

서방출형 이산화염소 가스 젤팩 첨가가 닭가슴육 저장 중 지질산패 및 정미성분의 변화

†이경행 · 권혜원* · 윤예지* · 김홍길**

한국교통대학교 식품영양학전공 교수, *한국교통대학교 식품영양학과 학부생, **세진이엔피(주)

Changes in Lipid Oxidation and Taste Compounds of Chicken Breast Meat by Slow-released ClO₂ Gas Gel-pack during Storage

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

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

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

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

Abstract

To extend the shelf-life of chicken breast meat, samples were treated with gel-packs containing slow-released ClO₂ gas at 7-15 ppm for 8 days at 4°C. And the changes in lipid oxidation and taste compounds of the samples were investigated. TBARS value of the chicken breast was slightly increased during storage. TBARS value of gas treatments was similar to the control during storage. There were 14 fatty acids in the chicken breast. And there was no change in the fatty acid composition during storage, and there was no significant difference between the control and gas treatments. The content of free amino acids was gradually increased during storage. The content of free amino acids were not significantly different between the control and gas treatments during storage. The content of GMP in the control and gas treatments were decreased during storage. However, gas treatments showed slightly higher content than that of control. AMP was not significantly different between the control and gas treatments. IMP gradually decreased during storage and the content of inosine and hypoxanthine was increased. IMP, inosine and hypoxanthine contents of gas treatment were similar to control, but the control tended to change more rapidly than those of gas treatments.

Key words: slow-release preparation, chlorine dioxide gas, chicken breast, gel pack, taste compound

서론

국내 1인당 닭고기 소비량은 2005년 7.5 kg에서 2018년 14.2 kg으로 계속 증가하고 있으며(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs 2019), 가금류의 가공기술 발달과 맞벌이 부부 및 1인 가족의 지속적인 증가로 전육(whole meat)보다는 다리살, 가슴살, 날개부위 등과 같은 부분육 형태의 수요가 급속히 증가하고 있다. 특히 부분육 중에서도 닭가슴육에 대한 수요가 점점 증가하고 있다고 보고되고 있다(Chae

등 2012).

닭가슴육의 수요 증가 주요 원인으로서는 다리 및 날개부위에 비하여 단백질 및 지방의 함량은 각각 약 23%, 1.2%로 (Koh & Yu 2015) 다른 축종이나 닭고기의 다른 부위에 비해 단백질 함량은 현저히 많고 소화흡수가 잘 될 뿐만 아니라, 담백하며 지방함량과 콜레스테롤이 거의 없어(Jaturasitha 등 2008; Jeon 등 2010) 심장병이나 동맥경화, 심근경색 등 심혈관 질환에 우수한 식품 원료가 될 수 있고, 칼로리 섭취를 줄이는 균형 잡힌 영양식으로 다이어트 식단으로도 각광을 받고 있다

† Corresponding author: Kyung-Haeng Lee, Professor, 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

(Jung 등 2013). 이에 국내 닭 가슴살 수입은 2008년 45톤에서 2010년 6,749톤으로 약 150배 증가하였다(KMTA 2019).

그러나 닭가슴육은 다른 부위와 마찬가지로 매우 부패되기 쉬운 식품 원료로써 유통 및 저장 중 취급에 주의가 필요하다(Raeisi 등 2016). 이는 백색 근섬유 비율이 높아 사후 대사속도가 빠르고(Brooke & Kaiser 1970), 특히 미생물이 살 수 있는 최적의 배지로(Raeisi 등 2016) 위생 확보와 신선도 유지를 위해 미생물 방지를 위한 적극적인 대처가 요구되고 있다(Kim 등 2016).

미생물 제어 방법 중 이산화염소(ClO_2)는 반응시 부산물의 생성이 적고(Kim JM 2001) 발암물질 등이 생성되지 않으며, pH 변화에 관계없이 살균력을 유지하는 것으로 알려져 있다(Kim 등 2009). 이와 같은 이산화염소는 액상의 형태보다 가스형태일 때 투과성이 우수하여 신선 농산물의 저장이나 유통과정 중에 효과적으로 미생물을 제어할 수 있다고 알려져 있다(Han 등 2001).

전보(Lee 등 2018)에서는 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 측정하고, 이산화염소 가스 젤팩 처리군과 대조군간 가열감량이나 전단력에는 변화가 없었지만, 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우에는 대조군보다는 균수의 증가가 적은 것으로 나타났으며, pH 및 휘발성 염기태질소 변화에서는 대조군보다 이산화염소 가스 처리군이 다소 낮은 값을 보였고, 특히 10 ppm 처리군의 경우에는 저장기간 내내 가장 기호도가 높은 것으로 나타났다고 하여 닭가슴육 저장시 이산화염소 가스 젤팩 처리시 다소 저장성이 높을 것으로 사료된다고 하였다.

본 연구에서는 계속 중 닭가슴육을 원료로 하여 저장하는 동안 7~15 ppm의 서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 넣고 저장하면서 저장 기간에 따른 지질산패도와 정미성분 즉 지방산 조성, 유리아미노산 및 핵산관련 물질의 변화를 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 이산화염소 가스 처리

본 실험에 사용한 닭가슴육은 닭고기 전문 생산업체인 C 회사에서 생산된 직후 포장된 시료를 구입하여 사용하였으며, 시료간 차이를 최소화하기 위하여 닭가슴육내 동일한 부위를 7×5 cm 정도의 크기로 절단하여 사용하였다.

닭가슴육에 이산화염소 가스 처리는 농도별(7, 10 및 15 ppm) 서방형의 이산화염소 가스 젤팩(Sejin E & P Co., Ltd., Anyang, Korea)을 사용하여 전보(Lee 등 2018)와 동일한 방법

으로 처리하여 저장하면서 사용하였다.

2. 지질산패도 측정

이산화염소 가스 젤팩을 처리한 닭가슴육의 저장 중 지방산패도를 측정하기 위하여 Jo & Ahn(2000)의 방법을 변형하여 2-thiobarbituric acid reactive substances(TBARS) 값을 측정하였다. 즉, 시료 3 g에 증류수 9 mL를 넣은 후 7.2% butylated hydroxyl toluene(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 0.05 mL를 첨가하여 균질기(T25 basic, IKA GmbH & Co. KG, Germany)를 이용해 균질(1,130 g, 1분)시킨 후 균질액 1 mL를 취하여 2-thiobarbituric acid(TBA)와 trichloroacetic acid(TCA) 혼합 용액(20 mM TBA in 15% TCA) 2 mL를 혼합하였다. 혼합액을 30분간 90°C의 항온 수조에서 가열한 후 10분간 냉각하여 $2,090 \times \text{g}$ 로 20분간 원심분리 후 상등액을 취해 분광 광도계(DU[®] 530, Bechman Instruments Inc., USA)를 이용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 지질 산패도는 mg malondialdehyde/kg sample로 표시하였다.

3. 지방산 조성 측정

이산화염소 가스 젤팩을 처리한 백색육의 저장과정 중 지방산 조성의 변화를 측정하기 위하여 Folch 등(1957)의 방법에 따라 지질성분을 추출하였다. 즉, 시료 30 g에 150 mL의 Folch solvent(methanol:chloroform = 1:2, v/v)를 첨가하여 지방질 성분을 추출하였으며, 이 용액에 0.88% KOH 용액을 첨가한 후 마개를 닫아 혼합하고 2시간 동안 실온에 방치하였다. 그 후 상층은 제거하고 하층인 chloroform 층은 무수 Na_2SO_4 를 이용하여 수분을 제거하고 여과시켰으며, N_2 gas(99.999%)를 이용하여 용매를 제거하였다. 추출한 지질 100 μL 에 BF_3 -methanol(Sigma-Aldrich Co., St Louis, MO, USA)을 1 mL 첨가하고 30분 동안 70°C에서 methylation 시켰다. 그 후 methylation 시킨 시료를 냉각시키고, 2 mL의 hexane(HPLC grade)과 5 mL의 증류수를 첨가하여 혼합한 후 층 분리가 일어나면 fatty acid methyl ester가 용해된 hexane 층을 분획하여 GC vial로 옮긴 후 gas chromatograph(HP Agilent 7890A, Santa Clara, CA, USA)로 지방산 조성을 측정하였다. 이때 사용할 column은 DB-Wax(50 m \times 0.25mm \times 0.25 μm , Agilent, Santa Clara, CA, USA)를 사용하며, oven 온도 200°C, inlet 온도 250°C, detector 온도 250°C로 하였다. Carrier gas로는 helium을 사용하여 분당 0.79 mL/min으로 흘려 보내주었으며, split ratio는 100:1로 하여 측정하였다. 지방산은 standard의 retention time과 비교하며, peak area의 상대적인 비로 나타내었다.

4. 유리아미노산 조성

이산화염소 가스 젤팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 유리 아

미노산 함량의 변화 정도를 확인하기 위하여 Hughes 등(2002)의 방법에 의하여 유리아미노산을 추출하였다. 즉, 잘게 마쇄한 닭가슴육 2.5 g에 2% TCA 용액 10 mL를 넣은 후 13,500 rpm/min으로 1분 동안 균질화시키고, 균질물을 17,000 × g에서 15분간 원심분리한 후 0.45 µm membrane filter를 이용하여 여과하며, 이를 Culbert 등(2017)의 방법으로 유도체화시킨 후 유리아미노산 시료로 하며, RP-HPLC로 측정하였다. Column은 AccQ · Tag™(3.9×150 mm, Waters)이었으며, 주입량은 5 µL, column 온도는 37°C, detector는 fluorescent detector (Waters™ 2475, Millipore Co-operative, Milford, MA, USA)로 excitation wavelength는 250 nm, emission wavelength는 395 nm로 하였다. 이동상은 Waters AccQ · Tag eluent A(용매 A)와 60% acetonitrile(용매 B)을 gradient법으로 분석하였다.

5. 핵산관련 물질 측정

이산화염소 가스 겔팩과 함께 저장한 닭가슴육의 저장기간에 따른 핵산 관련물질의 변화는 Nakatami 등(1986)의 방법을 변형하여 진행하였다. 즉, 시료 5 g에 0.7 M perchloric acid 20 mL를 첨가하여 균질기(T25b, Ika, Works(Asia), Sdn, Bhd, Malaysia)를 이용해 20,000 rpm에서 1분 동안 균질하였다. 균질물을 2,190 × g로 4°C에서 10분 동안 원심분리(Union 32R, Hanil, Inchun, Korea)를 한 다음 상등액을 취한 후 잔사에 0.7 M perchloric acid 10 mL를 추가로 넣어 재추출한 후 모은 상등액을 7 N potassium hydroxide를 이용하여 pH 6.0으로 정하였다. 그 후, 2,190 × g로 4°C에서 5분간 원심분리과정을 통하여 KClO₄를 제거한 다음 0.7 M perchloric acid(pH 6.0)를 이용하여 50 mL로 정용하였다. 이를 0.2 µm PVDF membrane filter (Whatman, England)를 이용하여 필터한 다음 분석에 이용하였다.

핵산 관련 물질은 hypoxanthine, inosine, inosine-5'-monophosphate(IMP), adenosine-5'-monophosphate(AMP) 및 hypoxanthine(Hx) 등을 HPLC(Acme 9000, Younglin Instrument)를 이용하여 Atlantis C₁₈(5 µm, 4.6 × 250 mm) column으로 분석하였다. 분석 시 사용한 이동상은 0.1 M triethylamine in 0.15 M

acetonitrile(pH 6.5)이며, 이동상 유속 및 컬럼 온도는 1 mL/min와 40°C에서 분석하였고, 검출기는 UV/Vis를 사용하였으며, 흡수파장은 254 nm를 사용하였다.

6. 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 실험군간의 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 지질산패도

서방형의 이산화염소가스 겔팩을 닭가슴육 저장시 함께 넣고 저장하면서 TBARS(thiobarbituric acid reactive substance)를 측정한 결과는 Table 1과 같다.

닭가슴육 초기의 TBARS는 0.04로 매우 낮은 값을 나타내었고, 저장 중의 변화는 기간별로 각각 0.12, 0.11, 0.08 및 0.09로 초기보다는 약간 증가하기는 하였으나, 매우 낮은 값을 유지하였다. 농도별 서방형 이산화염소 가스 겔팩 처리군의 경우도 저장 중 변화는 대조군과 마찬가지로 낮은 값을 유지하는 것으로 나타났으며, 저장기간 증가에 따른 지질산패도값에 대한 증감의 경향은 없는 것으로 판단되었다.

Kim 등(2014)은 닭가슴육의 TBARS를 측정한 결과, 저장 중 오히려 감소하는 경향을 보였고, Chae 등(2011)은 저장 중 닭가슴육의 지방산패도가 약간 증가한다고 하여 상반된 결과를 보였는데, 이는 닭가슴육 자체에 지방성분이 매우 적고 실험에 사용한 시료의 차이 때문인 것으로 판단되며, 본 실험에서 지질산패도의 값이 저장 기간 내내 큰 변화를 보이지 않는 이유는 이산화염소 가스가 산화제임에도 불구하고, 시료내 지방함량이 적기 때문에 지질 산패는 일어나지 않은 것으로 사료되어, 닭가슴육 저장시에 이산화염소 가스 겔팩 사용에 의한 지질산패는 없을 것으로 판단되었다.

Table 1. Changes in TBARS value of chicken breast treated with slow-released chlorine dioxide gas during storage
(unit: MDA/kg)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
	0	2	4	6	8
Control	0.04±0.06	0.12±0.02	0.11±0.01 ^a	0.08±0.00	0.09±0.02
7	0.04±0.06	0.08±0.01	0.08±0.00 ^b	0.10±0.01	0.10±0.02
10	0.04±0.06	0.10±0.00	0.12±0.02 ^a	0.11±0.00	0.08±0.01
15	0.04±0.06	0.09±0.00	0.07±0.00 ^b	0.09±0.02	0.12±0.03

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

2. 지방산 조성 분석

서방형의 이산화염소가스 젤팩을 닭가슴육 저장시 함께 넣고 저장하면서 지방산 조성을 측정한 결과는 Table 2와 같다.

닭가슴육은 14개의 지방산으로 구성되어 있었으며, oleic acid가 36% 내외로 가장 많은 함량을 나타내었고, 그 뒤로는 palmitic acid, linoleic acid, stearic acid의 순이었다.

총 포화지방산과 불포화지방산 조성의 비율은 약 1:2 정도로 불포화 지방산 함량이 높은 것으로 나타났으며, 각 지방산마다 약간씩의 증감을 보이는 하지만, 총 지방산 조성으로 보았을 때 저장기간 중 지방산의 조성은 큰 변화를 가져오지는 않는 것으로 나타났고, 지질산패도 측정결과(Table 1)에서

보듯이 산패가 거의 일어나지 않았으며, 이에 지방산들의 조성 변화 또한 거의 없는 것으로 판단되었다.

이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우에도 대조군과 저장기간 내내 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타나, 실험에 사용한 농도에서의 처리는 지방산 조성에 변화를 가져오지는 않는 것으로 판단되어 이산화염소 가스 젤팩 처리에 의한 닭가슴육에서의 차이는 없는 것으로 사료되었다.

Jo 등(2018)은 전자선을 처리한 훈연 오리를 저장하면서 지방산의 조성을 측정한 결과, 저장 중 각 지방산별로 조성의 증감은 있지만 총 지방산의 함량에서는 유의적인 차이를 보이지 않아 처리 방법 및 시료의 차이는 있지만 결과는 동일한

Table 2. Changes in fatty acid composition of chicken breast treated with slow-released chlorine dioxide gas during storage (unit: %)

Fatty acid	Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
		0	2	4	6	8
10:0	Control	0.06±0.03	0.03±0.00	0.05±0.03	0.05±0.01	0.03±0.01
	7	0.06±0.03	0.03±0.00	0.03±0.01	0.08±0.07	0.05±0.03
	10	0.06±0.03	0.05±0.02	0.03±0.02	0.04±0.03	0.08±0.04
	15	0.06±0.03	0.06±0.04	0.03±0.01	0.04±0.02	0.04±0.02
12:0	Control	0.07±0.05	0.03±0.01	0.04±0.02	0.04±0.00	0.04±0.00
	7	0.07±0.05	0.05±0.02	0.04±0.01	0.05±0.02	0.04±0.02
	10	0.07±0.05	0.04±0.01	0.04±0.03	0.04±0.02	0.09±0.07
	15	0.07±0.05	0.04±0.02	0.04±0.02	0.04±0.01	0.04±0.00
14:0	Control	0.55±0.05	0.54±0.04	0.60±0.05	0.66±0.04 ^A	0.61±0.02
	7	0.55±0.05	0.64±0.14	0.59±0.06	0.47±0.09 ^B	0.44±0.04
	10	0.55±0.05	0.56±0.01	0.50±0.08	0.58±0.02 ^{AB}	0.52±0.01
	15	0.55±0.05	0.57±0.03	0.50±0.06	0.62±0.02 ^A	0.56±0.11
16:0	Control	21.85±1.29	22.37±0.15	22.58±1.43	22.34±0.04	23.09±1.38
	7	21.85±1.29 ^{ab}	24.03±0.53 ^a	22.12±0.45 ^{ab}	21.34±1.61 ^{ab}	20.90±1.08 ^b
	10	21.85±1.29	22.46±1.15	21.86±1.15	22.29±0.95	21.63±1.53
	15	21.85±1.29	22.21±0.95	22.03±1.43	23.38±2.35	22.62±1.00
16:1	Control	5.32±0.85	4.59±0.54	6.12±2.32	4.53±0.25	5.50±1.12
	7	5.32±0.85	5.54±0.44	5.21±0.65	3.90±0.83	4.54±0.73
	10	5.32±0.85	4.61±0.83	4.62±0.15	4.73±0.20	4.64±0.99
	15	5.32±0.85	5.05±1.97	5.50±0.05	5.64±1.43	4.74±0.64
18:0	Control	7.69±0.01	8.33±0.04	7.44±1.45	9.41±1.19	7.93±0.01
	7	7.69±0.01 ^b	8.44±0.36 ^{ab}	7.81±0.38 ^b	9.50±0.86 ^a	8.74±0.84 ^{ab}
	10	7.69±0.01	8.59±0.49	8.56±0.90	8.04±0.12	8.30±0.32
	15	7.69±0.01	7.98±1.25	8.05±0.06	7.82±0.51	8.63±1.08
18:1T	Control	0.39±0.00	0.41±0.03	0.36±0.04	0.35±0.01	0.36±0.08
	7	0.39±0.00	0.39±0.04	0.36±0.01	0.40±0.10	0.30±0.11
	10	0.39±0.00	0.46±0.10	0.37±0.04	0.41±0.12	0.36±0.04
	15	0.39±0.00	0.40±0.06	0.47±0.14	0.46±0.06	0.35±0.01

Table 2. Continued

(unit: %)

Fatty acid	Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
		0	2	4	6	8
18:1	Control	36.10±0.20	35.76±0.50	36.49±4.04	35.77±1.65	35.66±2.90
	7	36.10±0.20	35.43±1.16	34.95±1.38	33.75±5.47	33.47±1.80
	10	36.10±0.20	35.44±0.89	35.81±4.12	34.86±1.46	35.12±2.18
	15	36.10±0.20 ^b	34.27±0.10 ^b	34.71±1.15 ^b	38.64±1.65 ^a	34.09±0.87 ^b
18:2	Control	16.27±1.68	15.81±1.62	13.50±1.16 ^B	14.20±0.93	15.64±0.85
	7	16.27±1.68	15.05±1.16	16.77±0.27 ^A	16.09±1.57	16.57±0.27
	10	16.27±1.68	15.83±0.29	15.40±0.23 ^A	17.52±0.09	15.51±2.84
	15	16.27±1.68	16.52±0.35	15.82±0.23 ^A	14.10±2.73	16.75±0.85
18:3	Control	0.48±0.02	0.51±0.01	0.41±0.02	0.52±0.13	0.47±0.10
	7	0.48±0.02	0.45±0.12	0.46±0.07	0.55±0.03	0.55±0.13
	10	0.48±0.02	0.53±0.03	0.52±0.02	0.43±0.04	0.50±0.11
	15	0.48±0.02	0.47±0.05	0.43±0.01	0.49±0.04	0.50±0.04
20:2	Control	0.48±0.08	0.54±0.06	0.38±0.17	0.45±0.00	0.45±0.03
	7	0.48±0.08	0.36±0.09	0.46±0.07	0.57±0.21	0.62±0.24
	10	0.48±0.08	0.50±0.06	0.56±0.20	0.48±0.00	0.57±0.23
	15	0.48±0.08	0.48±0.06	0.50±0.03	0.42±0.17	0.51±0.07
20:3	Control	1.10±0.13	1.25±0.36	0.89±0.27	0.93±0.07	1.07±0.17
	7	1.10±0.13	0.90±0.01	1.06±0.08	1.35±0.59	1.52±0.54
	10	1.10±0.13	1.30±0.07	1.31±0.36	0.94±0.14	1.30±0.00
	15	1.10±0.13	1.15±0.13	1.34±0.00	1.05±0.28	1.08±0.28
20:4	Control	3.00±0.35	2.96±0.08	3.79±2.31	3.82±1.18	2.93±0.10
	7	3.00±0.35	2.47±0.37	3.28±0.56	3.84±1.93	4.13±1.27
	10	3.00±0.35	3.15±0.64	3.24±1.43	3.51±0.45	3.79±1.07
	15	3.00±0.35	3.54±0.46	3.70±0.89	2.41±1.05	3.40±0.90
24:1	Control	0.82±0.08	0.79±0.01 ^{AB}	0.96±0.55	0.86±0.16	0.74±0.05
	7	0.82±0.08	0.60±0.05 ^B	0.84±0.06	1.02±0.59	1.05±0.31
	10	0.82±0.08	0.82±0.11 ^A	0.93±0.39	0.92±0.05	0.97±0.25
	15	0.82±0.08	0.91±0.09 ^A	1.04±0.16	0.63±0.34	0.93±0.15
Total	Control	94.17±0.37	93.91±0.15	93.61±1.85	93.92±0.80	94.51±0.37
	7	94.17±0.37	94.38±0.59	93.97±0.47	92.90±2.29	92.93±0.66
	10	94.17±0.37	94.33±0.15	93.74±1.97	94.79±0.82	93.37±0.00
	15	94.17±0.37	93.65±0.34	94.16±1.61	95.72±0.24	94.23±0.93

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

것으로 판단되었다.

3. 유리아미노산

서방형의 이산화염소가스 켈팩을 닭가슴육 저장시 함께 넣고 저장하면서 유리아미노산의 변화를 측정된 결과는 Table 3과 같다.

본 실험에 의해 분석된 아미노산은 14종이 아미노산이 검

출되었고, 나머지의 아미노산들은 미량 또는 다른 피크와의 overlap으로 제외하였다.

대조군의 총 유리아미노산 함량은 저장 직후에는 224.46 mg%였으며, 저장 중 각각 278.81, 362.40 및 335.04 mg%로 초기보다는 증가하는 것으로 나타나, 저장과정 중 효소에 의한 단백질 분해로 유리아미노산이 증가하는 것을 알 수 있었으며, 저장 중 유리아미노산 함량의 증감은 실험에 사용한 개

Table 3. Changes in free amino acid contents of chicken breast treated with slow-released chlorine dioxide gas during storage (unit: mg%)

Amino acid	Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)			
		0	2	4	6
Essential amino acid					
iLe	Control	5.68±1.09 ^c	8.56±0.18 ^{bc}	12.35±0.44 ^a	12.96±1.75 ^{ab}
	7	5.68±1.09 ^c	12.01±1.24 ^{bcAB}	16.72±5.30 ^{ab}	20.52±2.47 ^{aA}
	10	5.68±1.09 ^c	14.45±0.11 ^{aA}	9.68±3.20 ^b	14.93±0.56 ^{ab}
	15	5.68±1.09 ^b	10.21±1.63 ^{bcBC}	18.90±6.01 ^a	12.80±0.06 ^{abB}
Leu	Control	12.35±2.10 ^b	16.16±1.44 ^{bc}	23.05±0.29 ^{aAB}	24.46±2.67 ^{ab}
	7	12.35±2.10 ^c	22.47±2.38 ^{bcAB}	18.49±6.67 ^{bcB}	36.25±4.00 ^{aA}
	10	12.35±2.10 ^c	26.44±0.18 ^{aA}	18.57±4.04 ^{bb}	27.27±0.72 ^{ab}
	15	12.35±2.10 ^c	19.90±2.72 ^{bcBC}	35.60±6.88 ^{aA}	24.29±0.32 ^{bb}
Lys	Control	19.31±0.65 ^c	29.68±3.66 ^{abB}	32.33±1.45 ^a	23.88±3.49 ^{bc}
	7	19.31±0.65 ^b	35.54±0.68 ^{aAB}	34.33±5.27 ^a	32.39±0.20 ^a
	10	19.31±0.65 ^b	39.24±0.76 ^{aA}	31.86±13.41 ^{ab}	25.65±8.44 ^{ab}
	15	19.31±0.65 ^c	32.86±4.40 ^{abB}	46.11±4.83 ^a	34.47±6.55 ^{bc}
Met	Control	4.33±0.61 ^c	5.78±0.37 ^{cb}	8.68±0.21 ^{bb}	10.76±1.24 ^{ab}
	7	4.33±0.61 ^c	8.71±1.72 ^{bcAB}	9.05±1.14 ^{bb}	17.13±1.38 ^{aA}
	10	4.33±0.61 ^c	10.01±0.84 ^{aA}	6.96±1.28 ^{bb}	11.63±1.03 ^{ab}
	15	4.33±0.61 ^c	7.74±0.80 ^{bcAB}	15.64±3.47 ^{aA}	10.79±0.18 ^{bb}
Phe	Control	6.72±0.35 ^c	8.12±0.49 ^{cb}	11.69±0.19 ^b	13.96±1.15 ^{ab}
	7	6.72±0.35 ^b	12.04±1.36 ^{abA}	7.34±7.71 ^b	20.39±1.35 ^{aA}
	10	6.72±0.35 ^c	12.67±0.05 ^{aA}	9.68±1.34 ^b	14.33±1.48 ^{ab}
	15	6.72±0.35 ^c	10.68±0.06 ^{bcA}	18.26±4.10 ^a	14.72±0.67 ^{abB}
Val	Control	9.90±1.10 ^c	14.43±0.20 ^{bb}	19.61±0.40 ^{aAB}	21.75±2.12 ^{ab}
	7	9.90±1.10 ^c	18.75±2.30 ^{bcAB}	19.53±1.26 ^{bcAB}	31.78±3.72 ^{aA}
	10	9.90±1.10 ^c	22.29±1.37 ^{aA}	15.48±4.14 ^{bb}	22.89±0.58 ^{ab}
	15	9.90±1.10 ^c	16.57±2.07 ^{bcB}	29.60±6.97 ^{aA}	20.87±0.36 ^{bb}
Non-essential amino acid					
Ala	Control	34.48±3.16 ^b	34.56±0.03 ^{bb}	42.68±2.14 ^{ab}	44.49±5.00 ^a
	7	34.48±3.16 ^b	38.64±4.60 ^{bcAB}	40.13±1.42 ^{bb}	59.24±10.66 ^a
	10	34.48±3.16 ^b	47.77±3.38 ^{aA}	35.07±6.66 ^{bb}	45.60±1.26 ^a
	15	34.48±3.16 ^b	39.56±6.88 ^{bcAB}	62.55±8.52 ^{aA}	44.50±1.33 ^b
Asp	Control	11.02±1.47 ^c	17.94±1.83 ^{bb}	27.28±0.44 ^a	21.52±4.23 ^b
	7	11.02±1.47 ^b	25.43±7.65 ^{aAB}	25.49±1.42 ^a	30.74±6.62 ^a
	10	11.02±1.47 ^c	31.19±0.71 ^{aA}	18.66±4.39 ^b	26.52±3.03 ^a
	15	11.02±1.47 ^b	22.58±3.60 ^{abAB}	32.90±9.92 ^a	25.72±1.56 ^a
Glu	Control	28.37±2.43 ^c	36.66±2.60 ^{bb}	46.02±1.28 ^a	45.10±5.83 ^a
	7	28.37±2.43 ^b	47.69±9.52 ^{aAB}	47.52±1.64 ^a	54.44±11.03 ^a
	10	28.37±2.43 ^b	57.17±0.60 ^{aA}	33.81±10.24 ^b	48.27±4.06 ^a
	15	28.37±2.43 ^b	42.17±9.67 ^{abAB}	56.92±13.30 ^a	39.14±0.11 ^{ab}
Gly	Control	19.80±1.60 ^b	21.74±1.99 ^{bb}	27.24±1.49 ^{aAB}	29.89±0.53 ^{ab}
	7	19.80±1.60 ^c	25.93±0.67 ^{bb}	28.34±2.46 ^{bcAB}	38.72±2.52 ^{aA}
	10	19.80±1.60 ^b	33.38±2.13 ^{aA}	22.87±3.17 ^{bb}	29.20±1.22 ^{ab}
	15	19.80±1.60 ^b	27.55±3.93 ^{abAB}	39.13±8.90 ^{aA}	33.68±2.62 ^{aAB}

Table 3. Continued

(unit: mg%)

Amino acid	Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)			
		0	2	4	6
His	Control	28.55±3.99 ^b	32.94±4.24 ^{abB}	41.29±2.14 ^{aAB}	36.70±4.59 ^{ab}
	7	28.55±3.99 ^b	41.86±4.95 ^{abAB}	40.24±0.37 ^{abAB}	53.07±15.16 ^a
	10	28.55±3.99 ^b	45.16±0.91 ^{aA}	28.37±2.95 ^{bB}	41.92±1.23 ^a
	15	28.55±3.99 ^b	39.46±3.13 ^{bAB}	56.75±13.01 ^{aA}	43.54±0.34 ^{ab}
Pro	Control	8.96±2.70 ^b	10.14±0.18 ^{ab}	16.59±5.10 ^a	17.21±1.60 ^{aAB}
	7	8.96±2.70 ^c	15.77±1.17 ^b	16.04±0.47 ^{ab}	20.97±2.08 ^{aA}
	10	8.96±2.70 ^b	15.50±1.19 ^a	9.56±3.15 ^b	15.67±0.42 ^{ab}
	15	8.96±2.70	14.26±3.81	20.89±10.64	18.21±1.97 ^{AB}
Ser	Control	24.29±1.77 ^c	29.66±4.80 ^{abB}	37.85±0.56 ^{aAB}	19.98±6.43 ^{bc}
	7	24.29±1.77 ^a	38.09±3.65 ^{aAB}	38.20±2.00 ^{aAB}	38.04±18.07 ^a
	10	24.29±1.77 ^b	43.74±0.58 ^{aA}	29.80±5.49 ^{bB}	35.62±8.70 ^{ab}
	15	24.29±1.77 ^c	36.96±4.56 ^{bcAB}	55.52±11.80 ^{aA}	41.59±0.53 ^{ab}
Tyr	Control	10.71±0.59 ^b	12.44±1.13 ^{bB}	15.75±1.35 ^{ab}	12.40±0.70 ^b
	7	10.71±0.59 ^b	17.02±1.89 ^{aA}	17.33±2.78 ^{ab}	19.56±3.07 ^a
	10	10.71±0.59 ^b	18.20±1.13 ^{aA}	14.75±1.52 ^{abB}	15.46±4.81 ^{ab}
	15	10.71±0.59 ^c	15.82±1.15 ^{bAB}	26.48±3.64 ^{aA}	19.88±1.20 ^b
Total	Control	224.46±8.16 ^c	278.81±18.37 ^{bB}	362.40±11.87 ^{aAB}	335.04±41.34 ^{ab}
	7	224.46±8.16 ^c	359.95±41.07 ^{abAB}	358.77±20.59 ^{abAB}	473.24±81.93 ^{aA}
	10	224.46±8.16 ^b	417.22±5.81 ^{aA}	285.10±65.00 ^{bB}	374.95±26.40 ^{aAB}
	15	224.46±8.16 ^c	336.31±48.41 ^{bcAB}	515.25±111.98 ^{aA}	384.20±8.66 ^{abAB}

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

체가 다르기 때문인 것으로 사료되었다.

이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우도 대조군과 동일하게 저장기간이 증가함에 따라 총 유리아미노산 함량이 증가하고, 처리군에는 크게 차이를 보이지는 않는 것으로 나타나, 이산화염소 가스 젤팩 처리에 의한 닭가슴육에서의 유리아미노산의 차이는 볼 수 없는 것으로 사료되었다.

필수아미노산 함량은 lysine, leucine, phenylalanine의 순이었고, 필수 아미노산 중 lysine의 함량을 살펴보면 19.31 mg%로 다른 아미노산들과 마찬가지로 저장 기간이 증가함에 따라 함량이 증가하는 것으로 나타났으며, 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우도 대조군과 유사하게 증가하는 경향을 보였고, 처리에 의한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

닭가슴육에서의 비 필수아미노산의 함량은 alanine, glutamic acid, serine의 순으로 나타났으며, 저장기간 중 변화는 필수아미노산들과 유사한 경향으로 서서히 증가하는 것으로 나타났으며, 이산화염소 가스 처리군도 유사한 경향이였다.

Park 등(2011)은 교배 조합시킨 토종닭의 아미노산 함량을 측정된 결과, 필수 및 비필수 아미노산들의 함량 순이 본 연구결과와 거의 유사한 경향을 보였다. 그리고 교배 조합한 닭

에서의 아미노산 함량과 생육 정도에 따른 아미노산 함량에는 큰 차이를 보이지 않는다고 하여 닭의 종류에 상관없이 유리아미노산들은 비슷할 것으로 판단되었다.

Kang 등(2011)은 근육 부위 및 숙성 중 한우육에서의 유리아미노산의 변화를 측정된 결과, 숙성 중 유리아미노산 함량은 증가하였다고 하여 본 결과와 비교해 보면 시료는 차이가 있지만 고기 내 여러 가지 단백질 관련 효소들의 분해 작용이 일어나기 때문이라고 하여 본 결과와 비교해 보면 시료는 다르지만 유사한 경향인 것으로 판단되었다. 그러나 Jo 등(2018)은 전자선을 처리한 훈연 오리를 저장하면서 유리아미노산의 함량을 측정된 결과, 유리아미노산들 중에는 증가한 것도 있고 감소하는 것도 있었다고 하여 기존의 결과들과는 다소 다른 경향을 보여 차후 저장 중 유리아미노산의 변화에 관한 연구가 필요할 것으로 판단되었다. 한편, 이산화염소 가스 처리 등의 비가열처리 후 유리아미노산의 함량변화를 측정된 연구결과는 찾아볼 수 없었다.

4. 핵심관련 물질

서방형의 이산화염소가스 젤팩을 닭가슴육 저장시 함께

넣고 저장하면서 정미성분인 핵산관련 물질의 함량변화를 측정된 결과는 Table 4와 같다.

핵산관련 물질은 도축 후 ATP가 분해되어 ADP, AMP, IMP, inosine, hypoxanthine 및 ribose로 분해되어지고, 이들 성분들이 맛에 관여하게 된다(Kim 등 2012; Jayasena 등 2013). 특히 IMP는 감칠맛을 돋구어주는 역할을 하게 된다(Aliani & Farmer 2005; Jayasena 등 2013).

핵산관련 물질 중 GMP의 함량은 4.37 mg%에서 서서히 감소하는 경향을 보였으며, 이산화염소 가스 처리군도 마찬가지로 감소하는 경향을 보였으나, 이산화염소 가스 처리군은 저장 중 대체적으로 약간 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. AMP의 경우, 4.65 mg%에서 저장기간 중 서서히 증가하는 경향이었으며, 저장 2일차를 제외하고는 대조군과 이산화염소 가스 처리군간에는 유의적인 차이를 보이지는 않았다. IMP의 경우, 핵산관련 물질 중 가장 많은 함량을 나타내었으며, 닭의 저장 중 핵산관련 물질은 IMP가 주를 이룬다고 한 연구결과(Davidek & Khan 1967)와 일치하였다. 그러나 저

장기간이 증가할수록 IMP는 점점 분해되어 감소하고, 대신 inosine과 hypoxanthine의 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 이산화염소 가스 처리군도 동일하였지만, 대조군이 이산화염소 가스 젤팩 처리군보다는 다소 빠르게 변화되는 경향이였다. 즉, 주요 정미성분인 IMP의 함량이 저장 기간 내내 대조군보다는 이산화염소 가스 처리군이 높은 값을 나타내었으며, 이산화염소 가스 젤팩 처리군간에는 6일까지는 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 판단되었다.

이상의 결과로 보아 저장성 증진을 위해 처리한 이산화염소 가스 젤팩은 닭가슴육의 정미성분인 핵산관련 물질의 변화가 서서히 일어나는 것으로 판단되었다.

이상의 결과를 종합하여 보면 닭가슴육 저장시 용기에 의 서방형의 이산화염소 가스 젤팩의 사용은 지방산패나 지방산 조성, 유리아미노산의 변화는 없고 핵산관련 물질은 대조군보다 서서히 변화되어 닭가슴육의 저장시 이산화염소 가스 젤팩의 사용은 다소 품질유지가 가능할 것으로 사료되었다.

Table 4. Changes in nucleotide-related compounds of chicken breast treated with slow-released chlorine dioxide gas during storage (unit: mg%)

Nucleotide-related compounds	Conc. of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
		0	2	4	6	8
GMP	Control	4.37±1.74 ^{aA1)}	3.56±1.27 ^{abA}	2.12±0.44 ^{abA}	1.34±0.29 ^{bB}	1.04±0.21 ^{bB}
	7	4.37±1.74 ^{aA}	4.19±0.73 ^{abA}	2.38±0.17 ^{bcA}	2.49±0.06 ^{bcAB}	2.22±0.32 ^{cA}
	10	4.37±1.74 ^{aA}	3.89±0.60 ^{aA}	2.65±0.99 ^{aA}	3.46±0.87 ^{aA}	1.73±0.29 ^{aA}
	15	4.37±1.74 ^{aA}	3.36±1.36 ^{aA}	2.83±0.73 ^{abA}	2.80±0.59 ^{abAB}	1.15±0.19 ^{bB}
AMP	Control	4.65±0.79 ^{bA}	4.61±0.45 ^{bB}	5.80±0.39 ^{abA}	5.94±0.38 ^{aA}	5.58±0.64 ^{abA}
	7	4.65±0.79 ^{bA}	5.21±0.23 ^{bAB}	5.74±0.60 ^{abA}	6.80±1.13 ^{aA}	5.49±0.48 ^{bA}
	10	4.65±0.79 ^{aA}	6.16±0.58 ^{aA}	5.53±1.69 ^{aA}	6.07±1.19 ^{aA}	6.52±1.69 ^{aA}
	15	4.65±0.79 ^{bA}	5.56±0.68 ^{abAB}	5.28±0.60 ^{abA}	5.47±1.44 ^{abA}	6.17±0.57 ^{aA}
IMP	Control	114.83±18.39 ^{aA}	83.64±11.91 ^{bA}	59.52±16.54 ^{bcA}	49.41±10.86 ^{bcB}	27.72±0.37 ^{cB}
	7	114.83±18.39 ^{aA}	93.57±8.41 ^{abA}	72.29±15.31 ^{bA}	70.91±3.30 ^{bA}	66.24±16.54 ^{bA}
	10	114.83±18.39 ^{aA}	87.27±2.94 ^{abA}	59.38±18.89 ^{bcA}	66.62±1.43 ^{bcA}	51.47±10.46 ^{cAB}
	15	114.83±18.39 ^{aA}	85.29±10.60 ^{bA}	74.01±11.20 ^{bA}	66.27±3.74 ^{bA}	32.43±11.69 ^{cB}
Hypoxanthine	Control	10.44±0.35 ^{dA}	17.42±1.35 ^{cdA}	25.04±4.12 ^{bcA}	29.90±10.91 ^{bA}	45.70±0.49 ^{aA}
	7	10.44±0.35 ^{bA}	14.88±2.89 ^{abAB}	17.74±1.86 ^{abB}	21.15±2.52 ^{aA}	22.19±9.39 ^{ab}
	10	10.44±0.35 ^{eA}	13.01±3.30 ^{cdB}	16.85±1.45 ^{bcB}	20.80±6.38 ^{bA}	37.03±2.88 ^{aAB}
	15	10.44±0.35 ^{cA}	15.78±0.76 ^{cAB}	12.79±3.62 ^{cB}	30.07±6.89 ^{bA}	39.50±8.21 ^{aA}
Inosine	Control	52.11±0.31 ^{cA}	79.66±8.26 ^{bA}	101.04±10.10 ^{aA}	99.93±2.63 ^{abAB}	96.69±4.01 ^{aA}
	7	52.11±0.31 ^{cA}	82.14±0.42 ^{bA}	101.35±15.26 ^{aA}	95.14±5.36 ^{abAB}	84.95±5.43 ^{abA}
	10	52.11±0.31 ^{cA}	87.85±8.63 ^{abA}	78.24±18.95 ^{bcA}	109.34±3.52 ^{aA}	87.45±19.39 ^{abA}
	15	52.11±0.31 ^{cA}	78.10±4.30 ^{cA}	100.27±5.90 ^{aA}	89.37±8.49 ^{bB}	80.99±8.50 ^{bcA}

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

요약 및 결론

닭가슴육의 저장성 향상을 위한 연구의 일환으로 7~15 ppm의 서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 넣고 4°C에서 저장하면서 저장 기간에 따른 정미성분의 변화를 측정하였다. 닭가슴육 초기의 TBARS는 0.04로 매우 낮은 값을 나타내었고, 저장 중에는 초기보다는 약간 증가하기는 하였으나, 매우 낮은 값을 유지하였으며, 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우도 대조군과 유사하여 이산화염소 가스 젤팩 처리시 산화는 없는 것으로 나타났다. 닭가슴육의 지방산은 14개로 구성되어 있었으며, oleic acid가 36% 내외로 가장 많은 함량을 나타내었고, 그 뒤로는 palmitic acid, linoleic acid, stearic acid의 순이었다. 각 지방산마다 약간씩의 증감을 보이기는 하지만, 총 지방산 조성으로 보았을 때 저장기간 중 지방산의 조성 변화는 없었으며, 이산화염소 젤팩 처리군도 대조군과 저장기간 내내 유의적인 차이를 보이지 않았다. 유리아미노산의 경우, 대조군의 총 유리아미노산 함량은 저장 직후에는 224.46 mg%였고, 저장 중 유리아미노산의 함량은 서서히 증가하였으며, 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우도 대조군과 동일하게 저장기간이 증가함에 따라 총 유리아미노산 함량이 증가하고, 처리군간에는 크게 차이를 보이지 않았다. 핵산관련 물질에서는 GMP의 함량은 4.37 mg%에서 서서히 감소하는 경향을 보였으며, 이산화염소 가스 처리군도 마찬가지로 감소하는 경향을 보였으나, 이산화염소 가스 처리군은 저장 중 대체적으로 약간 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. AMP는 대조군과 이산화염소 가스 처리군간에는 유의적인 차이를 보이지는 않았다. IMP의 경우, 저장기간이 증가할수록 IMP는 점점 분해되어 감소하고, 대신 inosine과 hypoxanthine의 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 이산화염소 가스 처리군도 동일하였지만, 대조군이 이산화염소가스 젤팩 처리군보다는 다소 빠르게 변화되는 경향이 있었다.

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

Aliani M, Farmer LJ. 2005. Precursors of chicken flavor. II. Identification of key flavor precursors using sensory

- methods. *J Agric Food Chem* 53:6455-6462
- Brooke MH, Kaiser KK. 1970. Three "myosin adenosine triphosphatase" system: The nature of their pH lability and sulfhydryl dependence. *J Histochem Cytochem* 18:670-672
- Chae HS, Choi HC, Na JC, Kim MJ, Kang HK, Kim DW, Kim JH, Jo SH, Kang GH, Seo OS. 2012. Effect of raising periods on amino acids and fatty acids properties of chicken meat. *Korean J Poult Sci* 39:77-85
- Chae HS, Na JC, Choi HC, Kim MJ, Bang HT, Kang HK, Kim DW, Suh OS, Ham JS, Jang AR. 2011. Effect of gas mixture ratio of modified atmosphere packaging on quality of chicken breast. *Korean J Food Sci Anim Resour* 31:100-106
- Culbert JA, McRae JM, Conde BC, Schmidtke LM, Nicholson EL, Smith PA, Howell KS, Boss PK, Wilkinson KL. 2017. Influence of production method on the chemical composition, foaming properties, and quality of Australian carbonated and sparkling white wines. *J Agric Food Chem* 65:1378-1386
- Davidek J, Khan AW. 1967. Estimation of inosinic acid in chicken muscle and its formation and degradation during post-mortem aging. *J Food Sci* 32:155-157
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem* 226:497-509
- Han Y, Linton RH, Nielsen SS, Nelson PE. 2001. Reduction of *Listeria monocytogenes* on green peppers (*Capsicum annum* L.) by gaseous and aqueous chlorine dioxide and water washing and its growth at 7°C. *J Food Prot* 64:1730-1738
- Hughes MC, Kerry JP, Arendt EK, Kenneally PM, McSweeney PL, O'Neill EE. 2002. Characterization of proteolysis during the ripening of semi-dry fermented sausages. *Meat Sci* 62:205-216
- Jaturasitha S, Srikanchai T, Kreuzer M, Wicke M. 2008. Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to northern Thailand (Black-boned and Thai native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red). *Poult Sci* 87:160-169
- Jayasena DD, Ahn DU, Nam KC, Jo C. 2013. Flavour chemistry of chicken meat: A review. *Asian Australas J Anim Sci* 26:732-742
- Jeon HJ, Choe JH, Jung Y, Kruk ZA, Lim DG, Jo C. 2010. Comparison of the chemical composition, textural characteristics, and sensory properties of North and South Korean native chickens and commercial broilers. *Korean J Food Sci*

- Ani Resour* 30:171-178
- Jo C, Ahn DU. 2000. Production of volatile compounds from irradiated oil emulsion containing amino acids or proteins. *J Food Sci* 65:612-616
- Jo Y, An KA, Arshad MS, Kwon JH. 2018. Effects of e-beam irradiation on amino acids, fatty acids, and volatiles of smoked duck meat during storage. *Innov Food Sci Emerg Technol* 47:101-109
- Jung MO, Choi JS, Lee HJ, Lee HJ, Kang M, Choi YI. 2013. Quality characteristics of breast meats among broiler, Korean native chicken and old layer. *Bull Anim Biotechnol* 5:69-73
- Kang SM, Kang KH, Seung PN, Kim HS, Jung SK, Park BY, Kim DH, Cho SH. 2011. Free amino acids and aroma compounds of Hanwoo (Korean cattle) cow beef by muscle parts and aging. *Ann Anim Resour Sci* 22:109-119
- 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 JM. 2001. Use of chlorine dioxide as a biocide in the food industry. *Food Ind Nutr* 6:33-39
- 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 YB, Ku SK, Joo BJ, Lee NH, Jang AR. 2012. Changes in nucleotide compounds, and chemical and sensory qualities of duck meat during aging at 0°C. *Korean J Food Sci Anim Resour* 32:428-433
- 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
- KMTA. 2019. KMTA statics room; import status. Available from: <http://www.kmta.or.kr/html/sub6-1.html?scode=233&kej> [cited 12 Aug 2019]
- Koh HY, Yu IJ. 2015. Nutritional analysis of chicken parts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1028-1034
- Lee KH, Yoon YJ, Kwon HW, Lee B, Kim HG. 2018. Quality changes of chicken breast meat by slow-released ClO₂ gas gel-pack during storage. *Korean J Food Nutr* 31:127-134
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2019. Main Statistics of Agriculture, Livestock and Food. Available from: <http://kass.mafra.go.kr/kass/phone/kass.htm> [cited 1 May 2019]
- Nakatami 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
- Park MN, Hong EC, Kang BS, Kim HK, Heo KN, Han JY, Jo CR, Lee JH, Choo HJ, Suh OS, Hwangbo J. 2011. Fatty acid, amino acid and nucleotide-related compounds of crossbred Korean native chickens (KNC). *Korean J Poult Sci* 38:137-144
- 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

Received 03 June, 2019

Revised 27 June, 2019

Accepted 11 July, 2019