

Electron Beam 조사가 고추장 분말의 품질에 미치는 영향

권 훈 · 이정은 · 김정숙* · 권중호[†]

경북대학교 식품공학과

*계명문화대학 식품학과

Effects of Electron Beam Irradiation on the Quality of *Kochujang* Powder

Hoon Kwon, Jungeun Lee, Jeong-Sook Kim* and Joong-Ho Kwon[†]

Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

*Dept. of Food Science, Keimyung College, Taegu 705-037, Korea

Abstract

Electron beam (EB) irradiation was applied to study microbial decontamination effects for *kochujang* powder by determining their microbiological and physicochemical qualities over gamma ray (GR) irradiation. The samples showed a high microbial population, such as $10^5 \sim 10^6$ CFU/g of total aerobic bacteria, negative of yeasts & molds and coliforms. Total bacterial counts were decreased by 1~2 log cycles with EB irradiation at 5~7.5 kGy, and 10 kGy irradiation was enough to improve the microbiological quality by reducing populations to below 10^4 CFU/g, which was similar to gamma energy. Such doses were effective for controlling the microbial growth in stored samples during storage for 4 months at room temperature. Decimal reduction doses (D_{10} value) on initial bacterial populations were 2.88~3.02 kGy in EB and 3.57~3.59 kGy in GR, which were influenced by initial populations and energy types applied. Based upon the above results, 7.5~10 kGy irradiation caused negligible changes in Hunter's color, capsaicin, fatty acid composition and organoleptic qualities. Considering the quality changes resulting from subsequent storage, such as a decrease in capsanthin content and an increase in TBA value in the samples, it is recommendable to irradiate *kochujang* powder at 7.5~10 kGy when used for food processing.

Key words: *kochujang* powder, electron beam, microbial decontamination, physicochemical qualities

서 론

식품산업에서 살균·살충을 위하여 광범하게 사용되었던 에틸렌옥시드 훈증법이 그 안전성 때문에 사용이 금지(1,2)된 이후 그 대체기술의 개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히, 식품가공산업에서 수요가 증가되고 있는 전 조농산가공품은 제조과정에서 미생물의 오염가능성이 매우 높아 대부분의 경우 살균처리가 요구되고 있다(3). 국내 식품공전(2)에서 향신료가공품과 분말수프의 미생물 규격은 대부분 대장균군이 음성으로 규정되어 있으며, 제조업체에서 통용되고 있는 기준으로서 수출용 분말수프는 총세균수 5×10^4 이하/g, 대장균(군), 효모와 곰팡이, *Bacillus cereus*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* 등은 각각 음성으로 규정되어 있다(2).

최근 건조식품의 위생화를 위한 살균방법으로는 여러 가지 방법들이 검토되고 있으나 비약제(non-chemical),

비가열(non-thermal) 등의 특성을 지닌 기술이 요구되고 있는데(3) 이상의 조건들을 만족시킬 수 있는 방법의 하나로 방사선에너지의 이용이 포함되고 있다(4). 국제적으로 식품의 살균, 살충에 이용될 수 있는 방사선원으로는 감마선, 전자가속기에서 발생하는 전자선(electron beam, 10 MeV 이하) 및 기계적으로 발생되는 X선(5 MeV 이하)으로 규정되어 있다(5-7). 이와 관련하여 Byun 등(8)은 육가공 부원료로 사용되고 있는 고추장 분말에 대하여 감마선 조사에 의한 살균시험을 수행하여 일반세균은 10 kGy, 대장균군은 5 kGy 조사에 의해서 각각 검출한계 이하로 살균되었고 여러 가지 향신료 및 분말식품류에 대해서도 10 kGy 이하의 감마선은 살균효과가 있는 것으로 보고되어 있다(9-12).

현재 국내에서는 ^{60}Co 에서 방출되는 감마선이 5~10 kGy의 범위에서 건조 및 분말 식품류의 위생화를 위하여 허가되어 있으며, 매년 조사기술의 수요는 증가되고 있는 실정이다. 방사선 조사기술의 산업화 확대를 위해서

[†]To whom all correspondence should be addressed

는 소비자의 수용성 증대가 더욱 요구되고 있으며, 최근 일본 등 선진국에서는 전자가속기(electron accelerator)에서 전기적으로 발생되는 전자선의 이용 연구를 활발히 수행하고 있다(1,13).

본 연구는 새로운 에너지원의 이용가능성을 검토하고자 electron beam 조사가 고추장 분말의 살균효과와 이화학적 품질 특성에 미치는 영향을 감마선 조사와 비교 검토하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 고추장분말은 S사에서 제조된 대기업 납품용 원료로서, 살균처리 이전의 제품을 구입하여 시료로 사용하였다.

살균처리 및 저장

시료에 오염된 미생물의 살균을 위하여 전자선 조사는 전보(14)와 같이 electron beam processing facility(model ELV-4, 1 MeV, Samsung Co.)를 이용하여 low density polyethylene bag에 시료 두께를 4 mm 이하로 하여 실온에서 $0.63 \text{ Gy} \cdot \text{sec}^{-1}$ 의 선량률로 총 흡수선량이 2.5~15 kGy가 되도록 하였으며, 흡수선량은 cellulose triacetate(CTA) dosimeter를 사용하여 확인하였다($\pm 3.4\%$). 또한 감마선 조사는 ^{60}Co 감마선 조사시설(KAERI)을 이용하여 실온에서 일정한 선량률로 2.5~15 kGy 범위의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 이때 시료의 감마선 조사에서 흡수선량의 오차를 줄이기 위하여 원통형 PE 용기($\varnothing 5 \times H 8 \text{ cm}$)를 사용하였으며, 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter를 사용하였다($\pm 5.0\%$). 이상의 방사선 조사된 시료는 비조사 대조시료와 실온에서 4개월간 저장하면서 품질평가에 사용하였다.

미생물 검사

전자선 및 감마선으로 조사된 시료의 미생물검사는 총 세균(15), 효모 및 곰팡이(16), 대장균군(16)으로 구분하여 실시하고 CFU(colony forming unit)로 계수하여 이들에 대한 방사선 감수성(D_{10} value, decimal reduction dose for the initial microbial populations)을 확인하였다.

기계적 색도 측정

고추장분말에 대한 기계적 색도는 색차계(Minolta, model CR-200, Japan)를 사용하여 Hunter 색도 L, a, b 및 ΔE 값을 측정하였다. 이때 사용된 표준백판의 L, a, b값은 각각 97.32, -0.44, +2.14이었다.

Capsanthin 함량 측정

고추의 색택을 나타내는 capsanthin 분석은 Rosebrook 등(17)의 방법에 따라 시료 0.1 g을 취하여 상온 암소에서 아세톤으로 30분간 3회 반복 추출하여 460 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Capsaicin 함량 분석

고추의 매운맛 성분인 capsaicin의 방사선조사 및 저장 안정성을 확인하기 위하여 한국공업규격(18)의 방법에 따라 시료 10 g을 취하여 메탄올을 용매로 추출물을 얻고 감압 건조하여 hexane 50 mL에 녹여 분액깔대기로 옮긴 뒤 80% methanol 50 mL를 가하여 진탕하였다. 이 조작을 3회 반복하고 methanol을 회수하고 회수된 methanol에 포화식염수 150 mL를 가한 후 dichloromethane을 50 mL씩 3회 가하여 정지한 후 dichloromethane층을 회수하였다. Dichloromethane층에 무수황산나트륨을 가하여 탈수, 여과한 후 2 mL로 농축시킨 뒤 gas chromatograph(GC, HP 5890 series II)를 이용하여 분석하였다. 표준물질은 Sigma사 제품인 8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide(capsaicin)과 8-methyl-N-vanillyl-nonanamide(dihydro-capsaicin)를 사용하였다. GC 분석조건은 column BP-10, flame ionization detector, column temp. 250°C , injection temp. 280°C , detector temp. 300°C , N_2 flow rate 1.8 mL/min 등이었다.

TBA가 측정

시료의 방사선 조사에 따른 지질성분의 산패도를 알아보기 위하여 TBA가(thiobarbituric acid value)는 Turner 등(19)의 방법에 따라 isoamyl alcohol-pyridine(2:1, v/v)용액을 공시험으로 하여 538 nm에서 흡광도를 측정하였다.

지방산조성 분석

방사선 조사된 고추장 분말의 조지방질 함량은 전보(14)와 같이 Soxhlet법에 의해 diethyl ether를 용매로 추출하여 감압 농축시킨 다음 중량법으로 그 함량을 구하였다. 지방산 분석은 추출된 조지방을 Metcalf 등(20)의 방법에 준하여 1N-KOH/methanol로 가수분해시킨 후 BF-3를 가하여 메틸에스테르화시킨 다음 GC로 분석하였다. 이 때 사용된 분석조건으로는 GC Hewlett Packard 5890 series II, detector FID, fused silica capillary column (Supelcowax 10, 60, $\text{m} \times 0.25 \text{ mm I.D.}$), column temp. 180°C , injector temp. 240°C , detector temp. 250°C , N_2 flow rate 0.8 mL/min 등이었다.

관능적 품질평가

살균을 위한 전자선 및 감마선 조사가 시료의 관능적

특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 선발된 10명의 검사요원에게 실험의 목적과 방법을 주지시킨 다음, 고추장 분말 제조업체에서 관능시험에 사용하고 있는 1%의 수용액을 검사시료로 하여 50°C 내외의 온도에서 색, 맛 및 냄새에 대하여 무처리 대조구를 표준시료(R)로 하여 다시료비교법(21,22)으로 평가하게 하였다. 이때 각 시료에 대한 등급은 panel 자신에 의해 “차이가 없다”는 5, “R보다 대단히 좋다”는 1, 그리고 “R보다 대단히 나쁘다”는 9로 평가하였다. 각 시료간의 통계적 유의성 검정은 statistical analysis system에 의한 분산분석과 Duncan's multiple range test(23)를 이용하여 실시하였다.

결과 및 고찰

전자선 살균효과

본 실험에 사용된 고추장분말의 총세균 오염은 Table 1과 같이 시료 g당 $10^5 \sim 10^6$ CFU 수준이었으나 효모 및 곰팡이는 낮은 농도(20 CFU/g 이하) 검출되었으며, 대장균군은 음성으로 나타났다. 이 같은 미생물 수준은 Kwon 등(3)이 보고한 시중에 유통되고 있는 4종의 된장 및 청국장 혼합조미료의 미생물 수준과 유사하였으며, 이들 미생물들은 대부분이 내열성의 포자형성 세균임이 밝혀진 바 있다(3,8). 전자선의 살균효과를 확인 비교해 본 결과(Table 1), 고추장분말에 혼입된 총세균은 5~7.5 kGy의 전자선 조사에 의해 $10^1 \sim 10^2$ CFU의 수준 즉, 1~2 log cycles 정도의 감균효과를 가져왔으며, 10 kGy 이상의 조사구에서는 현저한 감균효과를 가져왔다. 이상과 같은 전자선의 감균효과는 감마선보다 다소 우수한 것으로 나타났다. 그리고 실온에서 4개월 간 저장된 살균처리 시료의 미생물 생육상태를 확인해 본 결과, 전반적으로 큰 변화

가 없었다. 이는 수분함량이 낮은 분말시료의 경우 방사선 처리 후 저장 중에는 미생물의 증식이 거의 없었다는 보고(8,24)와 유사하였으나, 미생물의 증식은 조사 후 제품의 포장·저장·유통 조건에 영향을 받게 되므로 주의가 필요하다. 그러나 실제로 국내에서 생산되는 농산가공품 중 메주, 된장, 고추장 분말 등 장류분말은 미생물의 오염 가능성이 매우 높아 대부분의 경우 감균처리가 요구되는 실정이다(3). 그리고 본 연구 결과에서 볼 때 국내에서 장류분말에 허가된 7 kGy 이하의 감마선 조사는 미생물학적 품질개선에 불충분한 것으로 나타나 허가선량의 상향 조정이 필요한 것으로 판단된다.

한편 총세균에 대하여 방사선감수성을 측정해 보았다. Table 2에 나타난 바와 같이 고추장분말의 전자선 및 감마선 조사시 초기오염도의 감소를 나타내는 회귀식을 얻을 수 있었다. 그리고 초기 오염 미생물의 농도를 90% 사멸시키는데 필요한 조사선량(D_{10} value)을 계산하여 보았을 때, 전자선은 처리직후 2.88 kGy, 4개월 저장 후 3.02 kGy이었으며, 감마선은 3.57 kGy와 3.59 kGy로 각각 나타나 전자선 조사의 D_{10} 값이 낮은 값을 나타내었다. 이와 같은 차이는 두 선원 간의 선량률(dose rate, Gy/min)과 조사 시료의 두께에서도 비롯될 수 있다고 알려져 있다(1,13).

미생물의 방사선감수성은 미생물의 종류, 농도, 매개체의 화학적 조성 및 물리적 상태, 조사시의 환경과 조사 후 저장조건 등에 따라 달라지는 것으로서(25), 총세균(중온성 및 내열·내산성)의 경우에는 10 kGy의 감마선 조사로써 3~4 log cycles 정도의 감균효과를, 완전살균을 위해서는 15~20 kGy의 선량이 요구되었다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사한 경향임을 알 수 있었다. 또한 향신료, 분말식품 및 혼합조미료의 살균에 관한 연구(26-

Table 1. Comparative effects of electron beam (EB) and gamma ray (GR) irradiation on the microbial populations in *kochujang* powder during storage at room temperature (unit: CFU/g)

Micro-organism	Energy type	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)						
			0	2.5	5	7.5	10	12.5	15
Total bacteria	EB	0	9.7×10^5	2.0×10^5	5.3×10^4	9.3×10^3	2.3×10^2	6.8×10^1	N.D. ¹⁾
		4	1.1×10^6	2.8×10^5	5.3×10^4	1.0×10^4	2.8×10^2	7.0×10^1	3.0×10^1
	GR	0	9.7×10^5	2.8×10^5	1.0×10^5	4.7×10^4	8.6×10^3	1.2×10^3	2.4×10^2
		4	1.1×10^6	2.9×10^5	1.0×10^5	5.5×10^4	8.7×10^3	1.6×10^3	2.5×10^2
Yeasts & Molds	EB	0	N.D.	0	0	0	0	0	0
		4	N.D.	0	0	0	0	0	0
	GR	0	N.D.	0	0	0	0	0	0
		4	N.D.	0	0	0	0	0	0
Coliforms	EB	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	0	0	0	0	0	0	0
	GR	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	0	0	0	0	0	0	0

¹⁾Not detectable (the minimum detection level as 20 CFU per g).

Table 2. Radiosensitivity of total bacteria contaminated in *kochujang* powder

Radiation type	Storage period (month)	Regression equation for log survival curves	D ₁₀ value ¹⁾ (kGy)
Electron beam	0	y=-0.3468x+0.2095	2.88
	4	y=-0.3310x - 0.1534	3.02
Gamma ray	0	y=-0.2803x - 0.3296	3.57
	4	y=-0.2786x+0.3038	3.59

¹⁾Decimal reduction dose for the electron beam and gamma ray irradiated *kochujang* powder.

28)에서 방사선 감수성이 낮은 내열성 세균은 4~10 kGy 조사로써 10³ CFU/g 이하로 감균이 가능하였고, 완전 살균을 위해서는 15 kGy 이상 감마선 조사가 필요하였다고 하여 대체적으로 장류분말이나 혼합조미료의 경우에는 비교적 높은 선량의 방사선 조사가 요구됨을 확인하였다. 이는 전보(14)와 유사한 경향으로 고추장, 메주, 된장 분말 등의 장류분말의 살균을 위한 감마선과 전자선의 산업적 활용을 위해서는 건조항신료와 동일하게 10 kGy 이하로 허가선량을 조정하는 것이 필요하다고 본다(2,14).

기계적 색도 변화

전자선과 감마선 조사에 의해 살균처리된 고추장 분말의 색도변화를 확인하기 위하여 Hunter color L, a, b 및 ΔE 값을 측정 한 결과는 Table 3과 같다. 분말의 명도를 나타내는 L값은 조사선량과 선원에 따른 유의적 차이를

나타내지 않았다. 적색도(a값)는 고추장분말에서 10 kGy 이상의 조사선량에서 다소 감소되었으며, 황색도(b값)는 조사선량과 조사선원 간의 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 전반적 색차를 나타내는 ΔE값의 변화를 NBS (National Bureau of Standards)의 기준에서 검토해 볼 때, 7.5 kGy까지는 아주 조금(~0.5, trace) 또는 조금(0.5~1.5, slight) 정도의 변색이 확인되었다. 또한 시료를 실온에서 4개월 간 저장한 후 색도를 비교해 보았을 때, 황색도는 거의 변화가 없었으나 명도와 적색도의 증감현상이 두드러졌다. 명도는 black에서 white 쪽으로, 적색도는 red에서 green 쪽으로 약간의 변화를 나타내었으며, 조사선원 간에 유사한 결과를 나타내었다. 방사선 조사후 저장된 시료의 색도변화는 항신료분말(8,12,14)에서도 유사하게 보고되었으며, 항신료의 색도변화를 줄이기 위해서는 방사선 조사의 영향은 크지 않으므로 방습포장재의

Table 3. Comparative effects of electron beam (EB) and gamma ray (GR) irradiation on Hunter color values of *kochujang* powder during storage at room temperature

Color parameter	Energy type	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)						
			0	2.5	5	7.5	10	12.5	15
L ¹⁾	EB	0	75.47 ^{a5)}	75.66 ^a	75.20 ^a	74.81 ^a	75.22 ^a	75.80 ^a	76.05 ^a
		4	79.19 ^a	78.72 ^a	79.97 ^a	80.61 ^a	80.60 ^a	78.52 ^a	79.52 ^a
	GR	0	75.47 ^a	74.97 ^a	74.99 ^a	74.47 ^a	75.06 ^a	75.74 ^a	75.45 ^a
		4	79.19 ^a	79.07 ^a	79.41 ^a	80.11 ^a	79.23 ^a	80.08 ^a	79.95 ^a
a ²⁾	EB	0	12.86 ^a	12.60 ^{ab}	12.20 ^{ab}	12.34 ^{ab}	11.10 ^{bc}	11.18 ^{bc}	10.28 ^c
		4	9.64 ^{ab}	9.71 ^{ab}	9.41 ^{ab}	9.37 ^{ab}	9.23 ^{ab}	10.04 ^a	9.00 ^c
	GR	0	12.86 ^a	12.54 ^a	11.86 ^{ab}	11.61 ^{ab}	11.45 ^{ab}	11.12 ^{ab}	10.68 ^b
		4	9.64 ^{ab}	10.25 ^a	9.49 ^{ab}	9.22 ^{ab}	9.17 ^{abc}	9.01 ^{bc}	8.61 ^c
b ³⁾	EB	0	36.37 ^a	36.06 ^a	36.42 ^a	36.59 ^a	36.09 ^a	36.26 ^a	36.08 ^a
		4	37.44 ^{ab}	37.35 ^{ab}	36.58 ^{bc}	36.68 ^{bc}	36.21 ^c	38.13 ^a	37.29 ^{ab}
	GR	0	36.37 ^a	36.12 ^{ab}	35.54 ^b	35.65 ^b	35.86 ^{ab}	36.13 ^{ab}	35.93 ^{ab}
		4	37.44 ^{ab}	37.80 ^a	36.93 ^{ab}	36.77 ^b	37.66 ^a	37.31 ^{ab}	36.88 ^b
ΔE ⁴⁾	EB	0	0 ^c	0.38 ^{bc}	0.71 ^{bc}	0.87 ^{bc}	3.24 ^a	1.72 ^b	2.66 ^{ab}
		4	5.04 ^{abc}	4.63 ^{bc}	5.67 ^{ab}	6.22 ^{ab}	6.29 ^a	4.51 ^c	5.70 ^{ab}
	GR	0	0 ^c	0.41 ^{bc}	1.39 ^b	1.76 ^{ab}	1.55 ^b	1.78 ^{ab}	2.22 ^a
		4	5.04 ^{bc}	4.67 ^c	5.21 ^{bc}	5.91 ^{ab}	5.42 ^{ab}	6.08 ^{ab}	6.20 ^a

¹⁾L : Degree of whiteness (white +100 ↔ 0 black).

²⁾a : Degree of redness (red +100 ↔ 0 ↔ -80 green).

³⁾b : Degree of yellowness (yellow +70 ↔ 0 ↔ -80 blue).

⁴⁾ΔE: Overall color difference ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$).

⁵⁾Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.01).

사용과 차광이 가능한 저장조건의 선택이 필요하다고 알려져 있다(3,24).

Capsanthin 함량

고추장분말의 carotenoids는 주요 구성성분으로서 capsanthin이 약 40%, β -carotene이 약 20%, capsorubin이 약 10% 정도 함유되어 있으며, 외관적 품질은 적색소의 함량, 즉 capsanthin의 함량과 상관관계(3)를 보여준다. 살균처리를 위한 전자선 조사가 capsanthin 함량에 미치는 영향을 실험해 본 결과(Table 4), 조사선량의 증가와 더불어 다소 감소하는 경향을 보였다. 살균선량인 7.5~10 kGy 조사에서 전자선은 감마선보다 capsanthin 함량의 감소가 다소 크게 나타났다. 방사선 조사 후 실온에서 4개월 저장 후 capsanthin 함량의 변화는 전반적으로 다소 감소하였으나 비조사구가 조사구에 비하여 capsanthin의 감소가 큰 것으로 나타났으며, 처리구 간의 차이는 크게 감소되어 방사선 조사구에서 보다 안정한 것으로 나타났다. Osuna-garcia 등(29)은 방사선 조사 후 실온에 저장된 paprika의 경우 저장기간이 증가함에 따라 capsanthin의 감소가 크게 나타나 조사선량에 의한 요인보다 저장기간에 따른 요인이 더 큰 것으로 보고하여 본 결과와 일치하였으나, Chen과 Gutmanis(30) 및 Farkas와 Beczner(31)는 pepper의 살균선량에서는 색소가 변화가 거의 없었다고 보고한 바 있어 본 결과와 다소 상이하였다.

Capsaicin 함량

전자선 조사된 고추분말의 매운맛 성분의 변화를 알아보기 위하여 capsaicin과 dihydrocapsaicin을 GC로 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 각 시료의 capsaicin과 dihydrocapsaicin 함량은 방사선 조사선량에 따라 완만한 감소현상을 나타내었다. 즉, capsaicin과 dihydrocapsaicin은 각각 3.15~3.73 mg%와 3.18~3.46 mg% 범위로서 조사 직후 비조사구에 비해 선량 및 처리구 간에 따른 함량 차이는 거의 없었다. Farkas 등(31)은 향신료에 2~16 kGy의 γ -선 조사는 심미 성분에 약간의 감소를 가져오나 다른 살균법에 비하면 훨씬 영향이 작았다고 보고한 바 있다. 그리고 방사선 조사 후 실온에서 4개월 저장 후

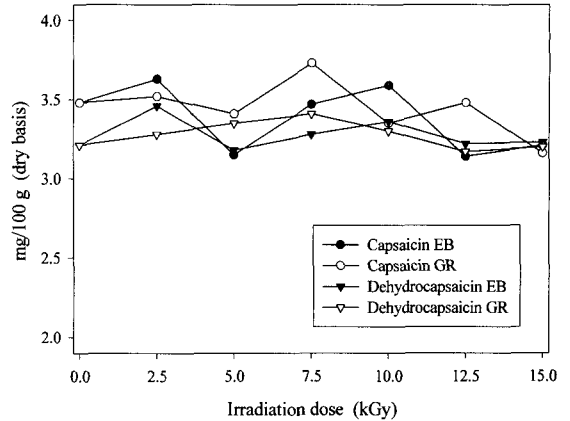


Fig. 1. Comparative effects of electron beam (EB) and gamma ray (GR) irradiation on capsaicin and dihydrocapsaicin contents of kochujang powder.

조사선량에 따른 차이는 크지 않았으며, 특히 조사구에 비해 무처리 대조구에서 매운맛 성분의 감소가 유의적으로 나타났다. Byun 등(32)은 건고추의 capsaicin은 dihydrocapsaicin보다 안정하며, 이들 성분은 감마선 조사에 대하여 안정한 것으로 보고하여 본 연구와 유사한 경향이 었다. 또한 고추분말에 대하여 Kwon 등(12)은 조사선량의 증가와 더불어 3~15%의 감소율을 나타내었다고 보고하여 시료의 살균 처리시 환경조건, 선량률 등에 따른 영향이 어느 정도 작용하는 것으로 사료되었다.

TBA가 변화

고추장분말의 지방질 안정성에 대한 살균처리의 영향을 알아보기 위하여 TBA를 측정된 결과는 Table 5와 같다. 처리 직후 고추장분말의 TBA는 15 kGy까지의 조사선량의 증가와 비례적으로 증가되어 전자선 조사는 $y=0.0089x+0.2269$ ($R^2=0.9603$), 감마선 조사는 $y=0.0087x+0.2477$ ($R^2=0.9868$)의 관계를 나타내면서 조사선원 간에는 거의 차이가 없음을 알 수 있었다. 방사선을 조사하여 실온에서 4개월 저장하였을 때 TBA는 전반적으로 증가하는 경향으로, 저장기간은 조사선량보다 더 큰 영향을 나타내었다. 방사선 조사는 지방질의 산패를 촉진하여 malonaldehyde, glycoxal 등을 생성하므로 TBA와 적색

Table 4. Comparative effects of electron beam and gamma ray irradiation on capsanthin content of kochujang powder during storage at room temperature (unit: O.D. at 460 nm)

Energy type	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)						
		0	2.5	5.0	7.5	10	12.5	15
Electron beam	0	0.154 ^{aj}	0.149 ^a	0.138 ^b	0.125 ^c	0.125 ^c	0.114 ^{cd}	0.107 ^d
	4	0.132 ^{bc}	0.120 ^c	0.117 ^{cd}	0.117 ^{cd}	0.111 ^{cd}	0.106 ^d	0.104 ^d
Gamma ray	0	0.154 ^a	0.150 ^a	0.148 ^a	0.140 ^b	0.135 ^b	0.115 ^c	0.107 ^d
	4	0.132 ^{bc}	0.106 ^d	0.101 ^{de}	0.102 ^{de}	0.100 ^{de}	0.098 ^{de}	0.094 ^e

¹⁾Data followed by different superscripts are significantly different ($p<0.01$).

Table 5. Comparative effects of electron beam and gamma ray irradiation on TBA value of *kochujang* powder during storage at room temperature (unit : O.D. at 538 nm)

Energy type	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)						
		0	2.5	5.0	7.5	10	12.5	15
Electron beam	0	0.226 ^{1j}	0.245 ^k	0.261 ^l	0.309 ^g	0.324 ^{4g}	0.332 ^f	0.356 ^{de}
	4	0.276 ⁱ	0.314 ^g	0.334 ^f	0.349 ^e	0.362 ^d	0.375 ^c	0.391 ^{bc}
Gamma ray	0	0.226 ^l	0.281 ⁱ	0.301 ^{gh}	0.328 ^f	0.330 ^f	0.351 ^e	0.372 ^c
	4	0.276 ⁱ	0.296 ^{gh}	0.331 ^f	0.341 ^{ef}	0.379 ^c	0.398 ^b	0.409 ^a

¹⁾Data followed by different superscripts are significantly different ($p < 0.01$).

Table 6. Comparative effects of electron beam and gamma ray irradiation on fatty acid composition of *kochujang* powder (unit : relative peak area %)

Fatty acid		Irradiation dose (kGy)					
		Electron beam			Gamma ray		
		0	5	10	0	5	10
Palmitic acid	16 : 0	12.48	13.04	12.87	12.48	12.69	12.98
Palmitoleic acid	16 : 1	0.30	0.34	0.38	0.30	0.37	0.32
Stearic acid	18 : 0	2.54	3.43	3.12	2.54	2.75	3.02
Oleic acid	18 : 1	20.40	19.59	19.55	20.40	20.11	19.87
Linoleic acid	18 : 2	57.95	55.71	57.29	57.95	57.49	57.08
Linolenic acid	18 : 3	6.34	7.89	6.79	6.34	6.59	6.73
SFA ¹⁾		15.02	16.47	15.99	15.02	15.44	16.00
MUFA ²⁾		20.70	19.93	19.93	20.70	20.48	20.19
PUFA ³⁾		64.29	63.60	64.08	64.29	64.08	63.81

¹⁾SFA: total saturated fatty acids.

²⁾MUFA: total monounsaturated fatty acids.

³⁾PUFA: total polyunsaturated fatty acids.

중합체를 형성하고, 특히 산소 존재하에서 지방질 시료에 고선량의 방사선을 조사하였을 때는 상당량의 peroxide 와 carbonyl 화합물이 생성되는 것으로 알려져 있다(19).

지방산 조성 변화

전자선 조사(5, 10 kGy)된 고추장 분말의 지방산 조성 변화를 살균처리 직후 분석한 결과는 Table 6과 같다. 각 시료에서 6종의 구성지방산이 확인되었으며, 유사한 지방산 패턴을 보여주었다. 주요 지방산은 linoleic acid, oleic acid, palmitic acid의 순으로 약 90%의 높은 함량이었고, 그 다음이 linolenic acid와 stearic acid의 순이었다. 그리고 처리구 간에는 유의적인 차이가 없었다.

고추장분말의 지방질 및 지용성 성분은 저수분 상태에서 산화되기 쉬운 점 등을 감안해 볼 때, 분말의 저장 중에는 지방질 성분의 변화가 일어날 것으로 생각되었으나, 비조사구나 전자선 및 감마선 조사구간에 10 kGy까지의 조사선량에서는 선량간에 유의적인 변화를 보이지 않았다. 따라서 살균선량의 전자선 및 감마선은 고추장분말의 지방산 조성에 거의 영향을 미치지 않음을 알 수 있었으며, 이 같은 결과는 10 kGy까지의 동일 선원 및 선량으로 조사된 홍삼과 백삼에서 약 88%와 73% 수준으로 함유된 총 불포화지방산(TUFA) 조성은 변화가 없다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다(33).

관능적 품질

살균 처리된 고추장분말의 관능적 품질을 평가하기 위하여 10명의 검사요원에 의해 대조구(표준시료, R), 5 kGy 및 10 kGy의 전자선 및 감마선 조사된 시료의 색깔, 맛 및 냄새에 대한 기호도를 평가한 결과는 Table 7과 같다. 처리 직후 "표준시료와 차이가 없다"를 5점으로 하여 평가해 본 결과, 10 kGy까지의 전자선 및 감마선 조사 시료는 관능적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 그러나 저장시료에서는 10 kGy 이상의 고선량 조사구에서 특히 TBA가의 상승이 관찰되었으므로 이에 따라 관능적 품질 변화도 예상되므로 이에 대한 검토가 진행 중에

Table 7. Sample means and F-value for sensory parameter of *kochujang* powder irradiated with electron beam (EB) and gamma ray (GR)

Sensory parameter	Energy type	Irradiation dose (kGy)			F-value
		0	5	10	
Color	EB	5.00 ^{a1)}	4.40 ^a	5.00 ^a	0.63
	GR	5.00 ^a	4.30 ^a	4.80 ^a	
Taste	EB	5.00 ^a	5.30 ^a	5.40 ^a	0.43
	GR	5.00 ^a	5.40 ^a	4.80 ^a	
Odor	EB	5.00 ^a	5.20 ^a	5.30 ^a	0.11
	GR	5.00 ^a	5.00 ^a	5.00 ^a	

¹⁾Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p < 0.01$).

있다.

따라서 전자선을 이용한 고추장분말의 살균에서는 미생물 규격(대장균군 음성, 세균수 5×10^4 CFU/g 이하)에 적합한 수준의 감균치리를 위해서는 7.5~10 kGy 범위의 선량이 요구되어진다. 이는 감마선과 유사한 살균효과이며, 고추장 분말의 전자선 처리 시기는 가공원료로 사용하기 직전으로 택하는 것이 이화학적 및 미생물학적 품질 측면에서 바람직한 것으로 생각되었다.

요 약

전자선을 이용하여 고추장분말의 살균 방법을 연구하고자 살균효과 및 이화학적 품질에 미치는 영향을 감마선과 비교 검토하였다. 고추장분말의 미생물 농도는 총세균이 $10^5 \sim 10^6$ CFU/g, 효모 및 곰팡이는 낮은 농도로 검출되었으며 대장균군은 음성으로 나타났다. 총세균은 5~7.5 kGy의 전자선 조사에 의해 1~2 log cycles 정도의 감균효과를 보였고, 10 kGy 조사구에서는 10^4 CFU/g 이하로 낮아져 미생물학적 품질개선 효과를 달성할 수 있었다. 전자선의 감균효과는 감마선과 거의 유사하였으며, 살균처리 후 실온에서 4개월 간 저장된 시료의 미생물 생육 전반적으로 큰 변화가 없었다. 총세균의 방사선감수성(D_{10} 값)을 측정해 본 결과, 전자선은 2.88~3.02 kGy, 감마선은 3.57~3.59 kGy 범위로 에너지의 종류에 따라 다소 상이한 값을 보였다. 이상의 결과에서 볼 때 고추장분말의 미생물학적 품질개선이 가능한 7.5~10 kGy 범위의 전자선 조사는 기계적 색도, capsaicin, 지방산 조성 및 관능적 품질에 큰 영향을 미치지 않았다. 그러나 전자선 조사 후 저장 중 시료의 capsanthin 함량과 TBA가는 유의적인 변화를 나타내었으므로, 방사선 조사 시기는 사용하기 직전이 바람직한 것으로 나타났다.

감사의 말

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 지원으로 수행된 연구의 일부로서 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Ito, H. and Islam, S. : Effect of dose rate on inactivation of microorganisms in spices by electron-beams and gamma-rays irradiation. *Radiat. Phys. Chem.*, **43**, 545-550 (1994)
2. KMHW : *Korean Food Standard Code*. The Korean Ministry of Health and Welfare, p.389-416 (1999)
3. Kwon, J.H., Byun, M.W., Cha, B.S., Yang, J.S. and Cho, H.O. : Improvement of hygienic quality of vegetable mixed condiments using gamma irradiation. *Kor. J. Food Hygiene*, **3**, 233-239 (1988)
4. Kwon, J.H., Kim, S.W., Byun, M.W., Cho, H.O. and Lee, G.D. : Determination of ethylene oxide residue and its

- secondary products in powdered food. *J. Food Hygiene and Safety*, **9**, 43-48 (1994)
5. IAEA : Food and Environmental Protection Newsletter Supplement. Vol. 1, p.1-7 (1998)
6. WHO : Wholesomeness of irradiated food. Report of a joint FAO/IAEA/WHO expert committee. Technical Report Series-659, p.34 (1981)
7. Codex Alimentarius Commission : Codex General Standard for Irradiated Foods and Recommended International Code of Practice for the Operation of Radiation Facilities Used for the Treatment of Foods. CAC/VOL. XV, FAO, Rome (1984)
8. Byun, M.W., Kwon, J.H. and Cho, H.O. : Sterilization and storage of spices by irradiation. I. Sterilization of powdered hot pepper paste. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **15**, 359-363 (1983)
9. Byun, M.W., Kwon, J.H., Cha, B.S. and Kang, S.S. : Radiation of the condiment for soup of instant noodle (Ramen). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **18**, 14-18 (1989)
10. Byun, M.W., Kwon, J.H. and Cho, H.O. : Sterilization and storage of onions powder by irradiation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 47-50 (1984)
11. Lee, M.K., Kwon, J.H. and Do, J.H. : Effects of electron-beam irradiation on color and organoleptic qualities of ginseng powders. *J. Ginseng Res.*, **22**, 252-259 (1998)
12. Kwon, J.H., Byun, M.W. and Cho, H.O. : Effect of gamma irradiation on the sterilization of red pepper powder. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **13**, 188-192 (1984)
13. Odake, K., Hatanaka, A., Kajiwara, T., Higashimura, Y., Wada, S. and Ishihara, M. : Application of electron beam irradiation to powdered natural food colorants. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **40**, 967-701 (1993)
14. Lee, J.E., Kwon, O.J. and Kwon, J.H. : Effects of electron beam irradiation on microbiological and organoleptic qualities of powdered red pepper and ginger. *Korean J. Food Sci. Technol.* accepted.
15. American Public Health Association : *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. Speck, M. (ed.), APHA, Washington, D.C., p.75 (1992)
16. Harrigan, W.F. and Mccance, M.E. : *Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology*. Academic Press, London, p.139 (1976)
17. Rosebrook, D.D., Bolze, C.C. and Barney, J.E. : Improved method for determination of extractable color in capsicum spices. *JAOAC*, **51**, 637-641 (1968)
18. Korean Industrial Standard : KSH 2156 (1999)
19. Turner, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Bessert, M. W., Struck, G.M. and Olson, F.C. : Use of the 2-thio-barbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *J. Agric. Food Chem.*, **8**, 326-330 (1954)
20. Metcalf, L.D., Schmitz, A.A. and Pelka, J.R. : Rapid preparation of fatty acid esters from lipid for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.*, **38**, 514-515 (1966)
21. Larmond, E. : *Methods for Sensory Evaluation of Food*. Food Research Institute, Central Experimental Fram, Ottawa, p.19-24 (1970)
22. Roessler, E.B., Pangbon, R.M., Sidel, J.L. and Stone, H. : Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired-difference, duo-trio and triangle tests. *J. Food Sci.*, **43**, 940-947 (1978)
23. SAS : *SAS User's Guide*. Statistical Analysis System Institute, Cary, NC, USA (1990)
24. Kwon, J.H., Byun, M.W. and Cho, H.O. : Quality eval-

- uation of ground garlic and onions treated with chemical fumigants and ionizing radiation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **19**, 107-112 (1987)
25. IAEA : *Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques*. 2nd ed., Vienna, Austria, p.45-52 (1982)
 26. Juri, M.L., Ito, H., Watanabe, H. and Tamura, N. : Distribution of microorganisms in spices and their decontamination by gamma irradiation. *Agric. Biol. Chem.*, **50**, 347-352 (1986)
 27. Farkas, J., Beczner, J. and Incze, K. : Feasibility of irradiation of spices with special reference to paprika. IAEA-SM-155/66, p.389 (1973)
 28. Vajdi, M. and Pereine, R.R. : Comparative effect of ethylene oxide, γ -irradiation and microwave treatments on selected spices. *J. Food Sci.*, **38**, 893-897 (1973)
 29. Osuna-garcia, J.A., Wall, M.M. and Waddell, C.A. : Natural antioxidants for preventing color loss in stored paprika. *J. Food Sci.*, **62**, 1017-1021 (1997)
 30. Chen, S.L. and Gutmanis, F. : Auto-oxidation of extractable color pigments in chili pepper with special reference to ethoxyquin treatment. *J. Food Sci.*, **33**, 274-279 (1968)
 31. Farkas, J. and Beczner, K. : Radiation Preservation of Food. IAEA-SM-166/66, p.389 (1973)
 32. Byun, M.W., Yook, H.S., Kwon, J.H. and Kim, J.O. : Improvement of hygienic quality and long-term storage of dried red pepper by gamma irradiation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 482-489 (1996)
 33. Lee, M.K. Effect of electron-beam irradiation on microbial decontamination and quality attributes of ginseng powders. *M.S. Thesis*, Kyungpook National University, Taegu, Korea (1997)

(2000년 4월 20일 접수)