

안전성 향상을 위해 감마선 조사한 시판 플레인 요구르트의 품질 특성

김현주¹ · 송현파^{1,2} · 함준상³ · 이주운¹ · 김기혁⁴ · 조철훈^{2,*}

¹한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소, ²충남대학교 동물자원과학부,
³축산과학원 축산물이용과, ⁴우송대학교 식품생물과학부

Effect of Gamma Irradiation on the Overall Quality of a Commercial Plain-type Yogurt Products

Hyun-Joo Kim¹, Hyun-Pa Song^{1,2}, Jun-Sang Ham³, Ju-Woon Lee¹, Keehyuk Kim⁴, and Cheorun Jo^{2,*}

¹Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 580-185, Korea

²Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

³Quality Control and Utilization of Animal Product, National Institute of Animal Science, Suwon 441-706, Korea

⁴Department of Food Science and Biotechnology, Woosong University, Daejeon 300-718, Korea

Abstract

To develop a yogurt for sensitive consumer such as infants, children or immuno-compromised patients using gamma irradiation, the effects of gamma irradiation on the microbiological, chemical, and sensory quality in a commercial plain yogurt were investigated. No viable coliform bacteria were detected in the sample and approximately a 6 decimal reduction was achieved in the number of total aerobic bacteria by irradiation at 5 kGy. The initial population of lactic acid bacteria observed in the commercial plain yogurt was 8.95 log CFU/g. Gamma irradiation significantly reduced the initial microbial level to 6.47 and 2.85 log CFU/g after irradiation at 1 and 3 kGy, respectively ($p < 0.05$). However, irradiation dose up to 5 kGy could not completely eliminate the lactic acid bacteria in commercial plain yogurt. pH, color, lactose and lactic acid content, and sensory quality were not affected by irradiation treatment and storage. Our results suggest that irradiation can improve the microbial quality of commercial plain yogurt without impairing the physicochemical and sensory quality.

Key words : plain yogurt, microbial, physicochemical, sensory, gamma irradiation

서 론

요구르트는 발효 유제품으로서 원유 또는 탈지유를 젖산균 또는 효모로 발효시켜 산미와 향미를 강화시킨 것으로, 발효유의 유성분과, 젖산균의 작용에 의해 생성된 유효물질, 그리고 젖산균의 장에서의 정장작용 등의 효과가 있다. 또한 우유보다 소화율이 향상되어 세계적으로 즐겨 식용되고 있는 대표적인 축산가공품이다(Gilliland, 1989). 우리나라에서도 액상 요구르트가 주종을 이루었으나 수년 전부터 유고형분 함량과 젖산균수가 많은 커드상의 호상 요구르트 및 이와 유사한 제품의 수요가 꾸준히 증가되고 있다(Cho *et al.*, 2007).

그러나 최근 세계적으로 우유, 아이스크림 및 요구르트와 같은 유제품으로 인한 식중독 발병이 발표되고 있다. Kozak 등(1996)은 병원성 미생물이 동물과 농장 환경에서부터 유입되어 제품에 오염 될 가능성이 크다고 보고하였으며, 유제품에서 *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 및 *Yersinia enterocolitica* 등이 검출되었다는 연구결과도 발표되었다(Acher, 1988; Gulmez *et al.*, 2003; Kanbakan *et al.*, 2004). 특히, *Escherichia coli* O157:H7는 다른 병원성균에 비해 산성조건에서도 생존이 가능하여 요구르트 제품에서의 식중독 발생 가능성이 높다(Conner and Kotrola, 1995; Morgan *et al.*, 1993). 현재 국내의 경우 낙농 유제품 전면 수입개방을 실시하여 수입량은 증가하고 있으나, 병원성 미생물 추적 프로그램은 미비하여 유제품의 미생물학적 안전성 측면에서 안심할 수 없는 실정이다. 또한, *Lactobacillus*나 *Streptococcus* 등의 젖산균은 오랫동안 요구르트를 비롯한 발효식품의 starter로 이용되

*Corresponding author : Cheorun Jo, Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea. Tel: 82-42-821-5774, Fax: 82-42-825-9754, E-mail: cheorun@cnu.ac.kr

어 일반적으로 안전하지만, 면역기능이 저하된 환자의 경우 이들 균에 의한 패혈증(MacGregor *et al.*, 2002), 심장 내막염(Harty *et al.*, 1993), 균혈증(Gasser, 1994) 및 요도 감염(Martin, 1999) 등이 보고되었다. 젖산균에 의한 이러한 감염의 대부분은 환자의 체내에 공생하는 균에 의한 것으로 밝혀졌지만, 요구르트와 같은 식품에 의한 경우도 배제할 수 없다는 주장도 있다(MacGregor *et al.*, 2002; Nikolos *et al.*, 2002). 이는 미생물 제한 식이(low-microbial diet)를 필요로 하는 후천성 면역결핍증, 백혈병 및 골수이식환자 등에게서 더욱 문제가 될 수 있으며(Daw and Falkner, 1994), 미국암협회나 영양사협회에서는 이들 환자에 대해 살균 요구르트제품을 권장하고 있다(American Cancer Society, 2008; American Dietetic Association, 2008).

방사선 조사는 식품을 완전 포장한 상태로 연속처리가 가능하여 살균처리 후 재포장에 따른 2차 오염의 방지 및 식품의 품질을 변화 시키지 않는 냉온살균방법으로 그 사용이 확대되고 있다(Byun, 1997). 방사선 조사식품은 세계보건기구(WHO), 국제식량농업기구(FAO), 국제원자력기구(IAEA) 및 미국식품의약품청(FDA) 등이 50년 이상에 걸친 연구 결과를 바탕으로 안전성 및 건전성을 인정하여, 1980년 평균 10 kGy 이하로 조사된 모든 식품은 독성학적 문제를 전혀 일으키지 않으며, 더 이상의 독성실험은 필요 없다고 발표하였다(WHO, 1981). 또한, 1997년에는 평균 75 kGy의 고선량 조사식품 또한 독성학적, 미생물학적 및 영양학적으로 안전하고 건전하다고 발표하였다(WHO, 1999). 우리나라에서는 양파, 향신료 등 25개의 품목이 허가되어 있다. 특히 환자용 식품에 대한 조사는 핀란드, 영국, 네덜란드 및 크로아티아에서 허가되었으며, 국내의 경우 2차 살균이 필요한 환자식에 대해 10 kGy까지 조사가 허가되었다. 현재 국내의 경우 유제품에 대한 방사선 조사는 허가되어 있지 않으나 남아프리카에서는 밀크 웨이크 분말을 1988년 5월 방사선 조사 품목으로 인정하였다(IAEA, 2000).

따라서 본 연구에서는 면역력이 약한 영·유아 및 면역결핍환자를 위한 요구르트 제품을 개발하기 위한 기초연구로서 시중에서 판매 중인 플레인 요구르트에 감마선 조사를 하여 저장기간에 따른 미생물 변화 및 이화학적 특성을 평가하였다.

재료 및 방법

재료 및 포장

실험 재료는 시중에서 판매되고 있는 플레인 요구르트를 구입하여 실험에 사용하였다. 실험에 사용하기 위해 요구르트를 각각 10 g씩(관능검사용은 50 g) 취하여 멸균된 polyethylene bag(2 mL O₂/m²/24 hr at 0°C; 20 cm×30 cm; Sunkyung Co. Ltd., Seoul, Korea)에 넣은 다음 포장한 후

감마선 조사를 실시하였다.

감마선 조사

감마선 조사는 한국원자력연구원 방사선과학연구소(정읍, 한국) 내 선원 11.1 PBq, Co-60 감마선 조사시설(point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 15±1°C에서 시간당 10 kGy의 선량율로 각각 0, 1, 3 및 5 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량 확인은 alanine dosimeter(5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다. 감마선 조사 후 시료는 4°C에서 보관하면서 저장에 따른 변화를 관찰하였다.

미생물 분석

감마선 조사 후 요구르트의 미생물 검사는 일반 호기성 미생물과 젖산균을 측정하였다. 즉, 시료 10 g에 멸균된 식염수(0.85%, NaCl) 90 mL를 첨가하여 Bag mixer(Model 400, Interscience, France)를 사용하여 120초 동안 혼합한 후 십진 희석법으로 희석한 희석액을 배지에 도말하였다. 배지는 일반 호기성 미생물은 total plate count agar(Difco, Laboratories, Sparks, MD, USA), 젖산균은 MRS agar(Difco)를 사용하였으며, 대장균군의 분리배지로는 eosin methylene blue agar(Difco) 배지를 사용하였다. 일반 호기성 미생물과 대장균군의 배양은 37°C, 젖산균의 배양은 30°C에서 각각 2일 배양하여 생성된 집락을 계수 하였다.

pH 측정

감마선 조사에 의한 요구르트의 pH 변화를 알아보기 위하여 시료 5 g에 증류수 20 mL을 가한 후 균질화 하여 pH meter(Mettler-Toledo, GmbH, Schwerzenbach, Switzerland)를 이용하여 측정하였다.

젖산 및 유당함량 측정

감마선 조사에 의한 요구르트의 젖산 및 유당함량 측정은 MilkoScan FT120(Foss Electric, Hillerod, Denmark)를 이용하여 측정하였다.

색도 측정

감마선 조사에 의한 요구르트의 색도 변화를 관찰하기 위해 시료 10 g를 지름 50 mm의 투명 용기에 넣은 후 Color Differencemeter(Model CM-3500d, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 명도(lightness, L), 적색도(redness, a) 및 황색도(yellowness, b)를 측정하였다. 이 때 표준색은 L값이 90.5, a값이 0.4, b값이 11.0인 calibration plate를 표준으로 사용하였다.

관능 평가

관능평가는 방사선 조사 식품에 훈련된 10명의 관능요원에 의해 7점 기호척도법으로 실시하였다. 약 50 g의 요구르트를 각 처리구별로 3자리수의 번호를 기입하였으며, 관능검사의 채점은 색, 향, 냄새 및 종합적기호도의 경우 “매우 나쁘다”를 1점, “매우 좋다”를 7점으로, 이취의 “경우 전혀 없다”를 1점, “매우 강하다”를 7점으로 하여 평가하였다.

통계 분석

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SPSS software(1999)에서 프로그램된 general linear model procedure를 수행하고 유의차는 Duncan의 다중검정법을 이용하여 검정하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

미생물 분석

본 실험에 사용된 국내 시판 플레인 요구르트의 일반 젖산균은 8.95 log CFU/g의 분포를 나타내어 요구르트의 식품공전 상의 젖산균 함유 규정 범위(8 log CFU/mL 이상) 수준이었으며, 대장균군은 검출한계 수준에서($< 10^2$ log CFU/g) 검출되지 않았다(Table 1). 감마선 조사선량이 증가함에 따라 젖산균의 수는 유의적으로 감소되어 3 및 5 kGy 선량의 조사로 10^6 CFU/g 이상의 감소를 보였으나 ($p < 0.05$), 본 실험 적용 최고 선량인 5 kGy 조사에서 완전 살균되지는 않았다. 저장기간에 따라 미생물의 변화는 일관된 경향을 보이지는 않았으며, 3 및 5 kGy 조사 요구르트의 경우 각각 저장 3 및 2주 후에는 젖산균이 검출되지 않았다. 젖산균의 요구르트에서 감마선에 대한 감수성은 Song 등(2004)이 보고한 발효식품의 하나인 김치에서의 감

Table 1. Microbial population (Log CFU/g) of the plain yogurt commercially available in Korea and its irradiation effect during storage at 4°C¹⁾

| | Irradiation dose (kGy) | Storage period (wk) | | |
|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | 0 | 1 | 2 |
| Total aerobic bacteria | 0 | 8.82 ^a ±0.04 | 8.91 ^a ±0.01 | 9.77 ^a ±0.05 |
| | 1 | 7.06 ^b ±0.03 | 8.22 ^a ±0.05 | 6.58 ^b ±0.02 |
| | 3 | 4.30 ^c ±0.02 | 4.33 ^b ±0.02 | ND ^{c,2)} |
| | 5 | 2.33 ^d ±0.02 | ND ^c | ND ^c |
| Lactic acid bacteria | 0 | 8.95 ±0.02 ^a | 7.53 ±0.05 ^a | 8.22 ±0.02 ^a |
| | 1 | 6.47 ±0.04 ^b | 7.21 ±0.24 ^a | 6.14 ±0.08 ^b |
| | 3 | 2.85 ±0.21 ^c | 3.79 ±0.09 ^b | ND ^c |
| | 5 | 2.15 ±0.21 ^c | ND ^c | ND ^c |

¹⁾Mean±S.D..

²⁾Viable with no growth at a detection limit $< 10^2$ CFU/g.

^{a-d}Different letter within the same column in each storage week are significantly different ($p < 0.05$).

수성과 비슷한 경향을 보였다. 면역결핍 환자용 식이를 위한 젖산균의 섭취 허용량은 아직 법적으로 정해지지 않은 상태이나, 현재 미국 등의 병원에서는 살균 요구르트를 환자에게 급식하고 있다(Fred Hutchinson Cancer Research Center, 2008; St. Jude Children's Research Hospital, 2008). 따라서 본 실험결과를 근거로 본다면 완전멸균 요구르트 제조를 위해서는 초기 젖산균이 8.95 log CFU/g 수준일 때 5 kGy 이상의 감마선 조사선량이 필요할 것으로 사료된다. 이는 병원성 미생물 사멸을 목적으로 실시한 타 유제품에서의 감마선 조사선량에 비해 높은 편으로, Kamat 등(1989)은 면역결핍환자용 아이스크림과 치즈 개발 시 1 kGy의 저선량 조사로 *L. monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, 및 *E. coli* O157:H19 등의 병원성균이 제거되었으며, 관능적 품질에도 영향이 없었다고 보고하였다. 또한, 면역결핍환자용 모짜렐라 치즈나 아이스크림 제조를 위해 저선량의 감마선 조사로 *L. monocytogenes*의 제거가 가능하였으며, -78°C에서 조사할 경우 고선량 조사도 관능적 품질에 영향을 주지 않는다고 하였다(Hashisaka *et al.*, 1989, 1990).

현재 시중에는 각기 다른 starter를 이용한 수많은 유제품이 시판되고 있으며, 이들 균의 정확한 건강학적 효과가 입증되지 않은 제품도 상당수 있는 것으로 보고되고 있다(Reid, 2002). Probiotics는 적절한 양을 섭취하였을 때 건강상에 유익한 효과를 주는 살아 있는 미생물로 FAO와 WHO 전문위원회는 정의하고 있다(FAO and WHO Joint Expert Committee, 2001). 하지만 probiotics의 적절한 양은 신체의 건강 상태에 따라 다르며, 무균식을 요구하는 환자도 있다(Daw and Falkner, 1994). 이러한 환자를 위한 발효유 제조를 위해, 방사선을 이용하여 미생물을 감소시키면서 발효유의 젖당 등 식품영양학적인 유효성분을 유지하는 제품을 만들 수 있는 가능성을 확인하였다. 또한, 방사선 조사에 의한 젖산균의 제어는 요구르트의 과도한 발효도 억제할 수 있을 것으로 사료된다.

pH, 젖산 및 유당 함량 측정

본 실험에 사용된 국내 시판 플레인 요구르트의 pH는 약 4.35-4.45로 나타났으며, 감마선 조사 및 저장기간에 따른 유의적인 차이는 없었다(Table 2). 또한 감마선 조사한 플레인 요구르트의 젖산 및 유당 함량 변화를 측정된 결과 젖산 및 유당의 함량은 각각 0.83 및 4.42로 나타났으며, 조사선량 및 저장기간에 따른 유의적인 차이는 없는 것으로 확인되었다(Tables 3 and 4). 현재까지 기능성이 증진된 요구르트를 제조하기 위해 마늘(Cho *et al.*, 2007) 및 검정콩(Bang *et al.*, 2007) 등을 첨가한 요구르트를 제조하여 첨가량에 따른 pH와 산도를 측정된 결과 적정 산도를 유지하면서 pH는 3.27-4.53의 적정범위를 유지하였다고 보고하였다. 현재까지 감마선 조사에 의한 요구르트

Table 2. pH changes of plain yogurt commercially available in Korea and its irradiation effect during storage at 4°C¹⁾

| Irradiation dose (kGy) | Storage period (d) | | |
|------------------------|--------------------|-----------|-----------|
| | 0 | 6 | 12 |
| 0 | 4.41±0.02 | 4.38±0.03 | 4.42±0.01 |
| 1 | 4.42±0.04 | 4.36±0.02 | 4.42±0.02 |
| 3 | 4.42±0.01 | 4.36±0.03 | 4.45±0.03 |
| 5 | 4.45±0.02 | 4.35±0.01 | 4.41±0.01 |

¹⁾Mean±S.D..

Table 3. Lactic acid content (%) of plain yogurt commercially available in Korea and its irradiation effect during storage at 4°C¹⁾

| Irradiation dose (kGy) | Storage period (wk) | | |
|------------------------|---------------------|-----------|-----------|
| | 0 | 1 | 2 |
| 0 | 0.83±0.04 | 0.77±0.02 | 0.76±0.01 |
| 1 | 0.84±0.02 | 0.85±0.01 | 0.84±0.01 |
| 3 | 0.81±0.01 | 0.84±0.01 | 0.85±0.01 |
| 5 | 0.81±0.01 | 0.82±0.01 | 0.83±0.01 |

¹⁾Mean±S.D..

Table 4. Lactose content (%) of plain yogurt commercially available in Korea and its irradiation effect during storage at 4°C¹⁾

| Irradiation dose (kGy) | Storage period (wk) | | |
|------------------------|---------------------|-----------|-----------|
| | 0 | 1 | 2 |
| 0 | 4.32±0.10 | 4.02±0.01 | 4.03±0.02 |
| 1 | 4.48±0.08 | 4.14±0.01 | 4.10±0.03 |
| 3 | 4.40±0.03 | 4.13±0.03 | 4.10±0.03 |
| 5 | 4.42±0.01 | 4.12±0.03 | 4.10±0.02 |

¹⁾Mean±S.D..

의 pH, 젖산 및 유당 함량 변화에 대한 연구는 미비한 실정이다. 본 연구결과를 통해 감마선 조사는 요구르트의 pH, 젖산 및 유당 함량에 영향을 미치지 않는 것으로 확인하였다.

색도 측정

감마선 조사 직후 요구르트의 명도와 황색도가 비조사구에 비해 다소 감소하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었으며, 또한 저장기간에 따른 변화도 관찰되지 않았다(Table 5). Lee 등(2004)은 당 및 lysine 혹은 당-lysine 혼합모델 수용액에서 감마선 조사에 의한 갈변도 변화 및 화학적 특성을 연구한 결과 감마선 조사에 의해 당 및 아미노산 단독환경에서는 갈변반응이 일어나지 않았으며, 당-아민 환경에서 갈변반응이 진행되었다고 발표하였다. 따라서 요구르트에 함유된 당 및 단백질이 감마선 조사에 의해 갈변반응을 일으켜 색도가 변화할 수 있다고 판단되나 유의적 차이를 보이지는 않았다.

Table 5. The change of Hunter color values of plain yogurt commercially available in Korea and its irradiation effect during storage at 4°C¹⁾

| Irradiation dose (kGy) | L (Lightness) | a (Redness) | b (Yellowness) |
|------------------------|---------------|-------------|----------------|
| | 0 wk | | |
| 0 | 62.95±0.45 | -1.58±0.02 | 0.03±0.21 |
| 1 | 62.72±0.50 | -1.55±0.01 | -0.11±0.18 |
| 3 | 61.95±0.60 | -1.51±0.04 | -0.29±0.22 |
| 5 | 60.25±0.61 | -1.59±0.03 | -0.25±0.17 |
| 1 wk | | | |
| 0 | 60.11±0.45 | -1.58±0.01 | 0.01±0.07 |
| 1 | 61.42±0.47 | -1.60±0.03 | -0.01±0.08 |
| 3 | 61.95±0.49 | -1.53±0.02 | -0.29±0.06 |
| 5 | 60.25±0.48 | -1.55±0.03 | -0.15±0.09 |
| 2 wk | | | |
| 0 | 60.15±0.49 | -1.56±0.02 | 0.02±0.10 |
| 1 | 60.33±0.52 | -1.55±0.01 | -0.11±0.14 |
| 3 | 61.21±0.51 | -1.51±0.05 | -0.21±0.13 |
| 5 | 60.25±0.51 | -1.51±0.03 | -0.17±0.11 |

¹⁾Mean±S.D..

관능 평가

감마선 조사에 의한 요구르트의 관능적 특성변화를 알아보기 위해 관능평가를 실시하였다(Table 6). 요구르트의 색에 대한 기호도는 감마선 조사에 의해 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 그러나 향, 맛, 전체적인 기호도 및 이취는 조사 및 저장기간에 따른 유의적인 차이는 없는 것으로 확인되었다. 이는 감마선 조사에 따라 요구르트의 젖산 및 유당의 함량이 영향을 받지 않아 관능적인 차이 또한 없는 것으로 판단된다. 이와 반대로 Ham 등(2008)은 우유의 살균처리를 UHT, LTLT 및 3 kGy 감마선 조사로 나누어 관능검사를 실시한 결과 관능검사요원들은 감마선 조사구에서 이취를 감지하여 다른 처리와 분별할 수 있었다고 보고하였다. 그러나 실험실에서 직접 제조한 플레인 요구르트를 방사선 처리하여 관능검사를 실시한 결과 10 kGy 조사선량에서도 차이를 보이지 않았으며(결과 미제시), 이는 요구르트의 독특하고 강한 맛과 향에 의한 영향도 있으리라 판단된다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 감마선 조사 기술은 플레인 요구르트의 미생물학적 안전성을 확보하고 품질 변화를 최소화하는데 효과적이라고 판단되며, 향후 기타 품질 변화 실험의 보완을 통해 면역력이 약한 영·유아 및 면역결핍환자에게 제공하기 위한 발효유 제품의 개발에 적용할 수 있으리라 생각된다.

요 약

본 연구는 면역력이 약한 영·유아, 면역결핍환자 등 민

Table 6. Sensory attributes of plain yogurt commercially available in Korea and its irradiation effect during storage at 4°C¹⁾

| Irradiation dose (kGy) | Color | Odor | Taste | Overall acceptability | Off-odor |
|------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------------------|-----------|
| 0 wk | | | | | |
| 0 | 3.75 ^b ±0.57 | 4.38±0.72 | 4.38±0.85 | 4.00±0.90 | 2.75±0.81 |
| 1 | 4.50 ^{ab} ±0.81 | 4.88±0.74 | 4.88±0.80 | 4.63±0.77 | 2.75±0.85 |
| 3 | 5.63 ^a ±0.62 | 4.88±0.77 | 4.25±0.81 | 4.50±0.84 | 2.88±0.82 |
| 5 | 5.75 ^a ±0.77 | 4.50±0.74 | 4.50±0.83 | 4.13±0.87 | 1.75±0.86 |
| 1 wk | | | | | |
| 0 | 5.20 ±0.57 | 4.80±0.70 | 4.70±0.64 | 4.70±0.69 | 2.30±0.80 |
| 1 | 5.00 ±0.51 | 5.30±0.63 | 5.00±0.59 | 5.00±0.67 | 2.50±0.77 |
| 3 | 5.80 ±0.60 | 5.40±0.65 | 5.40±0.65 | 5.20±0.70 | 2.80±0.75 |
| 5 | 4.70 ±0.50 | 5.30±0.69 | 5.10±0.60 | 4.90±0.63 | 3.10±0.82 |
| 2 wk | | | | | |
| 0 | 4.63 ^b ±0.53 | 4.75±0.79 | 4.63±0.80 | 4.63±0.75 | 3.13±0.88 |
| 1 | 5.38 ^{ab} ±0.62 | 4.38±0.90 | 4.75±0.73 | 4.75±0.85 | 2.25±0.81 |
| 3 | 6.13 ^a ±0.55 | 5.00±0.81 | 4.38±0.85 | 5.25±0.80 | 2.75±0.97 |
| 5 | 5.38 ^{ab} ±0.61 | 4.25±0.87 | 4.00±0.77 | 4.13±0.71 | 3.63±0.87 |

¹⁾Sensory analysis was performed using 7-point hedonic scale with 7 as extremely like and 1 as extremely dislike. For off-odor score was used as 1, no off-odor, 7, very strong off-odor.

^{a,b}Different letter within the same column in each storage week are significantly different ($p < 0.05$).

감한 소비자를 위한 요구르트를 개발하기 위한 기본적인 사항을 평가하기 위하여 시판 중인 요구르트에 감마선 조사를 하여 저장 기간에 따른 품질 평가를 하였다. 요구르트의 초기 총균수 및 젖산균수는 각각 8.82 및 8.95 log CFU/g 수준이었으며, 조사선량의 증가에 따라 유의적으로 감소하여 5 kGy의 선량에서 약 6 log cycle의 감균 효과를 보였다. 요구르트의 pH, 색, 젖산 및 유당함량 측정 결과 감마선 조사 및 저장기간에 따른 유의적인 차이는 없는 것으로 확인되었다. 또한 요구르트의 관능 평가 결과 역시 감마선 조사 및 저장기간에 따른 기호도 차이는 없는 것으로 확인되었으나, 색의 경우에 감마선 조사시료가 유의적으로 높은 결과를 얻었다. 따라서 감마선 조사 기술은 요구르트의 품질변화를 최소화 하면서 미생물학적 안전성을 확보하고, 추후 면역력이 약한 영·유아 및 환자 등 민감한 소비자를 위한 발효유 제품을 제조하는 기술로 적용하는데 효과적이라고 판단된다.

참고문헌

- Acher, D. L. (1988) Review of the latest FDA information on the presence of *Listeria* in foods. WHO working group On Foodborne Listeriosis. Geneva, Switzerland, Feb. pp. 15-19.
- American Cancer Society. (2008) Online available, <http://www.cancer.org>
- American Dietetic Association. (2008) Online available, <http://www.eatright.org>
- Bang, B. H. and Jeong, E. J. (2007) A study on manufacturing black soybean yogurt. *Korean J. Food Nutr.* **20**(3), 289-294.
- Byun, M. W. (1997) Application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Sci. Ind.* **30**, 89-100.
- Byun, M. W., Jo, C., Lee, K. H., and Kim, K. S. (2002) Chlorophyll breakdown by gamma irradiation in model system containing linoleic acid. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **79**(2), 145-150.
- Conner, D. E. and Kotrola, J. (1995) Growth and survival of *Escherichia coli* O157:H7 under acidic conditions. *Appl. Environ. Microbiol.* **61**, 382-385.
- Cho, J. R., Kim, J. H., and In, M. J. (2007) Effect of galric powder on preparation and quality characteristics of yogurt. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* **50**(1), 48-52.
- Daw, M. A. and Falkiner, F. R. (1994) Prevention of Gram-negative infections in neutropenic cancer patients. *Saudi Med. J.* **15**(3), 196-203.
- Fred Hutchinson Cancer Research Center. Online available: <http://www.fhcrc.org>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and World Health Organization (WHO) Joint Expert Committee. (2001) Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation.
- Gasser, F. (1994) Safety of lactic acid bacteria and their occurrence in human clinical infections. *Bull. Inst. Pasteur.* **92**, 45-67.
- Gilliland, S. E. (1989) Acidophilus milk products, review of potential benefits to consumer. *J. Dairy Sci.* **72**, 2483-2489.
- Gulmez, M. and Guven, A. (2003) Survival of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* 4b and *Yersinia enterocolitica* O3 in different yogurt and kefir combinations as prefermentation contaminant. *J. Appl. Microbiol.* **95**, 631-636.
- Ham, J. S., Shin, J. H., Noh, Y. B., Jeong, S. K., Han, G. S.,

- Chae, H. J., Yoo, Y. M., Ahn, J. N., Lee, W. K., and Jo, C. (2008). Chemical and microbiological quality, capillary electrophoresis pattern, and rennet coagulation of UHT-treated and irradiated milk. *Food Sci. Biotechnol.* **17**, 58-65.
16. Harty, D. W. S., Oakey, H. J., Patrikakis, M., Hume, E. B. H., and Knox, K. W., (1994) Pathogenic potential of lacobacilli. *Int. J. Food Microbiol.* **24**, 179-189.
17. Hashisaka, A. E., Weagent, S. D., and Dong, E. M. (1989) Survival of *Listeria monocytogenes* in mozzarella cheese and ice-cream exposed to gamma irradiation. *J. Food Prot.* **52**, 490-492.
18. Hashisaka, A. E., Einsten, M. A., Rasco, B. A., Huingate, F. P., and Dong, F. M., (1990) Sensory Analysis of diary products irradiated with cobalt 60 at -78°C. *J. Food Sci.* **55**, 404-412.
19. International Atomic Energy Agency. (2000) Online available: <http://www.iaea.org/icgfi>.
20. Kamat, A. S., Nerkar, D. P., and Nair, P. M. (1989) *Bacillus cereus* in some Indian foods. Incidence and antibiotic heat and radiation resistance. *J. Food Safety* **10**, 31-44.
21. Kanbakan, U., Con, A.H., and Ayar. A. (2004) Determination of microbiological contamination sources during ice cream production in Denizil, Turkey. **15**, 463-470.
22. Kozak, J., Balmer, T., Byrne, R., and Fisher, K. (1996) Prevalence of *Listeria monocytogenes* in foods: Incidence indairy products. *Food Control* **7(4)**, 215-221.
23. Lee, J. W., Oh, S. H., Kim, J. H., Byun, E. H., Kim, M. R., Kim, K. S., Lee, H. J., and Byun, M. W. (2006) The non-enzymatic browning reaction occurred by gamma irradiation in sugar-lysine aqueous model solution. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35(5)**, 583-587.
24. MacGregor G., Smith A. J., Thakker B., and Kinsella J. (2002) Yoghurt biotherapy: contraindicated in immunosuppressed patients?. *Postgrad. Med. J.* **78**, 366-367.
25. Martin R. A. (1999) Safety of industrial lactic acid bacteria. *J. Biotech.* **68**, 171-179.
26. Morgan, D., Newman, C. P., Hutchinson, D. N., Walker, A. M., Rowe, B., and Majid, F. (1993) Verotoxin-producing *Escherichia coli* O157:H7 infections associated with consumption of yoghurt. *Epidemiol. Infect.* **111**, 181-187
27. Nikolaos, V. S., Dimitrios, I. Z., and Theodore, K. (2002) Safety of Lactobacillus strains used as probiotic agents. *Clin. Infect. Dis.* **34**, 1281-1283.
28. Reid, G. (2002) Safety of Lactobacillus strains as probiotic agents. *Clin. Infect. Dis.* **35**, 349-350.
29. Song, H. P., Kim, D. H., Yook, H. S., Kim, K. S., Kwon, J. H., and Byun, M. W. (2004) Application of gamma irradiation for aging control and improvement of shelf-life of Kimchi, Korean salted and fermented vegetables. *Rad. Phy. Chem.* **71**, 55-58.
30. St. Jude Children's Research Hospital. Online available: www.stjude.org
31. SPSS. (1999) SPSS for Windows. REL. 10.05. SPSS Inc., Chicago, USA.
32. World Health Organization. (1981) Wholesomeness of irradiated food, Technical report series 659, World Health Organization, Geneva.
33. World Health Organization. (1997) High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy, Report of a joint FAO/IAEA/WHO Study Group, WHO Technical Report Series 890, Geneva.

(2008.08.24 접수/2008.11.11 수정/2008.11.12 채택)