

포장방법에 따른 양념갈비의 저장 중 총균수, 전자공여능 및 지방산화의 감마선 조사효과

강호진¹ · 조철훈¹ · 이나영¹ · 김정옥² · 변명우^{1*}

¹한국원자력연구소 방사선식품·생명공학연구팀

²세종대학교 생활과학과

Effect of Gamma Irradiation on Microbial Growth, Electron Donating Ability, and Lipid Oxidation of Marinated Beef Rib (*Galbi*) with Different Packaging Methods

Ho Jin Kang¹, Cheorun Jo¹, Na Young Lee¹, Jung-Ok Kim² and Myung-Woo Byun^{1*}

¹Dept. of Radiation Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-353, Korea

²Dept. of Human Life Science, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

Abstract

The effect of irradiation and packaging methods (vacuum vs aerobic) on microbial growth, electron donating ability, and lipid oxidation in marinated beef rib (*Galbi*) was investigated. The total aerobic bacteria in *Galbi* reduced significantly with the increase of irradiation dose, and the effect was more significant in the *Galbi* with vacuum packaging. The pH showed a decreasing trend during storage and this change was more significant in the *Galbi* with aerobic packaging. Electron donating ability of *Galbi* was reduced by irradiation in aerobic packaging but no difference was found in vacuum packaging except 7 days. The 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value of *Galbi* increased by irradiation in aerobic packaging during storage time, but that of vacuum packaging was maintained an initial value. Results indicated that irradiation coupled with vacuum packaging may enhance the microbial safety of Korean traditional meat products, *Galbi*, with minimum quality changes during storage.

Key words: *Galbi*, gamma irradiation, microorganism, lipid oxidation, electron donating ability

서 론

한국을 대표하는 음식으로 알려진 양념갈비는 전통적으로 가정이나 소규모 음식점에서 조리, 판매되는 양상에서 벗어나 즉석식품(ready-to-cook)으로 포장하여 판매하는 등 상품의 다변화와 국제화를 위한 시도가 활발히 이루어지고 있다. 쇠고기 양념갈비는 주로 쇠고기를 얇게 저민 후 배즙, 다진 파, 마늘, 설탕, 꿀, 참기름, 깨소금, 후춧가루 등의 양념과 함께 재웠다가 약간 센 불에서 단시간 구워 조리하는 것으로 일반적으로 이해되고 있다(1).

그러나, 식품공전에서 제시하고 있는 양념육의 냉장 유통 기간은 0~5°C의 저온하에서 4일 정도로 그 유통기간이 매우 짧아 산업적으로 대량 생산하여 상품화하기에는 어려운 실정에 처해 있다. 또한 주원료 중 육류는 저장 기간이 증가함에 따라 pH, 온도, 산소분압, 지질의 산화, 미생물의 성장 등의 요인들이 복합적으로 작용해 이화학적 성질이 변화할

수 있다(2). 특히 육류식품의 변질요인 중 하나인 지방산화는 저장 온도, 지방산의 조성, 산소의 활성, 항산화제 등에 영향을 받는다. 따라서 이러한 주요 변질 요인인 미생물 오염이나 지방산화를 최소화할 수 있는 방안이 필요하다. 이에 가장 효과적인 방법으로는 산소의 존재를 차단하는 진공 또는 가스치환 포장법을 들 수 있다. 진공포장법의 경우 생육 또는 육가공품의 포장으로 널리 사용되고 있으나 양념육의 경우에는 짧은 유통기한과 사업의 소규모성에 의해 사용이 제한되어 왔다.

한편 식품의 안전한 저장 및 유통을 위한 매우 효과적인 기술로서 방사선 조사기술이 최근 새롭게 부각되고 있다(3). 방사선 조사기술은 제품의 품질특성 유지가 가능한 비열처리 살균기술로서 식품산업 전반에 걸쳐 그 응용성이 다양하여 국제적으로 이용이 증대되고 있다. WHO/FAO/IAEA, 국제식품규격위원회(CODEX) 등의 국제 방사선조사 합의 기준에 따르면 병원성 미생물 제거와 저장성 연장을 목적으로

*Corresponding author. E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr
Phone: 82-42-868-8060, Fax: 82-42-868-8043

최대 10 kGy까지의 감마선 조사를 허용하고 있으며 현재 전 세계 약 50여 국가에서 감마선 조사를 상용하고 있다.

본 연구에서는 전통 양념갈비의 품질안정성 및 저장성 확보를 위하여 포장방법을 달리한 양념갈비에 감마선 조사기술을 적용하고 총균수, 전자공여능 및 지방산화 등의 품질변화를 관찰한 후 유통시 효과적인 저장방법을 모색하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 양념액 및 양념갈비는 시중에서 제조되어 판매되는 것을 구입하여 사용하였다. 구입한 양념갈비는 nylon/PE film(2 mL O₂/m²/24 h at 0°C; 20 cm×30 cm; Sunkyung Co. Ltd, Seoul, Korea)에 넣은 후 진공포장기(Leepack, Hanguk Electronic, Gyeonggi, Korea)를 사용하여 진공포장하고 합기포장 처리구는 시료를 넣은 후 봉합하지 않은 상태로 저장하였다.

감마선 조사 및 저장

갈비 양념액은 시험관(50 mL)에 그리고 양념갈비는 진공 또는 합기포장 상태에서 감마선 조사하였다. 감마선 조사는 한국원자력연구소 내 선원 10만 Ci, Co-60 감마선 조사시설(point source, AECL, IR-79, MDS Nordion, Canada)을 이용하여 실온(12±1°C)에서 분당 83.3 Gy의 선량율로 각각 0, 2.5, 5.0 및 7.5 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 감마선 조사 시료는 비조사 대조구와 함께 4°C 냉장온도로 7일간 저장하면서 0, 3 및 7일째 미생물 및 이화학적 특성을 조사하였으며 각 조사항목은 3회 반복 실험하였다.

총균수 측정

조사된 양념액 및 양념갈비의 저장 중 미생물 생육 정도는 총균수 측정으로 확인하였다. 시료 10 g에 멸균 peptone 수 90 mL를 첨가하여 Lab blender(FM 680T, Haniil, Co. Ltd., Seoul, Korea)를 사용하여 균질한 후 균질액을 10배씩 단계별로 희석하여 plate count agar(Difco, Laboratories, Sparks, MD, USA)에 도말하였다. 접종 후 37°C에서 48시간 배양 후 집락을 계수하여 확인하였고, 검출된 미생물수는 시료 1 g 당 log colony forming unit(Log CFU/g)으로 나타내었다.

pH 및 수분활성도

시료 5 g을 취하여 증류수 20 mL과 혼합하여 균질기(Diastax 900, Heidolgh, Schwabach, Germany)로 마쇄한 후 pH meter Orion 520A, Orion Research Inc., Boston, MA, USA)를 사용하여 측정하였다. 수분활성도는 1 g의 양념된 갈비의 상태로 수분활성도 측정기(rotronic ag AwV, Swiss)를 이용하여 측정하였다.

전자공여능(Electron donating ability) 측정

준비된 양념갈비의 양념류에 존재하는 항산화능의 감마

선 조사효과를 측정하기 위하여 전자공여능을 Blois(4)의 방법으로 측정하여 보았다. 양념갈비를 균질기(Diastax 900, Heidolgh, Schwabach, Germany)로 마쇄한 후 40배 희석하여 각 희석액 2 mL에 0.2 mM α, α'-diphenyl-β-picrylhydrazyl(DPPH) 2 mL를 넣고 교반한 후 30분 동안 실온에서 정지한 후 517 nm에서 흡광도(UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 측정하였다. 전자공여능은 다음과 같은 계산식에 의해 환산되었다.

$$\text{전자공여능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

지질산패도(2-thiobarbituric acid reactive substances value, TBARS) 측정

감마선 조사된 양념갈비의 저장 중 지방산패도의 정도를 살펴보기 위하여 TBARS값은 Jo 등(5)의 방법을 준용하여 측정하였다. 시료 3 g을 7.2% BHA 50 μL, 증류수 9 mL을 사용하여 균질시키고, 균질액 2 mL를 취하여 2-thiobarbituric acid (TBA)/trichloroacetic acid (TCA) 용액(20 mM TBA in 15% TCA) 4 mL를 혼합하였다. 그리고 반응용액을 90°C의 수조에서 15분간 가열한 후 열음물에서 10분간 냉각하였다. 반응용액을 2,000×g에서 15분 동안 원심분리(VS-5500, Vision scientific Co. Ltd., Seoul, Korea)한 후 그 상등액의 흡광도(UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 532 nm에서 측정하였다. 측정된 흡광도를 기준으로 표준곡선에 따라 TBARS 값을 mg malondialdehyde/kg sample로 계산하였다.

통계분석

이상의 실험에서 얻어진 결과들은 Statistical Analysis System(SAS Version 5 edition)(6) 프로그램을 사용하여 통계처리를 실시하였다. 분산분석 결과 유의성이 인정되는 경우 Duncan's multiple range test를 이용하여 평균값간의 유의성을 5%이내의 수준에서 조사하였다.

결과 및 고찰

미생물의 생육 변화

감마선 조사한 양념갈비의 저장 중 미생물의 생육변화를 Table 1에 나타내었다. 우육과 혼합하기 전 갈비 양념액의 총균수는 4.77±0.67 log CFU/g으로 이미 상당한 오염이 진행된 상태였다(Table 1). 양념의 조성이 비슷한 불고기 양념에 관한 미생물 평가에서 간장 3.58, 마늘 5.94, 키위 3.35, 파 5.50, 양파 4.77, 참기름 3.51 및 후추 2.61 log CFU/g 등이 검출되었다고 밝힌 바 있다(7). 감마선을 7.5 kGy로 양념액을 조사한 경우 약 3 log cycle의 감소효과를 나타내어 이전 불고기 양념을 이용한 시험과 유사한 결과를 보였다. 특히 Jo 등(7)은 불고기 양념시험에서 열처리를 이용한 위생화는 내열성 세균(주로 *Bacillus* 속)의 감균이 어려워 저장 중에

Table 1. Number of total aerobic bacteria (log CFU/g) of gamma-irradiated and marinated beef rib (Galbi) during storage at 4°C with different packaging methods

Irradiation dose (kGy)	Vacuum				Aerobic		
	Sauce ¹⁾	0 day	3 day	7 day	0 day	3 day	7 day
0.0	4.77±0.67 ²⁾	6.17±0.32	6.67±0.01	6.27±0.19	6.17±0.40	6.09±0.06	6.83±0.32
2.5	2.57±0.14	4.95±0.02	4.75±0.03	4.33±0.02	4.95±0.03	4.55±0.14	5.82±0.39
5.0	2.55±0.13	3.26±0.09	3.48±0.10	2.53±0.07	3.26±0.51	3.08±0.71	2.75±0.17
7.5	1.70±0.27	2.80±0.16	2.49±0.36	1.96±0.09	2.80±0.51	2.18±0.58	2.09±0.17

¹⁾Galbi sauce before mixing with raw beef was tested.

²⁾Mean±standard deviation.

부패하기 쉬우며, 따라서 감마선 조사에 의한 내열성 세균의 감염이 효과적이라고 보고하였다.

양념갈비의 초기 미생물의 생균수는 6.17±0.40 log CFU/g으로 나타났다. 진공포장구와 합기포장구 모두 양념갈비의 미생물 생장이 감마선 조사선량이 증가할수록 감소하는 것을 알 수 있었다(Table 1). 감마선 조사 직후 진공포장된 양념갈비의 총균수는 2.5, 5, 7.5 kGy에서 각각 4.95, 3.26, 2.80 log CFU/g으로 저장 7일째에는 4.33, 2.53, 1.96 log CFU/g으로 나타났다. 반면 합기포장된 양념갈비는 저장 7일째에 총균수가 5.82, 2.75, 2.09 log CFU/g으로 진공포장구에 비해 높은 미생물 오염을 나타내었다. 이는 Kim 등(8)에 의한 포장방법별 양념갈비의 품질시험에서 저장 15일에 합기포장된 양념갈비의 총균수가 6.03 log CFU/g으로 다른 처리구보다 유의적으로 높은 총균수를 나타내었다는 보고와 유사하였다. 쇠고기에 감마선 조사한 경우 5 kGy에서 초기 균수보다 2~3 log CFU/g이 감소하며(9), 또한 반건조 오징어의 저장성을 위한 실험에서 감마선 조사한 반건조 오징어의 저장 중 미생물의 생육이 진공포장구와 합기포장구 모두 조사선량이 증가할수록 저하되며 그 효과는 진공포장구가 더 좋았다는 보고(10)와도 일치하였다. 따라서 양념갈비의 미생물 생육을 억제하기 위해서는 합기포장보다는 진공포장이 더욱 효과적임을 확인할 수 있었다. Lee 등(11)은 식품매개

병원성 미생물의 오염은 *B. cereus*, *S. Typhimurium*, *E. coli* 및 *S. aureus* 모두 3~4 log cycle 정도로 검출되어 시중에서 판매되는 갈비의 식품매개 병원성 미생물의 오염정도가 심각한 것으로 나타났다. 한편 7.5 kGy로 감마선 조사할 경우 *B. cereus*를 제외하고 *S. Typhimurium* 및 *B. cereus*는 검출되지 않았으며, *E. coli*는 0일째에 1.47 log cycle정도 검출되었으나 4°C 저장 중에는 검출되지 않았다고 보고하여 유통 즉석 육제품에 감마선 조사의 효용성을 밝힌 바 있다.

pH 및 수분활성도

포장방법을 달리하며 감마선 조사한 양념갈비의 저장 기간에 따른 pH 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 저장 초기 양념갈비의 pH는 진공포장구가 5.86~6.06이었고 합기포장구는 5.89~5.98으로 나타나 포장 방법에 따른 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 이는 포장방법에 따른 저장 중 양념갈비의 pH를 보고한 Kim 등(8)의 연구결과, 저장기간에 따른 유의적인 차이가 없었다는 보고와 일치하였다. 또한 조사선량에 따른 pH의 변화가 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않아 Lee 등(11)이 불고기 소스에 감마선을 조사한 결과 pH 변화는 없었다는 보고와도 일치하였다. 저장 7일째 진공포장구의 pH는 5.86~5.94, 합기포장구는 5.48~5.87로 두 포장구 모두 저장초기보다 약간 감소하는 경향을 보였으며, 특히 합기포장구의 비조사 시료는 감소폭이 더욱 컸다. 이는

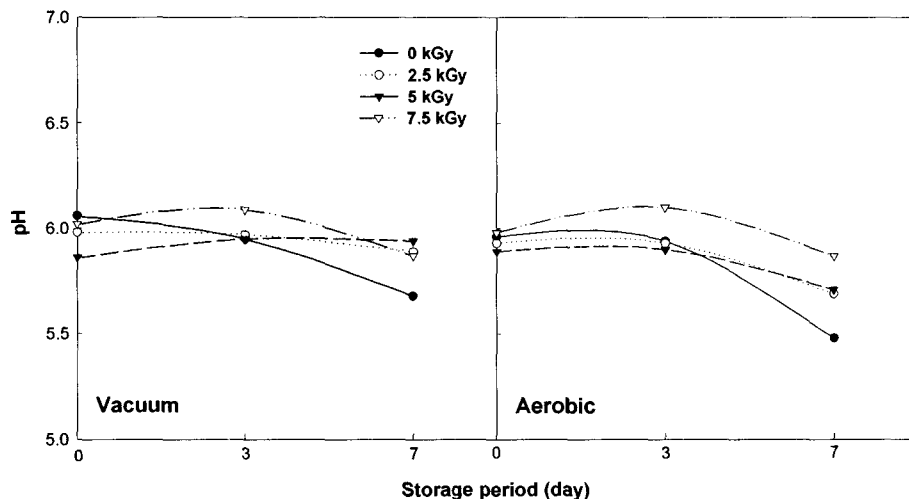


Fig. 1. Changes of pH for marinated and gamma-irradiated beef rib (Galbi) during storage at 4°C with different packaging methods.

저장기간에 따른 미생물의 성장과 함께 pH의 감소가 일어나며 특히 합기포장구의 경우 더욱 두드러졌다는 이전 실험결과와 일치한다(5). Jeon 등(12)은 베이컨 저장 중에 pH 감소가 비교적 적은 것이 제조시 첨가된 보존료와 식염에 의해 lactic acid 염이 형성되었기 때문이라 하였고 Djamel 등(13)은 lactic acid 염을 첨가한 쇠고기 스테이크의 저장성 연구에서 pH 변화가 저장기간에 따라 유의성이 없었다고 보고하였다.

한편, 양념갈비의 수분활성도는 모든 처리구에서 0.99 ± 0.02 를 나타내었으며 조사선량간 또는 포장방법간 차이를 보이지 않았다. 다른 연구에서도 감마선 조사에 의한 수분활성도 변화는 나타나지 않았다(14).

전자공여능

진공포장하여 감마선 조사한 양념갈비는 조사처리 직후와 저장 3일째에서는 비조사처리구보다 조사처리구가 높은 전자공여능을 유지하였으나 저장 7일째에는 모든 조사처리구에서 값이 저하되어 0, 2.5, 5, 7.5 kGy에서 각각 24.66, 22.31, 18.30, 18.25% 값을 나타내었다(Fig. 2). 합기포장구는 저장기간이 증가하면서 각 처리구간의 전자공여능이 유의적으로 감소하여 저장 7일째에는 비조사처리구가 29.38%로 저장 초기의 값을 유지한 반면 2.5, 5, 7.5 kGy에서는 각각 15.57, 11.57, 14.12%로 감소하였다. 또한 비조사구와 조사구간의 전자공여능 차이는 진공포장구보다 크게 나타났다. 이러한 결과는 항산화제에 대하여 10 kGy까지 감마선을 조사한 결과 과산화물가, 전자공여능 등 항산화 효과에는 영향을 끼치지 않았으며(15), 녹차 추출물의 전자공여능에서도 최대 20 kGy까지의 조사선량과 저장기간에 따른 유의성이 없었다는 보고(16)와 일치하지 않는 결과이다. 그러나 열수 추출한 꾀피 추출물의 경우 감마선 조사에 의한 유의성은 없었으나 저장 30일째에는 전자공여능이 현저히 감소하였다(17). 이는 식품의 항산화 특성이 식품의 가공 공정이나 저장

방법에 따라 달라질 수 있고 또한 천연물의 가공 공정에서 나타날 수 있는 새로운 물질은 항산화제나, 항산화 전구체 형성에 기여할 수 있다는 가설(18)을 근거로 한다면 각종 양념이 첨가되는 양념갈비의 경우도 그 화합물간에 상호 작용이나 복합체 형성 등의 이유로 저장 중 전자공여능 변화의 일반적인 예측이 어렵다는 것을 알 수 있었다.

한편, 포장 방법에 따른 전자공여능은 조사 직후 22~27%였으나 저장 7일째에는 진공포장구가 19~23%, 합기포장구가 12~20%로 진공 포장구가 더 높은 전자공여능을 유지하였다. 진공포장의 경우 oxidation reduction potential이 합기포장에 비해 유의적으로 낮아 포장 내부의 환경을 환원에 적합한 환경을 만들어 주기 때문에(19) 전자공여능을 유지하는데 더욱 효과적이었을 것으로 사료된다.

지질산패도(2-thiobarbituric acid reactive substances value, TBARS)

육류의 지질 산화가 진행되면 malonaldehyde의 유리량이 증가하게 되고 여기에 TBA를 반응시키면 적색물질인 TBA 색소가 생성된다. 이를 비색정량하여 TBARS값으로 나타내는데 이러한 TBARS값은 육류의 지질 산패도 측정법으로 자주 이용된다. 감마선 조사된 양념갈비의 저장 중 지질 산패도를 TBARS값으로 측정해 본 결과는 Fig. 3과 같다. 진공포장구의 경우 조사처리 직후 0, 2.5, 5, 7.5 kGy에서 각각 0.99, 0.89, 1.10, 1.40으로 나타났으며 저장기간 중에도 감마선 조사구와 비조사구의 TBARS값은 차이가 없었다. 감마선 조사는 일반적으로 산소가 존재하는 환경에서 지방의 산패를 촉진시키지만(4), 산소의 유입이 차단된 진공포장의 경우는 지방산화를 일으키지 않는다는 연구결과와 일치하고 있다(20).

그러나 합기포장구에서는 예상했던 대로 TBARS값이 감마선 조사와 저장기간에 따라 유의적으로 증가하는 현상을 보였다. Dawson과 Gartner(21)는 합기 포장구의 경우 지질 산화를 증가시키지만 진공 포장을 함으로써 지질산화를 크

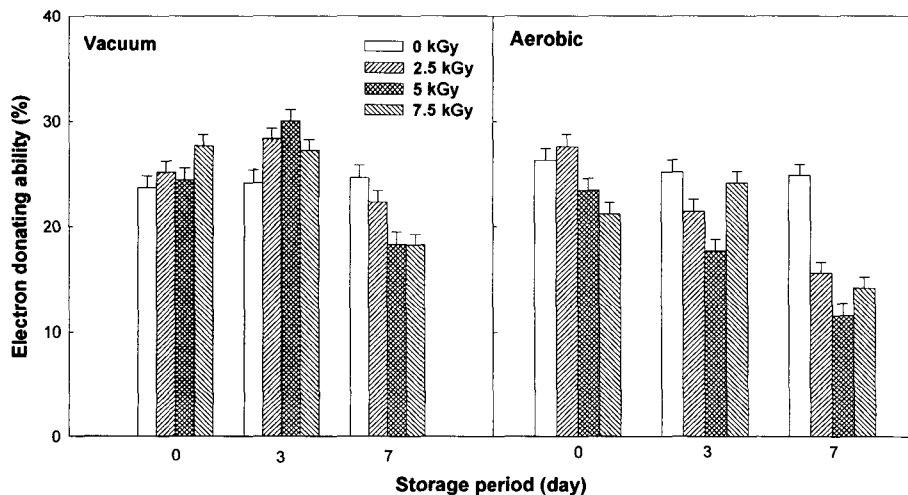


Fig. 2. Changes of electron donating ability (%) for marinated and gamma-irradiated beef rib (*Galbi*) during storage at 4°C with different packaging methods.

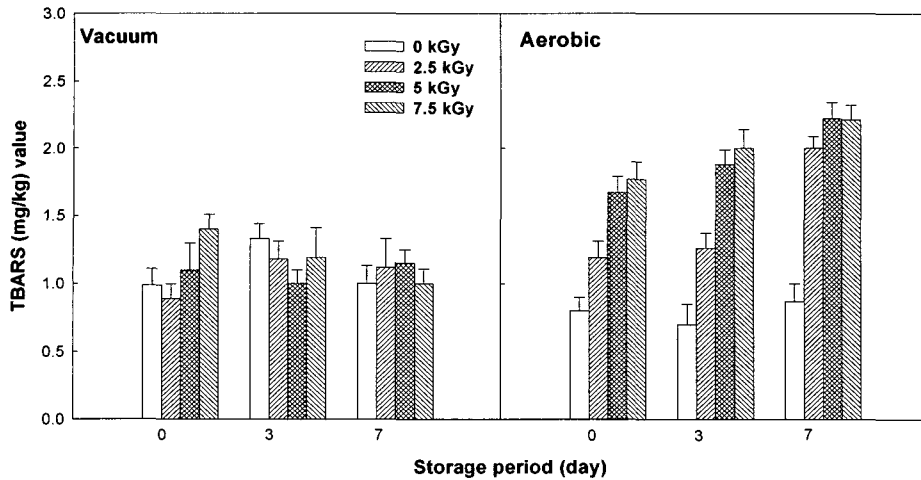


Fig. 3. Changes in 2-thiobarbituric acid reactive substance (TBARS; mg malondialdehyde/kg sample) value of marinated and gamma-irradiated beef rib (*Galbi*) during storage at 4°C with different packaging methods.

게 억제시킬 수 있다고 하였고, Kim 등(8)은 포장 방법별 양념 갈비의 품질시험에서 합기포장과 가스치환포장 처리구가 진공포장 처리구보다 유의적으로 높은 지질산패도를 나타내었다고 보고하였다. Greene과 Cumuze(22)에 따르면 TBARS 값이 2정도일 때 산패취를 느낄 수 있다고 한다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 합기포장구의 저장 7일 때에는 조사처리구에서 2.00~2.22의 TBARS값을 나타내고 있지만 진공포장구의 경우에는 저장 7일 쯤에도 1.00~1.15 정도로 합기포장구에 비해 훨씬 낮은 산패도를 보이고 있다.

Lee 등(11)은 감마선 조사가 양념갈비의 색 및 전체적 기호도를 개선시키는 효과가 있으나 7.5 kGy와 같은 고선량의 감마선 조사는 관능적 기호도 문제뿐만 아니라 갈비의 지방 산패 등의 문제점이 수반될 수 있다고 보고하였다. 저자들은 따라서 시중에서 판매되는 갈비의 관능적 품질에 영향을 미치지 않는 범위에서 저장안전성을 확보하기 위해서는 저선량(2.5~5.0 kGy)의 감마선 조사가 효과적이라고 판단하고 있다. 결론적으로 초기 미생물의 생육억제를 위한 감마선 조사는 효과적이며 pH 변화, 전자공여능 및 지질산패도와 같은 품질척도를 고려한다면 양념갈비를 진공포장 후 감마선 조사하여 유통시키는 것이 가장 효과적이라 사료된다.

요 약

양념갈비의 품질 안정성 및 저장성 확보를 위한 일환으로 시판되는 양념갈비에 감마선 조사(0, 2.5, 5, 7.5 kGy)하여 포장 방법(합기 vs 진공) 및 저장 기간에 따른 양념갈비의 총균수, pH, 수분활성도, 전자공여능 및 지방산패도를 측정하였다. 감마선 조사한 양념갈비의 미생물 생육은 조사선량이 증가할수록 저하되었고 포장방법별로는 합기포장구보다 진공포장구가 미생물 생육억제에 더욱 효과적임을 확인하였다. pH는 합기포장구에서 저장 7일째 다소 감소하는 경향을 보였으나 포장방법과 조사선량에 따른 유의차가 나타

나지 않았다. 감마선 조사한 양념갈비의 전자공여능은 저장 기간에 따라 감소하는 경향을 보였으나 그 감소폭은 합기포장구가 진공포장구보다 크게 나타났다. TBARS값은 진공포장구의 경우 감마선 조사선량과 저장기간에 따라 유의적인 차이는 없었다. 그러나 합기포장구는 조사선량이 증가할수록 그리고 저장기간에 따라 유의적으로 증가하여 저장 7일째 진공포장구보다 2배의 높은 값을 나타내었다. 따라서 시판되는 양념갈비의 저장 중 유통안전성을 확보하기 위한 감마선 조사의 사용에서 품질을 유지하기 위해서는 진공포장으로 유통하는 것이 바람직하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 중장기 연구개발사업과 IAEA CRP 과제(No. 1198)의 지원으로 수행되었으며 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Moon JH, Ryu HS, Lee KH. 1991. Effect of garlic on the digestion of beef protein during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 20: 447-454.
2. Bala K, Marshall RT, Stringer WC, Nauman HD. 1977. Changes of color aqueous beef extract caused by *Pseudomonas fragi*. *J Food Prot* 40: 824-827.
3. Thayer DW. 1994. Wholesomeness of irradiated foods. *Food Technol* 48: 58-67.
4. Blois MS. 1958. Antioxidant activity determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
5. Jo C, Lee JW, Lee KH, Lee HJ, Byun MW. 2001. Effect of irradiation on pH, color, sensory quality of cooked pork sausage with added chitosan oligomer. *J Food Sci Nutr* 6: 147-151.
6. Statistical Analysis System. 1989. *User's Guide: Statistics*. Version 5 ed. SAS Institute, Cary, NC.
7. Jo C, Kim DH, Shin MG, Kang IJ, Byun MW. 2003.

- Irradiation effect on *bulgogi* sauce for making commercial Korean traditional meat product, *bulgogi*. *Radiat Phys Chem* 68: 851-856.
8. Kim CJ, Jeong JY, Lee ES, Song HH. 2002. Studies on the improvement of quality and shelf-life of traditional marinated beef (*Galbi*) as affected by packaging method during storage at -1°C . *Korean J Food Sci Technol* 34: 792-798.
 9. Aziz NH, Mahrous SR, Youssef BM. 2002. Effect of gamma-ray and microwave treatment on the shelf-life of beef products stored at 5°C . *Food Control* 13: 437-444.
 10. Lee JW, Jo C, Cha BS, Kim MC, Byun MW. 2002. Application of gamma irradiation for prolonging shelf-life of semi-dried squid (*Todardes pacificus*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 469-474.
 11. Lee NY, Jo C, Kang HJ, Kim DS, Byun MW. 2004. Radiosensitivity of pathogenes in gamma irradiated marinated beef rib (*Galbi*) and its sensory property. *Korean J Food Sci Technol* 36: 168-173.
 12. Jeon KH, Lee SK, Yoo IJ, Kim YB, Kim IH. 1995. Effects of different curing methods and smoking temperature on the shelf-life of bacon. *Korean J Food Sci Anim Resour* 15: 203-209.
 13. Djamel D, Armida S, Jose AB, Pedro R. 2003. The shelf-life of beef steaks treated with DL-lactic acid and antioxidants and stored under modified atmospheres. *Food Microbiol* 20: 1-7.
 14. Jo C, Lee WD, Kim DH, Kim JH, Ahn HJ, Byun MW. 2003. Quality attributes of low salt *Changran Jeotkal* (aged and seasoned intestine of Alaska pollock, *Theragra chaco-gramma*) developed using gamma irradiation. *Food Control* 15: 435-440.
 15. Byun MW, Yook HS, Kim KS, Chung CK. 1999. Effects of gamma on physiological effectiveness of Korean medical herbs. *Radiat Phy Chem* 54: 291-300.
 16. Son JH, Jo C, Kim MR, Kim JO, Byun MW. 2001. Effect of gamma irradiation on removal of undesirable color from green tea extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1305-1308.
 17. Kang HJ, Jo C, Kim DJ, Seo JS, Byun MW. 2003. Physiological activities of citrus peel extracts by different extraction methods and gamma irradiation. *Korean J Food Presv* 10: 388-393.
 18. Jung SW, Lee NY, Kim SJ, Han DS. 1995. Screening of tyrosinase inhibitor from plants. *Korean J Food Sci Technol* 27: 891-896.
 19. Nam KC, Ahn DU. 2002. Mechanisms of pink color formation in irradiated precooked turkey breast meat. *J Food Sci* 67: 600-607.
 20. Jo C, Ahn DU, Byun MW. 2002. Irradiation-induced oxidative changes and production of volatile compounds in sausages prepared with vitamin E-enriched commercial soybean oil. *Food Chem* 76: 299-305.
 21. Dawson LE, Gartner R. 1983. Lipid oxidation in mechanically deboned poultry. *Food Technol* 7: 112-116.
 22. Greene BE, Cumuze TH. 1981. Relationship between TBA numbers and inexperienced panelists assessments of oxidized flavor in cooked beef. *J Food Sci* 47: 52-54.

(2004년 1월 28일 접수; 2004년 4월 23일 채택)