체적으로 대조군과 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 그러나 15 ppm 처리군은 저장 중 적색도의 값이 다른 처리군에 다소 낮은 경향을 보였으며, 이는 서방형으로 방출된 이산화염소 가스의 농도가 저장일수가 증가할수록 높아져 색상의 변화

Table 3. Changes in Hunter's color values of chicken breast treated with slow-released chlorine dioxide gas during storage

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)		Storage period (day)				
		0	2	4	6	8
Lightness (L)	Control	46.00±72.07 ^{cA1)}	51.92±2.93 ^{aA}	47.46±2.73 ^{bB}	52.06±3.31 ^{aA}	43.73±2.82 ^{dD}
	7	46.07±2.07 ^{bA}	48.30±2.99 ^{abB}	46.84±3.92 ^{abB}	46.98±3.02 ^{abC}	46.07±3.24 ^{cC}
	10	46.07±2.07 ^{bA}	49.60±3.15 ^{abB}	44.80±2.50 ^{bcC}	43.93±3.07 ^{cD}	49.49±2.75 ^{abB}
	15	46.07±2.07 ^{cA}	46.54±2.73 ^{cC}	49.90±3.81 ^{bA}	49.60±4.35 ^{bB}	52.31±3.24 ^{aA}
Redness (a)	Control	2.44±0.73 ^{aA}	0.93±0.62 ^{bC}	1.10±0.60 ^{bB}	1.04±0.72 ^{bA}	2.26±0.70 ^{aA}
	7	2.44±0.73 ^{aA}	1.37±0.64 ^{cdB}	1.83±0.90 ^{bA}	1.14±1.00 ^{dA}	1.67±0.86 ^{bA}
	10	2.44±0.73 ^{aA}	1.28±0.95 ^{bcB}	0.96±0.58 ^{bcB}	0.81±0.82 ^{cA}	0.02±0.42 ^{dB}
	15	2.44±0.73 ^{aA}	2.18±0.80 ^{aA}	-0.04±0.83 ^{bc}	-0.45±1.39 ^{bB}	-0.08±0.74 ^{bc}
Yellowness (b)	Control	0.63±0.88 ^{cA}	5.49±1.46 ^{aA}	3.00±1.15 ^{bAB}	5.25±1.56 ^{aA}	2.96±1.12 ^{bc}
	7	0.63±0.88 ^{cA}	2.98±1.57 ^{bB}	2.36±1.58 ^{bB}	3.99±1.64 ^{ab}	2.74±1.40 ^{bc}
	10	0.63±0.88 ^{dA}	5.43±1.99 ^{aA}	3.09±1.49 ^{cAB}	4.25±1.26 ^{bB}	5.59±1.44 ^{aA}
	15	0.63±0.88 ^{cA}	3.56±1.92 ^{bB}	3.51±2.32 ^{bA}	3.81±2.34 ^{bB}	4.79±1.38 ^{ab}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-d}) and a column (^{A-D}) were significantly different ($p < 0.05$).

를 가져온 것으로 판단되며, 15 ppm의 농도보다는 낮은 농도에서 처리하여야 할 것으로 판단되었다.

황색도의 경우, 초기에는 0.63이었고, 저장 중 변화는 2.96~5.49 범위를 나타내었으며, 초기보다는 높은 값을 유지하였으나 저장기간에 따른 증감의 경향을 보이지는 않았다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우, 농도별로 2.36~2.98, 3.09~5.59 및 3.51~4.79로 대조군과 유사한 범위에서의 황색도 값을 나타내어 저장 중 변화라기보다는 시료 개체 간 차이에 의한 것으로 판단되었다.

Hwang 등(2015)은 도제한 닭가슴육을 저장하면서 육색의 변화를 측정된 결과, 저장기간과 육색은 통계적으로 유의적인 상관관계가 없다고 하여 본 결과와 유사한 경향인 것으로 판단되었다.

4. 가열감량 측정

서방형 이산화염소 가스 젤팩을 넣은 닭가슴육의 저장기간에 따른 가열감량 변화를 측정된 결과는 Table 4와 같다.

닭가슴육의 초기 가열감량은 27.71%였으며, 저장 중 가열감량의 변화는 27.68~28.93%로 저장기간에 따른 증가 또는 감소의 경향은 보이지 않는 것으로 나타났다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우도 농도별로 각각 25.54~30.17, 25.49~28.74 및 25.45~30.07%로 대조군과 마찬가지로 저장기간에 따른 가열감량의 차이를 보이지는 않아 이산화염소 가스 젤팩 처리 및 저장기간에 의한 변화는 크게 없는 것으로 판단

되었다.

Hwang 등(2015)은 당일 도계 원료육, 도계 후 2~4일된 원료육 간에 통계적으로 유의차가 없다고 하여 1일차 결과를 제외하고는 본 결과와 유사한 경향이었으며, 닭가슴육은 다른 고기와 달리 저장 중 가열감량의 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 사료되었다.

5. 전단력 측정

닭가슴육 저장시 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하고 저장한 후 전단력의 변화를 측정된 결과는 Table 5와 같다.

초기의 전단력 값은 3.04 kg 이었으며, 대조군의 저장 중 전단력 값은 2.62~6.03 kg으로 저장기간 증가에 따른 증감의 변화를 보이지는 않아 저장기간 동안의 변화는 크게 없는 것으로 판단되었다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우에도 대조군과 마찬가지로 저장 8일차를 제외하고는 처리군 모두 유의적인 차이를 보이지 않아 이산화염소 가스 처리에 의한 전단력의 변화는 없는 것으로 판단되었다.

Hwang 등(2015)의 연구에서는 도계 후 원료육간 전단력 값이 유의적인 차이가 없었다고 하여 저장 중 전단력의 결과는 본 연구에서의 결과와 일치하는 경향이였다.

6. 휘발성 염기태질소(Volatile Base Nitrogen) 측정

서방형 이산화염소 가스 젤팩과 함께 저장한 닭가슴육의 저장기간에 따른 휘발성 염기태질소의 변화를 측정된 결과

Table 4. Changes in cooking loss of chicken breast treated with slow-released chlorine dioxide gas during storage

Treatment	Storage period (day)				
	0	2	4	6	8
Control	27.71±1.02 ^{a1)}	27.88±2.21 ^a	28.93±1.65 ^a	27.68±2.23 ^a	27.78±2.38 ^a
7 ppm	27.71±1.02 ^{ab}	30.17±2.52 ^a	27.13±1.53 ^{ab}	25.54±2.02 ^b	25.46±4.09 ^b
10 ppm	27.71±1.02 ^a	28.74±2.49 ^a	28.19±1.26 ^a	25.49±3.59 ^a	27.91±3.11 ^a
15 ppm	27.71±1.02 ^{ab}	29.25±2.32 ^a	27.39±1.27 ^{ab}	30.07±2.99 ^a	25.45±1.24 ^b

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a,b}) was significantly different ($p<0.05$).

Table 5. Changes in shear force of chicken breast treated with slow-released chlorine dioxide gas during storage

(unit: kg)

Treatment	Storage period (day)				
	0	2	4	6	8
Control	3.04±0.67 ^{bcA1)}	6.03±3.17 ^A	4.12±2.38 ^{abcA}	2.62±0.54 ^C	5.50±3.02 ^{abA}
7 ppm	3.04±0.67 ^A	4.51±1.97 ^A	3.49±1.26 ^A	3.45±1.79 ^A	3.24±1.57 ^{aAB}
10 ppm	3.04±0.67 ^A	3.30±1.34 ^A	3.89±2.21 ^A	3.16±1.10 ^A	2.75±1.44 ^{AB}
15 ppm	3.04±0.67 ^A	5.94±2.56 ^A	3.62±1.61 ^B	4.01±1.35 ^{abA}	4.42±1.80 ^{abAB}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) and a column (^{A,B}) were significantly different ($p<0.05$).

는 Table 6과 같다.

닭가슴육의 초기 휘발성 염기태질소의 값은 4.20 mg%였으며, 저장기간 4일까지는 각각 4.90 및 5.95 mg%로 초기보다는 약간 증가하였으나, 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 그러나 저장 6일부터는 증가하여 저장 8일 되었을 때에는 23.80 mg%로 휘발성 염기태질소의 함량이 증가하는 것으로 나타나 단백질 변성이 일어남을 알 수 있었다. 이산화염소 가스 젤팩을 처리한 경우에는 7~15 ppm 농도별로 4일까지는 5.25~5.95정도로 대조군과 마찬가지로 저장기간 및 처리기간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 저장 6일째에는 대조군은 12.60 mg%였으나, 이산화염소 젤팩 처리군은 농도별로 각각 9.45, 9.45 및 9.10 mg%로 대조군보다 다소 낮은 값을 보였으며, 젤팩 처리군간에는 차이를 보이지는 않았다. 저장 8일에도 이산화염소 가스 젤팩 처리군이 대조군보다는 다소 낮은 휘발성 염기태질소 값을 보이는 것으로 나타나 대조군보다는 적은 품질 변화를 보이는 것으로 판단되었다.

Hong 등(2008)은 삼계용 닭에 이산화염소수를 처리하고, 휘발성 염기태질소 함량을 측정한 결과, 저장 중 증가하여 저장 10일에는 4.76 mg%를 나타내었으며, 이산화염소수 처리시에도 대조군과 마찬가지로 증가는 하였지만, 4.48~4.67 mg%로 대조군과는 유의적인 차이를 보이지 않는다고 하여 본 결과와 비교해 보면 증가의 정도가 차이를 보이는데, 이는 실험에 사용한 시료의 상태 및 저장 조건 등의 차이에 의한 것으로 판단되었다.

7. 기호도 검사

닭가슴육 저장시 서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하고, 저장기간에 따른 냄새, 외관(색) 및 종합적 기호도를 측정한 결과는 Table 7과 같다.

냄새의 경우, 6.3의 기호도로 시작하여 저장 중 기호도가 점점 감소하였으며, 저장 8일차에는 1.3의 매우 낮은 기호도를 나타내었다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우에는 저

Table 6. Changes in volatile base nitrogen of chicken breast treated with slow-released chlorine dioxide gas during storage (unit: mg%)

Treatment	Storage period (day)				
	0	2	4	6	8
Control	4.20±1.14 ^{cA1)}	4.90±0.81 ^{cA}	5.95±0.70 ^{cA}	12.60±1.14 ^{bA}	23.80±2.56 ^{aA}
7 ppm	4.20±1.14 ^{cA}	4.90±1.81 ^{cA}	5.25±0.70 ^{cA}	9.45±1.34 ^{bB}	21.00±1.14 ^{aAB}
10 ppm	4.20±1.14 ^{cA}	4.55±2.10 ^{cA}	5.95±0.70 ^{cA}	9.45±0.70 ^{bB}	20.30±1.81 ^{aB}
15 ppm	4.20±1.14 ^{cA}	4.20±1.62 ^{cA}	5.25±0.70 ^{cA}	9.10±0.81 ^{bB}	19.60±1.40 ^{aB}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) and a column (^{A,B}) were significantly different ($p<0.05$).

Table 7. Changes in sensory evaluation of chicken breast treated with slow-released chlorine dioxide gas during storage

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)		Storage period (day)				
		0	2	4	6	8
Flavor	Control	6.3±0.3 ^{aA1)}	6.1±0.3 ^{aA}	5.2±0.3 ^{bB}	4.0±0.5 ^{cB}	1.3±0.4 ^{dB}
	7	6.3±0.3 ^{aA}	6.0±0.6 ^{abA}	5.8±0.3 ^{bA}	4.7±0.4 ^{cA}	1.7±0.3 ^{dB}
	10	6.3±0.3 ^{aA}	6.0±0.4 ^{bA}	5.7±0.3 ^{bA}	5.0±0.5 ^{cA}	2.3±0.3 ^{dA}
	15	6.3±0.3 ^{aA}	5.8±0.5 ^{ba}	5.6±0.4 ^{bA}	4.1±0.5 ^{cB}	1.6±0.5 ^{dB}
Appearance (color)	Control	6.6±0.4 ^{aA}	6.4±0.3 ^{aA}	6.2±0.3 ^{aA}	5.8±0.4 ^{bA}	5.2±0.4 ^{cA}
	7	6.6±0.4 ^{aA}	6.4±0.2 ^{abA}	6.2±0.4 ^{bAB}	5.6±0.3 ^{cA}	5.1±0.4 ^{dA}
	10	6.6±0.4 ^{aA}	6.4±0.3 ^{aA}	6.3±0.3 ^{aA}	5.7±0.3 ^{bA}	4.6±0.3 ^{cB}
	15	6.6±0.4 ^{aA}	6.2±0.3 ^{abA}	5.9±0.4 ^{bB}	4.8±0.4 ^{cB}	4.1±0.5 ^{dC}
Overall acceptance	Control	6.6±0.4 ^{aA}	6.2±0.3 ^{baB}	5.4±0.3 ^{cB}	4.3±0.4 ^{cC}	1.4±0.3 ^{cC}
	7	6.6±0.4 ^{aA}	6.3±0.2 ^{aA}	5.8±0.3 ^{ba}	5.0±0.4 ^{cA}	2.1±0.3 ^{dB}
	10	6.6±0.4 ^{aA}	6.1±0.4 ^{baB}	5.7±0.5 ^{cAB}	5.2±0.3 ^{dA}	2.6±0.4 ^{cA}
	15	6.6±0.4 ^{aA}	5.9±0.4 ^{baB}	5.7±0.4 ^{baB}	4.7±0.3 ^{cB}	1.9±0.5 ^{dB}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) and a column (^{A-C}) were significantly different ($p<0.05$).

장 4일차부터 대조군보다는 유의적으로 높은 값을 보였다. 그러나 저장 6일차에는 7 및 10 ppm 처리군이 높은 값을 나타내었지만 15 ppm 처리군은 낮은 기호도로 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 저장 8일차에는 10 ppm 처리군이 다른 처리군보다 유의적으로 높은 기호도를 보였다. 저장 6일차 이후부터 15 ppm 처리군이 예상보다 낮은 기호도를 보인 것은 밀폐된 용기 내에서 방출된 이산화염소 가스의 양이 점점 많아져 염소취를 내었기 때문인 것으로 판단되었다.

외관(색)의 경우는 대조군과 7 ppm 처리군이 저장 중 서서히 감소하는 경향을 보였는데, 15 ppm 처리군은 다른 처리군들에 비하여 많은 변화를 보이는 것으로 나타났다. 이와 같은 이유는 밀폐된 공간에서 서서히 방출된 이산화염소 가스와 의 접촉으로 닭가슴육이 약간 변색되었기 때문인 것으로 판단되었다.

종합적 기호도의 경우, 저장 중 대조군의 변화가 가장 빠르게 일어났고, 저장 4일까지는 대체적으로 모든 실험군들이 큰 차이를 보이지는 않았지만, 저장 6일차에는 10 및 7 ppm 처리군이 높은 기호도를 보였으며, 저장 8일차에는 모든 실험군이 매우 낮은 기호도를 보였으나 그 중 10 ppm 처리군이 높은 값을 나타내었다.

기호도의 결과를 종합하여 보면 대조군은 쉽게 단백질 변성이 일어나 불쾌취 때문에 다른 실험군보다 빠르게 품질 변화를 가져왔고, 15 ppm 처리군의 경우에는 이산화염소 가스에 의한 저장 중 염소취와 약간의 변색으로 낮은 기호도를 보이는 것으로 판단되었으며, 이산화염소 가스 젤팩에 의한 닭가슴육의 저장시에는 10 ppm 내외의 처리가 적당할 것으로 사료되었다.

이상의 결과를 종합하여 보면 닭가슴육 저장시 용기에 의 서방형의 이산화염소 가스 젤팩의 사용은 미생물수, pH, VBN 및 기호도면에서 품질 변화를 줄일 수 있으나, 저장기간이 증가할수록 밀폐된 용기 내에서 방출된 이산화염소 가스의 양이 축적되므로 과도한 처리는 바람직하지 않은 것으로 판단되었다. 또한, 닭가슴육을 포장한 용기 내에서 용출된 가스의 흐름이 적어 예상했던 만큼의 미생물 제어 효과는 적은 것으로 사료되었으며, 이를 해결할 수 있는 다양한 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

요약 및 결론

닭가슴육의 저장성 향상을 위한 연구의 일환으로 7~15 ppm의 서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 넣고 4°C에서 저장하면서 저장 기간에 따른 미생물학적, 이화학적 및 관능적 품질 변화를 측정하였다. 총균수는 저장 중 증가하여 저장 8일째에 6.78 log CFU/g의 균수를 보였으나, 이산화염소 가스 젤

팩 처리군의 경우에는 6.24~6.58 log CFU/g으로 대조군보다는 균수의 증가가 적은 것으로 나타났다. 닭가슴육의 pH는 6.00에서 서서히 저장 중 증가하였는데, 이산화염소 가스 젤팩 처리군도 저장기간 내내 유의적인 차이를 보이지는 않았지만 대조군보다는 대체적으로 낮은 pH를 유지하였다. 저장 중 명도, 적색도 및 황색도는 대조군과 7~10 ppm의 이산화염소 가스 젤팩 처리군 모두 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 15 ppm 처리군은 저장기간이 증가할수록 적색도 값이 낮아지는 것으로 나타났다. 가열감량 및 전단력에서는 저장기간 중 대조군 및 처리군간 차이를 보이지 않았다. 휘발성 염기태질소 변화에서는 대조군은 저장 6일부터 증가하여 저장 8일되었을 때에는 23.80 mg%이었으나, 이산화염소 가스 처리군은 대조군보다 낮은 값을 보였다. 저장 중 기호도 변화에서는 냄새, 외관 및 종합적 기호도에서 10 ppm 처리군이 저장기간 내내 가장 기호도가 높은 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2016년도 농림수산식품기술기획평가원의 농식품 창업·벤처지원 R&D 바우처 시범사업과제(IPET, Project No. 116146-01)의 지원을 받아 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

References

- Brooke MH, Kaiser KK. 1970 Three myosin adenosine triphosphate system: The nature of their pH liability and sulphhydryl dependence. *J Histochem Cytochem* 18:670-672
- Chae HS, Na SC, Choi HC, Kim MJ, Bang HT, Kang HK, Kim DW, Suh OS, Ham JS, Jang A. 2011. Effect of gas mixture ratio of modified atmosphere packaging on quality of chicken breast. *Korean J Food Sci Ani Resour* 31:100-106
- Choi YI. 1992. Effect of phosphate on binding ability and storage characteristics of pre-cooked restructured chicken meat product. *Korean J Anim Sci* 34:307-315
- Han Y, Linton RH, Nielsen SS, Nelson PE. 2001. Reduction of *Listeria monocytogenes* on green peppers (*Capsicum annuum* L.) by gaseous and aqueous chlorine dioxide and water washing and its growth at 7°C. *J Food Prot* 64:1730-1738
- Hart CD, Mead GC, Norris AP. 1991. Effect of gaseous environment and temperature on the storage behavior of *Listeria monocytogenes* on chicken breast meat. *J Appl Bacteriol* 70:40-49

- Hong YH, Kim MK, Song KB. 2008 Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on microbial safety and quality of samgae chicken. *Korean J Food Preserv* 15:769-773
- Hood DE, Mead GC. 1993. Modified atmosphere storage of fresh meat and poultry. In: Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Food. Parry, R. T. (ed) Blackie Academic and Professional. London, UK, pp.269-298
- Hwang YJ, Park DH, Yoon SH, Kim DJ, Lee WB, Yeon JS, Yi KJ, Kim SK. 2015. Quality characteristics of breast meat during post-mortem storage of chicken meat. *Korean J Poult Sci* 42:347-352
- Swan JE, Boles JA. 2002. Processing characteristics of beef roasts made from high and normal pH bull inside rounds. *Meat Sci* 62:399-401
- Jo C, Ahn DU. 2000. Production volatile compounds from irradiated oil emulsions containing amino acids or proteins. *J Food Sci* 65:612-616
- Jung S, Bae YS, Yong HI, Lee HJ, Seo DW, Park HB, Lee JH, Jo C. 2015. Proximate composition, and L-carnitine and betaine contents in meat from Korean indigenous chicken. *Asian Australas J Anim Sci* 28:1760-1766
- KFDA. 2002. Food Code. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea pp.222-223
- Kim HJ, Kim D, Song SO, Goh YG, Jang A. 2016. Microbiological status and guideline for raw chicken distributed in Korea. *Korean J Poult Sci* 43:235-242
- Kim JH, Jeon JY, Ryu SR, Lee JW, Kim JH, Oh SH, Seo JH, Byun MW. 2005. Quality improvement of chicken breast meat in a group-meal service by gamma irradiation. *Korean J Food Preserv* 12:28-35
- Kim JM. 2001. Use of chlorine dioxide as a biocide in the food industry. *Food Indust & Nutr* 6:33-39
- Kim MJ. 2011. Nutritional value and characteristics of different part in chicken meat. *Monthly Korean Chicken* 17:90-93
- Kim MR. 1996. Effect of potassium sorbate and sodium acid pyrophosphate on microbiological and physicochemical characteristics of chicken. *J East Asian Dietary Life* 6:187-194
- Kim SH, Jayasena DD, Kim HJ, Jo C, Jung S. 2014. Effect of adding *Lactobacillus*-fermented solution on characteristics of chicken breast meat. *Korean J Poult Sci* 41:127-133
- Kim YH, Yang SY, Lee MH. 1987. The effect of freezing rates on the physico chemical changes of chicken meat during frozen storage at 20°C. *Korean J Poult Sci* 14:145-151
- Kim YJ, Kim MH, Song KB. 2009. Efficacy of aqueous chlorine dioxide and fumaric acid for inactivating pre-existing microorganisms and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on broccoli sprouts. *Food Control* 20:1002-1005
- Lee HJ, Jo C, Nam KC, Lee KH. 2016. Quality attributes of fat-free sausage made of chicken breast and liquid egg white. *Korean J Food Nutr* 29:449-455
- Lee MS, Kim S, Moon S, Kim Y. 2015. Inhibitory effects of natural additives on pathogenic microorganisms growth during storage of commercial chicken. *Korean J Food Sci Technol* 47:574-578
- Nakatani Y, Fujita T, Sawa S, Otani T, Hori Y, Takagahara I. 1986. Changes in ATP-related compounds of beef and rabbit muscles and a new index of freshness of muscle. *Agric Biol Chem* 50:1751-1756
- Oh JH, Yoon S, Choi Y. 2014. The effect of superheated steam cooking condition on physico-chemical and sensory characteristics of chicken breast fillets. *Korean J Food Cook Sci* 30:317-324
- Park CI, Kim YJ 2008 Effects of dietary mugwort powder on the VBN, TBARS, and fatty acid composition of chicken meat during refrigerated storage. *Korean J Food Sci An* 28:505-511
- Raeisi M, Tabaraei A, Hashemi M, Behnampour N. 2016. Effect of sodium alginate coating incorporated with nisin, *Cinnamomum zeylanicum*, and rosemary essential oils on microbial quality of chicken meat and fate of *Listeria monocytogenes* during refrigeration. *Int J Food Microbiol* 238:139-145
- Shin HY, Ku KJ, Park Sk, Song KB. 2006. Use of freshness indicator for determination of freshness and quality change of chicken during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:761-767
- Yamamoto K, Samejima K. 1977. A comparative study of the change in hem pectoral muscle during storage at 4 and 2°C. *J Food Sci* 42:1642-1647
- Yang HS, Jeong JY, Choi YH, Joo ST, Park GB. 2009. Effect of different packaging methods on the quality and storage characteristics of domestic broiler breast meat during cold storage. *Korean J Poult Sci* 36:69-75

Received 29 December, 2017

Revised 15 January, 2018

Accepted 17 January, 2018