아질산염과 아스코르브산 유래 가스가 유화형 소시지의 발색 및 물리적 특성에 미치는 영향

김남국² · 정한혁 · 이창수¹ · 이승환³ · 김언현*

건국대학교 식품생명과학과, ¹건국대학교 응용생화학과, ²국립농산물품질관리원, ³국립축산과학원

Effect of Nitrite and Ascorbic Acid-derived Gas on Color Development and Physical Characteristics in Emulsified Sausage

Nam-Kuk Kim², Han-Hyuck Jung, Chang-Soo Lee¹, Seung Hwan Lee³, and Oun-Hyun Kim*

Department of Food Bioscience, Konkuk University, Chung-ju 380-701, Korea

¹*Department of Applied Biochemistry, Konkuk University, Chung-ju 380-701, Korea*

²*Experiment Research Institute, National Agricultural Products Quality Management Service, Seoul 150-043, Korea*

³*Hanwoo Experiment Station, National Institute of Animal Science, RDA, Pyeongchang 232-950, Korea*

Abstract

In order to improve or replace the direct addition method of nitrite and ascorbic acid, the effect of nitrite and ascorbic acid-derived gas addition on color development and physical characteristics in emulsified sausage was investigated. Nitrite (150 ppm) and ascorbic acid (450 ppm) were added directly to emulsion in the control group, but in the treatment group nitrite and ascorbic acid-derived gas was used for emulsion. In the control and treatment groups, pH values were higher than raw meat, but these values did not show significant change during the storage in both groups. In the meat color, lightness (CIE L*) and redness (a*) values of control and treatment groups were higher compared to raw meat. The treatment group has lower redness and higher yellowness (b*) values than control group during the storage ($p < 0.05$). However, lightness was not significantly different between control and treatment groups. The cook and storage loss values were significantly different between control and treatment groups ($p < 0.05$), but the water holding capacity and shear force values were not significantly different between groups. These results showed that treatment of nitrite and ascorbic acid-derived gas has a similar effect to direct addition of nitrite and ascorbic acid on color development and physical characteristics in emulsified sausage. Also, these results showed that nitrite and ascorbic acid-derived gas addition may be a good possible alternative of nitrite and ascorbic acid using in emulsified sausage.

Key words: nitrite and ascorbic acid-derived gas, color development, emulsified sausage

서 론

육 및 그 육제품의 품질은 색, 연도, 풍미 등 다양한 요인에 의해 결정되며, 이중 육색은 소비자의 구매에 있어 중요한 결정요인으로 작용한다(Faustman and Cassens, 1990; Gray *et al.*, 1981). 특히 어두운 육색은 육질이 나쁜 것으로 인식되어 소비자의 구매 욕구를 감소시키는 요인으로 작용하고 있어(Hood and Riordan, 1973), 육제품 제조시 육 발색 및 색 고정 등 이화학·물리적 특성 개

선을 위한 지속적인 연구가 요구되고 있다.

아질산염(nitrite)은 육가공품 생산에 매우 중요한 물질로 육색 고정(color fixation) 작용뿐만 아니라 미생물의 발육을 억제하는 물질로 널리 사용되고 있으며, 항산화(antioxidation) 및 풍미 증진(flavour enhancing) 등 다양한 기능을 나타내며 보수력 및 결합력을 증진시키는 효과도 보고된바 있다(Dryen and Birdsall, 1980; Giddings, 1977; Gray *et al.*, 1981; Macdougall *et al.*, 1975). 그러나 아질산염이 염지 육제품의 아민류와 반응할 경우 발암성 물질인 니트로사민(nitrosamine)을 생성함으로써 최근 그 사용이 제한되고 있으며(Massey *et al.*, 1978), 국내의 경우 육제품 내 잔류량을 70 ppm 미만으로 규정하고 지속적으로 관리하고 있다(KFDA, 1999). 최근 소비자 생활수준의 질

*Corresponding author: Oun-Hyun Kim, Department of Food Bioscience, Konkuk University, Chung-ju 380-701, Korea. Tel: 82-43-840-3524, Fax: 82-43-851-8331, E-mail: ohk@kku.ac.kr

적 향상으로 건강에 대한 관심이 높아지면서, 합성 첨가물이 포함된 제품에 대한 소비가 감소되고 있으며(Chio and Chin, 2003), 천연물질을 이용한 제품들에 관심이 높아지고 있어, 아질산염을 대체하기 위한 천연물질 탐색연구 등 다양한 연구들이 진행되고 있다(Jeong and Shim, 2002; Park and Kim, 2010). 그러나 현재까지 아질산염의 효과를 완전히 대체할 물질이 확인되지 못하고 있어, 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

아질산염은 이산화되어 일산화질소(NO), 산소(O₂) 등을 생성하게 되고, 생성된 일산화질소는 고기중의 미오글로빈(myoglobin)과 반응하여 nitric oxide myoglobin을 형성하게 된다. 이러한 nitric oxide myoglobin은 열 변성을 통해 안정된 색소(nitrosylhemochrome)로 변형되어 육색(Kim and Kim, 1999) 및 보존성 등에 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Ladikos and Lougovski, 1990). 아질산염의 대체물질 탐색 연구에 있어, 천연물질의 탐색뿐만 아니라 육발색에 영향을 미치는 일산화질소 등을 직접 활용하는 방법도 활발히 연구되고 있다. Braddock와 Dugan(1969)은 아질산염과 일산화질소를 각각 처리한 실험에서 육발색의 큰 차이가 없음을 확인하였고, Thiemig 등(2001)은 일산화질소와 질소를 이용, 혼합 가스를 제조하여 소시지 제조에 사용하였고, 최종제품의 아질산염 잔유량이 3 ppm으로 일산화질소를 직접 첨가하는 방법에 대한 가능성을 보여주었다. 또한, 질산염과 아질산염에 의해 생성되는 일산화질소가 육색 및 풍미에 영향을 미친다고 보고 되었고(Pegg and Shahidi, 2000; Vasavada and Cornforth, 2005), 최근에는 질산염 및 아질산염 유래 일산화질소의 항산화작용 및 미생물 성장 억제 기능이 밝혀지면서, 육제품 첨가제로서 중요한 재료로 여겨지고 있다(Skibsted, 2011). 이러한 연구들을 종합해 볼 때, 육가공품 생산에 있어 아질산염을 직접 첨가하지 않고, 일산화질소 등 가스를 첨가하는 방법을 통한 육가공품 생산이 가능할 것으로 판단된다.

Sales 등(1980)은 발색을 위한 아질산염의 적정 첨가농도가 50-100 ppm 수준이라고 제시하였으나, Lee 등(1990)은 아질산염의 첨가농도(70, 150, 300 ppm)가 높을수록 육색이 더 양호하다고 보고하였고, Cho 등(2006)도 아질산염 150 ppm 처리구에서 가장 우수한 염지육색 발현을 보였으며, 소시지 제조 직후 그 잔류량이 51.56 ppm이라고 보고하였다. 또한 국내 육제품 내 아질산염 잔류량이 70 ppm 미만(KFDA, 1999)임을 고려할 때, 아질산염에 의한 육제품의 발색 및 물리적 특성 연구를 위해 150 ppm 수준의 아질산염 처리가 가장 적당하다고 판단된다.

본 연구에서는 식품첨가물인 아질산염을 직접 첨가하는 방법을 개선 또는 대체할 목적으로 아질산염(sodium nitrite, NaNO₂)과 발색 보조제로 사용되는 아스코르브산(ascorbic acid)을 유화형 소시지 제조에 직접 투입하지 않고, 진공 상태의 외부용기에서 반응을 유도하여 발생하는 가스를 포

집, 유화형 소시지 제조 공정 중 세절공정에 투입 함으로써 아질산염과 아스코르브산 유래 가스가 유화형 소시지의 발색 및 물리적 특성에 미치는 영향을 확인하고자 수행하였다.

재료 및 방법

재료

돈육은 생체중 110 kg인 3원교잡종(랜드레이스×요크셔×버크셔) 돼지에서 도축 후 12시간 방냉한 후 뒷다리부위(후지)를 획득하여 실험에 사용하였다. 실험에 사용된 아질산염과 아스코르브산은 순도 99.9% 이상의 시약(Junsei, Japan)을 사용하였고, 원료육의 pH는 5.53이었으며, 육색은 명도가 52.83, 적색도가 1.40, 황색도가 8.99 였다.

아질산염과 아스코르브산 유래 가스의 제조

아질산염과 아스코르브산 유래 가스 제조를 위하여, 아질산염 1.5 g과 아스코르브산 4.5 g을 정밀히 계량하여 진공포장지에 넣고, 진공포장 한 후 50 mL의 증류수를 포장지 안에 주입 한 후 실온에서 10분간 반응시켰다. 두 물질에 의해 발생한 가스는 유화물 제조에 직접 분사하여 사용하였다.

유화형 소시지의 제조

유화형 소시지 제조는 과도한 지방과 결체조직을 제거한 후 원료육을 5 mm 플레이트(M-12S, 한국후지공업사, 한국)로 분쇄 한 후 세절기(K15, Roman, Spain)를 이용하여 회전시키며 유화물을 제조하였다. 배합과정 중 온도 상승을 방지하기 위해 첨가되는 물은 빙수를 사용하였고, 각 첨가제를 혼합 후 고속으로 회전하면서 근원섬유단백질이 충분히 용출되었을 때 지방을 넣어 유화시켰다. 소시지 제조에 사용된 첨가물은 Table 1에 정리하였으며, 배합된 유화물을 세절하는 공정 중에 유화물의 중량 10 kg에 아질산염 1.5 g(150 ppm)과 아스코르브산 4.5 g(450 ppm)을 투입한 대조구와 동일한 중량의 유화물 10 kg에 아질산염 1.5 g과 아스코르브산 4.5 g을 혼합, 반응시켜 얻어진 가스를 첨가한 실험구로 각각 제조하였다.

유화물의 가열은 건조 및 훈연 등의 영향을 받지 않도록 polyethylene 재질의 파우치에 충전하여 진공포장 하였고, 포장한 후 smokehouse(Fraco-met700, Fraco & Co., Germany)를 통해 45°C 및 55°C에서 각각 15분, 76°C에서 40분 가열한 후 냉장실에서 10°C로 냉각하여 4°C에서 1일, 2일, 5일, 10일, 15일간 저장하며 pH, 육색, 저장감량, 전단력 등 물리적 특성 변화를 측정하였으며, 각 실험 항목별로 3회 반복 수행하였다.

pH 및 육색 측정

pH는 원료육 및 유화형 소시지 시료 10 g에 증류수 90

mL를 가한 후 homogenizer를 이용하여 1분간 균질화 한 후 유리관형 pH meter(720A, Orion Research Inc., USA)를 이용하여 측정하였다. 육색 측정은 Color meter(CM-508d, Minolta, Japan)를 이용하여 각 시료를 밀착 랩으로 포장한 후 전단면의 색차 값을 측정하였다. Calibration은 White calibration cap을 이용하여 L value=95.99, a value=0.02, b value=0.02로 표준화 하였다.

전단력(Shear force) 측정

전단력 측정은 유화물 소시지를 1 cm×1 cm×1 cm로 절단한 후 rheometer(Rheotech RT-2005D, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였고, 측정조건은 range 5,000 g, test speed 30 cm/min, sweep speed 20 cm/min, sample diameter 1 cm 조건하에서 수행하였다.

보수력(Water holding capacity, WHC) 측정

보수력은 전수분 함량에서 유리 수분 함량을 제외한 수분의 함량을 측정하였다. 각 유화형 소시지를 10 g으로 동일하게 세절하고, 세절된 시료를 철망으로 입구를 막은 금속 파이프에 넣은 후, 튜브에 넣어서 밀폐한 후에 비등점 100°C에서 30분간 가열하였다. 균등한 온도유지를 위해서 smokehouse(Fraco-met700)를 사용하였고, 가열 후 흐르는 수돗물에 약 10분간 냉각한 후 30분간 3,500 g에서 원심 분리한 후 정량하였다. 전수분 함량은 상압건조법을 통한 dry matter의 값을 활용하였으며(AOAC, 1996), 보수력(WHC)의 산출식은 다음과 같다.

$$\text{WHC (\%)} = \frac{\text{전수분함량} - \text{유리수분함량}}{\text{전수분함량}} \times 100$$

가열감량(Cooking loss) 측정

가열감량은 유화형 소시지를 10 g의 일정한 크기로 절단하여 (A)시료의 무게를 측정하고 진공 포장하여 smokehouse를 사용하여, 80°C로 가열하고 흐르는 물에서 10분간 방냉 한 후 (B)시료의 무게만을 측정하여 백분율로 표시하였다.

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

저장감량(Storage loss) 측정

냉장상태의 유화형 소시지를 동일 위치에서 10 g의 일정한 크기로 절단하여 (A)시료의 무게를 측정하고 진공 포장하여 4°C 냉장고에서 기간별로 저장하는 동안 발생한 drip을 흡수지로 제거한 후 (B)시료의 무게만을 측정하여 나타내었다.

$$\text{Storage loss (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

통계분석

통계분석은 R statistical program(Team RDC, 2006)을 이용하여 분석하였다. 각 처리구 평균간의 차이는 student t-test를 이용하여 분석하였으며, 저장기간(1-15일) 동안의 평균은 pairwise t-test를 이용하여 검증하였고, p value 값이 0.05 이하인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 인정하였다.

결과 및 고찰

저장기간 중 pH 및 육색 변화

대조구 및 실험구에서 원료육의 pH인 5.53 보다 1일차의 대조구가 6.30, 실험구가 6.31로 높은 pH를 나타내었고(Table 2), 저장기간 2, 5, 10일에서 실험구가 대조구에 비해 높은 pH를 나타내었으나($p < 0.05$), 두 그룹간 차이는 0.03-0.04 범위로 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 실험구 저장 2일차에서 낮은 pH를 보였으나, 대조구와 실험구에서 저장기간 중 pH는 6.22-6.34의 범위로 큰 변화가 관찰되지는 않았다.

대조구 및 실험구의 육색의 변화는, 1일차 대조구의 명도(lightness, L*)가 71.43 및 실험구의 명도가 72.42의 범위로 나타났으며, 이는 원료육의 명도 값인 52.83과 비교할 때 뚜렷하게 높아진 결과를 확인할 수 있었다(Table 2). 적색도(redness, a*)와 황색도(yellowness, b*)의 경우 원료육의 적색도 1.40과 황색도 8.99와 비교하여, 1일차의 대조구의 적색도 6.28, 황색도 10.51과 실험구의 적색도 5.70과 황색도 11.72로 나타났으며, 대조구 실험구 모두 높아진 변화가 관찰되었고, 대조구에 비해 실험구는 다소 낮은 적색도, 높은 황색도를 나타내었다($p < 0.05$). 또한, 대조구의 명도 변화를 제외한 모든 측정값에서 저장기간 중 유의적인 변화를 보였다($p < 0.05$).

육제품에 첨가된 아질산염은 환원되어 일산화질소가 생성되고 myoglobin과 반응하여 nitric oxide myoglobin을 형성한다. 이렇게 형성된 nitric oxide myoglobin은 가열에 의해 nitrosylhemochrome으로 변형되어 육제품 특유의 선

Table 2. Changes of pH in emulsified sausage during storage

Day	pH	
	Control	Treatment
1	6.30±0.02 ^a	6.31±0.01 ^b
2	6.22±0.01 ^b	6.25±0.01 ^{c*}
5	6.30±0.01 ^a	6.34±0.01 ^{a*}
10	6.31±0.01 ^a	6.34±0.01 ^{a*}
15	6.31±0.01 ^a	6.34±0.01 ^a

Mean±SD

^{a-c}Means within group with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

*Significant difference ($p < 0.05$) between groups determined using a student t-test

Table 3. Changes of color in emulsified sausage during storage

Group	Day	Color		
		L	a	b
Control	1	71.43±0.04 ^a	6.28±0.03 ^d	10.51±0.04 ^b
	2	70.70±0.39 ^b	8.06±0.12 ^a	9.52±0.33 ^c
	5	70.78±0.20 ^{ab}	7.36±0.04 ^c	11.04±0.04 ^a
	10	70.78±1.11 ^{ab}	7.72±0.02 ^b	10.81±0.03 ^a
	15	71.17±0.20 ^{ab}	7.64±0.08 ^b	10.80±0.05 ^a
Treatment	1	72.42±0.04 ^{a*}	5.70±0.08 ^{c*}	11.72±0.05 ^{a*}
	2	70.53±0.12 ^c	6.31±0.04 ^{b*}	10.70±0.06 ^{d*}
	5	72.45±0.19 ^{a*}	5.20±0.07 ^{d*}	11.43±0.05 ^{b*}
	10	71.16±0.33 ^b	6.87±0.10 ^{a*}	11.02±0.24 ^{c*}
	15	70.60±0.11 ^{c*}	6.31±0.01 ^{b*}	11.75±0.04 ^{a*}

Mean±SD

^{a-d}Means within group with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).*Significant difference ($p<0.05$) between groups determined using a student t-test

홍색을 띠게 된다. 이러한 선홍빛의 육색은 소비자의 구매에 있어 중요한 결정요인으로 작용하게 된다(Faustman and Cassens, 1990). 일반적으로 아질산염은 육의 적색도를 높이는 것으로 알려져 있으며, 이러한 결과는 Kim 등 (2009)의 실험결과에서도 잘 나타나있다. 또한 본 연구에서도 아질산염과 아스코르브산 유래 가스를 첨가한 실험구에서 대조구보다 다소 낮은 적색도를 보였으나, 원료육과 비교하여 높은 적색도를 보여, 아질산염과 아스코르브산 유래 가스 첨가가 유탄물의 적색도를 높이는 효과를 잘 나타낸다고 할 수 있다.

저장기간 중 유탄물의 물리적 특성 변화

대조구와 실험구의 저장기간 중 유탄물의 물리적 특성 변화는 Table 4와 Table 5에 정리하였다. 보수력의 경우 75-77%의 범위로 대조구와 실험구간 차이를 나타내지 않았으며, 저장기간 중 큰 변화도 관찰되지 않았다. 가열감량은 실험구가 대조구 보다 높게 나타났으며($p<0.05$), 대조구 15일차의 경우 19.58%로 가장 높은 감량을 보였다. 그러나 대조구와 실험구에서 저장기간 1-10일간 가열감량의 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 저장감량은 대조구 및 실험구 모두에서 저장기간 동안 증가되는 경향을 보였으며($p<0.05$), 특히 실험구의 경우 1.42%(1일차)에서 12.80%(15일차)로 저장기간 중 큰 감량을 보였으나, 대조구와 비교하여 낮은 감량을 나타내었다($p<0.05$). 유탄물의 전단력(g/cm^3)은 저장 1일차에서 대조구가 203.0, 실험구가 180.0로 큰 차이를 보였으나 통계적인 유의성은 관찰되지 않았으며, 저장기간 중 유의적인 변화도 관찰되지 않았다.

다양한 염지제의 사용은 보수성을 향상 시킨다고 보고하였고(Sofos, 1986), 육의 보수성은 연도를 개선하는 효

Table 4. Changes of WHC¹, cooking loss and storage loss in emulsified sausage during storage

Group	Day	WHC	Cooking loss	Storage loss
Control	1	76.93±0.70 ^{ab}	13.49±0.92 ^b	9.59±0.68 ^b
	2	76.77±3.71 ^{ab}	14.12±0.71 ^b	10.46±0.06 ^b
	5	77.08±4.14 ^a	13.79±0.77 ^b	12.77±0.04 ^a
	10	75.46±6.28 ^{ab}	13.86±1.07 ^b	13.75±1.84 ^a
	15	75.17±5.35 ^b	19.58±1.39 ^a	13.53±0.10 ^a
Treatment	1	76.46±1.45 ^a	16.30±0.66 ^{ab*}	1.42±1.19 ^{d*}
	2	75.58±8.20 ^{ab}	16.18±0.67 ^{ab*}	2.93±0.15 ^{c*}
	5	76.38±6.45 ^{ab}	16.70±1.28 ^{a*}	9.68±0.05 ^{b*}
	10	75.33±3.65 ^{ab}	16.26±1.32 ^{ab}	12.01±0.21 ^a
	15	75.17±5.35 ^b	15.31±1.32 ^{b*}	12.80±0.11 ^{a*}

Mean±SD

^{a-d}Means within group with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).*Significant difference ($p<0.05$) between groups determined using a student t-test¹WHC, water holding capacity**Table 5. Changes of shear force (g/cm^3) in cooked emulsion during storage**

Day	Control	Treatment
1	203.00±76.37 ^a	180.00±51.95 ^{ab}
2	197.50±12.50 ^{ab}	195.00±5.00 ^a
5	173.00±45.03 ^a	154.00±11.53 ^b
10	195.33±20.21 ^{ab}	156.00±11.00 ^{ab*}
15	195.33±50.33 ^{ab}	159.67±2.52 ^{ab}

Mean±SD

^{a-b}Means within group with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).*Significant difference ($p<0.05$) between groups determined using a student t-test

과가 있다고 보고된바 있다(Bouton *et al.*, 1983). 본 연구에서도 대조구 및 실험구 모두 저장기간 중 75-77%의 보수력을 보였으며, 이러한 결과는 Lee 등(1990), Cook 등(1998)이 말한 아질산염 처리에 의한 보수성 개선 효과가 아질산염과 아스코르브산 유래 가스에서도 유사하게 나타나는 것이라고 판단된다. 또한 Chio와 Chin(2003)의 실험 결과에 따르면 아질산염 첨가농도(50, 100, 150 ppm)에 따라 가열감량에는 큰 차이를 보이지 않는다는 보고가 있었고, 본 연구에서 저장기간 중 실험구가 다소 낮은 저장감량을 보였으나, 유탄품의 특성을 고려할 때 의미 있는 결과는 아니라 판단된다. 이러한 결과를 종합해 볼 때 유탄물 제조 시 아질산염과 아스코르브산 유래 가스가 아질산염과 아스코르브산을 직접 첨가한 경우와 유사한 물리적 특성을 보이며, 이는 아질산염과 아스코르브산 유래 가스가 아질산염과 아스코르브산을 직접 첨가하는 방법을 개선, 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 아질산염과 아스코르브산을 직접 첨가하는 방법을 개선, 대체하기 위하여 아질산염과 아스코르브산 유래 가스를 이용하여 유화형 소시지를 제조하고, 발색 및 물리적 특성에 미치는 영향을 분석하고자 수행하였다. 대조구는 아질산염 150 ppm, 아스코르브산 450 ppm을 직접 첨가하여 제조하였으며, 실험구는 동일량의 아질산염과 아스코르브산을 반응시켜 생성된 가스를 포집하여 유화물 제조에 사용하였다. 대조구 및 실험구에서 원료육 보다 높은 pH를 보였으나, 저장기간 중 pH의 범위가 6.22-6.34로 큰 변화는 보이지 않았다. 육색의 경우 원료육에 비해 높은 명도(lightness, CIE L*)와 적색도(redness, a*)를 보였으며, 저장기간 중 실험구가 대조구에 비해 낮은 적색도, 높은 황색도(yellowness, b*)를 나타내었다($p<0.05$). 그러나 명도의 경우 실험구와 대조구간 차이를 보이지 않았다. 물리적 특성 변화로 가열 및 저장감량에서 실험구와 대조구간 차이가 관찰되었으나($p<0.05$), 보수력 및 전단력에서는 유의적인 차이를 보이지 않았고, 저장기간 중 실험구와 대조구 모두에서 저장감량이 증가됨을 확인하였다($p<0.05$). 이러한 결과를 종합해 볼 때 아질산염과 아스코르브산 유래 가스의 처리가 유화물의 발색 및 물리적 특성에 있어 아질산염과 아스코르브산을 직접 처리한 경우와 유사한 효과를 나타내며, 이는 아질산염과 아스코르브산 유래 가스가 아질산염과 아스코르브산을 직접 첨가하는 방법을 개선, 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2008학년도 건국대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. AOAC. (1996) Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
2. Bouton, P. E., Carrol, F. D., Fisher, A. L., Harris, P. V., and Shorthose, W. R. (1983) Influence of pH and fiber contraction state upon factors affecting the tenderness of bovine muscle. *J. Food Sci.* **38**, 404-407.
3. Braddock, R. J. and Dugan, L. R. Jr. (1969). Moisture effect on the nitric oxide pigments in freeze-dried beef. *Food Technol.* **23**, 99-100.
4. Chio, S. H. and Chin, K. B. (2003) Evaluation of sodium lactate as a replacement for the conventional chemical preservatives in comminuted sausages inoculated with *Listeria monocytogenes*. *Meat Sci.* **38**, 531-537.
5. Cho, S. H., Jung S. A., Song, E. J., Lee, S. Y., Kim, K. B. W., Park, J. G., Park, S. M., and Ahn, D. H. (2006) Effect of improvement of storage properties and reducing of sodium nitrate by *Glycyrrhiza uralensis* and *Curcuma longa* in pork sausage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 997-1004.
6. Cook, C. J., Scott, S. M., and Devine, C. E. (1998) Measurement of nitric oxide and the effect of enhancing or inhibiting it on tenderness changes of meat. *Meat Sci.* **48**, 85-89.
7. Dryen, F. D. and Birdsall, J. J. (1980) Why nitrite dose not impart color. *Food Technol.* **34**, 29-31.
8. Faustman, C. and Cassens, R. G. (1990) The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *J. Muscle Foods* **1**, 217-243.
9. Giddings, G. G. (1977) The basis of color in muscle foods. *J. Food Sci.* **9**, 81-114.
10. Gray, J. I., MacDonald, B., Pearson, A. M., and Morton, I. D. (1981) Role of nitrite in cured meat flavor: review. *J. Food Prot.* **44**, 302-312.
11. Hood, D. E. and Riordan, E. B (1973) Discoloration in pre-packaged beef: measurement by reflectance spectrophotometry and shopper. *J. Food Tech.* **8**, 333-343.
12. Jeong, C. H. and Shim, K. H. (2002) Nitrite-scavenging and antioxidant activities of wood vinegar. *Korean J. Food Preserv.* **9**, 351-355.
13. Kim, M. S. and Kim, I. C. (1999) Some properties and curing effect of drip from frozen-thawed pork meat. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **12**, 370-374.
14. Kim, I. S., Jin, S. K., Hur, I. C., Choi, S. Y., Jung, H. J., Lee, J. K., Kang, S. H., Woo, G. M., and Kang, S. N. (2009) Effect of tomato powder on meat patties as nitrite alternatives. *Korean J. Food Sci. An.* **29**, 382-390.
15. KFDA (Korean Food and Drug Administration) (1999) Official Book for Food. Seoul. pp. 200.
16. Ladikos, D. and Lougovois, V. (1990) Lipid oxidation in muscle foods: A review. *Food Chem.* **35**, 295-314.
17. Lee, H. G., Park, G. B., Kim, Y. H., Kim, J. S., Kang, J. S., Jin, S. K., and Kim, Y. J. (1990) Effect of sodium nitrite level and curing temperature on physico-chemical characteristics of cured pork meat. *Korean J. Anim. Sci.* **32**, 496-503.
18. Macdougall, D. B., Mottran, D. S., and Rhodes, D. N. (1975) Contribution of nitrite and nitrate to the color and flavor of cured meats. *J. Sci. Food Agric.* **26**, 1743-1751.
19. Massey, R. C., Crews, C., Davies, R., and McWeeney, D. J. (1978) A study of the competitive nitrosations of pyrrolidine, ascorbic acid, cysteine and p-cresol in a protein based model system. *J. Sci. Food Agric.* **29**, 815-816.
20. Park, W. Y., and Kim, Y. J. (2010) Effects of chitosan with different molecular weight and nitrite addition on the residual nitrite contents and self-life of emulsified sausage during cold storage. *Korean J. Food Sci. An.* **30**, 269-276.
21. Pegg, R. B., and Shahidi, F. (2000) Nitrite curing of meat: The n-nitrosamine problem and nitrite alternatives. Trumbull, CT: Food and Nutrition Press, Inc.
22. Sales, C. A., Bowers, J. A., and Krypt, D. (1980) Consumer acceptability of turkey Frankfurters with 0, 40 and 100 ppm nitrite. *J. Food Sci.* **45**, 1060-1061.
23. Skibsted, L. H. (2011) Nitric oxide and quality and safety of

- muscle based foods. *Nitric oxide* **24**, 176-183.
24. Sofos, J. N. (1986) Use of phosphates in low-sodium meat products. *Food Technol.* **40**, 52-68.
25. Team RDC. (2006) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
26. Thiemig F, Tsedendamba U, Oelker P (2001), The red-colour development in emusions of scalding sausage with a gas mixture of nitric oxide and nitrogen. *Fleischwirtschaft* **81**, 101-106.
27. Vasavada, M. N., and Cornforthe, D. P. (2005) Evaluation of milk mineral antioxidant activity in beef meatballs and nitrite-cured sausage. *J. Food Sci.* **70**, C250-C253.

(Received 2011.11.25/Revised 2012.2.15/Accepted 2012.2.16)