

Physicochemical and sensory characteristics of *Samgyetang* retorted at different F_0 values during storage at room temperature

Jin Hwan Lee, Jin Ho Lee, Keun Taik Lee*

Department of Food Processing and Distribution, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-702, Korea

F_0 값 수준을 달리한 삼계탕의 실온 저장 중 물리화학적 및 관능학적 특성

이진환 · 이진호 · 이근택*

강릉원주대학교 식품가공유통학과

Abstract

Changes in various physicochemical and sensory characteristics of *Samgyetang* retorted at the F_0 values of 4.0 (F4), 7.0 (F7), and 10.0 (F10) were investigated during storage at 25°C for 12 months. The pH level tended to decrease in all the treatments with the increase of the storage time, but no significant difference in the extent of the decrease was observed among the treatments. The values of volatile basic nitrogen, thiobarbituric reactive substances, and carbonyl contents increased rapidly over the storage period in the order of F4 > F7 > F10. The viscosity decreased most sharply between month 0 and month 2, after which the rate of increase declined. The oxygen concentration in the headspace of the retort pouch of the *Samgyetang* was higher for the samples retorted at higher F_0 values. In the sensory tests, the scores of the samples retorted at higher F_0 values tended to be lower, but all the characteristics of the samples, except for the texture of the T10 samples, were evaluated with scores higher than 5.0, the limit of marketability, over the storage time. In conclusion, the quality of the *Samgyetang* samples treated at higher F_0 values deteriorated more noticeably during storage.

Key words : *Samgyetang*, F-value, retorting, storage, quality

서 론

삼계탕은 영계의 복강 내에 찹쌀, 마늘, 대추와 인삼 등을 채운 후, 육수를 넣고 레토르트에서 고온고압으로 가열하여 제조하는 한국인의 대표적 전통 보양식 중 하나이다. 그러나 전통 삼계탕은 조리하는데 많은 시간과 노력이 필요하기 때문에 바쁜 현대인의 식생활 패턴에 부적합한 측면이 있다. 따라서 짧은 시간 내 간편하게 취식할 수 있도록 상온 유통이 가능한 고온고압살균된 ready-to-eat(RTE)형 삼계탕이 1990년대 초부터 개발 판매되고 있다. 레토르트 삼계탕과 같이 고온가열 처리되는 식품에 주로 사용하는 포장재로는 금속 캔과 레토르트 파우치가 있는데, 최근에는 캔보다 레토르트 파우치의 사용 비율이 더 증가하는 추세이다

(1,2). 그 이유는 레토르트 파우치가 캔보다 가볍고 값이 저렴하며 조리시간도 단축되므로 여러 면에서 편리하고 경제적이기 때문으로 판단된다. 이를 반영하듯 최근 국내에서도 즉석조리식품이나 군용식량 등과 같은 레토르트 파우치를 이용한 제품들의 생산과 소비가 늘어나고 있는 상황이다. 레토르트 파우치에 포장된 삼계탕의 경우 국내 생산 뿐 아니라 수출도 증가되는 추세인데, 2012년에는 일본, 타이완, 홍콩 및 호주 등으로 약 1,367만달러 가량의 수출 실적을 보인 바 있다(3).

국내 축산물 가공기준 및 성분규격에 따르면 삼계탕과 같이 pH값이 4.5이상이고 수분활성도가 0.94 이상인 레토르트 축산물은 120°C의 중심부 온도에서 4분 이상 살균처리해야 한다고 규정되어 있는데(4), 이 규정은 일본지역으로 수출되는 레토르트 제품에도 동일하게 적용되고 있다. 레토르트 제품의 생산을 위한 가열 공정 지표인 121.1°C에서의 가열치사효과 F_0 값은 다음과 같이 표시된다.

*Corresponding author. E-mail : leekt@gwnu.ac.kr
Phone : 82-33-640-2333, Fax : 82-33-647-4559

$$F_0 = \int_{t_0}^t L(t) \cdot dt = \int_{t_0}^t 10^{(\theta_t - 121.1)/z} \cdot dt = \int_{t_0}^t \frac{1}{F_i} \cdot dt$$

이 때, t_0 는 가열처리 시작 시간, t 는 가열처리 마지막 시간, θ_t 는 임의의 가열처리 온도, z 는 해당 미생물의 z 값, F_i 는 임의의 온도(θ)에서 121.1°C로 1분간 가열처리한 효과에 해당하는 가열시간이다. 즉, 주어진 시간에 미생물 수를 규정된 수준으로 감소시키기 위하여 소요되는 가열치사효과(L)를 합한 값이 F_0 값으로서 $10^{(\theta_t - 121.1)/z} = 1/F_i$ 일때 $L = 1/F_i$ 으로 표시된다(5). 예를 들어, Z 값이 10인 *Clostridium botulinum* 균 A와 B형을 기준으로 하였을 때 120°C에서의 L 값은 약 0.775에 해당한다. 그러므로 이러한 국내 기준에 따라 삼계탕을 120°C에서 4분간 가열하였을 경우 F_0 값은 약 3.1이므로 이론적으로는 이 조건이 충족될 경우 레토르트 제품으로 상온유통이 가능하다고 할 수 있을 것이다. 한편, 현재 국내에서 생산되는 레토르트 삼계탕들은 약 1 kg 중량의 제품인 경우 일반적으로 121°C의 온도에서 약 60분 내외의 조건으로 열처리되고 있다. 이 때 F_0 값 조건은 레토르트 내 제품의 위치나 레토르트의 종류 및 성능에 따라 달라질 수 있지만 약 7~10 수준으로 설정하여 열처리 되는 것으로 알려져 있다(6). Leistner 등(7)에 따르면 $F_{121.1}$ 값(즉, 121.1°C에서 1분간 가열치사효과는 $F_{121.1} = 1.0$)이 0.65~0.80 범위인 제품일 경우 모든 비포자형성균과 mesophilic *Bacillus*균이, 그리고 5~6인 제품의 경우 내열성 포자형성균과 mesophilic *Clostridium* 속을 제외한 나머지 균들이 모두 사멸된다고 알려져 있다. 그러나 본 실험의 F_0 값 4, 7 또는 10의 조건으로 가열처리된 시료들에서 내열성 포자형성균과 mesophilic *Clostridium* spp. 균들이 잔존한다 하더라도 국내 삼계탕 유통 조건하에서는 정상적인 생장이 거의 불가능할 것으로 판단된다. 즉, 내열성 포자형성균들의 최저 성장 온도는 약 45°C, 그리고 최적 성장 온도는 50~60°C 범위로 알려져 있어(8) 국내와 같은 온대 지방에서는 생장이 어려울 뿐만 아니라 mesophilic *Clostridium* spp.의 균들의 경우에는 Table 3에서 보는 바와 같이 삼계탕 포장 내 산소 농도가 1%를 넘는 조건 하에서는 생장이 불가능할 것으로 사료된다.

그러나 레토르트 가열처리된 제품들은 상온유통과 조리 상 편리한 장점들이 있는 반면, 고온가열에 의하여 조직감이나 풍미차원의 품질 열화가 커지는 단점이 있다. 레토르트 삼계탕에 사용되는 원료 닭은 4~5주령의 영계로서 성계에 비해 육 조직이 연할 뿐 아니라 뼈가 약하기 때문에 고온 고압의 살균 과정에서 육 조직이 변성되고 뼈가 물러지는 등 관능학적 품질 저하가 심하게 일어날 수 있다고 보고되었다(9). 또한 레토르트 파우치에 포장된 계육 모형 식품의 살균 과정 중 발생하는 휘발 성분을 분석한 연구에서는 살균 시간이 길어짐에 따라 관능학적 품질에 악영향을 미치는 휘발 성분인 2-heptanone, 2-penyl furan과 ketone류

등의 생성이 증가하는 것으로 분석되었다(10).

지금까지 레토르트 삼계탕의 가열처리에 따른 품질 변화에 대한 연구가 일부 보고되었지만, 열처리 수준 정도와 이에 따른 저장 기간 중 제품의 품질 변화에 대하여 심층적으로 분석한 연구는 거의 찾아볼 수 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 삼계탕을 레토르트 살균 시의 F_0 값 수준을 달리 하여 제조한 후 12개월간 저장하면서 물리화학적 및 관능학적 품질 특성들의 변화 양상과 차이를 비교 관찰하였다. 이를 통하여 상온에서 유통 가능한 레토르트 삼계탕의 최적 가열 처리 수준을 파악하고 레토르트 공정의 최적화과 이에 대한 개선점을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

육수의 제조

실험 재료로 사용된 영계는 백세미 품종으로서 30~35일간 사육 후 도계된 약 400 g 내외 중량의 닭이었다. 실험에 사용된 영계와 조미향신료(마늘, 생강, 양파, 생밤, 소금, 황기, 후추, 설탕, MSG) 및 부재료(인삼, 대추, 참쌀)는 강릉 소재 N마트에서 구입하였다. 육수는 성계 5마리, 물 10 L와 조미향신료 300 g을 넣고 약 3시간 동안 끓이면서 표면의 거품과 기름 층을 최대한 제거한 후 나머지 고형물을 광목포로 걸러내어 제조하였다.

레토르트 삼계탕 제조

영계의 복강 내에 부재료 100 g(인삼, 마늘, 밤, 참쌀, 대추)을 넣고 양다리를 포개 접은 후, 이를 가로 19 cm, 세로 23 cm 크기의 레토르트 포장재(PET 12 μ m/AL 9 μ m/PA 15 μ m/PP 70 μ m)에 넣은 다음, 85°C로 유지된 육수 300 mL를 충전하였다. 육수 충전 후 가능한 한 신속히 band sealer(SPM-V, Hansung, Ansan, Korea)를 이용하여 밀봉하였다. 포장된 삼계탕은 고압멸균기(PRS-06-1, Kyoungan, Gyeongsan, Korea)로 F_0 값을 각각 약 4.0(F4), 7.0(F7)과 10.0(F10) 수준이 되도록 레토르트 온도와 시간 조건을 각각 121°C/55분(F4), 121°C/65분(F7)과 121°C/70분(F10)으로 설정하였다. 이 때 레토르트 가열 공정 중 시료 중심부위의 온도는 data logger(Bientron, Maxim Integrated, San Jose, CA, USA)를 사용하여 측정 후 F_0 값을 F-value determination용 응용프로그램(11)으로 계산하였다. 이와 같이 제조된 삼계탕을 약 25±1°C로 설정된 incubator(BI-1000M, Jeio Tech, Daejeon, Korea)에서 12개월 동안 저장하며 2개월마다 공시시료로 사용하였는데, 저장 0개월 차 시료는 레토르트 가열 처리한 다음 날로 계산하였다.

pH

pH값은 레토르트 삼계탕에서 채취한 가슴부위 시료 5

g에 증류수 45 mL를 넣고 분쇄기(T18 Ultra-Turrax, IKA, Königswinter, Germany)로 분쇄한 후, pH meter(SG2-ELK, Mettler Toledo Co., Ltd., Greifensee, Switzerland)를 이용하여 측정하였다.

겉보기 점도

겉보기 점도는 레토르트 삼계탕의 죽을 40 메쉬의 체로 아무런 물리적 힘을 가하지 않은 상태에서 60분간 거른 시료를 사용하여 측정하였다. 시료의 점도는 viscometer(DV-II, Brookfield Engineering, Middleboro, MA, USA)에 No. 6 spindle을 장착해서 20 rpm 속도로 측정하였다. 이 때 점도는 온도에 의해 변화될 수 있기 때문에 측정값의 오차를 줄이기 위해 hot plate를 이용하여 죽의 온도를 40℃로 유지하면서 측정하였다.

경도

Adaptor No. 34를 장착한 Rheometer(Compac-100II, Sun Scientific Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 가슴살 시료의 경도를 측정하였다. 닭 가슴살 중간 부위를 직육면체의 형태로 직각 방향으로 가로와 세로를 각각 2 cm, 그리고 높이를 1 cm 크기가 되도록 준비하였으며, 기기 측정 속도는 60 mm/min로 설정하였다.

휘발성 염기태 질소

단백질 분해 지표로서 휘발성 염기태 질소(volatile basic nitrogen, VBN)값은 Kohsaka(12)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료의 다리 부위 시료 10 g에 증류수 30 mL를 넣고 균질한 후 여과한 시료 1 mL를 conway 용기의 외실에 넣고, 내실에는 0.01 N H₂BO₃용액 1 mL와 conway시약 2~3 방울을 가한 뒤, 외실에 50% K₂CO₃ 1 mL를 신속히 주입한 다음 뚜껑을 닫고 37℃에서 120분간 방치한 후 0.02 N H₂SO₄용액으로 내실의 봉산 용액이 핑크색이 될 때까지 적정하였다. VBN값은 아래의 식을 이용하여 계산하였는데, 이때 S는 시료 무게, a는 시료를 적정한 황산의 부피(mL), b는 공시료를 적정한 황산의 부피(mL), F는 0.02 N 황산의 표준화 지수이었다.

$$\text{VBN(mg\%)} = 0.28 \times (a - b) \times F \times 100/0.1$$

잔류 산소 농도 비율

Gas Chromatography(7890A GC System, Agilent Technologies, Frankfurt, Germany)를 이용하여 Table 1에 나타난 조건으로 파우치 포장 내 헤드스페이스(headspace)에서의 잔류 산소 농도 비율을 측정하였다.

카보닐기 함량

단백질 산패 지표로서 카보닐기 함량은 Oliver 등(13)의

방법을 약간 변형하여 가슴 부위 시료 1 g을 10 mL 0.15 M KCl용액에 녹이고 균질한 뒤 각각 두 개의 원추형 원심관에 넣고 각각 2 mL의 trichloroacetic acid(TCA)를 가하여 단백질을 침전시킨 다음 측정하였다. 원심관내 단백질에는 2 N HCl을 가하고 다른 원심관의 단백질에는 0.2% DNPH(dinitrophenyl hydrazine)를 포함하는 2 N HCl을 가한 다음 실온에서 1시간 동안 방치하였다. 방치 후 10% TCA로 단백질을 다시 침전시키고 이를 ethanol:ethyl-acetate(1:1, v/v) 혼합액으로 두 번 씻어낸 다음 20 mM sodium phosphate buffer(pH 6.5)를 포함하는 6 M guanidine HCl에 용해시키고 나서 두 표본의 difference spectrum을 구하였다. 단백질의 카보닐기 함량은 bovine serum albumin을 표준물질로 하여 280 nm에서의 흡광도를 측정하였는데 다음 식에 따라 지방족 hydrazone 화합물들의 평균 분자흡광계수를 21.0 mmol/cm로 계산하여 nmol/mg protein으로 표시하였다.

$$\text{카보닐기 함량(nmol/mg protein)} = \text{흡광도값} \times 45.45 \text{ nmol/mg}$$

Table 1. Operating conditions of GC for gas analysis

Column	Carboxen-1000 (Supelco)
Detector	TCD
Oven temp.	30℃ (7 min) to 240℃ at 10℃/min
Carrier gas	He (35 psi, total flow 50 mL/min)
Injection volume	100 µL
Injection temperature	30℃
Split ratio	100:1

Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

지방산패 지표로서 TBARS값은 Witte 등(14)의 방법에 따라 다리살 시료 20 g에 10% trichloroacetic acid 시약 50 mL를 넣어 균질한 뒤 증류수 50 mL를 첨가하여 Whatman No. 1 여과지에 여과하였다. 여액 5 mL를 취하여 2-thiobarbituric acid(0.005 M in water)용액 5 mL를 넣어 흔든 뒤 15시간 냉암소에 보관한 후 530 nm에서 흡광도 측정값을 다음 식에 따라 TBARS값으로 환산하였다.

$$\text{TBARS(mg malonaldehyde/kg 시료)} = 530 \text{ nm에서의 흡광도 값} \times 5.2$$

관능검사

관능검사는 사전에 삼계탕 전체 시료의 저장 품질특성에 대하여 교육 및 훈련된 관능요원 10명을 패널로 하여 외관(appearance), 조직감(texture), 향미(flavor)와 이취(off-odor)에 대하여 9점 기호척도법(hedonic scaling)으로 실시하였다. 이때 9점 '매우 우수하다', 7점 '우수하다', 5점 '적당하다', 3점 '나쁘다', 1점 '매우 나쁘다'로 각각 평가하였다.

그리고 상품 가치 한계선은 5점으로 설정하여 제품의 상품성 및 유통가능성 여부를 판단하는 기준치로 사용하였다. 관능평가 시료는 85°C로 유지되는 오븐(EOB-261T, Hanssem, Ansan, Korea)에서 15분간 보온한 후 무작위의 3자리 숫자 코드로 표시된 polypropylene 트레이에 담은 다음, 1,200 lux의 밝기를 갖는 3과장 램프로 비춘 상태로 패널에 제시되었다.

통계분석

모든 실험의 결과는 SPSS program(14, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 ANOVA test를 한 후 Duncan's multiple range test로 처리군과 저장 기간에 따른 유의차를 $p < 0.05$ 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

pH

F₀값 수준에 따른 레토르트 삼계탕의 25°C에서의 저장 기간 중 pH 변화에 대하여 조사한 결과는 Table 2에 나타나 있다. Honikel 등(15)에 따르면 식육 제품의 pH는 신선도, 보수력, 연도, 결착력, 육색, 조직감 및 저장성에 영향을 미치는 중요한 품질 지표이다. 식육제품의 저장 중 pH는 제품의 종류와 성분 조성, 포장의 종류와 포장 내 산소 유무 등 여러 요인에 의하여 좌우된다. Kim 등(16)은 산소가 존재하는 상태로 저장되는 식육제품의 경우 저장 기간이 증가하면 부패미생물에 의해 단백질이 분해되어 암모니아나 아민류가 생산되므로 pH가 상승한다고 하였다. 본 연구에서 F4, F7과 F10으로 처리된 시료들에서의 pH값은 모두 저장 기간이 연장될수록 다소 낮아지는 경향을 보이긴 하였으나 통계적인 유의차는 인정되지 않았다($p > 0.05$). 한편, Jang과 Lee(17)는 다층트레이로 포장된 레토르트 닭가슴살 제품의 pH는 최초 6.56에서 24주 후 6.34로 다소 낮아졌다고 하였다. 또한 Jang과 Lee(18)도 레토르트 처리 후 상온 저장된 닭죽의 경우 pH가 초기 6.49에서 28주 후 6.05로 낮아졌다고 보고한 바 있다.

본 연구에 사용된 삼계탕에서는 상온에서 18개월간 저장될 때까지 호기성 및 혐기성균이 검출되지 않은 것으로 확인되었으므로(data not shown) 삼계탕 시료의 pH 변화는 미생물 성장과는 관련이 없는 것으로 추측된다. 이와 관련하여 Yoo 등(19)도 121°C에서 30분, 50분, 70분 및 90분으로 각각 가열된 레토르트 삼계탕 시료들을 37°C에서 30일간 저장 실험한 결과 총균수, 혐기성균 및 호기성 포자형성균이 모두 음성으로 나타났다고 보고한 바 있다. 따라서 레토르트 제품에서의 pH 감소는 포장 내 잔류 산소에 의한 지방 산화 또는 탄수화물과 지질의 분해 산물 생성에 따른 결과에 의한 것으로 추측된다(20,21).

겉보기 점도

F₀값 수준에 따른 삼계탕 내 죽의 25°C 저장 중 겉보기 점도의 변화를 비교한 결과는 Table 2에 나타난 바와 같다. 점도는 F4, F7과 F10으로 처리된 삼계탕의 죽 시료들에서 저장 최초에는 1.194, 1.087과 1.061 cP로 각각 측정되었는데, 저장 12개월 후에는 2.611, 2.705와 2.846으로 유의적으로 증가한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 특히 저장 최초와 2개월 사이 점도는 다른 저장 구간에 비하여 증가폭이 두드러졌다. 죽의 저장 중 점도 증가는 Srikaeo와 Sopade(22)가 보고한 바와 같이 쌀 성분이 육수로 수화되면서 전분의 팽윤됨에 따른 것으로 추측된다. 이와 같은 현상은 beef consomme와 닭죽에서도 유사하게 보고되었다(18,23).

F4, F7과 F10 처리군의 저장 12개월 후 점도는 저장 초기에 비하여 각각 약 2.18, 2.48과 2.68배 증가하여 F₀값 수준이 높을수록 저장기간이 연장됨에 따라 더 크게 증가하는 경향을 보였다. 이는 높은 F₀값 수준일수록 쌀 전분이 더 많은 미세조직으로 분해 후 수화되어 팽윤됨에 기인하는 것으로 추측된다. 이와 관련한 연구로서 Jang과 Lee(18)는 닭죽을 25°C에서 28주 저장하는 동안 저장기간이 연장될수록 죽의 노화도와 점도가 증가하였다고 보고한 바 있다.

경도

F₀값 수준별 레토르트 삼계탕의 25°C 저장 중 경도의 변화를 비교한 결과는 Table 2에 나타난 바와 같다. 저장 최초 삼계탕 시료의 경도는 F4, F7과 F10 시료에서 각각 1,495, 1,435와 1,387 g/cm²로서 F₀값 수준이 높아질수록 다소 감소하는 경향을 나타내긴 하였으나 통계학적인 유의차는 인정되지 않았다($p > 0.05$). 이와 유사한 결과로서 Mallick 등(24)은 F₀값을 5, 7과 9로 각각 처리한 인도 흰새우 레토르트 파우치 제품의 경도가 F₀값 수준이 높아질수록 낮게 측정되었다고 보고하였다. 또한 Choi 등(25)도 레토르트 처리된 갈비 패티의 경우 높은 온도로 가열된 시료일수록 제품의 경도가 낮게 측정되었다고 보고하여 상기 결과를 뒷받침하였다. 이와 같은 현상은 콜라겐 단백질이 젤라틴화되고 육단백질 매트릭스가 파괴되는데 기인한 것으로 추정되며, 이로 인하여 제품의 저작감이 저하되어 품질이 열등해지는 결과를 초래하는 것으로 판단된다(26-28).

삼계탕의 경도는 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하였는데($p < 0.05$), 저장 12개월 후에는 F4, F7과 F10 처리구에서 각각 2.213, 2.476과 2.754 g/cm²로 증가함으로써 저장 초기에 비하여 각각 48.60, 72.5와 98.6%씩 증가한 것으로 확인되었다. 이는 삼계탕의 저장기간이 연장되면 높은 F₀값으로 처리된 시료일수록 경도의 증가폭이 높아진다는 것을 의미한다. 이와 관련하여 Roldán 등(29)은 가열한 양고기의 저장기간이 길어질수록 경도가 증가됨을 확인하였다. 이처럼 저장기간이 연장될수록 삼계탕 내에 포함되어 있는 찹쌀 죽이 닭고기살에 흡착되어 있는 상태로 점차

노화가 진행됨에 따라 닭고기의 경도가 높게 측정된 것으로 추측된다.

Table 2. Changes in pH, apparent viscosity, and rheological characteristics of *Samgyetang* packaged in a multilayer pouch and retorted at the F₀ values of 4, 7, and 10 during storage at 25°C

Storage (mon)	F ₀ value	pH	Viscosity (cP)	Hardness (g/cm ²)
0	4	6.22±0.02 ^a	1,194±65 ^{Af}	1,495±59 ^{Af}
	7	6.21±0.01 ^a	1,087±94 ^{Bc}	1,435±76 ^{Af}
	10	6.19±0.01 ^a	1,061±74 ^{Bf}	1,387±34 ^{Bc}
2	4	6.20±0.03 ^a	1,793±102 ^{Bc}	1,502±109 ^e
	7	6.21±0.04 ^a	1,831±97 ^{Ad}	1,523±89 ^e
	10	6.18±0.01 ^a	1,852±84 ^{Ae}	1,537±69 ^d
4	4	6.17±0.03 ^a	2,014±101 ^{Bd}	1,795±75 ^{Bd}
	7	6.17±0.01 ^a	2,098±116 ^{Bc}	1,876±61 ^{Bd}
	10	6.16±0.02 ^a	2,245±89 ^{Ad}	2,216±104 ^{Ad}
6	4	6.15±0.03 ^a	2,149±76 ^{Bc}	1,883±51 ^{Cc}
	7	6.13±0.01 ^a	2,148±53 ^{Bc}	1,974±91 ^{Bc}
	10	6.13±0.04 ^a	2,397±74 ^{Ac}	2,354±107 ^{Ac}
8	4	6.15±0.01 ^a	2,461±115 ^{Ab}	2,011±113 ^{Cb}
	7	6.14±0.02 ^a	2,487±146 ^{Ab}	2,174±267 ^{Bb}
	10	6.11±0.02 ^a	2,516±207 ^{Ac}	2,571±175 ^{Ab}
10	4	6.11±0.03 ^a	2,498±226 ^{Cb}	2,078±201 ^{Cb}
	7	6.13±0.02 ^a	2,648±108 ^{Ba}	2,245±115 ^{Bb}
	10	6.08±0.04 ^a	2,725±126 ^{Ab}	2,618±84 ^{Aa}
12	4	6.08±0.02 ^b	2,611±49 ^{Ba}	2,213±63 ^{Ca}
	7	6.09±0.02 ^a	2,705±58 ^{Ba}	2,476±81 ^{Ba}
	10	6.08±0.03 ^a	2,846±135 ^{Aa}	2,754±92 ^{Aa}

^{A-C} Means with different letters among the different treatments differ significantly ($p<0.05$).

^{a-f} Means with different letters among the different storage time differ significantly ($p<0.05$).

휘발성 염기태 질소(VBN)

F₀ 값 수준에 따른 레토르트 삼계탕의 저장 중 VBN 값의 변화를 비교한 결과는 Table 3에 나타나 있다. Dierick 등(30)은 저장 기간이 증가할수록 식육 내 VBN 수치는 지속적으로 상승하였다고 보고하였다. 또한 Kim 등(31)에 따르면 계육 및 육제품은 저장기간 중 단백질이 아미노산으로, 아미노산이 저분자의 염기태 질소로 분해됨에 따라 VBN 값이 증가하게 된다고 하였다. VBN 화합물은 육 단백질이 세균 또는 효소에 의하여 분해됨에 따라 증가되는 물질로서, 암모니아, 트리메틸아민이나 디메틸아민과 같은 화합물을 포함한다고 정의되었다(32). 또한 육이 방사선 조사 등 화학적 또는 열화학적 영향을 받을 경우 단백질 분해 작용이 촉진되어 저장 중 VBN 값이 증가하는 것으로 보고된 바 있다(33).

Table 3. Changes in VBN, carbonyl contents, TBARS values and oxygen concentration in the headspace of *Samgyetang* packaged in a multilayer pouch and retorted at the F₀ values of 4, 7, and 10 during storage at 25°C

Storage (mon)	F ₀ value	VBN (mg%)	Carbonyl content (nmol/mg protein)	TBARS (mg MA/kg)	Oxygen conc. (%)
0	4	2.3±0.4 ^{Bf}	11.7±0.7 ^{Cc}	0.13±0.03 ^{Bf}	1.1±0.2 ^{Ca}
	7	3.7±0.6 ^{Ae}	13.9±1.1 ^{Bc}	0.15±0.03 ^{Bc}	1.9±0.5 ^{Ba}
	10	3.7±0.8 ^{Ae}	18.8±1.3 ^{Af}	0.17±0.02 ^{Ae}	2.3±0.6 ^{Ab}
2	4	3.6±0.7 ^{Bc}	17.3±2.6 ^{Bd}	0.17±0.02 ^{Bc}	1.2±0.1 ^{Ca}
	7	4.0±1.1 ^{Bc}	18.9±1.9 ^{Bd}	0.20±0.01 ^{Bc}	1.9±0.4 ^{Ba}
	10	4.3±0.8 ^{Ae}	20.1±3.4 ^{Ae}	0.26±0.06 ^{Ad}	2.5±0.3 ^{Aa}
4	4	4.6±1.2 ^{Cd}	21.3±5.8 ^{Bc}	0.24±0.03 ^{Cd}	1.1±0.4 ^{Ca}
	7	5.3±0.8 ^{Bd}	23.7±3.1 ^{Bc}	0.31±0.04 ^{Bd}	2.0±0.2 ^{Ba}
	10	6.7±1.2 ^{Ad}	24.9±1.9 ^{Ad}	0.56±0.13 ^{Ad}	2.4±0.5 ^{Aa}
6	4	7.4±0.8 ^{Cc}	22.5±2.8 ^{Bc}	0.34±0.09 ^{Cd}	1.1±0.2 ^{Ba}
	7	8.9±0.9 ^{Bc}	25.9±4.6 ^{Ab}	0.45±0.21 ^{Bc}	2.1±0.3 ^{Aa}
	10	10.4±1.2 ^{Ad}	26.8±2.5 ^{Ad}	0.67±0.16 ^{Ac}	2.3±0.5 ^{Ab}
8	4	9.5±2.5 ^{Cb}	25.4±2.4 ^{Bb}	0.48±0.02 ^{Cc}	1.2±0.2 ^{Ca}
	7	11.2±0.6 ^{Bc}	27.9±5.1 ^{Ab}	0.55±0.08 ^{Bbc}	1.9±0.4 ^{Ba}
	10	13.6±1.9 ^{Ac}	27.9±3.6 ^{Ac}	0.88±0.06 ^{Abc}	2.5±0.6 ^{Aa}
10	4	13.5±1.7 ^{Ca}	27.6±1.9 ^{Bb}	0.64±0.13 ^{Cb}	1.1±0.1 ^{Ca}
	7	15.8±2.1 ^{Bb}	28.6±1.6 ^{Bb}	0.71±0.16 ^{Bb}	1.8±0.3 ^{Ba}
	10	17.8±0.9 ^{Ab}	32.2±1.5 ^{Ab}	1.07±0.08 ^{Ab}	2.7±0.4 ^{Aa}
12	4	15.7±1.2 ^{Ca}	28.6±2.5 ^{Ba}	0.89±0.17 ^{Ca}	1.1±0.1 ^{Ca}
	7	18.8±0.9 ^{Ba}	29.4±3.4 ^{Ba}	1.21±0.04 ^{Ba}	1.9±0.3 ^{Ba}
	10	22.6±1.3 ^{Aa}	33.7±3.7 ^{Aa}	1.57±0.02 ^{Aa}	2.4±0.5 ^{Aa}

^{A-C}, ^{a-f} Same as in Table 2.

본 연구에서도 F₄, F₇과 F₁₀ 삼계탕에서의 VBN 값은 저장 초기에 2.3, 3.7과 3.7 mg%였으나 저장 기간 중 지속적으로 상승하는 경향을 보여, 6개월 후에는 각각 7.4, 8.9와 10.4 mg%, 그리고 12개월 후에는 15.7, 18.8과 22.6 mg%의 값을 나타내었다. VBN 값은 높은 F₀ 값으로 처리된 시료일수록 전 저장 기간 중 높게 나타나는 경향을 보였다. 이는 저장기간이 연장되고 가열 조건이 높아질수록 삼계탕 내 단백질의 분해가 촉진된 것에 기인하는 것으로 판단된다.

한편, F₄로 처리된 시료에 비하여 F₇과 F₁₀ 처리 시료에서의 VBN 함량은 각각 저장 6개월과 4개월 후부터 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 또한 F₁₀ 시료는 F₇ 시료에서보다 저장 4개월부터 VBN 값이 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). Terasaki 등(34)은 식육에서 휘발성 염기 질소량이 18 mg% 이상일 경우 외관 및 냄새 차원의 관능적 변패가 일어난다고 하였다. 국내 식품 공전(35)에서는 신선육의 경우 VBN 값의 수준을 20 mg% 이하로 규정하고 있다. 본 연구에서는 F₁₀ 삼계탕의 저장 12개월째 VBN 값이 22.6 mg% 이상으로 나타나 조사된 시료들 중 단백질 분해가

가장 크게 일어났던 것으로 확인되었다.

카보닐기 함량

F₀값 수준별 레토르트 삼계탕의 25℃ 저장 중 카보닐기 함량의 변화를 비교한 결과는 다음 Table 3과 같다. Stadtman과 Oliver(36)는 식육 내 함유된 free radical들에 의해 단백질과 아미노산의 산화반응이 일어나며, 이로 인하여 카보닐 및 티올(thiol) 등의 화합물이 생성된다고 하였다. 또한 Estevez와 Cava(37)는 식육의 저장 중 카보닐기의 생성은 지방 산화에 의하여도 촉진된다고 하였다. 저장 최초 카보닐기 함량은 F4, F7과 F10처리구에서 각각 11.7, 13.9와 18.8 nmoles/mg proteins의 값으로 측정되어 높은 F₀ 처리구일수록 높게 나타나는 경향을 보였다. F4 처리구에 비하여 F7과 F10 처리구는 저장 6개월과 저장 초기부터 카보닐기 함량이 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05). 한편 F10 처리구는 F7 처리구보다 저장 10개월부터 카보닐기 함량이 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05). 저장 기간 중 모든 F₀값 처리구에서의 카보닐기 함량은 지속적으로 증가하여 저장 12개월 후 F4, F7과 F10시료에서 각각 28.6, 29.4와 33.7 nmoles/mg proteins로 측정되었다. 이러한 현상은 삼계탕 포장 내 헤드스페이스에 산소가 함유되어 있어 저장 중 단백질의 산화가 꾸준히 일어난 것에 기인하는 것으로 판단된다.

TBARS 값

F₀값 수준별 레토르트 삼계탕의 25℃ 저장 중 지방산패도의 지표인 TBARS값의 변화를 비교한 결과는 Table 3에 나타난 바와 같다. 저장 초기 F4, F7, F10 시료들에서의 TBARS값은 각각 0.13, 0.15와 0.17 mg MA/kg이었으나, 저장 기간이 길어짐에 따라 모든 시료에서 지속적으로 증가하는 경향을 보였다. 저장 12개월째 F4, F7과 F10 시료들에서 각각 0.89, 1.21과 1.57 mg MA/kg의 값을 나타냈는데 높은 F₀값으로 처리된 시료일수록 TBARS값이 유의적으로 높아진 것으로 확인되었다(p<0.05). F₀ 수준별 TBARS값의 차이를 보면 F4 처리구에 비하여 F10 처리구는 저장 초기, 그리고 F7 처리구는 저장 6개월에 처음으로 카보닐기 함량에서 유의적인 차이를 보이기 시작했다(p<0.05). 한편 F10 처리구는 F7 처리구에서보다 저장 4개월부터 TBARS 함량이 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05). 이와 관련하여 Demeyer 등(38)은 육의 육제품의 저장 기간이 길어질수록 지방의 산화가 진행되면서 카보닐 화합물, 알콜, 케톤 또는 알데히드 등의 부산물로 분해되어 TBARS값이 증가한다고 보고한 바 있다. 육제품에 있어 지방산화는 향, 색, 맛, 조직감 및 외관뿐만 아니라 영양학적 품질 및 저장성에 나쁜 영향을 미친다(39). 육제품의 TBARS 값은 저장기간의 경과, 저장온도, 지방산의 조성, 산소의 활성 또는 항산화제 등 여러 요인에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다(40).

Nam과 Ahn(41)은 TBARS값이 1 mg MA/kg이상이 되면 소비자들이 산패취를 느끼기 시작한다고 하였다. 이러한 기준에 따르면 F7과 F10으로 처리된 삼계탕 시료들은 각각 저장 12개월과 10개월 후부터 지방산패로 인한 관능학적 품질 저하가 문제될 수 있는 시점으로 판단된다.

잔류 산소 농도 비율

저장기간 중 F₀값 수준별 레토르트 삼계탕 제품 내 헤드스페이스 중 존재하는 산소 농도의 비율을 비교한 결과는 다음 Table 3에 나타난 바와 같다. 잔류 산소의 농도 비율은 저장 초기 F4, F7과 F10으로 처리된 시료들에서 각각 1.1, 1.9와 2.3%이었다. 그러나 6개월 후에는 1.1, 2.1과 2.3%, 그리고 12개월 후에는 1.1, 1.9와 2.4%로 측정되어 저장기간에 따른 유의적인 산소농도 비율의 변화는 확인되지 않았다(p>0.05). 이는 레토르트 파우치가 알루미늄 층을 포함하고 있어 완벽한 가스차단성을 유지함에 따라 포장재를 통한 산소의 유입이 이루어지지 못한 때문으로 판단된다. 그러나 Jang과 Lee(17)는 가스차단성 포장재에 포장된 레토르트 닭가슴살 제품의 경우 저장기간이 연장됨에 따라 지방 산화 및 전분 분해효소 활성으로 포장 내 산소가 소비됨에 따라 농도가 감소하였다고 하였다. 이는 삼계탕이 약 2.0 정도의 F₀값으로 처리된 닭가슴살 제품보다 높은 F₀값 조건으로 가열됨에 따라 전분 분해 효소가 더 완벽하게 불활성화되었을 뿐 아니라, 닭가슴살 제품에 사용된 포장재와 달리 삼계탕 파우치의 가스차단성이 더 높아 지방산화가 덜 이루어진 것에 기인한 것으로 추측된다. 또한, 헤드스페이스 내 산소가 산화작용에 의하여 소비됨에도 불구하고 삼계탕의 저장 중 함량이 유의적으로 변화하지 않은 것은 닭가슴살 제품과는 달리 삼계탕 내 포함된 죽이나 육수에 용해된 산소가 헤드스페이스로 확산됨에 따른 산소 농도의 평형 현상에 기인한 것으로 추측된다.

한편 잔류 산소 농도 비율은 높은 F₀값으로 처리된 시료일수록 높게 나타나는 경향을 보였다. 즉, 잔류 산소 농도 비율은 F4 처리구와 비교하여 F7과 F10 처리구에서는 저장 초기부터 유의적으로 높았고, F10 처리구는 F7 처리구에 비하여 저장 2개월째와 8개월 후부터 12개월까지 유의적으로 높은 값을 나타냈다. 이는 F₀값 수준이 높아질수록 삼계탕 내용물에서의 산소 용해도가 낮아지므로 상대적으로 포장 내 헤드스페이스에서의 잔존 산소량이 높아지는 결과가 초래된 때문으로 추측된다.

Kang 등(42)은 포장 내 산소의 농도가 증가함에 따라 육의 지방산화가 촉진되고 이에 따라 육색의 안정성 또는 향기와 냄새가 영향을 받는다고 하였다. Lee와 Lee(6)는 레토르트 식품 중 용존산소와 헤드스페이스의 잔존 산소들은 산화에 의한 이취, 변색, 영양성분의 감소와 미생물의 번식 등으로 인하여 문제가 야기될 수 있다고 하였다. 따라서 F₀값이 높을 경우 헤드스페이스 내 잔류 산소 농도가

높아 저장 중 지방이나 단백질의 산화를 촉진하는 결과를 초래하는 요인의 하나로 작용하였을 것으로 추측된다.

관능검사

F_0 값 수준별 레토르트 삼계탕의 25°C 저장 중 색, 조직감, 이취 및 풍미에 대한 관능학적 변화를 비교 조사한 결과는 Table 4에 나타난 바와 같다. 본 실험에서의 레토르트 삼계탕의 관능검사에 대한 결과를 보면, 저장 최초 F_4 , F_7 과 F_{10} 처리구 시료에서의 육색은 9.0, 8.8과 8.7점으로 평가되었는데 저장기간이 연장되면서 점차적으로 하락하였다. 이러한 경향은 색, 조직감 및 향미 평가 항목에서도 유사한 경향을 보였다. F_0 값 수준별 차이를 보면 높은 F_0 값으로 처리한 시료일수록 모든 관능학적 항목에서 낮게 평가되는 경향을 보였다. 전 저장기간 중 F_{10} 으로 처리되어 12개월간 저장된 삼계탕의 조직감이 4.8점으로 상품적 가치의 기준치인 5.0 미만이었을 뿐 나머지 관능항목들과 다른 처리구들에서는 모두 저장 12개월까지 모두 5.0 이상의 점수로 평가되었다.

Table 4. Changes in sensory characteristics of *Samgyetang* packaged in a multilayer pouch and retorted at the F_0 values of 4, 7, and 10 during storage at 25°C

Storage (mon)	F_0 value	Sensory parameters			
		Appearance	Colour	Texture	Flavour
0	4	9.0±0 ^d	9.0±0 ^{Aa}	9.0±0 ^a	9.0±0 ^a
	7	8.8±0.1 ^a	8.9±0 ^{Aa}	8.9±0 ^a	8.9±0 ^a
	10	8.7±0.1 ^a	8.6±0.4 ^{Ba}	8.8±0.1 ^a	8.8±0.1 ^a
2	4	8.4±0.2 ^{Ab}	8.3±0.4 ^{Ab}	8.5±0.4 ^{Ab}	8.4±0.3 ^{Ab}
	7	8.1±0.1 ^{Ab}	8.2±0.5 ^{Ab}	8.3±0.4 ^{Ab}	7.9±0.3 ^{Bb}
	10	7.8±0.4 ^{Bb}	7.6±0.2 ^{Bb}	8±0.3 ^{Bb}	7.5±0.4 ^{Cb}
4	4	7.9±0.1 ^{Ac}	7.7±0.4 ^{Ac}	7.8±0.3 ^{Ac}	7.5±0.3 ^{Ac}
	7	7.3±0.6 ^{Bc}	7.6±0.5 ^{Ac}	7.7±0.4 ^{Ac}	7.3±0.6 ^{Ac}
	10	7.2±0.8 ^{Bc}	7.3±0.7 ^{Bc}	7.1±0.8 ^{Bc}	7.0±0.7 ^{Bc}
6	4	7.4±0.5 ^{Ac}	7.2±0.9 ^{Ad}	7.0±1.1 ^{Ad}	7.3±0.6 ^{Ac}
	7	6.7±0.4 ^{Bc}	6.9±0.2 ^{Ac}	6.5±0.6 ^{Bd}	6.7±1.2 ^{Bd}
	10	6.3±0.6 ^{Cd}	6.8±1.1 ^{Bd}	6.3±0.8 ^{Bd}	6.4±0.5 ^{Cd}
8	4	6.8±0.3 ^{Ae}	6.9±0.2 ^{Ac}	6.4±0.7 ^{Ac}	6.5±0.6 ^{Ad}
	7	6.2±0.7 ^{Bd}	6.3±0.7 ^{Bf}	6.0±0.8 ^{Bc}	5.9±0.2 ^{Be}
	10	6.0±0.9 ^{Bd}	6.0±0.8 ^{Bd}	5.7±1.2 ^{Be}	5.6±0.3 ^{Be}
10	4	6.3±0.6 ^{Ac}	6.3±0.8 ^{Ac}	6.0±1.1 ^{Ac}	5.9±0.5 ^{Ae}
	7	5.7±0.5 ^{Bc}	6.0±0.8 ^{Af}	5.7±1.2 ^{Ac}	5.6±0.4 ^{Ae}
	10	5.5±0.4 ^{Bc}	5.6±0.5 ^{Bc}	5.3±0.8 ^{Bc}	5.4±0.7 ^{Bc}
12	4	6.0±1.2 ^{Ae}	5.8±0.3 ^{Af}	5.3±0.9 ^{Af}	5.4±0.6 ^f
	7	5.4±0.3 ^{Bc}	5.3±0.7 ^{Bg}	5.2±0.7 ^{Af}	5.2±0.6 ^f
	10	5.1±0.7 ^{Bf}	5.0±0.6 ^{Bc}	4.8±1.1 ^{Bg}	5.1±0.7 ^f

A-C, a-g Same as in Table 2.

요 약

본 연구는 레토르트 삼계탕을 멸균 조건을 달리하여 실온 저장하면서 물리화학적 또는 관능학적 변화를 관찰하고 적정 가열 처리 조건을 파악하기 위해 실시하였다. F_0 값을 4, 7과 10으로 각각 달리하여 레토르트 삼계탕을 제조한 후 25°C에서 12개월 동안 저장하며 물리화학적 품질 변화를 비교하였다. 저장기간 중 삼계탕의 pH는 저장기간에 따라 감소하는 경향을 나타낸 반면, VBN, 카보닐, TBARS, 점도, 경도 값과 산소 농도 비율은 F_0 값 수준이 높아질수록 증가하는 경향을 보였다. 관능검사 결과 F_{10} 처리구의 12개월 후 조직감 항목을 제외한 모든 시료들에서 상품성 한계치인 5.0 이상으로 평가되었다. 종합적으로 F_0 값 수준이 높을수록 제조 직후 및 저장 과정 중 레토르트 삼계탕의 품질 열화 정도가 심하다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 삼계탕의 저장 중 품질 저하를 줄이고 안전성을 보장하는 적정 멸균 조건으로 제품을 생산하기 위한 기술개발이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원으로 이루어진 연구결과로 연구비지원에 감사드립니다.

References

- Nair M, Girija S (1994) Fish canning - Need for innovation in packaging. *Fisheries World*, 4, 22-24
- Dileep AO, Sudhakara NS (2007) Retortable pouch packaging of deep-sea shrimp (*Aristeus alcockii*) in curry and quality evaluation during storage. *Korean J Food Sci Technol*, 44, 90-93
- Korean Meat Trade Association (2013) *The Meat Trade Journal*, 209, p 36
- National Veterinary Research and Quarantine Service (2012) *Standards of Processing and Ingredients of Livestock Products*. p 1-15
- Heiss R, Eichner K (1984) *Preservation of foodstuffs*. Springer Verlag, Berlin, Germany, p 186-187
- Lee JH, Lee KT (2009) Studies on the improvement of packaging retorted Samgyetang. *Korean J Packaging Sci Technol*, 15, 49-54
- Leistner L, Wirth F, Takács J (1970) Classification of Canned Meat After Heat Treatment. *Fleischwirtschaft*, 50, 216-217

8. Jay JM (1992) *Modern Food Microbiology*. Chapman & Hall, London, UK, p 347
9. Jeon KH, Yoo IJ (1997) Effect of retorting conditions on the bone weakening of Samgyetang. Paper presented at 20th Annual Meeting of Korean Society for Food Science of Animal Resources, November 14, Seoul, Korea
10. Choi JB, Chung HY, Kong WY, Moon TH (1996) Analysis of volatile components of a chicken model food system in retortable pouches. *Food Sci Biotechnol*, 28, 772-778
11. Nitsch P, Vukovic I (2002) Quick determination of the F-value by using gaussian integration. *Fleischwirtschaft*, 11, 122-123
12. Kohsaka K (1975) Freshness preservation of food and measurement. *Food Ind*, 18, 105-111
13. Oliver CN, Ahn B, Moerman EJ, Goldstein S, Stadman ER (1987) Age-related changes in oxidation proteins. *J Biol Chem*, 262, 5488-5491
14. Witte VC, Krause GF, Baile ME (1970) A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J Food Sci*, 35, 352-358
15. Honikel KO, Kim CJ, Hamm R (1986) Sarcomere shortening of prerigor muscles and influence on drip loss. *Meat Sci*, 16, 267-275
16. Kim IS, Min JS, Lee SO, Park KS, Kim JW, Kim BH, Choe IS, Lee M (2001) The quality characteristics of imported and Korean chicken breast meats in Korean market. *Korean J Food Sci Ani Resour*, 21, 300-306
17. Jang DH, Lee KT (2012a) Quality characteristics of retorted chicken breast products packaged in a multilayer barrier tray during chilled storage. *Korean J Food Sci Ani Resour*, 32, 483-490
18. Jang DH, Lee KT (2012b) Quality changes of ready-to-eat ginseng chicken porridge during storage at 25°C. *Meat Sci*, 92, 469-473
19. Yoo IJ, Jeon HK, Park WM, Choi SY (1998) Effect of heating conditions and additives on bone crumble and shelf-life of retorted Samgyetang. *Korean J Food Sci Ani Resour*, 19, 19-26
20. Liu DC, Tsau RT, Lin YC, Jan SS, Tan FJ (2009) Effect of various levels of rosemary or Chinese mahogany on the quality of fresh chicken sausage during refrigerated storage. *Food Chem*, 117, 106-113
21. Jin SK, Kim IS, Hah KH (2002) Changes of pH, drip loss and microbes for vacuum packaged exportation pork during cold storage. *Korean J Food Sci Ani Resour*, 22, 201-205
22. Srikaeo K, Sopade PA (2010) Functional properties and starch digestibility of instant Jasmine rice porridges. *Carbohydr Polym*, 82, 952-957
23. Kim YS, Jang MS (2003) The study of acceptance and physicochemical characteristics of beef consomme by boiling time. *Korean J Soc Food Cookery Sci*, 19, 271-279
24. Mallick AK, Srinivasa Gopal TK, Ravishankar CN, Vijayan PK, Geethalakshmi V (2010) Changes in instrumental and sensory properties of indian white shrimp in curry medium during retort pouch processing at different F₀ values. *J Texture Studies*, 41, 611-632
25. Choi SH, Cheigh CI, Chung MS (2013) Optimization of processing conditions for the sterilization of retorted short-rib patties using the response surface methodology. *Meat Sci*, 94, 95-104
26. Gopinath SP, Anthony MXK, Nagarajarao RC, Jaganath B, Krishnaswamy SGT (2007) Standardisation of process parameters for ready-to-eat squid masala in indigenous polymer-coated tin-free steel cans. *Int J Food Sci Technol*, 42, 1148-1155
27. Bertak J A, Karahadian C (1995) Surimi-based imitation crab characteristics affected by heating method and end point temperature. *J Food Sci*, 60, 292-296
28. Palka K, Daun H (1999) Changes in texture, cooking losses and myofibrillar structure of bovine *M. semitendinosus* during heating. *Meat Sci*, 51, 237-243
29. Roldán M, Antequera T, Martín A, Mayoral AI, Ruiz J (2013) Effect of different temperature - time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Sci*, 93, 572-578
30. Dierick A, Vandekerckhove P, Demeyer D (1974) Changes in nonprotein nitrogen components during dry sausages ripening. *J Food Sci*, 39, 301-306
31. Kim IS, Lee SO, Byun JS, Kang JN, Min JS, Lee M (2000) Physicochemical, microbiological and sensory characteristics of frozen loins of han-woo and imported beef in Korean market, *J Anim Sci Technol*, 42, 117-124
32. Cai J, Chenn Q, Wan X, Zhao J (2011) Determination of total volatile basic nitrogen (TVB-N) content and Warner-Bratzler shear force (WBSF) in pork using Fourier transform near infrared (FT-NIR) spectroscopy. *Food Chem*, 126, 1354-1360
33. Al-Masri MR, Al-Bachir M (2007) Microbial load, acidity, lipid oxidation and volatile basic nitrogen of

- irradiated fish and meat-bone meals. *Bioresource Technol*, 98, 1163-1166
34. Terasaki M, Kajikawa M, Fuiita E, Ishii K (1965) Studies on the flavor of meats. Part I. Formation and degradation of inosinic in meats. *Agric Biol Chem*, 29, 208-215
 35. Yang HS, Jeon 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
 36. Stadtman ER, Oliver CN (1991) Metal-catalyzed oxidation of proteins. *J Biol Chem*, 266, 2005-2008
 37. Estevez M, Cava R (2004) Lipid and protein oxidation release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pate. *Meat Sci*, 68, 551-558
 38. Demeyer D, Hooze J, Meadom H (1974) Specificity of lipolysis during dry sausage ripening. *J Food Sci*, 39, 293-296
 39. Gray JI, Gomaa EA, Buckley DJ (1996) Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci*, 43, 111-123
 40. Brewer MS, Ikins WG, Harbers CAZ (1992) TBA values, sensory characteristics, and volatiles in ground pork during longterm frozen storage: Effects of packaging. *J Food Sci*, 57, 558-563
 41. Nam K, Ahn D (2003) Double-packaging is effective in reducing lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated raw turkey meat. *Poult Sci*, 82, 1468-1474
 42. Kang SN, Jang A, Lee SO, Min JS, Lee M (2002) Effect of organic acid on value of VBN, TBARS, color and sensory property of pork meat. *J Anim Sci Tec*, 44, 443-452

(접수 2014년 5월 12일 수정 2014년 7월 28일 채택 2014년 8월 4일)