



레몬과 크랜베리즙이 닭 다리육의 저장품질에 미치는 영향

김동욱 · 김희진 · 김혜진 · 김정수 · 김한나 · Joko Sujiwo · 강석원 · 곽현아 · 장애라[†]

강원대학교 동물생명과학대학 동물응용과학과

Effects of Lemon and Cranberry Juice on the Quality of Chicken Thigh Meat during Cold Storage

Dongwook Kim, Hee-Jin Kim, Hye-Jin Kim, Jung-Soo Kim, Hanna Kim, Joko Sujiwo, Seokwon Kang, Hyeon-Ah Gwak and Aera Jang[†]

Department of Applied Animal Science, College of Animal Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

ABSTRACT This study was performed to evaluate the effect of lemon and cranberry juice on meat quality of chicken thighs during cold storage. Experimental groups were chicken thigh meat dipped into distilled water (CON), 1% lemon juice (LJ), 1% cranberry juice (CJ), and a mixture of 0.5% lemon juice and 0.5% cranberry juice (LCJ). The meat quality traits were determined at day 0, 3, 6, and 9 during cold storage at 4°C. The pH value of all treatments was lower than that of the control ($P<0.05$). Total microorganisms of CJ and LCJ at day 9 was 6.94 and 6.76 log CFU/g, respectively, whereas that of the control was 7.51 log CFU/g. The a^* value of CJ and LCJ was higher than that of CON and LJ during storage ($P<0.05$), whereas the b^* value of LJ, CL, and LCJ was lower than that of CON at day 6 and 9 ($P<0.05$). Overall acceptability of all treatments was significantly higher than that of CON after day 3. Thiobarbituric acid reactive substances and volatile basic nitrogen values were lower than those of the CON after day 3 ($P<0.05$). Principle component analysis (PCA) of the aroma pattern of all treatments was closer together, whereas PCA of the CON was scattered with the increase in storage days. This result suggests that dipping the chicken thigh meat into the lemon and cranberry juice could be beneficial to enhance chicken thigh meat quality by retardation of total microbes, lipid oxidation, and protein decomposition.

(Key words: lemon, cranberry, chicken thigh, shelf-life, meat quality, electric nose)

서론

최근 국민소득이 증가하고 식습관이 서구화되면서 한국의 육류 소비는 점차 증가하고 있다. 소비되는 육류 중 닭고기의 비중이 점점 높아지고 있으며, 이에 따라 국내 1인당 닭고기의 소비량은 2000년에 8.6 kg에서 2016년에는 13.8 kg으로 꾸준히 증가하고 있다(MAFRA, 2017). 닭고기는 소고기와 돼지고기에 비해 고단백질 식품이며, 필수 아미노산을 골고루 함유하고, 불포화 지방산이 높은 반면 콜레스테롤 함량은 낮아 영양학적으로도 가치가 높은 식육이다(Nanari et al., 2004). 그러나 닭고기는 도계, 가공 및 복잡한 유통 과정을 통해 쉽게 부패될 수 있어 색, 냄새, 풍미 등과 같은 품질 저하를 일으키게 된다(Jang et al., 2010). 특히 닭고기는 소고기와 돼지고기에 비해 사후해당작용의 속도가 빠르다.

그 결과, 빠른 pH 강하와 사후 약 6~7시간만에 사후강직이 완료되어 내인성 단백질 분해효소에 의해 마이오신과 액틴 결합이 일부 분해되어 소편화가 이루어져 비교적 유통기한이 짧다(Brooke and Kaiser, 1970). 이에 일부 식육 가공식품의 유통기한을 증가시키기 위해 합성 향산화제가 이용되고 있지만, 일반적으로 알려진 합성 향산화제인 butylated hydroxytoluene(BHT), butylated hydroxyanisole(BHA), hydroquinone과 propyl gallate 등은 잠재적인 발암 가능 인자로서 안전성에 대한 문제가 제기되고 있다(Reishe et al., 1998). 이에 합성 향산화제를 대체할 수 있는 천연 향산화제에 대한 연구가 현재 진행되고 있다. 레몬은 비타민 A, C, E와 미네랄 성분, 플라보노이드, 쿠마린, 카로티노이드, 펙틴 등과 같은 유용한 식물성 화학 물질의 풍부한 것으로 알려져 있다(Zou et al., 2016). 이러한 식물성 화학 물질은 항산화, 항염

[†] To whom correspondence should be addressed : ajang@kangwon.ac.kr

증, 돌연변이 유발억제, 항암특성 및 인간의 건강에 대한 노화 방지 등과 같은 다양한 생물학적 기능을 가지고 있다고 보고되었다(Ke et al., 2015; Rajendran et al., 2014; Zhang et al., 2015). 크랜베리는 철쭉과의 월귤류에 속하는 베리류의 일종으로 초여름에 꽃을 피워 가을에 콩 크기의 빨간 열매를 맺는 다년생 작물이다(Lee et al., 2013). 크랜베리에 다량 함유되어 있는 안토시아닌은 자연계에 존재하는 플라보노이드 계통의 붉은 수용성 색소로 항암, 항산화 및 노화 억제 작용 등을 하며(Song et al., 2012), 그 밖에도 크랜베리에는 강력한 항산화 효과가 있는 페놀화합물이 다량 함유되어 있다(Cho et al., 2012). 따라서 본 연구에서는 부패가 쉬운 닭 다리육을 레몬즙, 크랜베리즙 그리고 레몬즙과 크랜베리즙 혼합물에 침지하여 닭다리육의 저장성 증진 및 품질향상효과에 미치는 영향에 대해 알아보려고 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 연구에 사용된 닭 다리육은 춘천시 소재한 (주)현진도계장에서 6주령의 닭 다리육(n=12)을 구매하여 껍질을 제거한 후 실험에 이용하였다. 처리구는 닭 다리육을 멸균수에 침지한 대조구(CON), 1% 레몬즙에 침지한 처리구(LJ), 1% 크랜베리에 침지한 처리구(CJ), 0.5% 레몬즙과 0.5% 크랜베리즙을 혼합하여 침지한 처리구(LCJ)로 나누었다. 냉장 레몬과 냉동크랜베리는 지역마트에서 구입해서 착즙기를 이용하여 착즙한 후에 동결 건조하였다. 동결 건조한 냉장 레몬과 냉동 크랜베리 분말은 멸균수에 1%의 농도로 맞추어 레몬즙과 크랜베리즙으로 사용하였다. 닭 다리육을 레몬과 크랜베리즙에 20분 동안 침지시킨 후 꺼내어 20분 동안 무균대에서 건조시켰다. 이후 닭 다리육을 스티로폼 트레이에 놓고 선상 저밀도 랩(LDPE)포장을 한 뒤, 0, 3, 6, 9일 동안 4±1℃ 냉장실에서 저장하면서 이화학적 품질 특성과 전자코를 이용하여 향기패턴을 분석하였다.

2. 조사 항목 및 방법

1) pH

pH는 닭 다리육 10 g에 90 mL 증류수를 가하여 homogenizer(PolyTron PT-2500E, Kinematica, Lucerne, Switzerland)를 이용하여 균질화한 다음 pH meter(Orion 230A, Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

2) 총균수

총균수는 멸균백에 닭 다리육 10 g과 멸균생리식염수 90 mL를 넣고, stomacher(Bag Mixer 400; Interscience, France)를 이용하여 2분 동안 균질하였다. 균질액을 멸균생리식염수로 단계별로 희석하여 미리 조제한 배지(plate count agar, Difco, USA)에 분주한 후 평판 배양법으로 37℃에서 48시간 배양한 후 colony 수를 계수하여 Log CFU/g으로 나타내었다.

3) 육색

육색은 색차계(Colorimeter CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 닭 다리육의 표면색을 측정하였다. 명도(Lightness)를 나타내는 L*값, 적색도(Redness)를 나타내는 a*값 황색도(Yellowness)를 나타내는 b*값을 동일한 방법으로 6반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 이때 표준색은 Y값이 93.60, x값이 0.3134, y값이 0.3194인 표준 백판을 이용하여 표준화 작업한 후 측정하였다.

4) 관능적 특성

관능검사는 목적과 방법에 대해서 사전 설명을 충분히 한 후 20~35세 이하의 13명의 대학생을 선발하여 각 처리구별로 9점 척도법으로 실시하였다. 관능검사 항목은 닭 다리육의 육색(Color), 냄새(Aroma), 이취(Off-odor), 종합적 기호도(Overall acceptability)를 평가하였다. 점수는 1점이 매우 나쁨, 9점이 매우 좋음으로 하였고, 이취의 경우는 1점이 이취가 매우 약함, 9점이 매우 강함으로 나타내었다.

5) 2-Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS)

지방 산패도를 측정하는 TBARS는 Witte et al.(1970)의 방법을 이용하여 측정하였다. 즉, 닭 다리육 20 g에 20%의 trichloroacetic acid가 포함된 2 M phosphoric acid를 50 mL 첨가하고, homogenizer(PolyTron PT-2500E, Kinematica, Lucerne, Switzerland)를 이용하여 균질화 하였다. 증류수를 첨가하여 균질액의 총량이 100 mL가 되도록 한 다음 원심분리(3,000 rpm, 4℃, 10 min)하였다. 원심분리 후 상등액을 여과지(Whatman No.1)를 이용하여 여과하였다. 여과액 5 mL와 0.005 mM 2-thiobarbituric acid 5 mL를 넣어 혼합한 후 빛을 차단하고, 실온에서 15시간 보관한 후 UV/VIS spectrophotometer (Molecular Device, M2e, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 530 nm에서 흡광도를 측정하고, 아래의 식에 의하여 계산하였다.

TBARS (mg malondialdehyde/kg sample)

$$= (\text{시료 흡광도} - \text{공실험 흡광도}) \times 5.2$$

6) 휘발성 염기태질소 함량(Volatile Basic Nitrogen; VBN)

VBN함량은 식품공전상의 미량확산법을 이용하여 분석하였다(Food Code, 2018). 잘게 분쇄한 닭 다리육 10 g에 증류수 50 mL를 넣고 30분간 침출한 후 필터페이퍼(Whatman No.1)를 이용하여 여과하였다. Conway unit 한쪽 외실에 시료 여과액 1 mL를 넣은 다음 내실에는 1 mL의 0.01 N H₂SO₄을 넣었다. 또, 다른 외실에 1 mL의 포화 K₂CO₃을 첨가한 다음 즉시 덮개로 덮어 클립으로 고정하여 밀폐하였다. 외실에 시료용액과 포화 K₂CO₃가 잘 섞이도록 혼합하여 25°C에서 1시간 방치한 후 Conway unit 내실에 Brunswik 지시약 한 방울을 첨가하고 0.01 N NaOH로 적정하였다. 휘발성 염기태 질소의 함량은 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다.

휘발성 염기태 질소(mg%)

$$= 0.14 \times (b-a) \times F/W \times 100 \times d$$

a: 시료를 적정한 0.01 N NaOH의 양(mL)

b: 공실험구를 적정한 0.01 N NaOH의 양(mL)

F: 0.01 N NaOH의 역가

W: 검체 채취량(g)

d: 희석배수

7) 전자코를 이용한 향기분석

레몬즙과 크랜베리즙의 처리가 닭 다리육 저장 중 향기 패턴의 변화에 미치는 영향은 전자코(FOX3000, Alpha MOS, Toulouse, France)를 이용하였으며, 12개의 metal oxide sensor(MOS)를 사용하였다. 즉, 닭 다리육 2 g을 vial에 넣은 다음 40°C에서 500 rpm으로 180초 동안 진탕하여 headspace로부터 향기성분을 포집하였다. 포집한 향기성분 2.5 mL를 자동 injector와 sampler(HS 100, Alpha MOS, France)을 이용하여 150 mL/min의 속도로 injection port에 주입하였다. 분석시간은 30분으로 센서를 충분히 안정화 시킨 후 분석을 실행하였다. 향기 패턴 분석 결과에서 얻은 각 센서의 감응도를 주성분 분석법(Principal Component Analysis; PCA), Alpha Soft(version 8.01) 프로그램을 이용하여 제1 주성분 값과 제2 주성분 값을 구하여 레몬즙과 크랜베리즙을 처리한 닭다리육의 저장 중 향기 패턴을 분석하였다.

8) 통계처리

본 실험의 모든 결과는 SAS program(ver. 9.4 Statistics Analytical System)의 General Linear Model방법을 이용하였다. 각 처리구간에 평균값의 차이분석을 위해 분산 분석을 실시한 후 Tukey's 방법을 실시하여 $P < 0.05$ 수준에서 평균값간의 유의성을 검정하였으며, 모든 통계 수치는 평균값과 표준오차(Standard error of mean)로 표기하였다. 모든 분석은 3반복 이상 실시하였다.

결과 및 고찰

1. pH

레몬과 크랜베리즙 처리에 따른 닭 다리육의 저장기간 중 pH 변화는 Table 1에 나타내었다. 저장 0일차의 모든 처리구의 pH는 5.96~6.47의 값을 나타내었으며, 저장기간 모두 레몬즙(LJ), 크랜베리즙(CJ), 레몬즙과 크랜베리즙 혼합물(LCJ) 처리구가 대조구보다 유의적으로 낮은 pH를 나타내었다($P < 0.05$). 이는 닭 다리육에 처리한 천연 과일즙의 낮은 pH 때문인 것으로 사료된다. 본 연구진의 선행연구에서 레몬즙은 2.77, 크랜베리즙은 2.80, 레몬즙과 크랜베리의 혼합물은 2.83의 pH를 나타내었다(Data not shown). Bae et al. (2014)은 신선한 닭고기의 pH는 5.69~6.13이라고 보고하였는데, 본 연구에 이용된 닭 다리육의 초기 pH는 5.96~6.47로 다소 높은 것으로 사료된다. 저장 기간이 증가함에 따라 모든 처리구에서 닭 다리육의 pH는 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 식육의 저장 중 pH 증가는 식육 내부의 단백질과 지질의 분해 및 미생물 증식으로 인해 ammonia나 amino sugar complex등과 같은 부패산물이 생성되기 때문이다(Jay et al., 1978).

2. 총균수

레몬과 크랜베리즙의 처리에 따른 닭 다리육의 저장기간 중 총균수 변화는 Table 2에 나타내었다. 저장 0일차 닭 다리육의 총균수는 3.64~3.88 Log CFU/g 수준을 나타내었으며, 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 그러나 저장기간이 증가함에 따라 모든 처리구에서 닭 다리육의 총균수는 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 저장 3, 6, 9일차에는 레몬즙(LJ), 크랜베리즙(CJ), 레몬즙과 크랜베리즙을 혼합물(LCJ) 처리구의 닭 다리육은 대조구보다 유의적으로 낮은 총균수를 나타내었으나($P < 0.05$), 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 이는 레몬즙과 크랜베리즙의 처리로 저장기간 동안 닭 다리육의 미생물 생장이 억제된 것으로 판단되나, 처리

Table 1. Effect of lemon and cranberry juice on pH value of chicken thigh meat during storage at 4°C

Treatment ¹⁾	Storage (days)				SEM ²⁾
	0	3	6	9	
CON	6.47 ^{Ac}	6.47 ^{Ac}	6.68 ^{Ab}	6.90 ^{Aa}	0.008
LJ	5.96 ^{Cc}	6.19 ^{Bb}	6.63 ^{Ba}	6.67 ^{Ca}	0.017
CJ	5.96 ^{Cd}	6.31 ^{Bc}	6.46 ^{Cb}	6.56 ^{Da}	0.004
LCJ	5.99 ^{Bd}	6.19 ^{Bc}	6.36 ^{Db}	6.74 ^{Ba}	0.024
SEM	0.006	0.029	0.008	0.006	

^{A~D} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a~d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾ Chicken thigh meat dipped in the distilled water (CON), 1% lemon juice (LJ), 1% cranberry juice (CJ), and mixture of 0.5% lemon juice and 0.5% cranberry juice (LCJ).

²⁾ Standard errors of the mean.

Table 2. Effect of lemon and cranberry juice on total aerobic bacteria of chicken thigh meat during storage at 4°C (Log CFU/g)

Treatment ¹⁾	Storage (days)				SEM ²⁾
	0	3	6	9	
CON	3.78 ^{Ad}	4.85 ^{Ac}	6.80 ^{Ab}	7.51 ^{Aa}	0.044
LJ	3.64 ^{Ad}	4.70 ^{Bc}	6.18 ^{Bb}	7.03 ^{Ba}	0.045
CJ	3.88 ^{Ad}	4.63 ^{Bc}	6.19 ^{Bb}	6.94 ^{Ba}	0.063
LCJ	3.82 ^{Ad}	4.71 ^{Bc}	6.23 ^{Bb}	6.76 ^{Ba}	0.077
SEM	0.157	0.016	0.080	0.088	

^{A,B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a~d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾ Chicken thigh meat dipped in the distilled water (CON), 1% lemon juice (LJ), 1% cranberry juice (CJ), and mixture of 0.5% lemon juice and 0.5% cranberry juice (LCJ).

²⁾ Standard errors of the mean.

구간의 즉, 레몬즙과 크랜베리즙, 레몬즙과 크랜베리즙 혼합물 처리구간의 총균수 억제 효과는 없는 것으로 판단된다. Bai et al.(2007)은 닭 다리육에 항균제인 cetylpyridinium chloride(cecure® cpc antimicrobial)를 처리하여 2.5°C에서 저장하였을 때, 닭 다리육 저장 6일과 9일차에 대조구보다 항균제 처리구의 총균수가 유의적으로 감소하여($P<0.05$), 항균제가 닭 다리육의 미생물 성장을 억제한다고 보고하였다. 또

한 젓산을 닭 도체에 2% 처리하였을 때 저장 기간 동안 대조구보다 유의적으로 낮은 호기성 미생물 수를 나타내었다 (Morshedy and Sallam, 2009). 또한 Bazargani-Gilani et al.(2015)은 저장기간 중 산성 과일인 석류즙 처리가 닭 가슴육의 총균수를 유의적으로 감소시켰다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 결과를 나타내었다.

3. 육색

저장기간 중 레몬과 크랜베리즙 처리에 따른 닭 다리육의 육색 변화는 Table 3에 나타내었다. 닭 다리육의 명도를 나타내는 L*값의 경우 저장기간 및 처리구에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. Jang et al.(2011)은 닭 다리육을 5일 동안 냉장 저장한 결과, 다리육의 L*값은 61.53~63.35 수치를 나타내었으며, 저장기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않는다고 보고하여, 본 연구 결과와 유사하였다. 적색도를 나타내는 a*값은 저장 기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 크랜베리즙(CJ), 레몬즙과 크랜베리즙 혼합물(LCJ) 처리구는 모든 저장기간 동안 대조구에 비해 유의적으로 높았다($P<0.05$). 이는 크랜베리즙 고유의 적자색이 a*값에 영향을 미친 것으로 사료된다. 황색도를 나타내는 b*값은 저장기간이 증가할수록 증가하였으나($P<0.05$), 저장 0일차, 3일차에는 처리구간의 유의적인 차이가 없었다. 닭고기는 저장기간이 증가함에 따라 b*값이 증가하며, 오래 저장된 식육일수록 황색도가 증가하여 품질에 부정적인 영향을 끼치게 된다. 본 연구에서 저장 6일차, 9일차에는 대조구보다 모든 처리구에서 유의적으로 낮은 값을 보여($P<0.05$), 레몬즙과 크랜베리즙 처리가 저장기간에 따른 닭 다리육의 황색도 증가를 억제하여 품질향상에 영향을 미친 것으로 사료된다.

식육의 품질평가에 있어 중요한 요인으로 작용하는 육색은 소비자들의 식육 구매 시 신선도를 판단하는 가장 기초가 되는 요소이며, 식육은 유통과정 중에 색이 변할 수 있어 본래의 신선한 육색을 유지하는 것이 매우 중요하다(Adams and Huffman, 1972). 육색은 myoglobin과 산소의 반응으로 나타나며, 저장온도, 조직내의 효소활성, 지질의 산화, pH, 미생물의 성장 등에 따라 변화될 수 있다(Livingston and Brown, 1981; Kim et al., 2001). 특히 myoglobin과 산소의 반응이 육색 변화에 가장 큰 영향을 미치며(Lawrie, 1985), 일반적으로 지방 산화와 육색소 산화 사이에는 높은 상관관계가 있는 것으로 알려져 있다(Lynch and Faustman, 2000). 따라서 저장 0일차에 신선한 육색을 유지하는 것이 중요하다. 또한 식육의 pH가 증가하면 식육표면에 빛의 산란이 약하여 고기 조직 내 투과 길이가 길어지고, 마이오글로빈과

Table 3. Effect of lemon and cranberry juice on color of chicken thigh meat during storage at 4°C

	Treatment ¹⁾	Storage (days)				SEM ²⁾
		0	3	6	9	
L*	CON	63.76 ^{Aa}	63.80 ^{Aa}	64.97 ^{Aa}	64.24 ^{Aa}	1.132
	LJ	64.42 ^{Aa}	63.49 ^{Aa}	63.94 ^{Aa}	62.70 ^{Aa}	0.946
	CJ	64.32 ^{Aa}	63.88 ^{Aa}	63.74 ^{Aa}	62.85 ^{Aa}	0.997
	LCJ	62.41 ^{Aa}	62.59 ^{Aa}	63.33 ^{Aa}	64.10 ^{Aa}	1.235
	SEM	1.307	1.177	0.855	0.932	
a*	CON	3.02 ^{Ba}	2.93 ^{Ba}	2.86 ^{Ba}	2.77 ^{Ba}	0.203
	LJ	2.71 ^{Ba}	2.87 ^{Ba}	2.89 ^{Ba}	2.81 ^{Ba}	0.204
	CJ	4.94 ^{Aa}	4.66 ^{Aa}	4.77 ^{Aa}	4.55 ^{Aa}	0.315
	LCJ	4.55 ^{Aa}	4.40 ^{Aa}	4.03 ^{Aa}	4.41 ^{Aa}	0.264
	SEM	0.304	0.223	0.165	0.288	
b*	CON	0.43 ^{Ad}	1.50 ^{Ac}	3.40 ^{Ab}	4.99 ^{Aa}	0.158
	LJ	0.75 ^{Ac}	1.63 ^{Ab}	2.12 ^{Bab}	2.42 ^{Ba}	0.143
	CJ	0.58 ^{Ab}	1.15 ^{Ab}	1.46 ^{Bab}	2.37 ^{Ba}	0.206
	LCJ	0.88 ^{Ab}	1.54 ^{Ab}	2.14 ^{Ba}	2.45 ^{Ba}	0.237
	SEM	0.175	0.127	0.244	0.194	

^{A~C} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a~c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾ Chicken thigh meat dipped in the distilled water (CON), 1% lemon juice (LJ), 1% cranberry juice (CJ), and mixture of 0.5% lemon juice and 0.5% cranberry juice (LCJ).

²⁾ Standard errors of the mean.

그 유도체들에 의해 빛을 더 오랫동안 흡수하기 때문에 어두운 색을 띠게 된다(Swatland, 1982).

4. 관능적 특성

레몬즙과 크랜베리즙 처리에 따른 저장기간 동안 닭 다리육의 관능적 특성의 변화를 Table 4에 나타내었다. 닭 다리육의 육색은 저장 6일차부터 유의적으로 감소하기 시작하였다($P<0.05$). 저장 0일차에는 처리구간의 큰 차이를 보이지 않다가 저장 6일차부터는 레몬즙(LJ), 크랜베리즙(CJ), 레몬즙과 크랜베리 혼합물(LCJ) 처리구가 대조구보다 유의적으로 높은 값을 보였다($P<0.05$). 냄새의 경우 대조구는 저장 3일차부터 감소한 반면에 크랜베리즙(CJ), 레몬즙과 크랜베리 혼합물(LCJ) 처리구는 저장 3일차까지 높은 점수를 유지하였다. 처리구간의 냄새는 육색과 마찬가지로 저장 6일차부터는 레몬즙(LJ), 크랜베리즙(CJ), 레몬즙과 크랜베리 혼합물(LCJ) 처리구가 대조구보다 유의적으로 높았으나, 처리

구간의 유의적인 차이는 없었다. 이취는 대조구와 모든 처리구에서 저장 6일차부터 증가하기 시작하였으며($P<0.05$), 저장 6일과 9일에 레몬즙(LJ), 크랜베리즙(CJ), 레몬즙과 크랜베리 혼합물(LCJ) 처리구는 대조구보다 유의적으로 낮은 값을 나타내어($P<0.05$) 레몬즙, 크랜베리즙, 레몬즙과 크랜베리 혼합물의 처리가 저장기간에 증가에 따른 닭 다리육의 이취 생성 억제효과가 있는 것으로 판단되었다. 종합적 기호도는 대조구의 경우 저장 3일차부터 감소하여 저장 6일차에 3.45를 보여 5점 이하의 낮은 점수를 보인 반면에 레몬즙(LJ), 크랜베리즙(CJ), 레몬즙과 크랜베리 혼합물(LCJ) 처리구는 저장 3일차까지 높은 종합적 기호도 점수(7.09~7.82)를 유지하였으며, 저장 6일차에는 각각 6.00점, 5.55점, 6.09점으로 5점 이상의 높은 종합적 기호도를 나타내었다($P<0.05$). 따라서 레몬즙, 크랜베리즙, 레몬즙과 크랜베리즙 혼합물의 처리는 저장기간 동안 닭 다리육의 관능적인 품질을 유지하는 효과가 있는 것으로 판단된다.

Table 4. Effect of lemon and cranberry juice on sensory evaluation of chicken thigh meat during storage at 4°C

	Treatment ¹⁾	Storage (days)				SEM ²⁾
		0	3	6	9	
Color	CON	8.18 ^{Aa}	7.55 ^{Ba}	3.45 ^{Bb}	3.09 ^{Bb}	0.243
	LJ	8.18 ^{Aa}	8.09 ^{Aa}	5.73 ^{Ab}	4.18 ^{Ac}	0.204
	CJ	8.09 ^{Aa}	7.91 ^{ABa}	5.45 ^{Ab}	5.00 ^{Ab}	0.194
	LCJ	8.09 ^{Aa}	7.91 ^{ABa}	5.91 ^{Ab}	4.64 ^{Ac}	0.240
	SEM	0.197	0.130	0.272	0.257	
Aroma	CON	8.27 ^{Aa}	7.27 ^{Bb}	2.00 ^{Bc}	1.55 ^{Bc}	0.197
	LJ	8.36 ^{Aa}	7.73 ^{ABa}	5.64 ^{Ab}	3.73 ^{Ac}	0.221
	CJ	8.18 ^{Aa}	7.82 ^{Aa}	5.64 ^{Ab}	4.27 ^{Ac}	0.191
	LCJ	8.18 ^{Aa}	7.82 ^{Aa}	6.27 ^{Ab}	4.18 ^{Ac}	0.219
	SEM	0.165	0.132	0.267	0.237	
Off flavor	CON	1.18 ^{Ab}	1.64 ^{Ab}	7.55 ^{Aa}	8.27 ^{Aa}	0.197
	LJ	1.27 ^{Ab}	1.36 ^{Ab}	3.64 ^{Ba}	3.73 ^{Ba}	0.221
	CJ	1.18 ^{Ac}	1.36 ^{Ac}	3.82 ^{Bb}	4.64 ^{Ba}	0.215
	LCJ	1.36 ^{Ab}	1.73 ^{Ab}	3.91 ^{Ba}	4.45 ^{Ba}	0.245
	SEM	0.135	0.149	0.269	0.285	
Overall acceptability	CON	8.36 ^{Aa}	7.09 ^{Bb}	3.45 ^{Bc}	2.91 ^{Bc}	0.239
	LJ	8.18 ^{Aa}	7.64 ^{Aa}	6.00 ^{Ab}	4.09 ^{Ac}	0.229
	CJ	8.00 ^{Aa}	7.82 ^{Aa}	5.55 ^{Ab}	4.18 ^{Ac}	0.286
	LCJ	8.09 ^{Aa}	7.82 ^{Aa}	6.09 ^{Ab}	4.45 ^{Ac}	0.279
	SEM	0.208	0.141	0.338	0.302	

^{A~B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a~c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾ Chicken thigh meat dipped in the distilled water (CON), 1% lemon juice (LJ), 1% cranberry juice (CJ), and mixture of 0.5% lemon juice and 0.5% cranberry juice (LCJ).

²⁾ Standard errors of the mean.

5. 지방산패도(TBARS)

식육은 일반적으로 저장기간 동안 식육 내 존재하는 지방산이 분해되면서 여러 가지 물질을 생성한다. 이들 물질 중에서 malonaldehyde와 2-thiobarbituric acid가 결합하여 생기는 malondialdehyde의 흡광도를 분광광도계로 측정하여 TBARS로 나타내며, 이 값이 클수록 지방산패도가 크다는 것을 의미한다(Jang et al., 2010). 즉, TBARS는 지방산패도를 나타내는 수치이며, 지방산패도가 증가함에 따라 TBARS 값이 증가한다. 레몬즙과 크랜베리즙의 처리가 저장기간 중 닭 다리육의 지방 산패 억제에 미치는 영향을 Table 5에 나타

내었다. 저장 0일차 닭 다리육의 TBARS 값은 0.012~0.016 mg MDA/kg을 나타내었으며, 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 그러나 모든 처리구에서 저장기간이 증가함에 따라 닭 다리육의 TBARS 값은 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 저장 3, 6, 9일차에 레몬즙(LJ), 크랜베리즙(CJ), 레몬즙과 크랜베리즙 혼합물(LCJ) 처리구는 대조구보다 유의적으로 낮은 TBARS 값을 나타내었다($P<0.05$). Keokammerd et al.(2008)은 닭다리 분쇄육에 천연 항산화 물질로 알려진 로즈마리를 0.05%, 0.07%, 0.2% 첨가하여 TBARS 값을 측정한 결과, 저장 6, 9, 12일차에 대조구보다 로즈마리 첨가 처리구가 유의

Table 5. Effect of lemon and cranberry juice on TBARS values (mg MDA/kg) of chicken thigh meat during storage at 4°C

Treatment ¹⁾	Storage (days)				SEM ²⁾
	0	3	6	9	
CON	0.016 ^{Ad}	0.059 ^{Ac}	0.065 ^{Ab}	0.122 ^{Aa}	0.001
LJ	0.016 ^{Ad}	0.026 ^{Bc}	0.052 ^{Bb}	0.062 ^{Ba}	0.002
CJ	0.013 ^{Ac}	0.012 ^{Cc}	0.042 ^{Cb}	0.057 ^{Ba}	0.002
LCJ	0.012 ^{Ab}	0.018 ^{BCb}	0.051 ^{Ba}	0.055 ^{Ba}	0.002
SEM	0.002	0.002	0.001	0.001	

^{A-C} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾ Chicken thigh meat dipped in the distilled water (CON), 1% lemon juice (LJ), 1% cranberry juice (CJ), and mixture of 0.5% lemon juice and 0.5% cranberry juice (LCJ).

²⁾ Standard errors of the mean.

적으로 낮은 TBARS 값을 나타내었다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 지방 산화는 식육의 품질을 감소시키는 주된 원인으로(Gray et al., 1996) 특히 조직감, 향 및 육색 품질을 감소시키며, 산화된 지방산은 불쾌취를 발생시키는 것으로 알려져 있다(Gray and Pearson, 1994). 본 연구에서는 레몬즙과 크랜베리즙의 처리가 닭 다리육 저장 3, 6, 9일차에 대조구보다 낮은 TBARS 값을 나타내어 냉장저장기간 동안 닭 다리육의 지방산화를 억제시킨 것으로 사료된다.

6. 휘발성 염기태 질소(VBN)

VBN 값은 휘발성 염기태질소 생성량의 수치로서 단백질의 부패 정도를 측정하는 방법으로 식육의 신선도 평가 지표로서 사용된다(Yang et al., 2009). 레몬즙과 크랜베리즙의 처리에 따른 저장기간 동안 닭 다리육의 VBN 함량 변화를 Table 6에 나타내었다. 저장 0일차에 닭 다리육의 VBN 값은 7.77~8.21 mg%를 나타내었으며, 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 저장기간이 증가함에 따라 VBN 값은 유의적으로 증가하였으며 저장 3일차에 대조구는 14.37 mg%로 급격히 증가하였으나, 레몬즙(LJ), 크랜베리즙(CJ), 레몬즙과 크랜베리 혼합물(LCJ) 처리구는 각각 8.40 mg%, 8.59 mg%, 9.52 mg%를 보여 대조구와 유의적인 차이를 나타내었다($P<0.05$). 우리나라 식품공전은 신선육의 VBN 함량이 20 mg%를 초과 시 부패로 판정하고 있다. 저장 6일차에 대조구는 28.70 mg%를 나타내어 이미 20 mg%를 초과한 값

Table 6. Effect of lemon and cranberry juice on VBN values (mg%) of chicken thigh meat during storage at 4°C

Treatment ¹⁾	Storage days				SEM ²⁾
	0	3	6	9	
CON	8.21 ^{Ad}	14.37 ^{Ac}	28.70 ^{Ab}	48.72 ^{Aa}	0.912
LJ	7.98 ^{Ac}	8.40 ^{Bc}	18.32 ^{Bb}	33.76 ^{Ba}	0.360
CJ	7.77 ^{Ac}	8.59 ^{Bc}	20.04 ^{Bb}	36.59 ^{Ba}	0.377
LCJ	8.03 ^{Ac}	9.52 ^{Bc}	18.90 ^{Bb}	37.22 ^{Ba}	0.538
SEM	0.185	0.339	0.554	0.968	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾ Chicken thigh meat dipped in the distilled water (CON), 1% lemon juice (LJ), 1% cranberry juice (CJ), and mixture of 0.5% lemon juice and 0.5% cranberry juice (LCJ).

²⁾ Standard errors of the mean.

으로 닭 다리육의 단백질이 부패되었음을 나타내었다. 반면에 레몬즙(LJ), 레몬즙과 크랜베리즙 혼합물(LCJ) 처리구의 VBN 값은 각각 18.32, 18.90 mg%으로 20 mg% 이하의 수치를 나타내었으며, 대조구보다 유의적으로 낮은 값을 나타내어($p<0.05$) 단백질의 부패를 억제하는 효과를 나타내었다.

식육 단백질은 식육의 저장 중 미생물이 증식하면서 단백질 분해효소의 활성화에 의해서 저분자의 무기태 질소 및 아미노산으로 분해되는데, 이때 생성되는 adenosyl monophosphate에 의한 암모니아의 생성으로 식육 내 VBN 함량이 증가하여 식육의 관능적 품질 저하를 초래한다(Davies et al. 1998; Ohashi et al., 1991). 본 연구결과, 저장 3, 6, 9일차에 대조구보다 레몬즙(LJ), 크랜베리즙(CJ), 레몬즙과 크랜베리즙 혼합물(LCJ) 처리구가 낮은 값을 나타내어 레몬즙과 크랜베리즙 처리가 저장기간 동안 닭 다리육의 단백질 부패를 억제한 것으로 판단된다.

7. 전자코를 이용한 향기패턴분석

레몬즙과 크랜베리즙 처리가 저장기간 중 닭 다리육의 향기 패턴은 Fig. 1에 나타내었다. 저장 0일차의 닭 다리육은 대조구와 처리구 간의 향기 패턴의 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 저장기간이 증가할수록 각 저장일에 대조구와 처리구간의 향기 강도가 증가하였으며, 대조구에 비해 각 처리구간의 향기성분의 분포 패턴이 명확하게 구분되었다. 이는 대조구가 다른 처리구보다 빨리 부패하여 다양한 향기성분

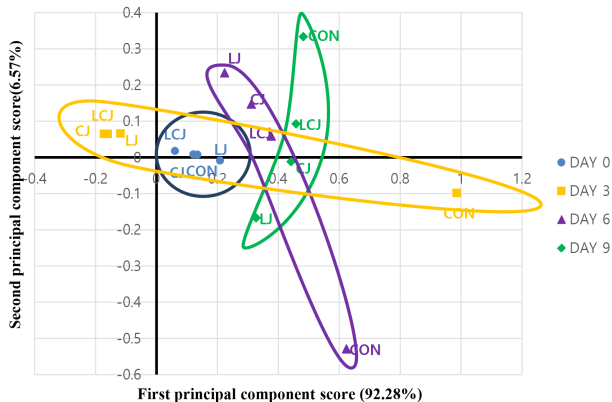


Fig. 1. Principle component analysis of aroma pattern shown by electronic nose analysis for chicken thigh meat subjected to lemon and cranberry juice during cold storage (4°C). Chicken thigh meat dipped in the distilled water (CON), 1% lemon juice (LJ), 1% cranberry juice (CJ), and mixture of 0.5% lemon juice and 0.5% cranberry juice (LCJ).

이 생성된 것으로 판단되며, 관능평가에서 대조구의 이취값이 처리구보다 높았던 결과(Table 4)와 일치하였다. 특히 대조구는 이미 저장 3일차부터 레몬즙(LJ), 크랜베리즙(CJ), 레몬즙과 크랜베리즙 혼합물(LCJ) 처리구와 향기패턴의 분포가 구분되는 것으로 보아 저장 3일차부터 다른 향기 성분이 방출되는 것으로 판단된다. Boothe and Arnold(2002)는 식육을 4°C에 저장할 때 전자코를 통한 이취생성과 관련된 휘발성 화합물의 변화의 검출은 저장 3일차부터 가능하다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다. 특히 Table 5에 제시한 바와 같이, 대조구는 저장기간이 증가함에 따라 처리구보다 높은 TBARS 값을 나타내어 지방 산패가 빠르게 진행됨을 확인하였으며, 이와 같은 지방 산패는 지방산을 산화시켜 지질 과산화물을 생성하게 되고, 이후 알데하이드, 알켄, 케톤, 그리고 알코올 등으로 분해되어 부패취와 이취를 형성한다(Brewer, 2011). 이것은 또한 미생물과 관련이 있는데, 미생물에 의해 생성된 단백질 분해물은 이취 생성에 중요한 역할을 할 수 있다(Silva and Glo'ria, 2002). 본 연구에서는 저장기간이 증가함에 따라 대조구가 처리구보다 높은 총균수를 보여(Table 2) 미생물 증식으로 인해 부패취의 생성이 증가한 것으로 사료된다. 또한 Table 4와 같이 이취는 저장기간이 증가할수록 증가하였으며, 그 강도도 강해졌는데, 저장 9일차에 부패함에 따라 이취의 강도는 증가하였으며, 닭 다리육 모두 처리구별로 향기성분의 거리 분포도가 증가하였다. Rajamäki et al.(2006) 또한 닭고기를 포장한 후 다양한 온도로 저장하였을 때 저장기간이 증가할수록 분포도가 증

가하였다고 발표하여 본 연구 결과와 유사하였다. 따라서 저장 0일차 닭 다리육의 향기성분은 대조구와 처리구간의 향기성분의 분포가 가까운 패턴을 나타내었으나, 저장기간이 증가할수록 대조구의 향기성분분포 패턴보다 레몬즙(LJ), 크랜베리즙(CJ), 레몬즙과 크랜베리즙 혼합물(LCJ) 처리구의 향기성분간의 거리가 짧아 밀집되어 있고, 향기의 강도가 낮아 이들 처리물이 산화 및 이취생성을 억제하여 저장 시 닭 다리육의 품질을 유지시키는 것으로 나타났다.

적 요

본 연구는 레몬즙과 크랜베리즙에 닭 다리육을 침지하여 저장성 증진 및 품질에 미치는 영향을 규명하고자 실시하였다. 처리구는 닭 다리육을 멸균수에 침지한 대조구(CON), 1% 레몬즙에 침지한 처리구(LJ), 1% 크랜베리즙에 침지한 처리구(CJ), 0.5% 레몬즙과 0.5% 크랜베리즙을 혼합하여 침지한 처리구(LCJ)이었다. 닭 다리육을 레몬즙과 크랜베리즙에 20분간 침지시킨 후 4±1°C 냉장실에서 0, 3, 6, 9일 동안 저장하면서 pH, 총균수, 육색, 관능적 특성, 지방산패도, 휘발성 염기태질소, 전자코를 이용하여 향기패턴의 변화를 분석하였다. 저장 3일차부터 모든 처리구는 대조구보다 유의적으로($P<0.05$) 낮은 총균수를 나타내었으며, 또한 종합적 기호도는 저장 3일차부터 대조구보다 유의적으로($P<0.05$) 높은 점수를 나타내었다. 또한 지방산패도와 휘발성 염기태질소 함량도 저장 3일차부터 처리구가 대조구보다 유의적으로 낮은 값을 나타내어 레몬즙과 크랜베리즙의 처리가 저장기간 동안 닭 다리육의 부패를 억제시킨 것으로 사료되며 이는 저장 3일차부터 처리구의 분포가 대조구와 구분되는 전자코 향기분석 결과와 유사하였다. 결과적으로 1% 천연 레몬즙과 크랜베리즙의 처리는 저장기간 동안 닭 다리육의 지방 산패와 단백질 부패를 억제하여 관능적인 특성의 감소를 지연시켜 저장 품질을 향상시키는 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 2017년도 강원대학교 학술연구조성비로 연구하였음(과제번호-D1001268-01-01).

REFERENCES

Adams JR, Huffman DL 1972 Effect of controlled gas atmo-

- spheres and temperature on quality of parked pork. *Food Sci* 37:1869-1875.
- Bae YS, Lee JC, Jung S, Kim HJ, Jeon SY, Park DH, Jo C 2014 Differentiation of deboned fresh chicken thigh meat from the frozen-thawed one processed with different deboning conditions. *Korean J Food Sci An* 34:73-79.
- Bai Y, Coleman KR, Coleman CW, Waldroup AL 2007 Effect of cetylpyridinium chloride (cecare® cpc antimicrobial) on the refrigerated shelf life of fresh boneless, skinless broiler thigh meat. *Inter J Poultry Sci* 6(2):91-94.
- Bazargani-Gilani B, Aliakbarlu J, Tajik H 2015 Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with *Zataria multiflora* Boiss essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. *Innov Food Sci Emerg Technol* 29:280-287.
- Boothe DDH, Arnold JW 2002 Electronic nose analysis of volatile compounds from poultry meat samples, fresh and after refrigerated storage. *J Sci Food Agric* 82:315-322.
- Brewer S 2011 Preserving beef quality with natural antioxidants. Pages 1 - 15 In: White Paper Product Enhancement Research Beef Facts, Research and Knowledge Management, Cattlemen's Beef Board and National Cattlemen's Beef Association, New York, NY, USA.
- 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.
- Cho JW, An TH, Lee SY, Park KW 2012 Determination of total content of phenolic compounds in Chinese matrimonyvine's accessions. *Korean J Crop Sci* 57:409-417.
- Davies AR, Board RJ, Board RG 1998 *The Microbiology of Meat and Poultry*. Blackie Academic and Professional, London, UK.
- Food Code 2018 Ministry of Food and Drug Safety. <http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/index.jsp> Accessed 24. March 2018.
- Gray JI, Gomaa EA, Buckley DJ 1996 Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci* 43:111-123.
- Gray JL, Pearson AM 1994 Lipid-derived off-flavours in meat formation and inhibition. Pages 116-143 In: *Flavour of Meat and Meat Products* London. Shahidi F Ed. Blackie, Academic.
- Jang A, Ham JS, Kim DW, Seol KH, Oh MH, Chae HS, Kim SH, Kim DH 2011 Dietary supplementation of resveratrol and methoxylated resveratrol affects on chicken thigh meat quality. *Korean J Poult Sci* 38(4):315-322.
- Jang A, Park JE, Kim SH, Chae HS, Ham JS, Oh MH, Kim HW, Seol KH, Cho SH, Kim DH 2010 Effect of dietary supplementation of quercetin on oxidative stability of chicken thigh. *Korean J Poult Sci* 37(4):405-413.
- Jay JM, Shelef LA 1978 Microbial modifications in raw and processed meats and poultry at low temperatures. *Food Technol* 32:186-187.
- Ke ZL, Pan Y, Xu XD, Nie C, Zhou ZQ 2015 Citrus flavonoids and human cancers. *J Food Nutr* 3(5):341-351.
- Keokammerd T, Acton JC, Han IY, Dawson PL 2008 Effect of commercial rosemary oleoresin preparations on ground chicken thigh meat quality packaged in a high-oxygen atmosphere. *Poultry Sci* 87(1):170-179.
- Kim BK, Kang SS, Kim YJ 2001 Effect of dietary medicine refuse and mugwort powder on physico-chemical properties of Korean native pork. *Korean J Food Sci An* 21:208-214.
- Lawrie R 1985 *Development in Meat Science: Packaging Fresh Meat* (A. A. Taylor(Eds)). Elsevier Applied Science publishers, London, United Kingdom, page 89.
- Lee HN, Lee JM, Chang YH 2013 Quality characteristics of *Makgeolli* supplemented with cranberries. *J East Asian Soc Dietary Life* 23:85-91.
- Livingston DJ, Brown WD 1981 The chemistry of myoglobin and its reactions. *Food Technol* 35:244-252.
- Lynch MP, Faustman C 2000 Effect of aldehyde lipid oxidation products on myoglobin. *J Agric Food Chem* 48:600-604.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs) 2017 Statistics Korea.
- Morshedy AEMA, Sallam KI 2009 Improving the microbial quality and shelf life of chicken carcasses by trisodium phosphate and lactic acid dipping. *Int J Poult Sci* 8(7):645-650.
- Nanari MC, Hewavitharana AK, Beca C, de Jong S 2004 Effect of dietary tocopherols and tocotrienols on the antioxidant status and lipid stability of chicken. *Meat Sci* 68:155-162.
- Ohashi E, Okamoto M, Ozawa A, Fugita T 1991 Character-

- rization of common squid using several freshness indicators. *J Food Sci* 56(1):161-163.
- Rajamäki T, Alakomi HL, Ritvanen T, Skyttä E, Smolander M, Ahvenainen R 2006 Application of an electronic nose for quality assessment of modified atmosphere packaged poultry meat. *Food Control* 17:5-13.
- Rajendran P, Nandakumar N, Rengarajan T, Palaniswami R, Gnanadhas EN, Lakshminarasaiah U, Gopas J, Nishigaki I 2014 Antioxidants and human diseases. *Clinica Chimica Acta* 436:332-347.
- Reishe DW, Lillard DA, Eitenmiller PR 1998 Antioxidants in food lipids. Ahoh CC, Min DB, Ed. *Chemistry Nutrition and Biotechnology*, Marcel Dekker, NY. Pages 423-448.
- Silva CMG, Glo'ria MBA 2002 Bioactive amines in chicken breast and thigh after slaughter and during storage at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and in chicken-based meat products. *Food Chem* 78:241-248.
- Song TH, Han OK, Park TI, Kim YK, Kim KJ, Park KH 2012 Effect of nitrogen top dressing levels on productivity, feed value, and anthocyanin content of colored barley. *J Kor Grass Forage Sci* 32:149-156.
- Swatland HJ 1982 Meat color of pork chops in relation to pH and adductor capacitance of intact carcasses. *J Animal Sci* 54:264-267.
- Witte VC, Krause GF, Bailey ME 1970 A new extraction method for determining 2 thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J Food Sci* 35:582-585.
- 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.
- Zhang H, Xi W, Yang Y, Zhou X, Liu X, Yin S 2015 An on-line HPLC/FRSD system for rapid evaluation of the total antioxidant capacity of citrus fruits. *Food Chem* 172:622-629.
- Zou Z, Xi W, Hu Y, Nie C, Zhou Z 2016 Antioxidant activity of citrus fruits. *Food Chem* 193:885-896.

Received Feb. 8, 2018, Revised Mar. 24, 2018, Accepted Mar. 27, 2018