



전자선 조사된 원료육과 Starter Culture의 사용이 발효육의 숙성 중 품질에 미치는 영향

임동균 · 설국환 · 이무하*
서울대학교 동물생명공학전공

Effects of Starter Cultures on the Quality Traits of Electron Beam Irradiated Fermented Meat during Aging

Dong-Gyun Lim, Kuk Hwan Seol, and Mooha Lee*

Department of Animal Science and Biotechnology, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

ABSTRACT

The microbiological and physicochemical properties of irradiated (2 kGy) or non-irradiated fermented meats processed with or without a commercial starter culture were evaluated during fermentation and aging. The pH of irradiated (2 kGy) fermented meats with starter cultures dramatically decreased during fermentation and aging ($p < 0.05$), and the final pH was 4.25. The total aerobic counts and lactic acid bacteria counts reflected the addition of the starter culture. As the fermentation progressed, the total aerobic counts closely paralleled the lactic acid bacteria counts. The TBARS values of irradiated fermented meats increased regardless of the treatment during fermentation and aging. These results show that the irradiated (electron-beam) meat/fat resulted in the reduction of the total microbes and survives lactic acid bacteria. The use of starter cultures in meat batters post-irradiation may be useful for the production of fermented meats.

Key words : electron-beam irradiation, fermented meat, lactic acid bacteria, TBARS

서 론

고대, 그리스, 로마 및 바빌로니아인들이 전쟁 중에 식량으로 이용하였다는 육가공 형태의 제품은 고기를 소금에 절여 건조시키는 저장에서 시작되었고 저장기간 중에 일어나는 미생물 등의 작용에 의해 발효가 자연적으로 진행되어 완성된 것이 발효 육제품이다(Liepe, 1983). 생햄 또는 비가열 햄이라 불리는 발효 햄은 전통적으로 고기 표면에 소금으로 절여 저장성을 연장시키면서 자연발효시킨 제품이다(Lee, 1990). 오랜 숙성기간을 통해 제조된 전통적인 형태로 제조된 자연발효 육제품은 주로 젖산균 박테리아의 자연적인 숙성에 의해 생산된다(Kitchell and Shaw, 1975). 최근에는 발효육 생산이 대량화, 산업화 되면서 공정과정에 걸리는 시간을 줄이고, 품질 향상과 안정

성, 숙성기간의 단축 및 유해 미생물의 생육억제 목적으로 한 starter culture의 첨가법이 개발되어 다양한 제품이 생산되어지고 있다(Bacus and Brown, 1981). Starter로 쓰이는 미생물들 중 발효과정 중 일어나는 대부분의 중요한 변화에 기여하는 젖산균은 낮은 pH(4.6-5.9)에 도달하게 한다. 이 낮아진 pH는 발효육제품의 발색을 돕고, 조직 발달, 건조를 촉진하는 효과를 가져와 숙성에 걸리는 시간을 줄여줌과 동시에 부패미생물의 성장을 억제시켜 제품의 저장 안정성을 증가시키는 역할을 한다(Leistner, 1995). 하지만, 오랜 숙성기간을 거친 전통자연 발효 육제품이 산업체에서 주로 생산되어지는 스타터를 이용하여 제조된 육제품보다 더 만족할만한 관능적인 특성을 갖는다고 알려져 있다(Samelis *et al.*, 1998). 젖산균에 의한 발효방식으로는 크게 미국식과 유럽식으로 나누어 분류할 수 있는데 미국식은 21-24°C에서 6-24시간동안 pH 4.6-5.1까지 저하시키는 저온 단시간법을 주로 채택하고 있는 반면에 유럽식은 24°C 이하에서 장시간동안 발효시켜 pH 5.2-5.6 정도로 비교적 높게 만드는 것이 특징이다(Lee, 1990). 우리나라에서는 김치, 젓갈, 된장 등 주로 곡류, 야채류, 수산물류에

*Corresponding author : Mooha Lee, Department of Animal Science and Biotechnology, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea
Tel: 82-2-880-4804, Fax: 82-2-873-4804, E-mail: moohalee@snu.ac.kr

서의 발효식품만 전통적으로 사용하여 왔을 뿐 고기에 대한 고유의 발효식품은 없는 실정이다(Park *et al.*, 1995).

발효육제품이나 기타 식육제품을 생산 혹은 제조하는 과정에서 적절히 관리하지 못할 경우 병원균이나 부패미생물의 번식이 우려된다. 이와 같은 발효 초기의 부패 미생물의 증식을 억제하고 젖산균과 같은 바람직한 미생물군을 정착시키는데 방사선 조사기술이 활용될 수 있다(Smith and Palumbo, 1983). 지난 40여 년간 국제기구(FAO/IAEA/WHO)의 주도로 조사된 식품의 안전성에 관한 연구에 의하면 10 kGy 이하의 조사 처리는 독성학적, 미생물학적, 영양학적으로 안전하다고 공인되어 현재 40여개국에서 최소 1개 품목 이상의 방사선 처리가 허용되고 있고 28개국에서 방사선 처리된 식품이 유통 중에 있으며 18개국에서 한 종류 이상의 육에 방사선조사를 허용하고 있다(FAO, WHO, 1988; Murano, 1995). 미국 FDA(1997)에서는 적색육에서 냉장육(fresh meat)의 경우 4.5 kGy, 냉동육(frozen meat)의 경우 7.5 kGy까지 조사선량을 허용하고 있다. 소비자들의 방사선 조사에 대한 미지의 두려움은 상존하고 있으며 바로 이 때문에 방사선의 대안으로 전자선 조사가 주목 받기 시작하고 있다. 전자선은 고전압 전자빔 가속기의 직류 고전압 발생회로를 이용하여 얻을 수 있는데 전자선 조사처리의 장점으로는 처리 후 식품에 방사능을 유발하지 않고, 처리시간 단축과 처리 후 식품의 온도변화가 거의 없는 환경 친화적인 수단이라는 것이다(Johnson and Marcott, 1999; Thayer and Rajkowski, 1999). 하지만 국내에서는 식육 특히 발효 육제품에 대한 전자선 조사선량에 대한 어떠한 허용 기준도 가지고 있지 않다.

따라서 본 연구의 목적은 혼합 스타터를 이용한 발효육 제품과 스타터를 이용하지 않고 자연발효시킨 육제품의 미생물학적, 이화화학적 특성에 미치는 영향을 연구하고, 원료육에서의 전자선 조사에 의한 자연발효 육제품의 이용에 관한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

공시 재료

본 실험에 사용된 주재료인 돈육 후지와 등지방을 육가공업체로부터 진공포장상태로 구입한 후 Slicer(HS-2N, 한국후지공업, Korea)를 이용하여 1.5 cm의 균일한 두께로 절단하였다. 폴리에틸렌 필름으로 시료를 진공포장(WFV-530, WATANABE, Japan)한 뒤 $-27\pm 1^\circ\text{C}$ 에서 냉동 보관하였다.

전자선 조사

$-27\pm 1^\circ\text{C}$ 에서 진공포장 상태로 냉동된 원료육을 아이스 박스에 담아 한국원자력연구소(대전) 양성자기반공학기술 개발사업단 내의 전자선 가속기를 이용하여 실온에서 조

사에너지는 2 MeV(투과력은 단면시 7 mm, 양면시 15 mm)로 양면조사하고 전류는 10 mA, 조사선량은 2 kGy로 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 전자선 조사 처리구는 비조사 대조구와 함께 진공 포장한 뒤 $4\pm 1^\circ\text{C}$ 에 냉장보관한 후 발효육 제조를 위해 사용되었다.

발효육제조

제조는 육가공 공장 시설을 완비하고 있는 서울대학교 식품가공공장에서 제조하였는데 해동시킨 후지와 등지방을 silent cutter (Meat chopper, MGB-32, 한국후지공업, Korea)에서 세절하였다. 염지액 제조는 소금(NaCl) 6%, glucose 5%, garlic extract 0.4%, coriander extract 0.1%, caraway extract 0.1%를 증류수에 용해시켜 살균한 후 냉각시켜 아질산염(NaNO_2) 0.1%를 첨가하였다. 이 때 스타터를 이용한 발효육생산을 위한 스타터 첨가구는 pediococci, lactobacilli와 micrococci로 구성되어 있는 starter culture 0.5%(Rosellac™, Abiasa, Canada)를 소시지 10^7 CFU/g의 균농도가 되도록 증류수에 현탁시켜 혼합시킨 후 염지육 제조시 첨가하여 제조하였다. 염지육은 고기와 염지액을 1:1의 비율로 하여 섞은 후 봉입하여 혐기적 조건이 유지되도록 하여 $4\pm 1^\circ\text{C}$ 온도 조건하에서 36시간 동안 염지를 수행하였다. 염지육을 항온습습기(Constant Temp & Humidity Chamber, HK-CTH150, 한국종합기기, Korea)에서 cable tie로 걸어 Comi *et al.*(2005)와 Samelis *et al.*(2005)의 방법을 약간 변형하여 처음 3일간은 상대습도(RH) 93%, 온도 24°C , 4일부터 6일까지는 RH 90%, 온도 22°C , 7일부터 9일까지는 RH 87%, 20°C 로 발효, 숙성하였으며, 그 과정에서 0, 1, 3, 5, 7, 9일 별로 실험을 수행하였다.

실험 항목

1) pH

pH는 10 g의 시료와 증류수 90 mL을 10,000 rpm에서 1분간 균질한 후 pH meter(Model IQ 150, Lab Science, USA)를 사용하여 수행하였다.

2) 미생물분석

젖산균과 총균수 측정은 시료 10 g과 90 mL의 멸균 peptone 수(Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에 넣고 stomacher(Interscience BagMixer®, France)에서 2분간 균질시킨 다음 10배 희석법으로 희석하였다. 희석한 시료 1 mL을 MRS agar(Difco)와 plate count agar (Difco)에 혼합하여 평판으로 조제한 후, 37°C 에서 48시간 배양한 다음 나타난 colony 수를 colony counter(Microcount 1008, IPI Inc., CA, USA)를 이용하여 계수하였다. 미생물 수는 시료 1 g 당 colony forming unit (CFU)로 나타내었다.

3) Thiobarbituric Acid value (TBARS) 측정

시료의 저장 중 지방 산패도를 조사하기 위해 Witte (1970)의 방법을 이용하여 TBARS를 측정하였다. 10 g의 sample과 50 μ L의 BHA, 2 M의 phosphoric acid (including 20% TCA) 용액을 50 mL falcon tube에 넣은 후 homogenizing한 후 15 mL을 더 넣어주면서 다시 균질화 하였다. 균질이 끝나면 증류수로 채워 총 볼륨을 50 mL로 맞춰 뚜껑을 닫고 강하게 흔든 다음, Watman No. 1 여과지로 걸러냈다. 여과액 중 5 mL을 취하여 test tube에 넣고 5 mM의 TBA용액(2-thiobarbituric acid)을 5 mL 첨가하였다. Blank sample을 위해 5 mL의 증류수와 5 mL의 TBA 용액을 넣고 섞어서 어두운 곳, 실온에서 15시간 반응시킨 후 spectrophotometer를 이용하여 530 nm로 흡광도를 측정하였다.

통계분석

각 항목에 대해 동일한 실험을 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SAS (2005) program을 이용하여 Duncan의 다중검정법으로 각 요인간의 유의성($p < 0.05$)을 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

pH

Table 1은 발효육의 스타터 첨가 유무와 전자선 조사에 의한 발효 및 숙성 기간 중 pH의 변화를 나타낸 것이다. 36시간 염지한 후의 초기 발효, 숙성 0일차의 pH는 5.70-5.75 정도로 유사하였으나, 발효, 숙성 과정에서 스타터 첨가구와 비첨가구는 pH에 있어서 확연한 차이를 보였다. 스타터 비첨가구는 발효 및 숙성 5일까지 각각 5.72(0 kGy)와 5.77(2 kGy)로 초기와 유사하였으나 스타터 첨가구의 pH는 발효 및 숙성 5일까지 각각 4.33(0 kGy)와 4.39(2 kGy)로 유의적으로 급격히 저하하였다($p < 0.05$). 이 결과는 발효육 제조시 혼합 스타터 culture를 혼합시 발효 및 숙성과정에서 pH가 급격히 저하된다는 Park *et al.*(1996)의 결과와 거의 일치함을 알 수 있었다. 이는 본 연구에서 발효육생산을 위해 사용된 스타터(*pediococci*, *lactobacilli*와

micrococci)의 유산균이 당을 분해하여 발효 초기에 젖산균의 성장이 활발해져 발효 후 2-3일 후 그 수가 10^8 CFU/g 이상의 최고 균수에 이르게 되고, 산의 생성 또한 왕성해 지면서 빠른 pH 저하가 일어나기 때문이다(Comi *et al.*, 2005). 이와 같이 낮아진 pH는 발효육의 발색을 돕고, 조직 발달 및 건조를 촉진하는 효과를 가져와 숙성에 걸리는 시간을 줄여줌과 동시에 부패 미생물의 성장을 억제시켜 제품의 저장 안정성을 증가시키는 역할을 한다(Leistner, 1995). 발효 5일차에 가장 낮은 수치를 보인 후에 비조사 처리한 스타터 첨가구는 7일차와 9일차에 4.71과 4.88, 2 kGy로 조사처리한 스타터 첨가구는 각각 4.44와 4.25로 다시 pH가 상승하는 것을 확인할 수 있는데($p < 0.05$), 스타터를 첨가하지 않은 자연발효시킨 시료의 경우 장기간 숙성에 의해 여러 분해산물이 축적되기 때문에 오히려 pH가 증가될 수 있다고 사료된다. Dickson and Maxcy (1985)는 숙성 중의 pH 증가가 nonprotein nitrogen(NPN) 화합물의 출현 및 증가에 기인한다고 보고한 바 있다. 반면에 스타터 비첨가구는 스타터 첨가구와 달리 급격한 감소는 보이지 않았다. Lee (1990)는 발효시기인 제조 공정초기에 pH의 급격한 저하와 조직감의 상승이 있었으나 숙성기간 중에는 완만한 경향을 보인다고 보고하였는데 본 연구결과와 일치하였다.

2 kGy로 조사한 스타터 비첨가구의 경우 발효 및 숙성 기간에 따라 pH 감소효과를 기대할 수 없었으나, 2 kGy로 조사한 스타터 첨가구의 경우 발효 및 숙성기간에 따라 pH가 급격히 저하하는 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). Samelis 등(2005)과 Chouliara 등(2006)은 방사선 조사된 처리구와 비조사 처리구간의 Greek salami의 발효 및 숙성 중 pH의 유의적인 차이는 없었다고 보고하였고 commercial starter 가 소시지를 좀 더 빨리 산성화시킨다고 보고하였다. 전반적으로 발효 및 숙성 중 스타터 첨가구가 비첨가구보다 pH가 급격히 감소하였으며, 2 kGy로 조사한 스타터 첨가구가 가장 낮은 최종 pH를 나타내었다($p < 0.05$).

미생물 분석

발효육의 스타터 첨가 유무와 전자선 조사에 의한 발효

Table 1. Changes of pH in fermented meats during fermentation and aging

Irradiation dose (kGy)	Starter culture	Fermentation & Aging (days)					
		0	1	3	5	7	9
0 kGy	-	5.72±0.07 ^{bBC}	5.83±0.10 ^{aB}	5.83±0.07 ^{aB}	5.72±0.17 ^{bBC}	6.23±0.52 ^{aA}	5.53±0.12 ^{bD}
0 kGy	+	5.75±0.11 ^{aA}	5.55±0.16 ^{cB}	4.48±0.14 ^{cE}	4.33±0.07 ^{bF}	4.71±0.22 ^{cD}	4.88±0.27 ^{cC}
2 kGy	-	5.70±0.09 ^{bCD}	5.68±0.09 ^{bD}	5.86±0.01 ^{aA}	5.77±0.04 ^{aBC}	5.72±0.05 ^{bCD}	5.80±0.08 ^{aAB}
2 kGy	+	5.70±0.08 ^{bAB}	5.92±0.18 ^{aA}	4.75±0.18 ^{bC}	4.39±0.21 ^{bDE}	4.44±0.19 ^{cD}	4.25±0.04 ^{dE}

Each value is mean±SD of two replicate experiments with two samples analyzed per replicate (n=4).

^{A-F} Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

^{a-d} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

및 숙성 기간 중 총균수의 변화를 Table 2에 나타내었다. 36시간 염지한 후의 초기 발효, 숙성 0일차의 총균수는 스타터 비침가구는 각각 3.83(0 kGy)과 0.23 Log CFU/g (2 kGy), 스타터 첨가구의 경우 각각 6.42(0 kGy)와 6.00 Log CFU/g (2 kGy)를 나타내어 2 kGy로 조사한 스타터 비침가구의 초기 미생물 오염수준이 가장 낮았다($p < 0.05$). 발효 및 숙성기간이 증가함에 따라 발효 및 숙성 7일차까지 유의적으로 꾸준한 증가를 보이다가 9일차에는 총균수가 약간 감소하거나 꾸준히 증가함을 알 수 있다($p < 0.05$).

발효육의 스타터 첨가 유무와 전자선 조사에 의한 발효 및 숙성 기간 중 젖산균수의 변화를 Table 3에 나타내었다. 36시간 염지한 후의 초기 발효, 숙성 0일차의 젖산균수는 스타터 비침가구는 검출한계이하(1 Log CFU/g)로 그 수치가 매우 낮았지만, 스타터 첨가구의 경우 젖산균으로 인하여 각각 5.99(0 kGy)와 3.72 Log CFU/g(2 kGy)로 상대적으로 높은 수치를 보였다($p < 0.05$). 발효 9일차의 젖산균수는 스타터 비침가구는 각각 5.27(0 kGy)과 5.84 Log CFU/g(2 kGy), 스타터 첨가구의 경우 젖산균 증식으로 인하여 각각 8.38(0 kGy)와 7.44 Log CFU/g(2 kGy)로 역시 스타터 비침가구보다 상대적으로 높은 수치를 보였다($p < 0.05$). 전반적으로 발효 및 숙성이 진행됨에 따라 총균수와 유사한 경향을 나타내었고 스타터 첨가구의 경우 총균수의 대부분은 젖산균일 것으로 사료된다. 이는 방사선 조사처리한 발효소시지의 발효 및 숙성기간에 따라 pH가 점차적으로 감소하면서 총균수와 젖산균수가 유사하게 증가한다는 Dickson과 Maxcy(1985)의 연구결과와 일치하였

다. 또한, 발효소시지의 숙성기간 중 젖산균이 우세균으로 작용하며(Vignolo *et al.*, 1989; Conventry and Hickery, 1991), 숙성초기 빠른 젖산균의 증식으로 발효소시지 제조에 우려되는 Gram 음성 세균의 증식을 억제하므로 육제품의 안전성에 직접적인 영향을 미친다고 보고하였다(Leistner *et al.*, 1981). 스타터 비침가구의 경우에는 발효 및 숙성이 진행됨에 따라 발효에 필요한 젖산균도 증가하였지만 이외의 다른 균들도 증가하였음을 알 수 있다. 발효육 생산에 관여하는 젖산균은 다른 병원성 미생물과는 달리 방사선 조사에 저항성이 매우 강한 것으로 알려져 있다(Dickson and Maxcy, 1985). 선행연구결과 Samelis *et al.*(2005)와 Chouliara *et al.*(2006)은 방사선 조사된 처리구와 비조사 처리구간의 Greek salami의 발효 및 숙성 중 젖산균수의 경우 유의적인 차이는 없었다고 보고하였다.

본 연구결과를 통해 총균수의 경우 전자선 조사처리한 스타터 첨가구의 수치가 가장 낮은 것으로 보아 전자선 조사를 통해 발효를 방해하는 다른 미생물의 성장을 억제하고 상대적으로 젖산균은 증가한 것으로 사료된다. 또한, 스타터 첨가구는 스타터 비침가구에 비해 다른 미생물의 오염에 큰 영향을 받지 않고 젖산균이 증식했음을 알 수 있다.

Thiobarbituric acid value (TBARS)

발효육의 스타터첨가유무와 전자선 조사에 의한 발효 및 숙성 기간 중 지방산패도(TBARS)의 결과를 Table 4에 나

Table 2. Growth of total aerobic bacteria of fermented meats during fermentation and aging (\log_{10} CFU/g)

Irradiation dose (kGy)	Starter culture	Fermentation & Aging (days)					
		0	1	3	5	7	9
0 kGy	-	3.83±0.97 ^E	4.45±0.72 ^{CD}	6.34±0.32 ^C	6.78±0.69 ^{CB}	7.26±0.46 ^{BA}	7.54±0.90 ^{BA}
0 kGy	+	6.42±0.22 ^{AD}	7.80±0.64 ^{AC}	8.71±0.65 ^{AA}	8.36±0.66 ^{AB}	8.16±0.32 ^{AB}	8.24±0.24 ^{AB}
2 kGy	-	0.23±0.52 ^{DE}	3.60±0.92 ^{DD}	4.83±0.80 ^{DC}	6.26±0.14 ^{CB}	6.73±0.36 ^{CA}	6.59±0.82 ^{CA}
2 kGy	+	6.00±0.21 ^{BD}	6.78±0.40 ^{BC}	7.70±0.58 ^{BAB}	7.80±0.57 ^{BAB}	8.02±0.27 ^{AA}	7.48±0.47 ^{BB}

Each value is mean±SD of two replicate experiments with two samples analyzed per replicate (n=4).

^{A-E} Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

^{a-d} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

Table 3. Growth of lactic acid bacteria of fermented meats during fermentation and aging (\log_{10} CFU/g)

Irradiation dose (kGy)	Starter culture	Fermentation & Aging (days)					
		0	1	3	5	7	9
0 kGy	-	ND ¹⁾	3.23±0.46 ^{CD}	4.6±1.48 ^{CC}	5.95±0.74 ^{BA}	6.29±0.60 ^{BA}	5.27±0.63 ^{DB}
0 kGy	+	5.99±0.31 ^D	7.85±0.83 ^{AC}	8.86±0.59 ^{AA}	8.20±0.50 ^{AB}	8.08±0.27 ^{ABC}	8.38±0.36 ^{AB}
2 kGy	-	ND ¹⁾	3.58±1.12 ^{CC}	4.54±0.92 ^{CB}	5.92±0.27 ^{BA}	6.17±0.24 ^{BA}	5.84±0.75 ^{CA}
2 kGy	+	3.72±2.83 ^C	6.88±0.50 ^{BB}	7.66±0.69 ^{BAB}	7.93±0.58 ^{AA}	8.12±0.35 ^{AA}	7.44±0.45 ^{BAB}

Each value is mean±SD of two replicate experiments with two samples analyzed per replicate (n=4).

^{A-E} Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

^{a-d} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

¹⁾ ND: not detected with the detection limit < 1 log CFU/g.

Table 4. Changes of TBARS values of fermented meats during fermentation and aging (mg MDA/kg meat)

Irradiation dose (kGy)	Starter culture	Fermentation & Aging (days)					
		0	1	3	5	7	9
0 kGy	-	0.25± 0.03 ^{aC}	0.31± 0.32 ^{aBC}	0.35± 0.36 ^{aBC}	0.66± 0.62 ^{bAB}	0.74± 0.68 ^{bA}	0.79± 0.71 ^{bA}
0 kGy	+	0.03± 0.01 ^{bC}	0.04± 0.01 ^{bC}	0.07± 0.01 ^{bC}	1.09± 0.17 ^{aB}	1.32± 0.44 ^{aB}	1.67± 0.63 ^{aA}
2 kGy	-	0.03± 0.01 ^{bD}	0.03± 0.00 ^{bD}	0.02± 0.01 ^{bD}	0.06± 0.01 ^{cC}	0.14± 0.02 ^{cA}	0.10± 0.01 ^{cB}
2 kGy	+	0.03± 0.02 ^{bC}	0.03± 0.01 ^{bC}	0.05± 0.01 ^{bC}	0.87± 0.71 ^{abB}	1.50± 0.81 ^{aA}	1.50± 1.29 ^{aA}

Each value is mean±SD of two replicate experiments with two samples analyzed per replicate (n=4).

^{A-D} Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

^{a-c} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

타내었다. 모든 처리구에서 36시간 염지한 후의 발효, 숙성 기간이 길어질수록 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p<0.05$). 발효 및 숙성 9일차의 TBARS값은 2 kGy로 전자선 조사한 스타터 첨가구에서 0.10 mg MDA/kg으로 가장 낮은 수치를 나타내었다($p<0.05$). 일반적으로 방사선 조사는 지질의 산화를 촉진하는 것으로 알려져 있는데(Thayer *et al.*, 1994; Formanek *et al.*, 2003), 이는 지방에 전자선을 조사하면 화학반응인 지방산화가 더 촉진되기 때문이다(Koh and Whang, 2002). 본 연구결과에서는 전자선 조사유무에 의한 발효 및 숙성 기간 중 TBARS 값의 차이를 확인할 수 없었으며, 이는 실험을 위해 사용된 원료육과 지방의 신선도에 문제가 있었거나 실험에 있어서의 오차일 것으로 추측된다.

요 약

본 연구의 목적은 시판 중인 스타터를 이용한 발효육제품과 스타터를 이용하지 않고 자연발효시킨 육제품의 발효 및 숙성 중 미생물학적, 이화학적 특성에 미치는 영향을 연구하고, 원료육에서의 전자선 조사(2 kGy) 효과를 검증하고자 한다. 2 kGy로 전자선 조사한 스타터 첨가구는 발효 및 숙성 중 pH가 급격히 감소하였으며($p<0.05$), 최종 pH는 4.25를 나타내었다. 총균수와 젖산균수는 스타터 첨가에 의해 좌우되는데 발효가 진행됨에 따라 총균수와 젖산균수가 유사한 경향을 나타내었다. TBARS 값은 발효 및 숙성기간이 증가함에 따라 모든 처리구에서 증가하였다. 본 연구결과를 통해 발효육 생산 전 2 kGy로 전자선 조사처리한 경우 총균수를 감소시키고 젖산균수는 증식하는 것을 확인하였다. 조사처리 후 육에 스타터를 첨가하게 되면 발효육 생산에 매우 유용하게 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 과학재단의 지원을 받아 2006년도 원자력연구개발사업을 통해 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- Bacus, J. N. and Brown, W. L. (1981) Use of microbial culture : Meat products. *Food Technol.* **35**, 83.
- Chouliara, I., Samelis, J. Kakouri, A., Badeka, A., Savvaidis, I. N., Riganakos, K., and Kontominas, M. G. (2006) Effect of irradiation of frozen meat/fat trimmings on microbiological and physicochemical quality attributes of dry fermented sausages. *Meat Sci.* **74**, 303-311.
- Conventry, J. and Hickery, M. W. (1991) Growth Characteristics of meat starter cultures. *Meat Sci.* **30**, 41.
- Comi, G., Urso, R., Iacumin, L., Rantsiou, K., Cattaneo, P., Cantoni, C. and Cocolin, L. (2005) Characterisation of naturally fermented sausages produced in the North East of Italy. *Meat Sci.* **69**, 381-392.
- Dickson, J. S. and Maxcy, R. B. (1985) Irradiation of meat for the production of fermented sausage. *J. Food Sci.* **50**, 1007-1009.
- FAO, WHO (1988) Food irradiation. a technique for preserving and improving the safety of food. WHO, Geneva, pp. 23.
- FDA (1997) Irradiation in the production, processing and handling of food: Final rule. *Fed. Register.* **62**, 64107-64121.
- Formanek, Z., Lynch, A., Galvin, K., Farkas, J., and Kerry, J. P. (2003) Combined effects of irradiation and the use of natural antioxidants on the shelf life stability of overwrapped minced beef. *Meat Sci.* **63**, 443-440.
- Johnson, J. and Marcott, M. (1999) Irradiation control of insect pests of dried fruits and walnuts. *Food Technol.* **53**, 46-51.
- Kitchell, A. G. and Shaw, B. G. (1975) Lactic acid bacteria in fresh and cured meat. In: Lactic acid bacteria in beverage and foods. Carr, J. G., Cutting, C. V., and Whiting, C. C. (eds), Academic Press, London, pp. 209-220.
- Koh, K. H. and Whang, K. (2003). Effect of electron beam irradiation on the oxidative and microbiological storage. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **22**, 316-321.
- Liepe, H. U. (1983) Starter cultures in meat production. *Biotechnology* **5**, 400-424.
- Leistner, L., Del, R. W., and Kripson, K. (1981) Microbiology of meat and products in high- and intermediate-range. In: Water activity; Influence of Food Quality. Academic Press, New York. pp. 885.
- Leistner, L. (1995). Stable and safe fermented sausages

- world-wide. In: Fermented Meats. Campbell-Platt, G. and Cook, P. E. (eds.), Blackie Academic & Professional, pp. 160-175.
15. Lee, S. K. (1990) Ripening and development of fermented meat products. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **10**, 59-74.
 16. Murano, E. A. (1995) Irradiation of fresh meats. *Food Technol.* **49**, 52-54.
 17. Park, W. M., Choi, W. H., and Yoo, I. J. (1995) A role and utilization of microorganisms in fermented meat product. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **15**, 244-251.
 18. Park, W. M., Choi, W. H., Yoo, I. J., Kim, Y. S. and Kim, C. H. (1996) Effects of mixed starter cultures on the bacteriological safety of fermented sausage. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **16**, 9-13.
 19. Samelis, J., Metaxopoulos, J., Vlassi, M., and Pappa, A. (1998). Stability and safety of traditional Greek salami-a microbiological ecology study. *Int. J. Food Microbiol.* **44**, 69-82.
 20. Samelis, J., Kakouri, A., Savvaidis I. N., Riganakos, K., and Kontominas, M. G. (2005). Use of ionizing radiation doses of 2 and 4 kGy to control *Listeria* spp. and *Escherichia coli* O157:H7 on frozen meat trimmings used for dry fermented sausage production. *Meat Sci.* **70**, 189-195.
 21. SAS (2005) SAS/STAT user's guide. SAS Institute Inc. Cary NC USA.
 22. Smith, J. L. and Palumbo, S. A. (1983) Use of starter cultures in meats. *J. Food Prot.* **46**, 997.
 23. Thayer, D. W., Boyd, G., Fox, J. B., Lakritz, L., and Hampson, J. W. (1994) Variations in irradiation sensitivity of foodborne pathogens associated with the suspending meat. *J. Food Sci.* **60**, 63-67.
 24. Thayer, D. W. and Rajkowski, K. T. (1999) Developments in irradiation of fresh fruits and vegetables. *Food Technol.* **53**, 44-50.
 25. Vignolo, G. M., de Ruiz Holgado, A. P. and Oliver, G. (1989) Use of bacterial cultures in the ripening of fermented sausages. *J. Food Prot.* **52**, 787.
 26. Witte, V. C., Krause, G. F., and Bailey, M. E. (1970) A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.* **41**, 1433-1442.
-
- (2007. 6. 23. 접수/2007. 8. 23. 채택)