

## 전자선 조사가 진공 포장된 계육 가슴살의 미생물학적 변화 및 품질에 미치는 영향

고종관 · 마유현 · 송경빈\*

충남대학교 식품공학과

## Effect of Electron Beam Irradiation on the Microbial Growth and Qualities of Chicken Breast

Jong Kwan Ko, Yu Hyun Ma and Kyung Bin Song\*

Department of Food Science & Technology, College of Agriculture & Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Received February 17, 2005; Accepted April 15, 2005

Electron beam irradiation was applied to examine the microbial growth and qualities of vacuum-packaged chicken breasts. Chicken breast samples were irradiated at dose of 2, 4, 8, 12, and 16 kGy, respectively. After irradiation, chicken breast samples were individually vacuum-packaged and stored at 4°C. Microbiological change of irradiated vacuum-packaged chicken breasts showed that populations of total bacteria, yeast and mold, total coliform, and *salmonella* spp. in chicken breasts were significantly reduced with increasing irradiation dose. The pH values of vacuum-packaged chicken breasts were not significantly changed among treatments. Lipid oxidation measurements showed that TBARS values of vacuum-packaged chicken breasts increased with increase of irradiation dose, and gradually increased during storage. Color measurements showed that irradiation reduced Hunter a value of vacuum-packaged chicken breasts with increasing irradiation dose. However, Hunter L and b values of vacuum-packaged chicken breasts were not significantly altered among treatments. Sensory quality results of vacuum-packaged chicken breasts showed that there were no significant changes among the samples irradiated. These results indicate that irradiation can be used to improve the microbial safety and qualities of poultry products.

**Key words:** electron beam, chicken breasts, microbial growth, storage, quality

### 서 론

최근 식생활 수준의 향상과 소득의 증대로 인해 육류의 소비가 증가하고 있는 실정이다.<sup>1)</sup> 특히 가금육의 경우 영양적 가치 및 건강과 관련하여 그 소비가 매년 증가하고 있다.<sup>1,2)</sup> 일반적으로 식품의 변패 및 손실은 온도, pH, 수분 등의 물리 화학적 요인 및 해충이나 설치류 등에 의한 피해에 의해 발생하기도 하지만 주로 미생물에 의한 오염으로 인해 야기된다.<sup>3,4)</sup> 미국에서의 보고에 따르면 식품에 오염되어 있는 병원성 미생물에 의해 매년 미국인의 75만 명이 감염되고, 30만 명이 입원을 하며 5천 명 정도가 사망에 이르고 있다고 한다.<sup>5)</sup> 국내에서도 미생물에 의한 질병으로 인한 피해가 증가하고 있는 실정이다. 현재 국내에서 식품에 대한 규정으로 활용되고 있는 식품 공전

에는 식품 제조업체에서 통용되고 있는 미생물 규격을 총 세균 수  $5 \times 10^4$ /g 이하, 그리고 대장균 군, *Bacillus cereus*, 효모와 곰팡이, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* 등은 각각 음성으로 규정하고 있다.<sup>6)</sup> 가금육은 저온 저장에서도 쉽게 부패되는 식품 중의 하나로, 병원성 미생물과 부패균에 의한 오염이 다른 식품에 비해 높아 살균 처리에 의한 오염 미생물 감소가 필요하다.<sup>2,7)</sup> 현재 가금육의 안전성 확보를 위한 살균 방법으로는 organic acid sanitizers,<sup>3,8-10)</sup> hot water와 steam pasteurization,<sup>4)</sup> chlorine,<sup>9,12)</sup> phosphates,<sup>9,10)</sup> ozone 처리<sup>9,10,13)</sup> 등의 방법이 사용되고 있다. 그러나 이러한 살균 처리 기술은 식품의 일반 성분의 변화 및 손실을 가져오거나 화학 성분의 잔류 및 유해 물질의 생성에 따른 여러 문제점이 있고 또한 미생물 살균 효과도 떨어져 효과적인 대체 기술의 개발이 필요하다.<sup>14)</sup>

최근 이러한 문제점을 해결하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있는데, 대표적인 대체 방법 중의 하나가 방사선 에너지를 이용하는 것이다. 식품에 사용이 가능한 방사선 에너지의 형

\*Corresponding author  
Phone: +82-42-821-6723; Fax: +82-42-825-2664  
E-mail: kbsong@cnu.ac.kr

태에는 감마선, 전자선 및 X선의 3가지가 대표적이다.<sup>15)</sup> 이러한 방사선 에너지의 안전성에 대해서는 IAEA 및 WHO와 같은 국제기구에서 승인하고 있는데 최근 감마선 조사 기술의 이용성 증대를 위한 연구와 함께 전자선의 이용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>16-19)</sup> Shamsuzzaman 등<sup>18)</sup>은 계육에 전자선 조사와 열처리를 함으로써 미생물의 감소로 저장기간을 연장시킬 수 있음을 보고 하였고, Du 등<sup>21)</sup>과 Nam 등<sup>22)</sup>은 돈육에 전자선을 조사하여 미생물학적 품질 개선이 가능함을 보고 하였다. 또한, Bagorogoza 등<sup>23)</sup>과 Nanke 등<sup>24,25)</sup>은 가금육에 전자선을 조사하여 살균 효과와 품질에 미치는 영향에 대해 실험하여 국제기구에서 승인된 조사선량인 10 kGy 이하에서 미생물의 효과적인 사멸이 가능함을 확인하였다. 국내에서도 이들의 이용성 증대를 위한 연구가 활발히 진행되고 있는데, 이 등<sup>26-28)</sup>과 권 등<sup>29)</sup>은 고추, 인삼, 생강 분말 등에 전자선을 조사하여 미생물학적 품질 개선이 가능하다고 보고하였다. 전자선은 감마선에 비해 투과력이 떨어지는 반면에 살균에 필요한 조사선량을 얻기 위한 노출 시간이 수초에 불과하고 조사선량의 조절이 용이하다. 또한 소비자들의 감마선에 대한 미지의 두려움이 상존하고 있어 감마선에 대한 대안으로 전자선 조사가 주목 받고 있다. 국내에서도 계육에 대한 전자선 조사 연구가 이루어져 있지만, 그 결과는 아직 미흡하여 이에 대한 더 많은 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 계육 가슴살의 위생학적 품질 개선 및 저장성 증대를 목적으로 계육 가슴살에 전자선을 조사하여 이에 따른 미생물학적 안전성 확보 가능성을 확인하고, pH, 지방의 산패, 색도 측정과 관능 평가를 통해 이화학적 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

**재료.** 본 실험에 사용된 계육 가슴살은 대전 소재 마트에서 시판되고 있는 제품을 구입하여 사용하였다.

**Electron-beam irradiation.** 전자선 조사는 electron-beam accelerator(Model ELV-4, 1 MeV, Eb-Tech)를 이용하였다. Low density polyethylene(LDPE) bag에 계육 가슴살을 넣고 그 크기(120 mm×60 mm)에 맞도록 진공 포장하고, 가속 전류 2-8 mA, beam dimension 600 mm(length)×600 mm(width), velocity 5-10 m/min의 선량률로 총 흡수선량이 2-16 kGy가 되도록 조사 하였다. 이때의 흡수선량은 cellulose triacetate (CTA) dosimeter로 확인하였다.

**미생물 배양 및 D-value.** 전자선 조사된 계육 가슴살에서 멸균된 scalpel을 이용하여 일정한 크기로 5조각(size 25 mm×25 mm 2 mm)을 잘라내어 10 g을 채취하였다. 채취한 sample과 멸균 처리한 0.1% peptone water 90 ml를 멸균 bag에 넣고, stomacher(MIX 2, AES Laboratoire, France)를 이용하여 3 min 동안 처리하였다. 이것을 멸균 cheese cloth를 이용하여 여과하고 0.1% sterile peptone water를 이용하여 희석한 후 각각의 배지에 분주하였다. 미생물 측정은 American Public Health Association(APHA) 표준 방법<sup>30)</sup>에 따라 실시하여 colony forming unit(CFU)으로 표기하였다. 호기성 세균은 plate count

agar(PCA, Difco Co., Detroit, MI, USA)를 사용하여 37°C incubator에서 2일 동안 배양하였고, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar(PDA, Difco Co., Detroit, MI, USA)를 사용하여 35°C incubator에서 3일 동안 배양한 후 colony를 계수 하였다. 대장균 군은 Chromogenic *E. coli*/Coliform Medium(EC, Oxoid Ltd., Basingstoke, Hants, England)를 사용하여 37°C incubator에서 2일 동안 배양한 후 생성된 자색 colony를 계수 하였고, *Salmonella* spp.는 salmonella chromogenic agar base (Oxoid Ltd., Basingstoke, Hants, England)를 이용하여 37°C incubator에서 2일 동안 배양한 후 생성된 황색 colony를 계수 하였다.  $D_{10}$ -value는 각 시료에 대한 조사선량에 따른 생존 곡선으로부터 측정하였다.<sup>31)</sup>

**pH measurement.** Sample 5g과 멸균수 45 ml를 분쇄기(Model MCH600SI, Tong Magic Co., Seoul, Korea)에 넣고 1 min 동안 분쇄한다. 분쇄한 sample을 2000×g에서 15 min 동안 원심분리하고, 그 상등액의 pH를 pH meter(Coming Inc., Coming, NY, USA)를 이용하여 측정하였다.

**유지의 산패 측정.** 전자선 조사선량에 따른 계육 가슴살의 저장기간에 따른 산패 정도를 측정하기 위해 Ahn 등<sup>32)</sup>의 방법을 수정하여 실시하였다. 전자선 조사된 sample 5g 과 멸균수 15 ml를 분쇄기에 넣고 분쇄한 후 1 ml를 2-thiobarbituric acid/trichloroacetic acid(TBA/TCA) solution 2 ml이 들어 있는 disposable test tube에 넣고 vortex를 이용하여 혼합하였다. 이것을 water bath(CW-10G, JEIO TECH CO., LTD, Korea)에서 15 min 동안 처리한 후 sample을 실온에서 10 min 동안 방치시키고 2000×g에서 15 min 동안 원심분리를 실시하여 532 nm에서 상등액의 흡광도를 측정하였다. TBARS는 5g 중의 malondialdehyde(MDA)의 양을 mg으로 나타내어 표시하였다.

**색도 측정.** 전자선 조사된 시료 및 대조구에 대한 색도는 색차계(CR-300 Minolta Chroma Meter, Minolta Camera Co., Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter 색차계의 L, a, b 값을 측정 하였다. 이때 측정은 5회 반복하여 평균값으로 나타내었다. 각각의 측정값은 L; 0(black)-100(White), a; -80(greenness)-100(redness), b; -80(blueness)-70(yellowness)를 나타내고, 이 때 사용된 표준 백판의 L, a, b 값은 각각 L=98.34, a=-0.03, b=1.62이었다.

**관능검사.** 전자선 조사가 계육 가슴살의 품질에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 선정된 기준에 의거한 5단계 평점으로 관능검사를 실시하였다<sup>33)</sup>. 관능검사는 선발된 panel 요원 10명에 의해 조사된 시료의 신선도, 조직감, 냄새, 부패 정도 및 종합적 기호도에 대해 실시하였다. 각 조사된 시료에 대한 관능검사는 조사되지 않은 시료를 대조구로 하여 비교 분석하였다.

## 결과 및 고찰

**시료의 초기 미생물 농도.** 시료에 대한 초기 미생물 수는 총 호기성 세균, 효모와 곰팡이, 대장균 군, *Salmonella* spp.가 각각 5.7, 4.6, 5.0, 3.6 log CFU/g 이었다. 본 실험 결과 계육 가슴살의 초기 미생물 수를 감안할 때, 살균 처리에 의한 미생물학적 안전성의 확보가 필요한 것을 확인 하였다.

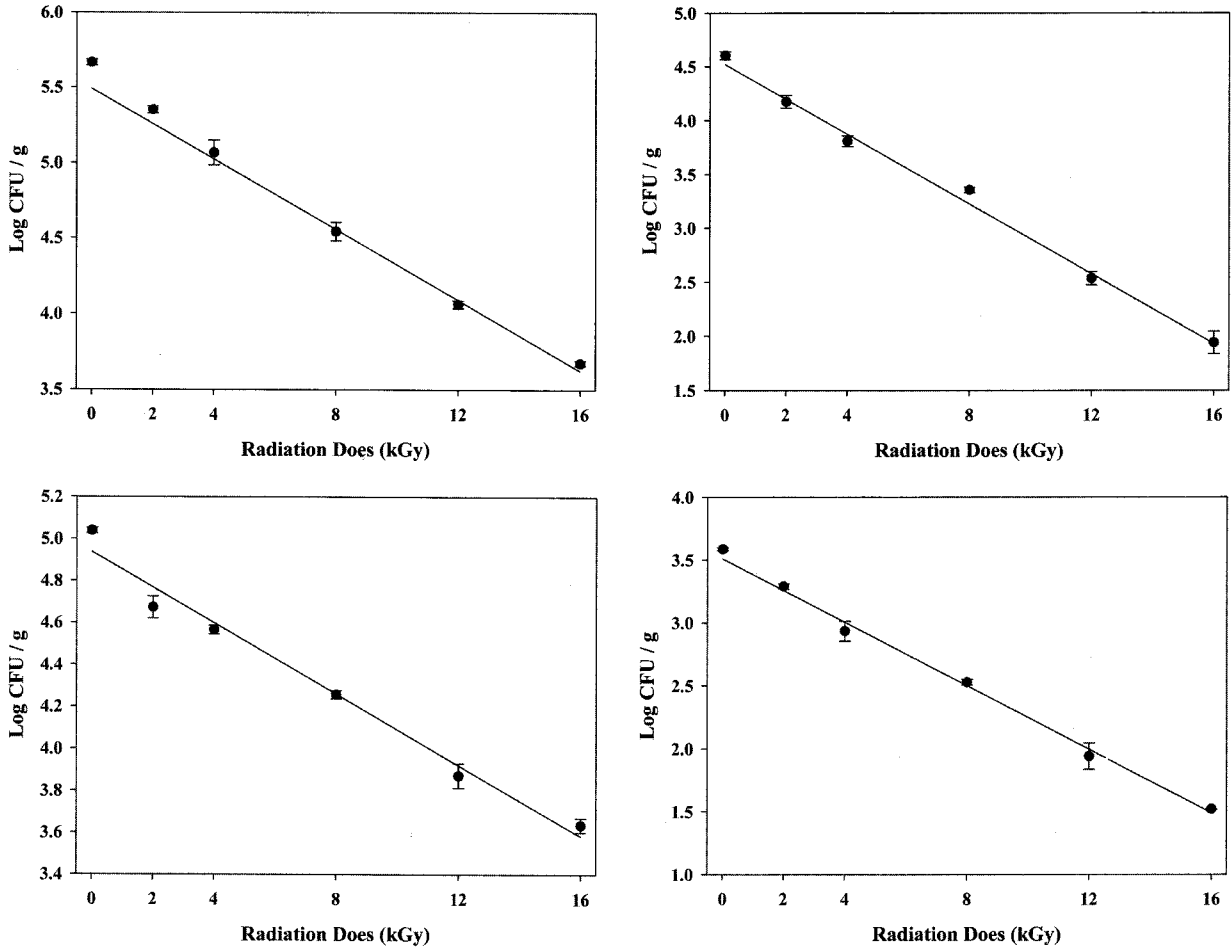


Fig. 1. Effect of e-beam irradiation on the survival of microorganisms in chicken breast. Bars represent standard error. a: total aerobic bacteria b: yeast and mold, c: coliforms d: *Salmonella* spp.

**전자선 살균 효과 및 저장 중 미생물 변화.** 전자선 조사 결과, 총 호기성 세균, 효모와 곰팡이 및 대장균 군이 조사선량이 증가함에 따라 미생물 수가 감소하는 형태를 나타내었다(Fig. 1) 본 연구에서 계육 가슴살에 존재하는 미생물의 사멸된 정도를 확인한 결과, 8 kGy의 조사선량에서 1 log 정도의 감균 효과를 나타냄을 확인할 수 있었다. Louise 등<sup>34)</sup>과 Clark 등<sup>35)</sup>의 보고에 따르면, 시료에 전자선 조사를 실시할 경우 시료에 존재하는 미생물 세포 내 에너지가 증가함으로써 세포의 항상성 불균형이 발생하게 되어 DNA에 damage를 주어 미생물의 사멸을 일으키게 된다고 한다. Calenberg 등<sup>12)</sup>은 shrimp에 존재하는 미생물이 5 kGy 전자선 조사로 1 log 정도 유의적으로 감소함을 확인하였다. 이밖에도, 다양한 연구에 의해 전자선 조사가 세균의 증식 억제에 효과적이라고 많이 보고되고 있다. 현재 IAEA 및 FDA에서는 식품의 안전성 확보를 위한 전자선의 조사선량을 10 kGy 이하로 규정하고 있는데, 본 실험의 결과는 국제적으로 안전성이 확인된 10 kGy 이하의 조사선량의 범위인 8 kGy에서 전자선 조사의 효과적인 살균력을 확인한 것으로, 보고된 여러 전자선 조사 실험 결과와 비슷한 결과를 나타낸 것이다.

전자선 조사가 미생물의 생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여 저장 기간에 따른 미생물의 변화를 확인하였다(Fig. 2). 저

장 기간은 일반적으로 부패를 나타내는 지표인 미생물의 수가  $10^7$ - $10^8$  정도 증가하였을 때를 기준으로 하여 7일 동안 4°C에서 저장하였다. 대조구에 존재하는 총 호기성균의 경우 저장기간이 증가함에 따라 그 수가 뚜렷이 증가함을 확인할 수 있었다. 저장 5일 후 대조구와 전자선 조사된 시료에 존재하는 총 호기성균은 각각 8.0, 6.9 log CFU/g 이었다. 본 실험의 결과, 조사선량의 증가에 따라 시료에 존재하는 총 호기성균의 생육 억제가 유의적으로 증가함을 확인할 수 있었다(Fig. 2-a).

효모와 곰팡이의 경우 총 호기성균과 비슷한 형태의 생육 곡선을 나타내었다(Fig. 2-b). 저장 5일 후 대조구에 존재하는 효모와 곰팡이의 수는 6.9 log CFU/g이었다. 반면에 전자선 조사된 시료에 존재하는 효모와 곰팡이의 수는 5.7 log CFU/g이었다. 저장 5일 후 부패가 급격히 일어남에도 불구하고 그 수가 급격히 증가함을 보이지 않았는데, 이것은 효모와 곰팡이가 계육 가슴살의 부패에 관여하는 주요한 미생물이 아님을 보여주는 것이었다.

대장균 군 또한 저장기간 동안 총 호기성균과 비슷한 증식 형태를 나타내었다(Fig. 2-c). 저장기간 5일 후 대조구와 전자선 조사된 시료에 존재하는 대장균 군의 수는 각각 7.5, 7.1 log CFU/g이었다. 대장균 군의 수는 부패의 진행에 따라 그 수가 유의적으로 증가함을 나타내었는데, 특히 저장 3일 이후 급격

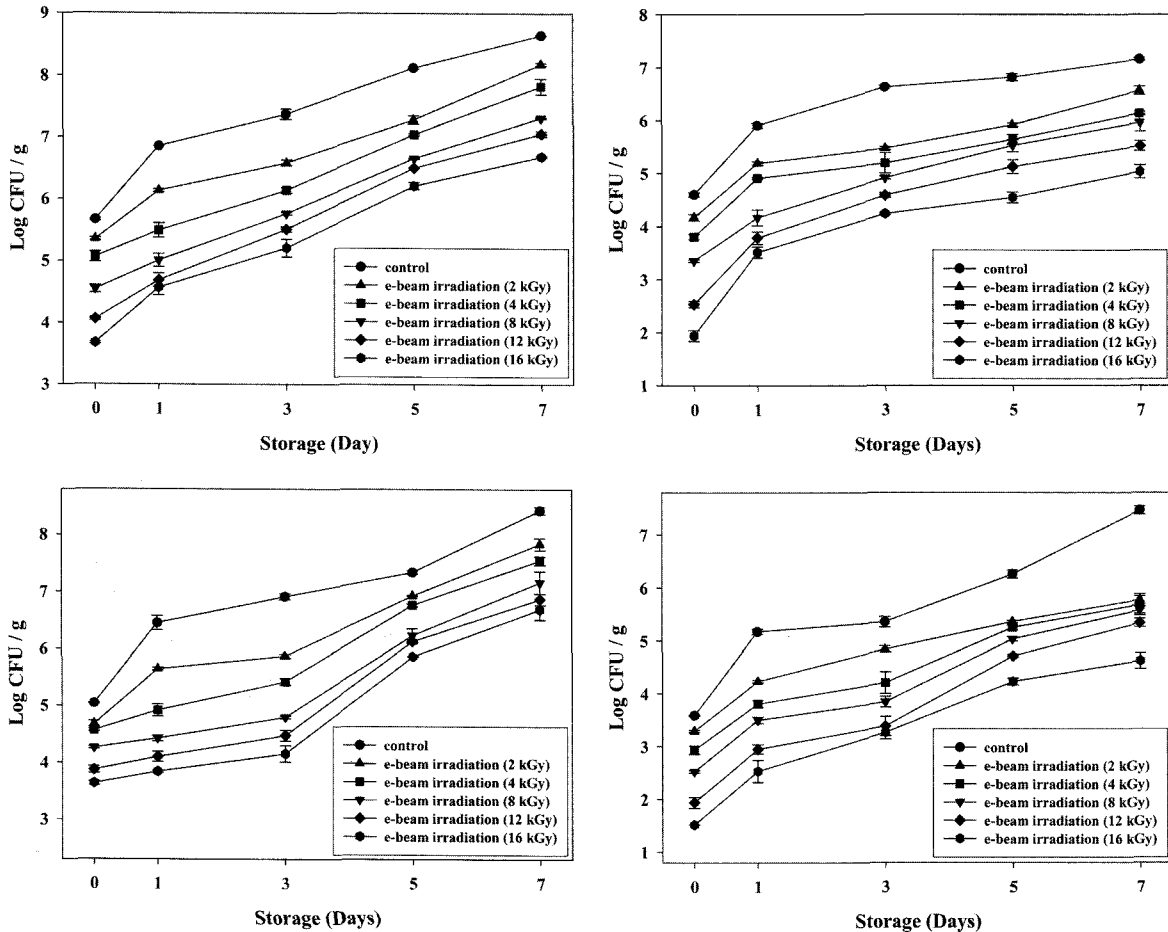


Fig. 2. Change in populations of microorganisms in e-beam irradiated chicken breast during storage. Bars represent standard error. a: total aerobic bacteria b: yeast and mold, c: coliforms d: *Salmonella* spp.

한 증가를 보였다. 대장균 군의 경우 식품에 있어서 부패에 관여하는 주요한 병원성 미생물로 식육에 있어서 급격한 증식을 보이는 미생물로 알려져 있다.<sup>36,37)</sup> 본 실험의 결과 계육 가슴살에 대한 전자선 조사로 대장균군의 생육 및 증식의 역제가 가능한 것을 확인할 수 있었고, 이를 통해 식품 산업으로의 방사선의 이용으로 계육 가슴살의 저장성 증대를 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

*Salmonella* spp.는 식중독을 발생시키는 주요한 병원성 미생물로 계육 등과 같은 가금육뿐만 아니라 식육에 있어서 안전성의 확보가 필요한 것으로 알려져 있다.<sup>5,38)</sup> *Salmonella* spp.는 저장기간 동안 계육 가슴살에 존재하는 다른 미생물과 비슷한 형태의 증식 형태를 나타내었다(Fig. 2-d). 저장 5일 후 대조구와 전자선 조사된 시료에 존재하는 *Salmonella* spp.의 수는 각각 6.3, 5.4 log CFU/g이었다. 저장 7일 후 대조구에 존재하는 *Salmonella* spp.의 수는 10<sup>7</sup> 이상 급격히 증식하였지만, 전자선 조사된 시료에 존재하는 *Salmonella* spp.의 수는 10<sup>6</sup> 이하로 나타났다. 본 실험의 결과 전자선 조사에 의해 계육 가슴살에 존재하는 *Salmonella* spp.의 증식을 억제하는 것을 확인할 수 있었다.

일반적으로 전자선 조사는 투과력이 낮아 미생물의 사멸 또는 생장 억제에 효과가 다소 떨어지는 것으로 알려져 있다.<sup>39)</sup>

하지만 규정된 조사선량의 범위로 시료에 전자선 조사시킨 본 실험의 결과, 전자선 조사가 미생물의 생육 및 증식의 억제에 효과적인 것으로 확인되었다. 따라서 전자선 조사를 통한 미생물의 살균 처리로 계육 가슴살의 품질 향상과 shelf life 증대를 가능하게 할 것으로 판단된다.

**D<sub>10</sub> value.** 미생물 생존 곡선을 이용하여 미생물 수가 1 log 감소하는 전자선의 조사선량을 계산하여 D<sub>10</sub> value로 나타내었다. 계육가슴살에 존재하는 호기성 세균, 곰팡이와 효모, 대장균 군, *Salmonella* spp. 각각의 D<sub>10</sub> value를 Table 1에 나타내었다. 본 실험에서 측정된 전자선 조사된 계육 가슴살에 존재하는 미생물의 D<sub>10</sub> value는 6-8.23 kGy로 다른 전자선에 대한 연구 결과들에 비해 높게 측정 되었고, 다른 미생물에 비해 효모와 곰팡이의 경우 D<sub>10</sub> value가 다소 작게 나타났다. 미생물의

Table 1. D<sub>10</sub> value<sup>1)</sup> of microorganisms contaminated in e-beam irradiated vacuum-packaged chicken breast

Microorganisms	D <sub>10</sub> value (kGy)
Total aerobic bacteria	8.23
Yeast and Mold	6
<i>Escherichia coli</i> .	7.56
<i>Salmonella</i> spp.	8.03

<sup>1)</sup>Decimal reduction dose. (log<sub>10</sub> N/N<sub>0</sub> = -D/D<sub>10</sub>)

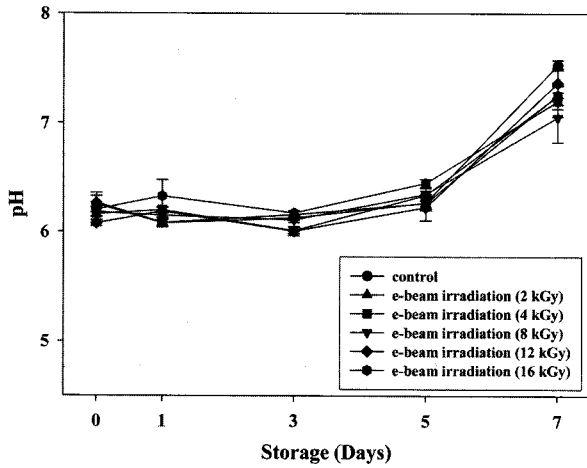


Fig. 3. Changes in pH of e-beam irradiated chicken breast during storage. Bars represent standard error.

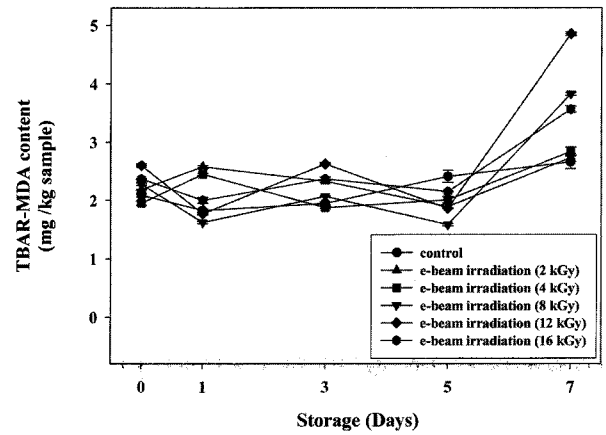


Fig. 4. Changes in TBARS of e-beam irradiated chicken breast during storage. Bars represent standard error.

D<sub>10</sub> value는 조사 시료의 두께에 의해 그 차이가 발생할 수 있고 또한 시료에 존재하는 초기 미생물의 농도, 시료의 이화학적 상태 및 매개체의 이화학적 성질, 조사 조건 및 환경, 그리고 조사 후 저장 조건 및 조사 선원 등에 따라 달라진다고 알려져 있다.<sup>18)</sup> 특히 전자선에 대한 미생물의 감수성이나 저항성은 주변 환경이나 수분 활성, 그리고 미생물의 종류에 따라 크게 영향을 받는 것으로 Ma 등<sup>40)</sup>에 의해 보고되었다. 따라서 본 실험에서 계육 가슴살에 존재하는 미생물의 D<sub>10</sub> value가 Table 1과 같이 나타난 것은 조사 선원 및 미생물 자체의 방사선 감수성의 차이와 조사 시 시료의 물리 화학적 상태, 그리고 주변 환경에 의한 미생물의 오염도에 의해서 나타난 결과로 판단된다.<sup>18,41)</sup>

**pH 및 유지의 산화 안정성.** 전자선 조사선량에 따른 계육 가슴살의 저장 중 pH 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 저장 기간 중 대조구와 전자선 조사된 계육 가슴살의 pH를 확인한 결과, 조사선량에 따른 차이는 보이지 않았다. 대조구와 전자선 조사된 계육 가슴살의 pH는 5일까지는 유의적인 변화를 나타내지 않았으나, 5일 이후 급격한 증가를 나타내었다. 일반적으로 부패가 진행되면 pH가 증가한다고 알려져 있다. Holley 등<sup>42)</sup>의 보고에 따르면 신선육의 pH는 저장기간의 증가에 따라 점차 증가한다고 보고하고 있다. 본 실험의 결과, 전자선 조사가 저장 중 계육 가슴살의 pH에는 영향을 주지 않는 것으로 판단된다. 전자선 조사선량에 따른 계육 가슴살의 저장 기간 중 유지의 산패 정도는 Fig. 4과 같다. TBARS 값은 지질의 산패 정도를 나타내는 값으로 그 값이 크면 지방의 산패가 많이 진행

Table 2. Change in Hunter color values of e-beam irradiated vacuum-packaged chicken breast during storage

Color value <sup>1)</sup>	Irradiation dose (kGy)	Storage period (Days)				
		0	1	3	5	7
L	0	48.00±1.35 <sup>dc</sup>	49.83±1.90 <sup>b</sup>	51.23±1.96 <sup>b</sup>	49.09±0.32 <sup>c</sup>	54.86±1.05 <sup>a</sup>
	2	46.76±0.92 <sup>d</sup>	49.40±0.37 <sup>b</sup>	53.00±2.63 <sup>b</sup>	55.19±2.24 <sup>a</sup>	57.18±0.87 <sup>a</sup>
	4	52.55±2.26 <sup>a</sup>	51.98±1.84 <sup>a</sup>	54.18±3.76 <sup>ab</sup>	53.13±1.49 <sup>ab</sup>	49.68±1.38 <sup>b</sup>
	8	49.74±1.10 <sup>c</sup>	52.42±1.89 <sup>a</sup>	54.02±1.06 <sup>ab</sup>	52.33±1.93 <sup>b</sup>	55.84±2.96 <sup>a</sup>
	12	50.97±1.10 <sup>ab</sup>	50.62±0.51 <sup>ab</sup>	56.70±2.86 <sup>a</sup>	51.54±1.53 <sup>b</sup>	55.47±2.38 <sup>a</sup>
	16	49.08±1.01 <sup>bc</sup>	52.55±0.61 <sup>a</sup>	53.83±0.50 <sup>ab</sup>	52.49±1.32 <sup>b</sup>	55.08±1.00 <sup>a</sup>
a	0	21.25±3.31 <sup>a</sup>	19.50±0.45 <sup>a</sup>	18.97±0.42 <sup>a</sup>	18.12±1.25 <sup>a</sup>	17.73±0.42 <sup>a</sup>
	2	18.32±5.23 <sup>ab</sup>	17.93±3.38 <sup>ab</sup>	16.93±2.54 <sup>ab</sup>	16.35±2.90 <sup>a</sup>	14.15±3.83 <sup>ab</sup>
	4	17.54±4.42 <sup>ab</sup>	17.60±2.34 <sup>ab</sup>	16.32±1.55 <sup>b</sup>	15.91±2.09 <sup>ab</sup>	14.66±0.64 <sup>b</sup>
	8	15.87±2.25 <sup>b</sup>	14.45±3.30 <sup>b</sup>	13.90±1.43 <sup>c</sup>	11.26±3.76 <sup>b</sup>	10.12±2.22 <sup>c</sup>
	12	15.04±2.47 <sup>b</sup>	13.65±4.47 <sup>b</sup>	13.80±1.82 <sup>c</sup>	12.47±1.51 <sup>b</sup>	11.27±0.59 <sup>c</sup>
	16	13.02±2.73 <sup>bc</sup>	12.46±0.23 <sup>b</sup>	12.13±1.30 <sup>c</sup>	10.12±0.53 <sup>c</sup>	8.72±1.71 <sup>c</sup>
b	0	7.72±0.24 <sup>a</sup>	7.03±0.82 <sup>c</sup>	7.50±0.28 <sup>b</sup>	7.33±0.62 <sup>b</sup>	7.28±0.35 <sup>b</sup>
	2	7.81±0.20 <sup>a</sup>	7.77±0.49 <sup>b</sup>	7.64±0.39 <sup>b</sup>	7.41±0.54 <sup>b</sup>	7.74±0.92 <sup>ab</sup>
	4	7.80±0.16 <sup>a</sup>	8.04±0.88 <sup>ab</sup>	8.68±0.35 <sup>a</sup>	8.26±0.41 <sup>a</sup>	8.13±0.29 <sup>a</sup>
	8	7.47±0.51 <sup>b</sup>	7.63±0.07 <sup>b</sup>	7.58±0.22 <sup>b</sup>	7.51±0.39 <sup>b</sup>	7.95±0.81 <sup>a</sup>
	12	7.56±0.65 <sup>ab</sup>	8.75±0.71 <sup>a</sup>	8.98±0.51 <sup>a</sup>	8.23±0.64 <sup>a</sup>	8.32±0.23 <sup>a</sup>
	16	7.65±0.08 <sup>ab</sup>	7.97±0.33 <sup>ab</sup>	7.72±0.25 <sup>b</sup>	7.33±0.72 <sup>b</sup>	7.61±0.01 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>L; degree of whiteness (0 black - 100 White), a; degree of redness (-80 greenness - 100 redness), b; degree of yellowness (-80 blue - 70 yellowness).  
<sup>a-d</sup>Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

Table 3. Sensory evaluation of e-beam irradiated vacuum-packaged chicken breast treated during storage

Organoleptic parameter	Irradiation dose (kGy)	Storage Period (day)				
		0	1	3	5	7
Freshness	0	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.60±0.55 <sup>a</sup>	2.80±0.84 <sup>b</sup>	2.20±0.45 <sup>c</sup>
	2	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	3.60±0.55 <sup>a</sup>	2.80±0.45 <sup>ab</sup>
	4	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	4.00±0.00 <sup>a</sup>	3.20±0.45 <sup>ab</sup>
	8	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	4.00±0.00 <sup>a</sup>	3.20±0.45 <sup>ab</sup>
	12	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	4.00±0.00 <sup>a</sup>	3.60±0.55 <sup>a</sup>
	16	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	4.00±0.00 <sup>a</sup>	3.60±0.55 <sup>a</sup>
Texture	0	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.60±0.55 <sup>a</sup>	2.40±0.90 <sup>b</sup>	2.60±0.55 <sup>c</sup>
	2	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.60±0.55 <sup>a</sup>	3.60±0.55 <sup>a</sup>	2.80±0.45 <sup>bc</sup>
	4	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	3.80±0.45 <sup>a</sup>	3.40±0.55 <sup>ab</sup>
	8	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	4.00±0.00 <sup>a</sup>	3.40±0.55 <sup>ab</sup>
	12	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	4.00±0.00 <sup>a</sup>	3.60±0.55 <sup>a</sup>
	16	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	4.20±0.45 <sup>a</sup>	3.60±0.55 <sup>a</sup>
Decay	0	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	3.20±0.84 <sup>b</sup>	2.80±0.45 <sup>a</sup>
	2	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.20±0.45 <sup>a</sup>	2.80±0.45 <sup>a</sup>
	4	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.20±0.45 <sup>a</sup>	3.60±0.89 <sup>a</sup>
	8	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.20±0.45 <sup>a</sup>	3.40±0.55 <sup>a</sup>
	12	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.20±0.45 <sup>a</sup>	3.40±0.55 <sup>a</sup>
	16	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.20±0.45 <sup>a</sup>	3.40±0.55 <sup>a</sup>
Odor	0	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.40±0.55 <sup>b</sup>	3.80±0.45 <sup>b</sup>	2.40±0.55 <sup>c</sup>	2.00±0.00 <sup>a</sup>
	2	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.60±0.55 <sup>ab</sup>	4.00±0.00 <sup>b</sup>	2.80±0.45 <sup>bc</sup>	2.00±0.00 <sup>a</sup>
	4	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.60±0.55 <sup>ab</sup>	4.20±0.45 <sup>b</sup>	3.20±0.45 <sup>ab</sup>	2.20±0.45 <sup>a</sup>
	8	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	3.40±0.55 <sup>ab</sup>	2.40±0.55 <sup>a</sup>
	12	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	3.60±0.55 <sup>a</sup>	2.80±0.84 <sup>a</sup>
	16	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	3.60±0.55 <sup>a</sup>	2.80±0.84 <sup>a</sup>
Total	0	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	4.20±0.45 <sup>a</sup>	2.40±0.55 <sup>b</sup>	2.40±0.55 <sup>c</sup>
	2	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	4.20±0.45 <sup>a</sup>	2.80±0.45 <sup>b</sup>	2.60±0.55 <sup>bc</sup>
	4	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	4.60±0.55 <sup>a</sup>	3.60±0.55 <sup>a</sup>	3.20±0.45 <sup>ab</sup>
	8	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	3.80±0.45 <sup>a</sup>	3.40±0.55 <sup>a</sup>
	12	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	3.80±0.41 <sup>a</sup>	3.40±0.55 <sup>a</sup>
	16	5.00±0.00 <sup>a</sup>	5.00±0.00 <sup>a</sup>	4.80±0.45 <sup>a</sup>	3.80±0.45 <sup>a</sup>	3.40±0.55 <sup>a</sup>

\*-c Means ( $\pm$  standard errors) within the same column with different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test. Means of 3 replications.

되었음을 나타낸다. 대조구와 전자선 조사된 시료 모두 저장기간의 증가에 따라 그 값이 증가함을 나타내었다. 저장 5일까지 대조구와 조사된 시료 사이의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 저장 5일 후 대조구에 비해 조사된 시료들의 TBARS 값이 높게 나타났다. 일반적으로 육류의 경우 저장기간의 경과에 따라 단백질의 완충물질의 변화와 전해질 해리의 감소 및 암모니아의 생성 등에 의해서 pH가 증가한다고 한다. Ahn 등<sup>32)</sup>은 전자선 조사된 돈육의 TBARS 값이 대조구에 비해 저장 3일 후 그 값이 현저히 높았음을 보고하였고, 실험의 최대 저장기간인 14일 동안 전자선에 의해 조사된 돈육의 TBARS 값이 비조사된 돈육에 비해 더 빠르게 증가하였다고 보고하였다. 또, Heath 등<sup>43)</sup>과 O'Neill 등<sup>44)</sup>의 보고에 따르면 전자선 조사된 시료의 경우 일정 저장기간이 지나면 지방의 산화가 촉진된다고 하였는데, 식품에 흡수된 에너지는 식품 내부에서 라디칼을 생성하게 되는데, 이때 형성된 라디칼들에 의해 지방의 산화가 촉진되어진다.<sup>21,22,45)</sup> 본 실험의 결과는 이미 보고된 문헌들의 결과와 일치하는 것으로써 전자선 처리가 지방의 산화와 밀접한 관계가 있음을 보여 주었다.

**색도 및 관능적 품질.** 전자선 조사된 계육 가슴살 및 대조구에 대한 색도를 색차계를 사용하여 측정된 결과를 Table 2에 나타내었다. Hunter L value와 b value의 경우 저장기간의 증가에 따라 그 값의 변화는 대조구와 비교하였을 때 조사선량에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않은 것을 확인할 수 있었다. 반면에 a value의 경우 대조구와 비교하였을 때 조사선량의 증가에 따라 그 값이 감소하였고, 저장기간이 증가함에 따라 유의적으로 감소함을 나타내었다. 일반적으로 살균처리에 이용되고 있는 훈증제 처리(ethylene oxide)나 고선량의 감마선 조사는 Hunter L, a value를 저하 시키거나 b value를 증가시키는 것으로 알려져 있다.<sup>14,19,46-48)</sup> 하지만 본 실험 결과, Hunter a value만이 조사선량과 저장기간의 증가에 따라 감소함을 나타내었고, L value와 b value의 경우 변화가 없음을 확인할 수 있었다.

전자선 조사선량에 따른 계육 가슴살에 대한 저장기간 중 관능검사 결과는 Table 3과 같다. 본 실험의 결과, 조사 직후 모든 조사선량에서 조사된 시료와 대조구 사이에 있어서 신선도, 조직감, 냄새, 부패 정도 및 종합적 기호도면에서 유의적 차이

가 없는 것으로 나타났다. 하지만 저장 기간이 증가함에 따라 대조구에 비해 전자선 조사된 시료가 관능적으로 우수한 결과를 나타내었다.

본 실험 결과, 전자선 조사는 식육에 존재하는 미생물의 사멸에 효과적으로 작용하여 식품 고유의 성분 변화 없이 미생물학적 안전성을 보장할 수 있고, 또한 기존의 살균 처리에 대한 대체 기술으로써 식육의 저장성 증대를 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

## 초 록

전자선 조사가 계육 가슴살의 미생물학적 변화와 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 전자선 조사는 진공 포장하여 2-16 kGy의 선량으로 조사하였고, 조사 후 4°C에서 7일 동안 저장하였다. 저장 중 전자선의 미생물에 대한 사멸효과를 확인하고, pH, 지방의 산패, 색도의 변화와 관능검사를 통해 전자선이 계육 가슴살의 품질에 미치는 영향을 분석하였다. 조사선량이 증가함에 따라 계육 가슴살에 존재하는 미생물 수가 유의적으로 감소함으로써 미생물학적 안전성의 가능성을 확인하였다. 저장 중 전자선 조사된 계육 가슴살의 pH를 확인한 결과, 조사선량에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. TBARS 값의 경우, 조사선량과 저장기간의 증가에 따라 그 값이 유의적으로 증가함을 나타내었다. 조사된 시료에 대한 Hunter L, a, b value를 측정된 결과, a value가 조사선량과 저장기간의 증가에 따라 유의적으로 감소함을 나타내었고, L value와 b value의 경우 대조구와 비교하여 유의적 차이가 없었다. 관능검사의 경우, 조사 직후 조사선량에 따른 차이는 보이지 않았으나 저장기간이 증가함에 따라 전자선 조사된 시료가 관능적으로 우수함을 나타내었다. 본 연구 결과, 전자선 조사가 계육 가슴살의 미생물학적 안전성의 확보와 품질의 개선에 효과가 있음을 보여주었다.

**Key words:** 전자선 조사, 계육가슴살, 미생물 생육, 저장, 품질

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구 개발 사업의 지원으로 이루어진 것이며 이에 감사를 드립니다.

## 참고문헌

1. Jimenez, S. M., Salsi, M. S., Tiburzi, M. C., Rafaghelli, Tessi, M. A. and Coutaz, V. R. (1997) Spoilage microflora in fresh chicken breast stored at 4°C. *J. Appl. Microbiol.* **83**, 613-618.
2. Bailey, J. S., Lyon, B. G., Lyon, C. E. and Windham, W. R. (2000) The microbiological profile of chilled and frozen chicken. *J. Food Prot.* **63**, 1228-1230.
3. Dickens, J. A. and Whitmore, A. D. (1995) The effects of extended chilling times with acetic acid on the temperature and microbiological quality of processed poultry carcasses. *Poult. Sci.* **74**, 1044.
4. Dorsa, W. J., Cutter, C. N., Siragusa, G. R. and Koohmaraie, M. (1995) Microbial decontamination of beef and sheep carcasses by steam, hot water spray washes, and a steam-vacuum sanitizer. *J. Food Prot.* **59**, 127.
5. CDC. (2004). Preliminary foodnet data on the incidence of infection with pathogens transmitted commonly through food-Selected sites, United States, 2003. *Morb. Mortal. Weekly Rep.* **53**, 338-343.
6. The Ministry of Health and Welfare in Korea. (1997) Food standard code. Seoul, Korea. 39, pp. 507-550.
7. Snyder, O. P. (1998) Menu management and purchasing: Food Safety Through Quality Assurance Management (ed. Hospitality Institute of Technology and Management). Chapter 6, Saint Paul, Minnesota, USA. pp. 11-13.
8. Kim, C. R., Kim, K. H., Moon, S. J., Kim, Y. J. and Lee, Y. K. (1998) Microbiological and physical quality of refrigerated chicken legs treated with acetic acid. *Korean J. Food Sci. Biotechnol.* **7**, 13-17.
9. Jimenez-Villarreal, J. R., Pohlman, F. W., Johnson, Z. B. and Brown Jr, A. H. (2003) Effect of chlorine dioxide, cetylpyridinium chlorine, lactic acid and trisodium phosphate on physical and sensory properties of ground beef. *Meat Sci.* **65**, 1055-1062.
10. Jimenez-Villarreal, J. R., Pohlman, F. W., Johnson, Z. B., Brown Jr, A. H. and Baublits, R. T. (2003) The impact of single antimicrobial intervention treatment with cetylpyridinium chloride, trisodium phosphate, chlorine dioxide or lactic acid on ground beef lipid, instrumental color and sensory characteristics. *Meat Sci.* **65**, 977-984.
11. Boyette, M. D., Ritchie, D. F., Carballo, S. J., Blankenship, S. M. and Sanders, D. C. (1993) Chlorination and postharvest disease control. *Hort. Technol.* **3**, 395-400.
12. Kraybill, H.F. (1978) Water Chlorination: Origin, classification and distribution of chemicals in drinking water with an assessment of their carcinogenic potential. Vol. 1, Jolly R. L. (ed). Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI, USA. pp. 211-228.
13. Youm, H. J., Jang, J. W., Kim, K. R., Kim, H. J., Jeon, E. H., Park, E. K., Kim, M. R. and Song, K. B. (2004) Effect of chemical treatment with citric acid or ozonated water on microbial growth and polyphenol oxidase activity in lettuce and cabbage. *J. Food Sci. Nutr.* **9**, 121-125.
14. Van Calenberg, S., Van haelewyn, G., Van Cleemput, O., Callens, F., Mondelaers, W. and Huyghebaert, A. (1998) Comparison of the effect of X-ray and electron beam irradiation on some selected spices. *Lebensm-Wiss. u-Technol.* **31**, 252-258.
15. Jongen, Y., Abs, M., Genin, F., Nguyen, A., Capdevila, J. M. and Defrise, D. (1993) The Rhodotron, a new 10 MeV, 100 Kw, cw metric wave electron accelerator. *Nucl. Instrum. Meth.* **79**, 865-870.
16. Kwon, J. H., Byun, M. W. and Cho, H. O. (1992) Development of food irradiation technology and consumer attitude toward irradiation food in Korea. *Radioisotopes* **41**, 654-662.
17. Ito, H. and Islam, S. (1994) Effect of dose rate on inactivation of microorganisms in spices by electro-beams and gamma-rays irradiation. *Radiat. Phys. Chem.* **43**, 545-550.
18. Lee, M. K., Lee, M. H. and Kwon, J. H. (1998) Sterilizing

- effect of electron beam on ginseng powders. *Korean J. Food Sci. Technol.* **30**, 1362-1366.
19. Lee, J. E. (1997) Effect of electron-beam irradiation on quality attributes of powdered red pepper and ginger. MS thesis, Kyungpook National University. Taegu, Korea.
  20. Shamsuzzaman, K., Lucht, L. and Chuaquioffermanns, N. (1995) Effects of combined electron-beam irradiation and sous-vide treatments on microbiological and other qualities of chicken breast meat. *J. Food Prot.* **58**, 497.
  21. Du, M., Nam, K. C. and Ahn, D. U. (2001) Cholesterol and lipid oxidation products in cooked meat as affected by raw-meat packaging and irradiation by cooked meat packaging and storage time. *J. Food Sci.* **66**, 1396-1401.
  22. Nam, K. C., Ahn, D. U. and Jo, C. (2001) Lipid oxidation, color, volatiles, and sensory characteristics of aerobically packaged and irradiated pork with different ultimate pH. *J. Food Sci.* **66**, 1225-1229.
  23. Bagorogoza, K., Bowers, J. and Okot-Kotber, M. (2001) The effect of irradiation and modified atmosphere packaging on the quality of intact chill-stored turkey breast. *J. Food Sci.* **66**, 367-372.
  24. Nanke, K. E., Sebranek, J. G. and Olson, D. G. (1999) Color characteristics of irradiated, aerobically packaged pork, beef, and turkey. *J. Food Sci.* **64**, 272-278.
  25. Nanke, K. E., Sebranek, J. G. and Olson, D. G. (1998) Color characteristics of irradiated vacuum-packaged pork, beef, and turkey. *J. Food Sci.* **63**, 1001-1006.
  26. Lee, J. E., Kwon, O. J. and Kwon, J. H. (2000) Effect of electron beam irradiation on microbiological and organoleptic qualities of powdered red pepper and ginger. *Korean J. Food Sci. Technol.* **32**, 380-386.
  27. Lee, J. E., Lee, M. H. and Kwon, J. H. (2000) Effect of electron beam irradiation on physicochemical qualities of red pepper powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* **32**, 271-276.
  28. Lee, M. K., Kwon, J. H. and Do, J. H. (1998) Effect of electron-beam irradiation on color and organoleptic qualities of ginseng. *J. Ginseng Res.* **22**, 252-259.
  29. Kwon, H., Lee, J. E., Kim, J. S. and Kwon, J. H. (2000) Effect of electron beam irradiation on the quality of Kochujang powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **29**, 655-662.
  30. APHA. (2001) Compendium of methods for the microbiological examination of foods. American Public Health Association. Washington DC, USA.
  31. IAEA. (1982) Training manual on food irradiation technology and techniques, technical report series. No 114, (2nd ed.), Vienna. pp. 43-60.
  32. Ahn, D. U., Olson, D. C., Jo, C., Chen, X., Wu, C. and Lee, J. I. (1998) Effect of muscle type, packaging, and irradiation on lipid oxidation, volatile production, and color in raw pork patties. *Meat Sci.* **49**, 29-39.
  33. Kim S. K., Lee M. S., Lee K. T., Park S. K. and Song, K. B. (2004) Change in quality of pork and beef during storage and electronic nose analysis. *Korean J. Food Pre.* **11**, 441-447
  34. Louise, M. F., Paul, E. C. and Alistair, S. G. (1997) The effect of electron beam irradiation, combined with acetic acid, on the survival and recovery of *Escherichia coli* and *Lactobacillus curvatus*. *Int. J. Food Microbiol.* **35**, 259-265.
  35. Clack, J. P. (2002) Processing papers and exhibits-electronic irradiation system. *Food Technol.* **56**, 101-110.
  36. Han, Y., Linton, R. H., Nielsen, S. S. and Nelson, P. E. (2000) Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on surface-uninjured and -injured green pepper (*Capsicum annuum* L.) by chlorine dioxide gas as demonstrated by confocal laser scanning microscopy. *Food Microbiol.* **17**, 643-655.
  37. Du, J., Han, Y. and Linton, R. H. (2003) Efficacy of chlorine dioxide gas in reducing *Escherichia coli* O157:H7 on apple surfaces. *Food Microbiol.* **20**, 583-591.
  38. Fisher, T. L. and Golden, D. A. (1998) Fate of *Escherichia coli* O157:H7 in ground apples used in cider production. *J. Food Prot.* **61**, 1372-1374.
  39. Hayashi, T. (1991) In *Food Irradiation: Comparative effectiveness of gamma-rays and electron beams in food irradiation*. Thorne, S. (ed.), Elsevier Applied Science. London and New York, pp. 169-206.
  40. Ma, K. and Maxcy, R. B. (1981) Factors influencing radiation resistance of vegetative bacteria and spores associated with radappertization of meat. *J. Food Sci.* **46**, 612-616.
  41. Chung, S. S. and Han, Y. S. (2003) Consumer's recognition, nutrient composition, and safety evaluation of commercial Sunsik and Saengsik. *Korean J. Food Culture* **18**, 235-243.
  42. Holley, R. A., Gariepy, D., Delaquis, P., Doyon, G. and Gagnon, J. (1994) Static controlled atmosphere packaging retail ready pork. *J. Food Sci.* **59**, 1296.
  43. Heath, J. L., Owens, S. L., Tesch, S. and Hannah, K. W. (1990) Effect of high-energy electron irradiation of chicken on thiobarbituric acid values, shear values, odor, and cook yield. *Poult. Sci.* **69**, 313-319.
  44. O'Neill, E. (1993) The chemistry of muscle-based foods. Johnston, D. E., Knight, M. K. and Ledward, D. A. (ed.), *Trends in Food Sci. Technol.* **4**, 349-350.
  45. Luchsinger, S. E., Kropf, D. H., Garcia-Zepeda, C. M., Hunt, M. C., Marsden, J. L., Rubiocanas, E. J., Kastner, C. L., Kuecher, W. G. and Mata, T. (1996) Color and oxidative rancidity of gamma and electron beam irradiated boneless pork chops. *J. Food Sci.* **61**, 1000-1005.
  46. Lee, J. H., Sung, T. H., Lee, K. T. and Kim, M. R. (2004) Effect of gamma-irradiation on color, pungency, and volatiles of Korean red pepper powder. *J. Food Sci.* **69**, 585-592.
  47. Wetzel, K., Huebner, G. and Baer, M. (1985) International symposium on food irradiation processing. IAEA/FAO. Washington DC, USA. p. 13.
  48. Cho, H. O., Kwon, J. H., Byun, M. W., Kim, Y. J. and Yang, J. S. (1986) Effect of ethylene oxide fumigation and gamma irradiation on the quality of ground red and black peppers. *Korean J. Food Sci. Technol.* **18**, 294-300.